

1273

ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN



Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

**INSTITUT NATIONAL DE
L'INDUSTRIE CHARBONNIERE**

LIEGE, 7, boulevard Frère-Orban — TEL. (04)32.21.98

Directie - Redactie :

**NATIONAAL INSTITUUT VOOR
DE STEENKOLENNIJVERHEID**

Renseignements statistiques - Statistische inlichtingen. — P.R. Goffart : Les explosifs de très haute sûreté à ions échangés. — J. Bricteux, M. Neuray et R. Noël : VI^e Conférence Internationale sur la Science du Charbon, Münster, juin 1965 - VI^e Internationale Conferentie over de Kolen, Münster, juni 1965. — Matériel minier - Mijnmaterieel. — Inichar : Revue de la littérature technique.

NOVEMBRE 1965

Mensuel — N° 11 — Maandelijks

NOVEMBER 1965

AMORTISSEURS DE VIBRATIONS ET CHOCS

SYSTEME

LINATEX

ETUDES ET REALISATIONS

pour l'équipement de toute machine,
sans limitation de force et de dimension :

Crible, tamis vibrants - Marteaux-pilons, presses, cisailles - Compresseurs, pompes, ventilateurs - Concasseurs, broyeurs, mélangeurs - Machines-outils - Moteurs électriques, groupes électrogènes - Moteurs à explosion, machines à vapeur - Réacteurs et turbo-réacteurs - Ponts-roulants téléphériques - Butoirs de wagonnets, tamponnoirs de quai.

Références de tout premier ordre, dans toutes applications
et en tous types

ELEMENTS A ELASTICITE REGLEE

Ce montage simple procure une isolation totale. L'unité est formée d'une rondelle d'assise, une rondelle de fixation et un manchon enrobant le boulon. Recommandé pour ventilateurs, moteurs électriques et machines de même catégorie.

Amortisseur protégé des huiles et graisses par des coquilles d'acier avec sièges en fibre. Recommandé pour les moteurs Diesel, machines-outils et autres machines pour le travail des métaux, à coupe lubrifiée.

MATELAS AMORTISSEUR LINATEX

pour marteaux-pilons, presses, concasseurs et autres machines travaillant à chocs.

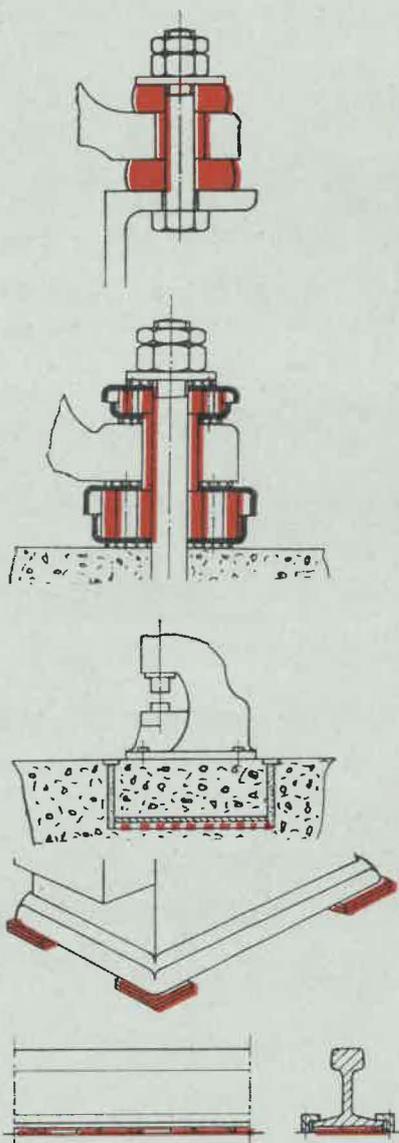
Le matelas Linatex augmente la stabilité de la machine, absorbe plus de 80 % des vibrations et atténue la résonance des chocs.

AMORTISSEURS ALVEOLAIRES EN PLAQUES

pour machines de précision et appareils de laboratoires. Ne requièrent aucune fixation par boulons. Résultats garantis : absorption des vibrations. Haute friction empêchant le glissement et le déplacement des machines.

BLOCS AMORTISSEURS

pour ponts-rails et ouvrages métalliques de chemin de fer; système fonctionnel, isolation parfaite. Efficacité et longévité garanties.



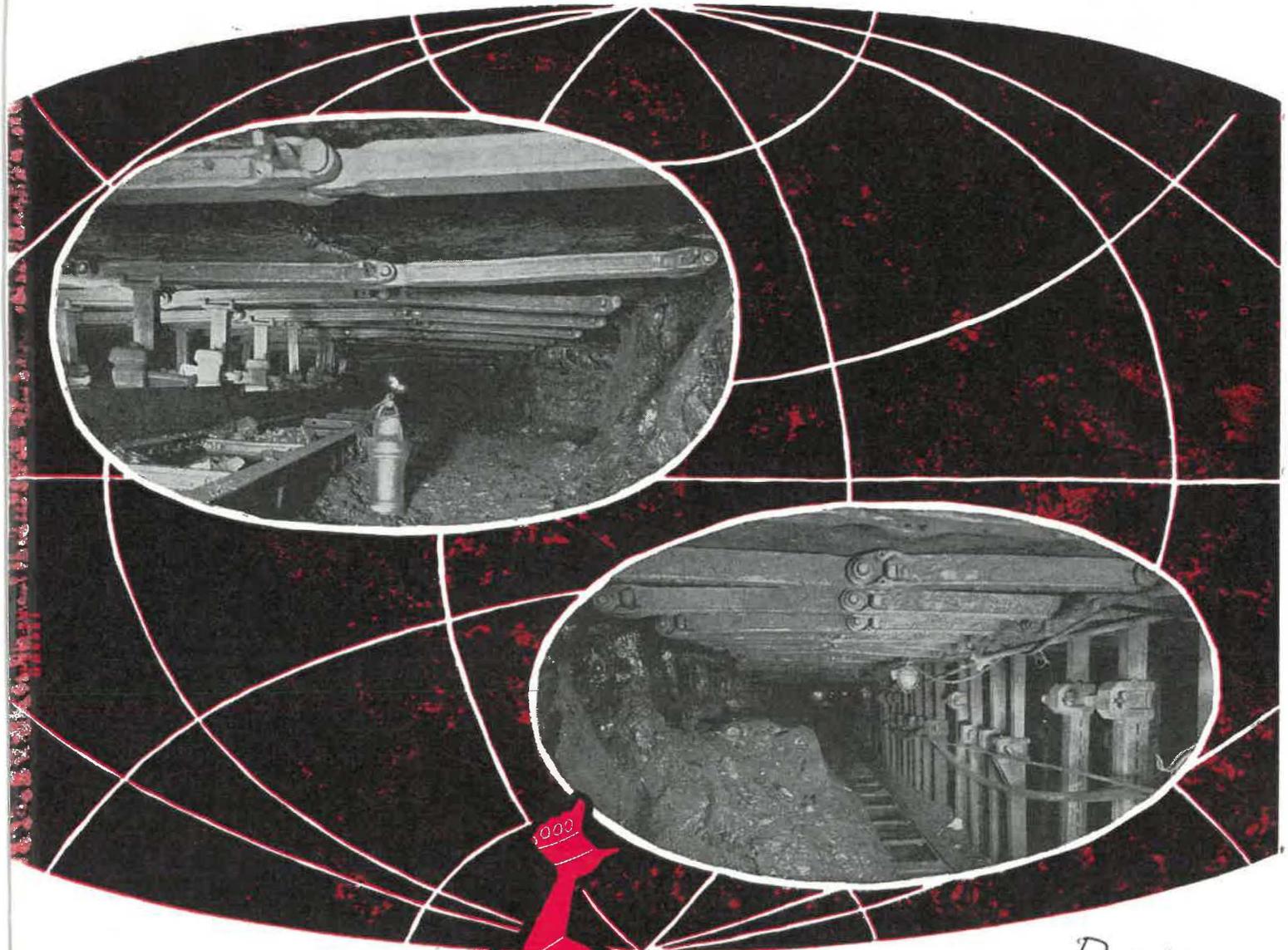
BELGIQUE :

ANTI-ABRASION LINATEX S.A., 42-50, avenue Zénobe Gramme - Bruxelles 3 - Tél. 16.80.83 (3 l.)

FRANCE :

ANTI-ABRASION LINATEX S.A.L., 197bis, route Nationale - Onnaing - Nord - Tél. 87

Délégué à Paris : 63, rue des Rosiers - Rueil - Malmaison S. & O. - Tél. 967 15 25



P-1273

REVERSIBILITE
SECURITE
ROBUSTESSE

BÈLES

GROETSCHHEL

Existent
en plusieurs profils
et en toutes longueurs.



Agents exclusifs :



Machines pour Mines

S.P.R.L. LEOP.

DEHEZ

74, avenue Hamoir - BRUXELLES 18

Téléphones : (02) 74.58.40 & 74.24.80

TABLE DES ANNONCES

<i>Alando.</i> — Moteurs et outillage pneumatique d'entretien	II	<i>Linatex.</i> — Amortisseurs de vibrations et chocs	2 ^e couv.
<i>Ateliers et Chantiers de la Manche.</i> — Piles Gullick	XI	<i>Locorail.</i> — Locotracteurs diesels de mines	IV
<i>Atlas Copco.</i> — Foration coromant	3 ^e couv.	<i>Poudreries réunies de Belgique.</i> — Explosifs	XIII
<i>Ballings (Ets Anthony).</i> — Appareils de sauvetage et de sécurité	IX	<i>Rollin.</i> — Bandes transporteuses	X
<i>Bedford (John — & Sons Ltd).</i> — Foreuses	VIII	<i>S.E.A. (Société d'Electronique et d'Automatisme - représentant : Ets Beaupain, Liège).</i> — Matériel téléphonique	XII
<i>Bergougnan.</i> — Courroies transporteuses de fond et de surface	VI	<i>Smet, S.A.</i> — Forages, puits pour le captage des eaux	X
<i>Compagnie Auxiliaire des Mines.</i> — Eclairage de sûreté pour mines	VIII	<i>Trelleborg.</i> — Spécialiste en caoutchouc	4 ^e couv.
<i>Cribla, S.A.</i> — Appareils de manutention et de préparation - Entreprises générales	VI	<i>Vieille - Montagne (Société des Mines et Fonderies de Zinc de la —).</i> — Zinc, plomb, silicium, germanium, étain, cadmium, argent	VIII
<i>Debez (Ets Léopold).</i> — Machines pour mines	I	<i>Wesfalia-Lünen.</i> — Les boîtes à deux vitesses télécommandées	III
<i>Gaziers Belges (Association Royale des —)</i>	VII	<i>Zettler.</i> — Tous les relais	X
<i>Haubinco.</i> — Convoyeur curviligne	V		

MOTEURS ET OUTILLAGE PNEUMATIQUE D'ENTRETIEN



Percuseuse droite et d'angle jusqu'à 80 mm



Meuleuse radiale 80 m/sec



Ebarbeuse à haut rendement



Boulonneuse pour cadres

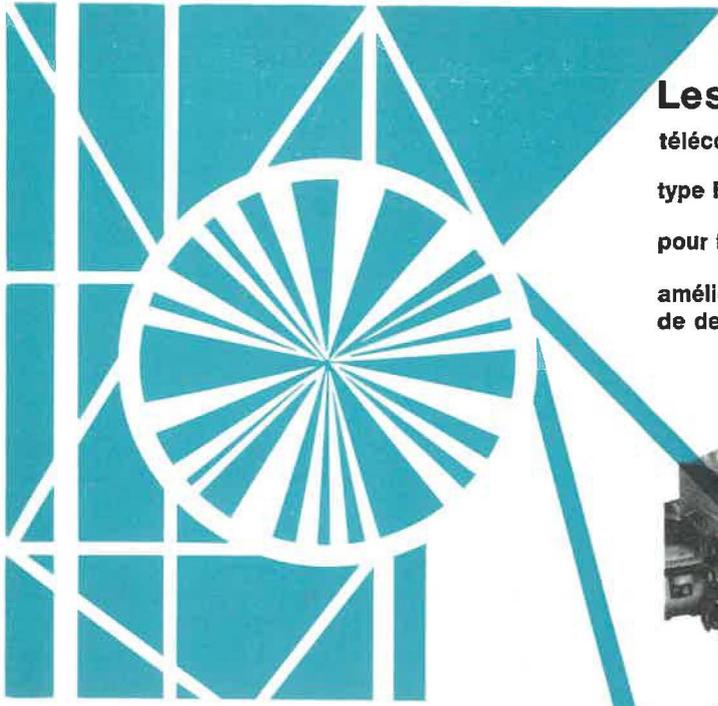


ALANDO

- 307, AV. BRUGMANN, BRUXELLES 18

- TÉL. 02/45.08.36

DEMANDEZ NOTRE DOCUMENTATION M.



Les boîtes à deux vitesses

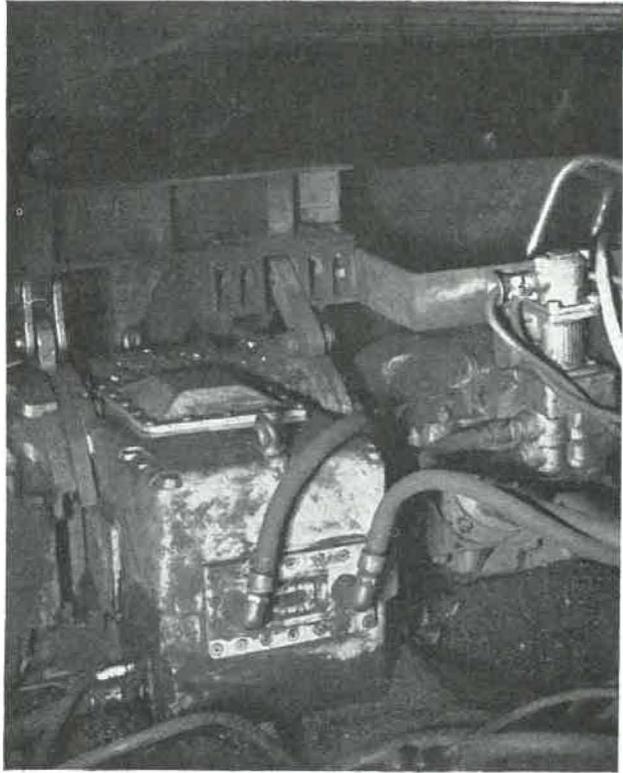
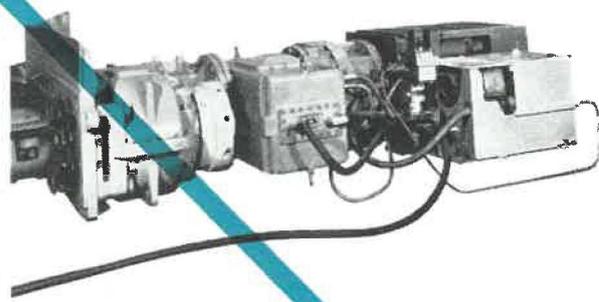
télécommandées

Modèle déposé

type FL 205 et FL 206

pour têtes motrices convoyeur et rabot

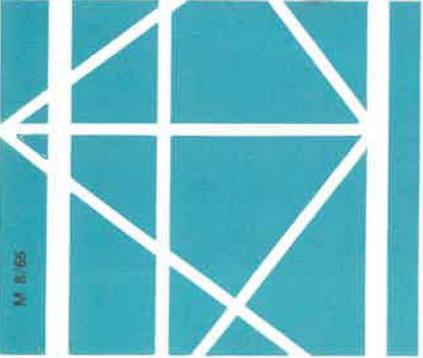
améliorent les possibilités des installations
de desserte et d'abattage



Ces boîtes à deux vitesses FL
télécommandées antidéflagrantes
peuvent être manoeuvrées
sous pleine charge

Elles facilitent le démarrage

Elles permettent d'utiliser
au maximum la capacité
de transport en coordonnant
de façon judicieuse les vitesses
du blindé et du rabot suivant
le sens de marche du rabot



M 8/85



WESTFALIA LÜNEN



Compagnie Belge de Matériel Minier et Industriel S.A.
Rue A. Degrâce · FRAMERIES (Belgique)

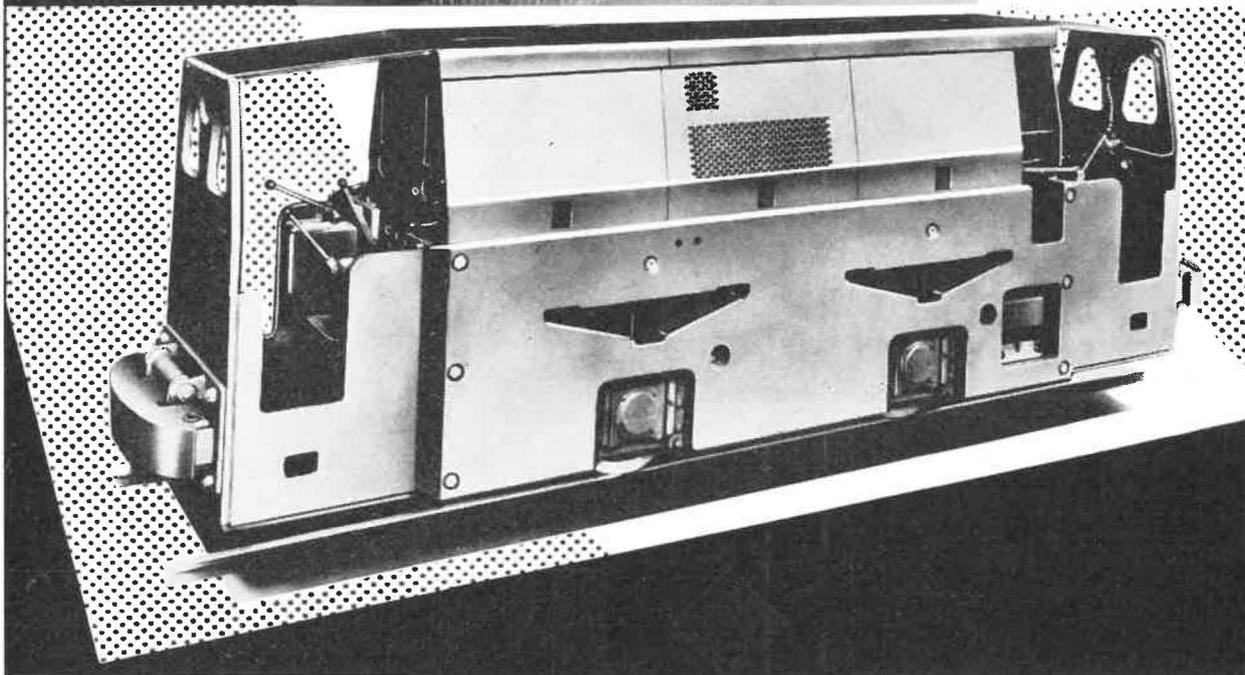


DEUTZ

construit
des locotracteurs Diesel de mines de
9 à 90 CV. à transmission mécanique
et hydraulique à un ou deux postes de
conduite. Plus de 7000 locotracteurs
DEUTZ de mines ont été fournis
dans le monde entier.

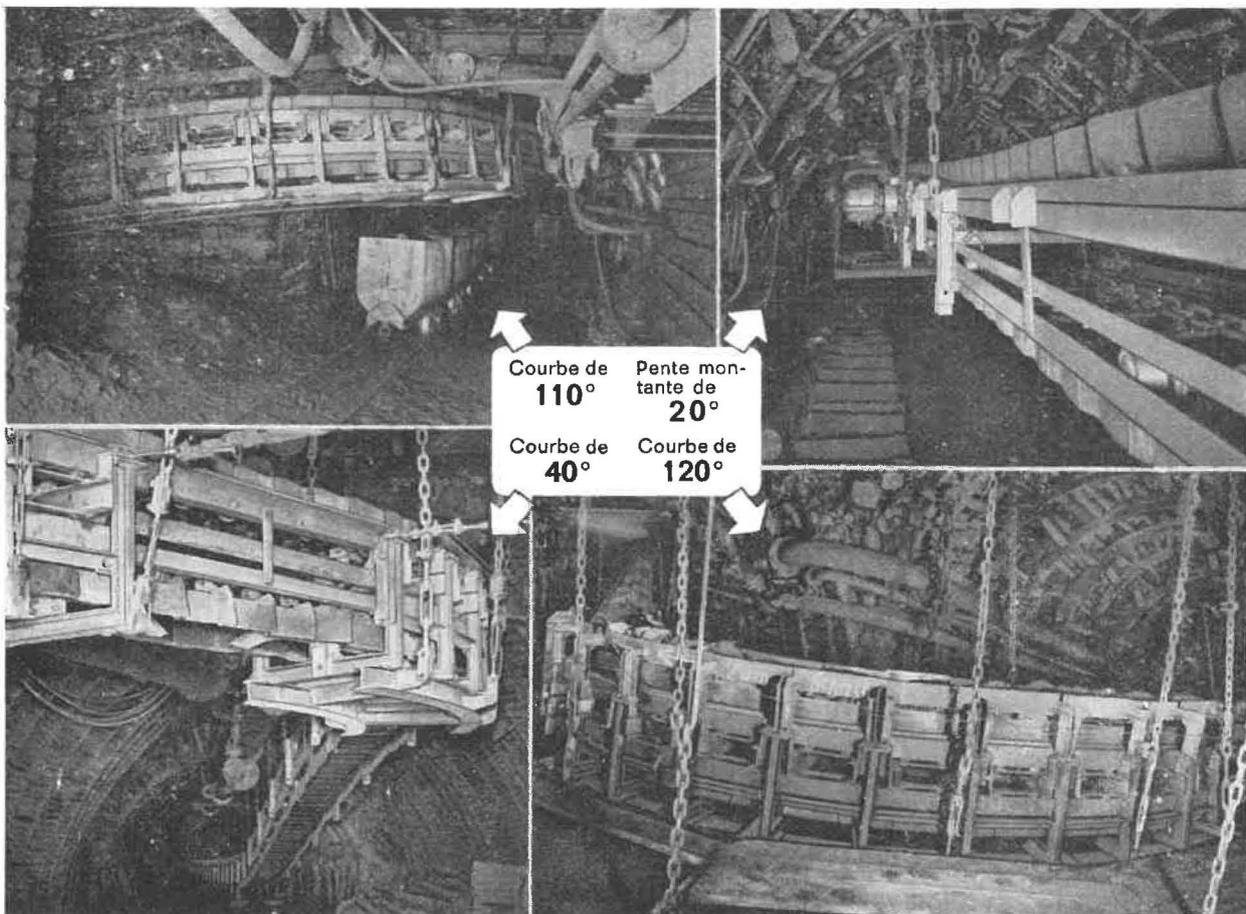
HUMBOLDT

fournit toutes les installations
spéciales de préparations et de
traitements mécaniques de mi-
néraux et de charbons.



KLÖCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ

LOCORAIL 91, rue des Palais, Bruxelles 3 — Tél. 15.49.05 (5 lignes)



Courbe de
110°

Courbe de
40°

Pente mon-
 tante de
20°

Courbe de
120°

Convoyeur curviligne **Flanfino**

Un moyen de transport qui permet de résoudre facilement tous les problèmes d'évacuation quels que soient la direction et le profil des voies.

- **Franchissement de courbes prononcées.**
 Ce convoyeur permet le passage dans des courbes d'un rayon de 3 mètres.
- **Installation d'un seul convoyeur dans des voies de grande longueur.**
 L'utilisation de têtes motrices principales et intermédiaires de grande puissance permet au convoyeur curviligne d'atteindre des longueurs considérables.
- **Passage dans des galeries à pente ascendante ou descendante.**
 Le convoyeur curviligne peut supporter des inclinaisons montantes ou descendantes de 25°.
- **Evacuation de débits élevés.**
 Les convoyeurs curvilignes peuvent être fournis en 540 mm, 640 mm et 800 mm de largeur. Leurs débits de pointe respectifs sont de 4,4 t/m, 5,6 t/m et 10 t/m.



5/148

MASCHINENFABRIK G. HAUSHERR, JOCHUMS & CO. K.G. 43 ESSEN
 Nous sommes représentés en Belgique par: Ets Supplex S. A., 66-68 Avenue de la Chasse, Bruxelles IV

Bergougnan

- **Courroies transporteuses de fond**
agrées par l'I.N.M. et conformes à l'A.M. du 11-9-61.
- **Courroies transporteuses de surface**
lisses ou à chevrons - Haute résistance à l'usure.
- **Tuyaux en caoutchouc naturel ou synthétique :**
 - pour air comprimé (tuyaux anti-grisouteux)
 - pour eau, oxygène, acétylène, aspiration, refoulement, etc.



Cie BERGOUGNAN BELGE - Usines et Bureaux à Evergem-Rabot (Gand)

CRIBLA S.A.

12, boulevard de Berlaimont, BRUXELLES 1

Tél. 18.47.00 (6 lignes)

MANUTENTION - PREPARATION

**MINERAL - CHARBON
COKE - CIMENT - etc.**

ENTREPRISES GENERALES

mines - carrières - industrie

ETUDES ET INSTALLATIONS INDUSTRIELLES COMPLETES

LE GAZ COMBUSTIBLE DE L'AVENIR !

Le GAZ est l'énergie thermique souple et avantageuse par excellence. Toujours prêt à entrer en action, il brûle sans laisser de traces de cendre, de rouille, ni de fumée. C'est un combustible sain et sans risques. Le GAZ vous offre également une exploitation efficace et économique : installation peu coûteuse • haut rendement calorifique • tarif avantageux pour l'industrie et l'artisanat • absence de stockage.

Dans votre intérêt immédiat, prenez contact avec la compagnie gazière de votre région, ses techniciens seront heureux de vous informer sur toutes les possibilités actuelles, sans aucun engagement de votre part.

Association Royale des Gaziers Belges a.s.b.l. 4, avenue Palmerston - Bruxelles 4.

...et le
GAZ NATUREL
est pour
très bientôt



Objet : chauffage par rayonnement.

Caractéristiques de l'installation : chauffage par cônes rayonnants.

COMPAGNIE AUXILIAIRE DES MINES

Société Anonyme

26, rue Egide Van Ophem, BRUXELLES 18

Téléphones : 44.27.05 - 44.67.14

Reg. du Com. Bruxelles : 580

✱

ECLAIRAGE DE SURETE POUR MINES

Lampes de mineurs, à main et au casque -
Lampes électropneumatiques - Lampes de
signalisation à téléphone - Armatures
antigrisouteuses.

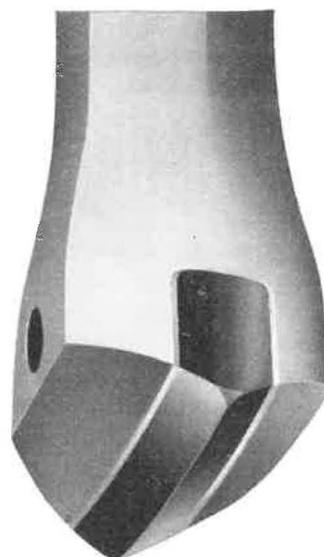
EXPLOSIMETRES - GRISOMETRES FLASH ELECTRONIQUES

ECLAIRAGE PUBLIC ET INDUSTRIEL

Luminaire sur poteaux, potence et câble -
Lanternes et Plafonniers - Armatures
résistant aux acides - Armatures étanches.

INCANDESCENCE - FLUORESCENCE

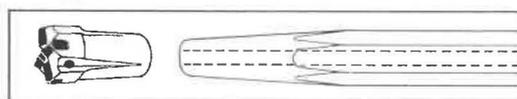
VAPEUR DE MERCURE - SODIUM



BEDFORD - BRITAIN'S BEST

Pour des performances optimales
et des résultats fondamentaux, de-
mandez les produits BEDROCK.
La firme Bedford fabrique une
série de tiges cimentées, d'emman-
chements et d'accouplements pour
le forage de trous profonds; elle
dispose également de puissantes
foreuses sur rails et de tiges
cimentées avec taillants amovibles.
Ecrivez-nous pour obtenir tous
détails sur :

Tiges de forage solitaires d'une
tête en métal dur, à simple burin.
- Divers types de taillants en
croix et à simple burin, taillants
amovibles à carbure de tungstène.
- Taillants coniques «SIMPLON»
entièrement en acier, pour roches.
- Fleurets creux en acier et tiges
creuses d'entraînement à utiliser
avec taillants amovibles; diamants
et alliages. - Tiges de rallonge
pour creusement de trous profonds.
- Brise-béton et aiguilles pour dito.



GENUINE
BEDFORD
SHEFFIELD TOOLS

JOHN BEDFORD & SONS LTD.
LION WORKS, Sheffield 3, ANGLETERRE.
Téléphone : 78.383. Câbles : Bedfords Sheffield.

SOCIETE DES MINES & FONDERIES DE ZINC DE LA

VIEILLE - MONTAGNE

BELGIQUE : Direction Générale : ANGLEUR

(Tél. : Liège 65.38.00) (Telex : Liège 256)

METAUX NON FERREUX

- ZINC } sous toutes
- PLOMB } leurs formes
- CADMIUM
- ARGENT
- ETAIN

PRODUITS CHIMIQUES

- ACIDE SULFURIQUE
- ARSENIATE DE CHAUX
- BLANC DE ZINC
- POUSSIÈRE DE ZINC
- SULFATE DE THALLIUM

PRODUITS DE QUALITE ELECTRONIQUE

- GERMANIUM
- OXYDE DE GERMANIUM
- SILICIUM

PRODUITS HYPERPURS

- ARSENIC
- BISMUTH
- CADMIUM
- INDIUM
- MERCURE
- PLOMB
- THALLIUM
- ZINC



agrégation = légalité

qualité = sécurité

expérience = garantie

EXCLUSIVITE



S. A.
ANCIENS

Ets ANTHONY BALLINGS

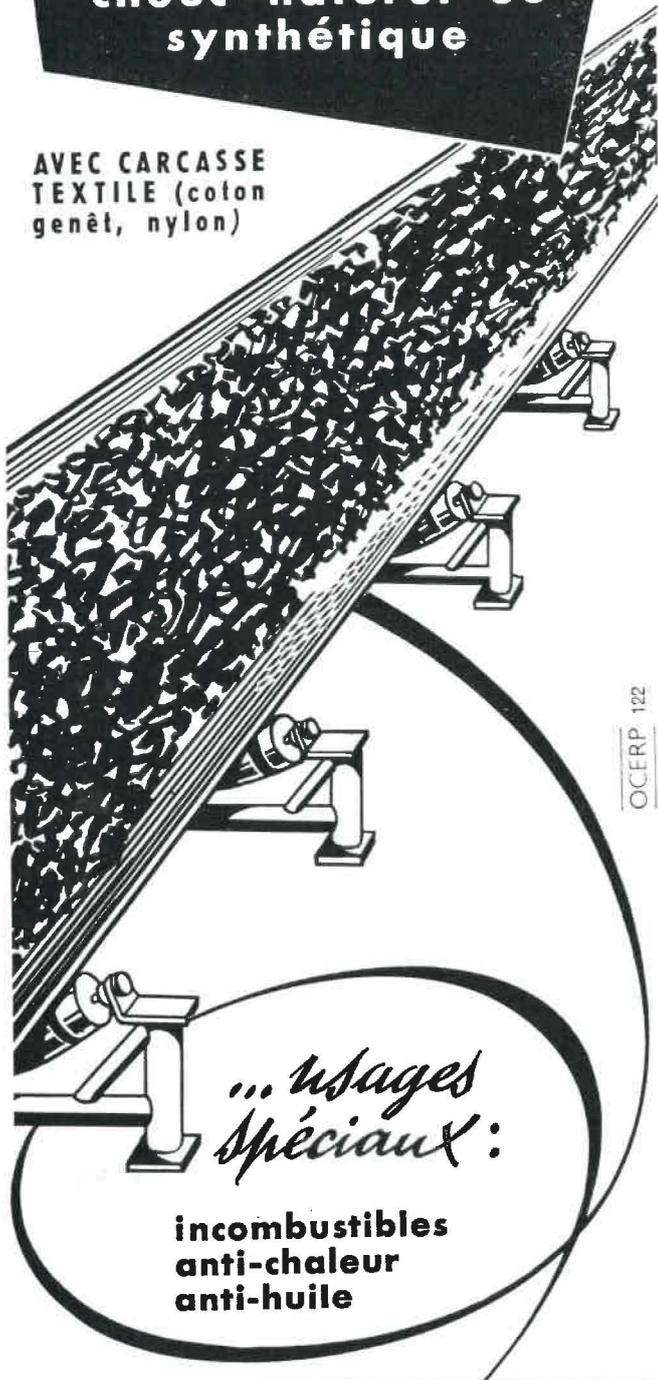
6, avenue Georges Rodenbach - Bruxelles 3 - Tél. : 15.09.12 - 15.09.22

BELGIQUE, GRAND-DUCHE
REPUBLIQUES CENTRALES
AFRICAINES

BANDES TRANSPORTEUSES

revêtements caout-
chouc naturel ou
synthétique

AVEC CARCASSE
TEXTILE (colon
genêt, nylon)



*... usages
spéciaux :*

**incombustibles
anti-chaueur
anti-huile**

OCERP 122

rollin S.A.

MANUFACTURE ALSACIENNE DE CAOUTCHOUC
STEINBACH (HAUT-RHIN)

Tous les

R
E
L
A
I
S



même HERMETIQUES, chez

Zettler

Catalogue : 50, rue le Titien, Bruxelles 4

Tél. : (02) 35.57.78 (jour et nuit)



Forages jusqu' à
2.500 m

Puits pour le
captage d'eau

Rabattement de la
nappe aquifère

Boringen tot
2500 m

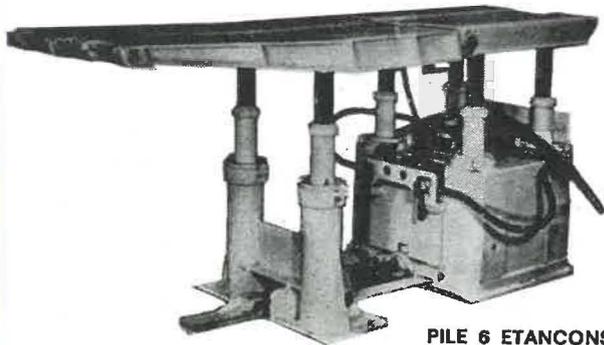
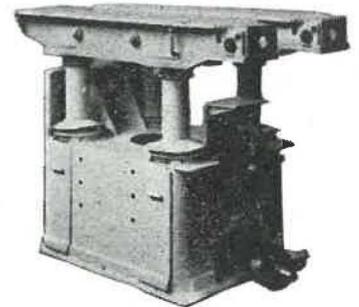
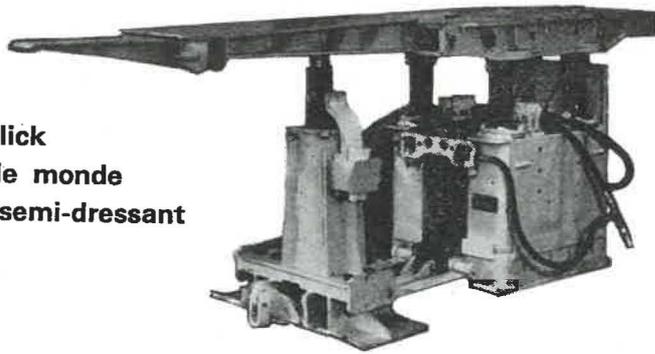
Waterputten

Droogzuigen



DESSEL
TEL. 014-373.71 (5 L)

**30.000 piles Gullick
en service dans le monde
en plateure et en semi-dressant**



PILE 5 ETANÇONS :

Elle marque une étape importante dans l'évolution du soutènement.

Sécurité accrue :

- portance 250 tonnes
- protection du personnel
- soutien du toit jusqu'au front de taille

PILE 4 ETANÇONS :

La première pile dont l'emploi s'est généralisé en taille
Construction robuste
Entretien réduit
Portance élevée
Manœuvre aisée

PILE 6 ETANÇONS :

Employée en couche puissante jusqu'à 3 m.
Excellente couverture du toit
Recommandée pour des toits difficiles.

Pompes

- Pousseurs hydrauliques
- Vérins de tête motrice
- Vérins tendeurs de câble
- Station d'ancrage de tête motrice
- Rampes de chargement pour blindé
- Convoyeur de câble type Bretby



**ATELIERS
et
HANTIERIS**
de la **MANCHE**

DIEPPE

LICENCE GULLICK FRANCE BELGIQUE



POSTES AUTOMATIQUES OU MANUELS GÉNÉPHONE RACCORDABLES A N'IMPORTE QUEL TYPE DE STANDARD AUTOMATIQUE OU MANUEL

LIMITEUR

A. A. 103/64

Ligne de Sécurité Intrinsèque

Ligne téléphonique normale

Sécurité Intrinsèque donc Sécurité maximale

FACILITÉ DE DÉPLACEMENT
DES APPAREILS

poids réduit (2,5 kg env.) - poignée de transport
formant anneau de suspension

SIMPLICITÉ DE MISE EN ŒUVRE
branchement instantané par bornes à pression

* G. 385 (Photo) - Poste automatique

* G. 386 Poste pour réseau manuel B. C. sans magnéto d'appel



SOCIÉTÉ D'ÉLECTRONIQUE ET D'AUTOMATISME

17, Rue du Moulin des Bruyères - COURBEVOIE (Seine) - France

Téléphone : 333-41-20

Agent exclusif auprès des Charbonnages de Belgique · Ets BEAUPAIN, 105, rue de Serbie - Liège

Annales des Mines

DE BELGIQUE

P 1273



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

**INSTITUT NATIONAL DE
L'INDUSTRIE CHARBONNIERE**

Directie - Redactie :

**NATIONAAL INSTITUUT VOOR
DE STEENKOLENNIJVERHEID**

LIEGE, 7, boulevard Frère-Orban — TEL. (04)32.21.98

Renseignements statistiques - Statistische inlichtingen. — P.R. Goffart : Les explosifs de très haute sûreté à ions échangés. — J. Bricteux, M. Neuray et R. Noël : VI^e Conférence Internationale sur la Science du Charbon, Münster, juin 1965 - VI^e Internationale Conferentie over de Kolen, Münster, juni 1965. — Matériel minier - Mijnmaterieel. — Inchar : Revue de la littérature technique.

COMITE DE PATRONAGE

- MM. H. ANCIAUX, Inspecteur général honoraire des Mines, à Wemmel.
- L. BRACONIER, Administrateur Délégué-Directeur de la S.A. des Charbonnages de la Grande Bacnure, à Liège.
- L. CANIVET, Président Honoraire de l'Association Charbonnière des Bassins de Charleroi et de la Basse-Sambre, à Bruxelles.
- P. CULOT, Président de l'Association Houillère du Couchant de Mons, à Mons.
- P. DE GROOTE, Ancien Ministre, Commissaire Européen à l'Energie Atomique.
- L. DEHASSE, Président d'Honneur de l'Association Houillère du Couchant de Mons, à Bruxelles.
- M. DE LEENER, Président du Conseil d'Administration de la Fédération Professionnelle des Producteurs et Distributeurs d'Electricité de Belgique, à Bruxelles.
- A. DELMER, Secrétaire Général Honoraire du Ministère des Travaux Publics, à Bruxelles.
- N. DESSARD, Président d'Honneur de l'Association Charbonnière de la Province de Liège, à Liège.
- P. FOURMARIER, Professeur émérite de l'Université de Liège, à Liège.
- L. JACQUES, Président de la Fédération de l'Industrie des Carrières, à Bruxelles.
- E. LEBLANC, Président d'Honneur de l'Association Charbonnière du Bassin de la Campine, à Bruxelles.
- J. LIGNY, Président de l'Association Charbonnière des Bassins de Charleroi et de la Basse-Sambre, à Marcinelle.
- A. MEYERS (Baron), Directeur Général Honoraire des Mines, à Bruxelles.
- G. PAQUOT, Président de l'Association Charbonnière de la Province de Liège, à Liège.
- M. PERIER, Président de la Fédération de l'Industrie du Gaz, à Bruxelles.
- P van der REST, Président du Groupement des Hauts Fourneaux et Aciéries Belges, à Bruxelles.
- J. VAN OIRBEEK, Président de la Fédération des Usines à Zinc, Plomb, Argent, Cuivre, Nickel et autres Métaux non ferreux, à Bruxelles.
- C. VESTERS, Président de l'Association Charbonnière du Bassin de la Campine, à Waterschei.

BESCHERMEND COMITE

- HH. H. ANCIAUX, Ere Inspecteur Generaal der Mijnen, te Wemmel.
- L. BRACONIER, Afgevaardigde-Beheerder-Directeur van de N.V. «Charbonnages de la Grande Bacnure», te Luik.
- L. CANIVET, Ere-Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijnen van het Bekken van Charleroi en van de Beneden Samber, te Brussel.
- P. CULOT, Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijnen van het Westen van Bergen, te Bergen.
- P. DE GROOTE, Oud-Minister, Europees Commissaris voor Atoomenergie.
- L. DEHASSE, Ere-Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijnen van het Westen van Bergen, te Brussel.
- M. DE LEENER, Voorzitter van de Bedrijfsfederatie der Voortbrengers en Verdelers van Electriciteit in België, te Brussel.
- A. DELMER, Ere-Secretaris Generaal van het Ministerie van Openbare Werken, te Brussel.
- N. DESSARD, Ere-Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijnen van de Provincie Luik, te Luik.
- P. FOURMARIER, Emeritus Hoogleraar aan de Universiteit van Luik, te Luik.
- L. JACQUES, Voorzitter van het Verbond der Groeven, te Brussel.
- E. LEBLANC, Ere-Voorzitter van de Associatie der Kempische Steenkolenmijnen, te Brussel.
- J. LIGNY, Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijnen van het Bekken van Charleroi en van de Beneden Samber, te Marcinelle.
- A. MEYERS (Baron), Ere-Directeur Generaal der Mijnen, te Brussel.
- G. PAQUOT, Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijnen van de Provincie Luik, te Luik.
- M. PERIER, Voorzitter van het Verbond der Gasnijverheid, te Brussel.
- P. van der REST, Voorzitter van de «Groupement des Hauts Fourneaux et Aciéries Belges», te Brussel.
- J. VAN OIRBEEK, Voorzitter van de Federatie der Zink-, Lood-, Zilver-, Koper-, Nikkel- en andere non-ferro Metalenfabrieken, te Brussel.
- C. VESTERS, Voorzitter van de Associatie der Kempische Steenkolenmijnen, te Waterschei.

COMITE DIRECTEUR

- MM. A. VANDENHEUVEL, Directeur Général des Mines, à Bruxelles, Président.
- P. STASSEN, Directeur de l'Institut National de l'Industrie Charbonnière, à Liège, Vice-Président.
- P. DELVILLE, Directeur Général de la Société « Evence Coppée et Cie », à Bruxelles.
- C. DEMEURE de LESPAL, Professeur d'Exploitation des Mines à l'Université Catholique de Louvain, à Sirault.
- H. FRESON, Inspecteur Général des Mines, à Bruxelles.
- P. GERARD, Directeur Divisionnaire des Mines, à Hasselt.
- H. LABASSE, Professeur d'Exploitation des Mines à l'Université de Liège, à Liège.
- J.M. LAURENT, Directeur Divisionnaire des Mines, à Jumet.
- G. LOGELAIN, Inspecteur Général des Mines, à Bruxelles.
- P. RENDERS, Directeur à la Société Générale de Belgique, à Bruxelles.

BESTUURSCOMITE

- HH. A. VANDENHEUVEL, Directeur Generaal der Mijnen, te Brussel, Voorzitter.
- P. STASSEN, Directeur van het Nationaal Instituut voor de Steenkolenlijverheid, te Luik, Onder-Voorzitter.
- P. DELVILLE, Directeur Generaal van de Vennootschap « Evence Coppée et Cie », te Brussel.
- C. DEMEURE de LESPAL, Hoogleraar in de Mijnbouwkunde aan de Katholieke Universiteit Leuven, te Sirault.
- H. FRESON, Inspecteur Generaal der Mijnen, te Brussel.
- P. GERARD, Divisiedirecteur der Mijnen, te Hasselt.
- H. LABASSE, Hoogleraar in de Mijnbouwkunde aan de Universiteit Luik, te Luik.
- J.M. LAURENT, Divisiedirecteur der Mijnen, te Jumet.
- G. LOGELAIN, Inspecteur Generaal der Mijnen, te Brussel.
- P. RENDERS, Directeur bij de « Société Générale de Belgique », te Brussel.

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

N° 11 — Novembre 1965

ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

Nr 11 — November 1965

Direction-Rédaction :
**INSTITUT NATIONAL
DE L'INDUSTRIE CHARBONNIERE**

LIEGE, 7, boulevard Frère-Orban - TEL. 32.21.98

Directie-Redactie :
**NATIONAAL INSTITUUT
VOOR DE STEENKOLENNIJVERHEID**

Sommaire — Inhoud



Renseignements statistiques belges et des pays limitrophes	1460
Statistische inlichtingen voor België en aangrenzende landen	1460
P. R. GOFFART. — Les explosifs de très haute sûreté à ions échangés (suite)	1465
J. BRICTEUX, M. NEURAY et R. NOEL. — VI ^e Contérence Internationale sur la Science du Charbon, à Münster (Westphalie) du 1 ^{er} au 3 juin 1965.	1509
VI ^e Internationale Conferentie over de Kolen, te Münster (Westfalen) van 1 tot 3 juni 1965	1509
Matériel Minier. (Notes rassemblées par INICHAR) — Soc de nettoyage associé à une abatteuse-chargeuse — Dispositif de sécurité pour l'assemblage des têtes de convoyeur blindé ou de rabot — Convoyeur silo de chantier de faible capacité — Applications minières du matériel de détection par ultra-sons Sonac — Concasseur cylindrique à choc — Lève-tôle ou profilé « toutes positions » Stas	1549
Mijnmaterieel (Nota's verzameld door INICHAR) — Ruimsokkel horend bij een win- en laadmachine — Veiligheidstoestellen voor het verbinden van pantsersporteur en schaafkettingen — Bunkertransporteur met kleine capaciteit voor werkplaatsen — Sonac detectiemateriaal met ultrageluid, toegepast in de mijn — Slagwalsbreker — Platen- of profielenheffer « alle mogelijkheden » Stas	1549
INICHAR — Revue de la littérature technique	1569
Bibliographie	

Reproduction, adaptation et traduction autorisées en citant le titre de la Revue, la date et l'auteur.

EDITION - ABONNEMENTS - PUBLICITE - UITGEVERIJ - ABONNEMENTEN - ADVERTENTIES
BRUXELLES 5 • EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES • BRUSSEL 5
Rue Borrens, 37-41 - Borrensstroat — TEL. 48.27.84 - 47.38.52

BASSINS MINERS MIJNBEKKENS Périodes Perioden	Production nette Netto-productie t	Consomm. propre et Fournit. au pers. Eigen verbr. en le- vering aan het pers. (4)	Stocks Voorraden t	Jours ouvrés Gewerkte dagen	PERSONNEL — PERSONEEL											Grisos capés et valorisés Opgevangen en gevaloriseerd mijn gas m ³ à 8.500 kcal 0° C - 760 mm Hg	
					Nombre d'ouvriers Aantal arbeiders		Indices - Indices			Rendement (kg) Rendement (kg)		Présences (1) Aanwez. (%)		Mouvem. main-d'œuvre Werkkrachten schomm.			
					Fond Ondergrond	Fond et surface Onder- en bovengrond	Taille Pijler	Fond Ondergrond	Fond et surface Onder- en bovengrond	Fond Ondergrond	Fond et surface Onder- en bovengrond	Fond Ondergrond	Fond et surface Onder- en bovengrond	Belges Belgen	Etrangers Vreemdel.		Total Totaal
Borinage-Centre - Borinage-Centrum	250.690	14.193	292.548	21,85	6.766	9.073	0,251	0,596	0,820	1,678	1,220	76,38	79,19	— 10	— 178	— 188	1.690.201
Charleroi - Charleroi	398.227	31.210	416.756	19,57	12.070	16.887	0,240	0,626	0,912	1,597	1,096	81,19	82,71	— 121	— 591	— 712	2.832.053
Liège - Luik	259.645	30.751	327.854	21,69	8.755	11.918	0,301	0,740	1,026	1,352	974	80,07	81,98	— 273	— 940	— 1213	—
Kempens - Campine	910.227	55.459	790.327	23,00	21.368	27.677	0,186	0,563	0,749	1,776	1,333	88,45	89,79	— 189	— 506	— 695	1.416.489
Le Royaume - Het Rijk	1.818.789	131.613	1.827.485	21,75	48.973	65.447	0,223	0,606	0,834	1,649 ^{a)}	1,198 ^{b)}	83,40	85,01	— 593	— 2215	— 2808	5.938.743(2)
1965 Février - Februari	1.667.411	127.880	1.630.262	19,34	52.502	70.080	0,214	0,627	0,848	1,594	1,179	84,15	85,70	— 324	— 585	— 909	5.834.329(2)
Janvier - Januari	1.732.464	135.323	1.495.015	20,27	53.297	71.061	0,237	0,642	0,879	1,555	1,148	84,60	86,10	— 192	— 195	— 387	6.206.199(2)
1964 Mars - Maart	1.797.602	128.128	900.877	21,10	50.890	68.749	0,234	0,621	0,854	1,611	1,172	82,57	84,58	— 525	+ 51	— 474	6.717.952(2)
M.M.	1.775.376	118.885	1.488.665	21,33	50.710	68.032	0,237	0,635	0,866	1,574	1,155	83,71	85,66	— 291	+ 323	+ 32	5.514.722
1963 M.M.	1.784.827	123.384	454.006	21,60	48.966	67.113	0,214	0,614	0,858	1,629	1,166	83,14	85,22	— 265	+ 237	— 28	5.721.228
1962 M.M.	1.768.804	124.240	1.350.544	21,56	52.028	71.198	0,224	0,610	0,853	1,624	1,156	81,17	83,82	— 411	+ 2	— 409	5.848.183
1961 M.M.	1.794.661	143.935	4.378.050	21,40	45.571	63.935	0,246	0,649	0,916	1,541	1,092	80,82	83,62	— 356	— 550	— 906	5.691.675
1960 id.	1.872.443	176.243	6.606.610	20,50	51.143	71.460	0,268	0,700	0,983	1,430	1,018	81,18	83,70	— 753	— 745	— 1498	5.702.727
1958 id.	2.255.186	258.297	6.928.346	21,27	76.964	104.669	0,34	0,87	1,19	1,153	842	85,92	87,80	— 141	— 802	— 943	8.113.307
1956 id.	2.455.079	254.456	179.157	23,43	82.537	112.943	0,35	0,86	1,19	1,156	838	84,21	86,29	— 357	— 300	— 657	7.443.776
1954 id.	2.437.393	270.012	2.806.020	24,04	86.378	124.579	0,38	0,91	1,27	1,098	787	83,53	85,91	— 63	— 528	— 591	4.604.060
1948 id.	2.224.261	229.373	840.340	24,42	102.081	145.366	—	1,14	1,64	878	610	—	85,88	—	—	—	—
1938 id.	2.465.404	205.234	2.227.260	24,20	91.945	131.241	—	0,92	1,33	1.085	753	—	—	—	—	—	—
1913 id.	1.903.466	187.143	955.890	24,10	105.921	146.084	—	1,37	1,89	731	528	—	—	—	—	—	—
1965 Semaine du 29-11 au 5-12 Week van 29-11 tot 5-12	412.711	—	2.282.208	4,83	46.681	63.369	—	0,559	0,757	1.786	1.321	0,81	0,84	—	—	+ 110	—

N. B. — (1) Absences individuelles seulement. — Enkel individuele afwezigheid.

(2) Dont environ 2 % non valorisés. — Waarvan ongeveer 2 % niet gevaloriseerd.

(3) Maîtrise et surveillance non compris, les rendements atteignent: Fond: 1.831; Fond et surface: 1.319. — Zonder meester- en toezichtspersoneel in rekening te brengen, bekomt men voor de rendementen: Ondergrond: 1.831; Onder- en bovengrond: 1.319.

BELGIQUE
BELGIE

FOURNITURE DE CHARBONS BELGES AUX DIFFERENTS SECTEURS ECONOMIQUES
LEVERING VAN BELGISCHE STEENKOLEN AAN DE VERSCHIEDENE ECONOMISCHE SECTORS

MAART 1965

MARS 1965

PERIODES PERIODEN	Secteur domestique Huiselijke sector en Kleinbedrijf	Administrations publiques Openbare diensten	Cokeries Cokesfabrieken	Fabriques d'agglomérés Agglomeratenfabr.	Centrales électriques Elektrische centrales	Sidérurgie Ijzer- en staal- nijverheid	Construct. métall. Metaalconst.- bedrijven	Métaux non ferreux Non-ferro metalen	Ind. chimique Chemische nijverh.	Chimie de fer et Vieux Spoor- en Baurt- spoorwegen	Textiles Textielnijverheid	Industrie alim. Voedingsnijverheid	Mat. de constr. verre, céramique Bouwwater, glas, keramiek	Cimenteries Cementbedrijven	Papeteries Papierenijverheid	Autres industries Andere bedrijven	Exportation Uitvoer	Total du mois Tot. v. d. maand
1965 Mars - Maart	183.776	11.837	546.825	76.983	347.257	6.931	8.979	18.500	17.463	16.954	2.016	5.529	16.833	25.843	8.751	16.851	144.751	1.456.079
Février - Februari	164.915	15.737	509.815	82.015	328.762	4.786	9.781	23.478	14.191	19.667	1.513	10.063	15.987	18.386	7.830	12.863	151.075	1.390.774
Janvier - Januari	217.379	18.918	540.960	110.566	331.634	5.788	12.966	24.033	20.518	22.302	2.981	10.237	20.257	32.439	11.332	13.427	158.219	1.553.956
1964 Mars - Maart	188.949	10.407	511.076	116.129	266.605	9.720	7.807	25.111	11.064	24.337	2.642	11.907	20.919	62.980	14.912	18.761	154.644	1.457.970
M.M.	217.027	14.940	526.285	112.413	294.529	8.904	7.293	21.429	13.140	23.176	2.062	13.632	22.867	57.211	10.527	15.150	169.731	1.530.316
1963 M.M.	300.893	15.952	550.211	149.315	271.797	9.759	8.376	19.453	22.480	35.888	3.714	15.319	23.929	59.790	13.213	14.933	155.655	1.670.677
1962 M.M.	278.231	13.871	597.719	123.810	341.233	8.112	10.370	21.796	23.376	45.843	3.686	17.082	26.857	65.031	13.549	20.128	223.832	1.834.526
1961 M.M.	260.895	13.827	608.290	92.159	344.485	8.240	8.989	33.515	22.660	54.590	6.120	18.341	29.043	61.957	13.381	22.202	237.800	1.836.494
1960 M.M.	266.847	12.607	619.271	84.395	308.910	11.381	8.089	28.924	18.914	61.567	6.347	20.418	38.216	58.840	14.918	21.416	189.581	1.770.641
1958 M.M.	264.116	12.348	504.042	81.469	174.610	10.228	8.311	24.203	23.771	72.927	5.136	22.185	41.446	32.666	14.885	18.316(1)	226.496	1.537.155
1956 M.M.	420.304	15.619	599.722	139.111	256.063	20.769	12.197	40.601	41.216	91.661	13.082	30.868	64.446	71.682	20.835	32.328(1)	353.828	2.224.332
1952 M.M.	480.637	14.102	708.921(1)		275.218	34.685	16.683	30.235	37.364	123.398	17.838	26.645	63.591	81.997	15.475	60.800	209.060	2.196.669

N. B. — (1) Y compris le charbon fourni aux usines à gaz. — Daarin begrepen de steenkolen aan de gasfabrieken geleverd.

BELGIQUE-BELGIE

COKERIES — COKESFABRIEKEN

MARS-MAART 1965

GENRE PERIODE AARD PERIODE	Pours en activité Ovens in werking		Charbon - Steenkolen (t)			Huiles combustibles Stookolie (t)	COKE - COKES (t)															Ouvriers occupés Te werk gestelde arb.	
	Batteries Batterijen	Fours Ovens	Reçu - Ontv.		Enfourné In de oven gebracht		Production - Produktie			Débit - Afzet													
			Belge Inheemse	Etranger Uitheemse			Gros cokes Dikke cokes > 80 mm	Autres Andere	Total	Consomm. propre Eigen verbruik	Livr. au personnel Levering aan pers.	Secteur domest. Huise, sector en kleinbedrijf	Admin. publ. Openb. dienst.	Sidérurgie Ijzer- en staal- nijverheid	Centr. électr. Elektr. centr.	Chemins de fer Spoorwegen	Autres secteurs Andere sectoren	Exportation Uitvoer	Total	Stock fin mois Voorraad einde maand (t)			
Minières - V. mijnen	8	223	126.126	18.010	138.582	194	75.925	29.841	105.766	97	643	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19.810	776	
Sidér. - V. staalfabr.	32	1.114	387.625	155.880	596.559	446	379.248	76.940	456.188	64	6.123	—	—	—	—	—	—	—	—	—	69.661	2.420	
Autres - Andere . .	8	225	28.242	87.657	113.907	383	47.547	39.214	86.761	822	272	—	—	—	—	—	—	—	—	—	66.329	814	
Royaume - Rijk . . .	48	1.562	541.993	261.547	849.048	1.024	502.720	145.995	648.715	983	7.038	17.872	1.229	495.651	25	726	52.979	66.574	635.056	155.800	—	4.010	
1965 Févr. - Febr.	48	1.570	501.858	243.500	764.237	1.240	449.674	137.187	586.861	2.233	7.531	20.571	1.844	440.915	64	1.171	46.929	66.683	578.177	150.167	—	3.995	
Janv. - Jan.	48	1.570	551.204	317.895	833.787	1.312	490.337	149.300	639.637	6.747	6.688	23.331	2.074	479.132	45	1.699	50.140	80.072	636.493	151.240	—	3.994	
1964 Mars - Maart	48	1.572	503.338	272.881	822.439	1.723	495.763	131.014	626.777	3.434	5.302	12.748	1.833	496.035	45	697	48.027	43.841	603.226	170.755	—	4.052	
M.M.	48	1.574	520.196	283.612	805.311	840	485.178	131.291	616.469	1.759	5.640	13.562	1.833	483.554	83	1.209	48.159	59.535	607.935	161.531	—	3.998	
1963 M.M.	47	1.561	537.432	254.416	779.546	1.153	469.131	131.231	600.362	6.274	5.994	16.368	2.766	461.484	431	2.223	50.291	60.231	593.794	147.877	—	4.109	
1962 M.M.	49	1.581	581.012	198.200	778.073	951	481.665	117.920	599.585	6.159	5.542	14.405	2.342	473.803	159	1.362	46.384	53.450	591.905	217.789	—	4.310	
1961 M.M.	49	1.612	594.418	180.303	777.477	26.422(1)	475.914	124.904	600.818	5.964	4.877	11.308	2.739	452.985	323	1.041	52.213	72.680	593.289	265.942	—	3.775	
1960 M.M.	51	1.668	614.508	198.909	811.811	23.059(1)	502.323	124.770	627.093	7.803	5.048	12.564	2.973	468.291	612	1.234	49.007	82.218	616.899	269.877	—	3.821	
1958 M.M.	47	1.572	504.417	233.572	744.869	495	467.739	107.788	575.527	9.759	5.445	11.030	3.066	423.137	2.095	1.145	41.873	74.751	557.097	276.110	—	3.980	
1956 M.M.	44	1.530	601.931	196.725	784.875	10.068(1)	492.676	113.195	605.871	7.228	5.154	15.538	5.003	433.510	1.918	2.200	56.636	76.498	591.308	87.208	—	4.137	
1954 M.M.	42	1.444	479.201	184.120	663.321	5.813(1)	407.062	105.173	512.235	15.639	2.093	14.177	3.327	359.227	3.437	1.585	42.996	73.859	498.608	127.146	—	4.270	
1948 M.M.	47	1.510	454.585	157.180	611.765	—	373.488	95.619	469.107	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.463	
1938 M.M.	56	1.669	399.063	158.763	557.826	—	—	—	366.543	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.120
1913 M.M.	—	2.898	233.858	149.621	383.479	—	—	—	293.583	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.229

N. B. — (1) Ee hl. - In hl.

BELGIQUE
BELGIE

COKERIES
COKESFABRIEKEN

FABRIQUES D'AGGLOMERES
AGGLOMERATENFABRIEKEN

MARS 1965
MAART 1965

GENRE PERIODE AARD PERIODE	Gaz - Gas 1.000 m ³ , 4.250 kcal, 0° C, 760 mm Hg						Sous-produits Bijprodukten (t)		
	Production Produktie	Consomm. propre Eigen verbruik	Débit - Afzet				Goudron brut Rauwe teer	Ammoniaque Ammoniak	Benzol
			Synthèse Ammon. fabr.	Sidérurgie Staalnijverh.	Autres industr. Andere nijverh.	Distrib. publ. Stadsgas			
Minières - Van mijnen	50.158	21.685	28.395	—	671	15.307	3.930	1.075	1.249
Sidérurg. - V. staalfabrieken	207.248	100.314	44.578	76.661	—	50.351	17.619	5.289	3.694
Autres - Andere . .	40.779	17.193	12.335	—	1.055	17.404	3.817	941	1.062
Le Royaume - Het Rijk . . .	298.185	139.192	85.308	76.661	5.564	83.062	25.366	7.305	6.005
1965 Février - Februari	271.857	125.267	80.751	67.794	5.848	78.316	22.992	6.526	5.447
Janvier - Januari	298.084	137.071	86.739	72.796	6.591	88.092	25.071	6.914	5.961
1964 Mars - Maart	291.039	138.271	81.099	66.306	5.899	86.945	23.992	6.889	5.551
M.M.	282.815	132.949	75.748	69.988	6.267	77.530	23.552	6.764	5.470
1963 M.M.	279.437	128.124	73.628	66.734	5.166	82.729	23.070	6.374	5.321
1962 M.M.	280.103	128.325	69.423	67.162	7.589	82.950	23.044	6.891	5.239
1961 M.M.	274.574	131.894	71.334	63.184	8.869	76.584	22.451	6.703	5.619
1960 M.M.	283.038	133.434	80.645	64.116	12.284	77.950	22.833	7.043	5.870
1958 M.M.	259.453	120.242	81.624	53.568	6.850	71.249	20.867	6.774	5.648
1956 M.M.	267.439	132.244	78.704	56.854	7.424	72.452	20.628	7.064	5.569
1954 M.M.	233.182	135.611	69.580	46.279	5.517	68.791	15.911	5.410	3.624
1948 M.M.	105.334	—	—	—	—	—	16.053	5.624	4.978
1938 M.M.	75.334	—	—	—	—	—	14.172	5.186	4.636

GENRE PERIODE AARD PERIODE	Production - Produktie (t)			Consommation propre Eigen verbruik (t)	Livraisons au personnel Lever. aan het personeel (t)	Mat. prem. Grondstoffen (t)		Ventes et cessions Verkocht en afgestaan (t)	Stock fin du mois Voorraad einde maand (t)	Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeid.
	Boulets Eierkolen	Briquettes Briketten	Total Totaal			Charbon Steenkool	Bral Pek			
Min. - V. mijn. Indép. - Onafh.	70.508 5.958	7.379 —	77.887 5.958	—	—	—	—	—	—	—
Royaume - Rijk	76.466	7.379	83.845	3.018	22.069	81.636	6.675	56.565	51.417	489
1965 Févr. - Febr.	81.599	7.790	89.389	3.278	24.090	83.884	7.104	63.536	49.223	517
Janv. - Jan.	111.259	9.591	120.850	3.413	28.358	113.234	9.688	91.614	50.762	526
1964 Mars - Met	103.826	11.014	114.840	2.555	20.801	115.432	9.980	70.877	35.780	615
M.M.	109.081	10.337	119.418	2.390	18.827	115.319	9.410	94.207	53.297	498
1963 M.M.	178.499	13.113	191.612	3.337	19.390	182.333	15.148	168.778	5.763	—
1962 M.M.	119.386	14.134	133.520	2.920	16.708	127.156	10.135	114.940	5.315	572
1961 M.M.	81.419	15.516	96.935	2.395	12.755	91.880	7.623	82.896	17.997	449
1960 M.M.	77.240	17.079	94.319	2.282	12.191	84.464	7.060	77.103	32.920	473
1958 M.M.	65.877	20.525	86.402	3.418	12.632	81.517	6.335	66.907	62.598	495
1956 M.M.	116.258	35.994	152.252	3.666	12.354	142.121	12.353	133.542	4.684	647
1954 M.M.	75.027	39.829	114.856	4.521	10.520	109.189	9.098	109.304	11.737	589
1948 M.M.	27.014	53.834	80.848	—	—	74.702	6.625	—	—	563
1938 M.M.	39.742	102.948	142.690	—	—	129.797	12.918	—	—	873
1913 M.M.	—	—	217.387	—	—	197.274	—	—	—	1.911

PERIODE	Quantités reçues Ontvangen hoeveelheden			Consomm. totale Totaal verbruik	Stock fin du mois Voorr. einde maand	Quantités reçues Ontvangen hoeveelheden			Consomm. totale Totaal verbruik	Stock fin du mois Voorr. einde maand	Exportations Uitvoer
	Orig. indig. Inh. oorspr.	Importations Invoer	Total Totaal			Orig. indig. Inh. oorspr.	Importations Invoer	Total Totaal			
1965 Mars - Maart	34.055	—	34.055	43.979	148.822	6.521	2.499	9.020	6.675	90.738	—
Févr. - Febr.	29.406	—	29.406	42.279	158.929	6.384	5.413	11.797	7.104	88.393	—
Janv. - Jan.	21.339	—	21.339	41.611	172.012	6.337	5.028	11.365	9.688	83.875	—
1964 Mars - Maart	42.167	—	42.167	45.706	193.560	6.629	15.756	22.385	9.980	59.736	2.180
M.M.	41.584	—	41.584	43.470	192.651	6.515	7.252	13.767	9.410	82.198	10.801
1963 M.M.	44.249	15	44.264	44.540	229.138	9.082	6.969	16.051	15.148	30.720	2.218
1962 M.M.	49.883	42	49.925	45.325	235.268	8.832	1.310	10.142	10.135	19.963	(c)
1961 M.M.	44.823	—	44.823	47.414	188.382	7.116	451	7.567	7.516	19.887	3.984
1960 M.M.	43.010	674	43.684	50.608	242.840	5.237	37	5.274	7.099	22.163	3.501
1958 M.M.	50.713	7.158	57.871	71.192	448.093	3.834	3.045	6.879	6.335	78.674	2.628
1956 M.M.	72.377	17.963	90.340	78.246	655.544	7.019	5.040	12.059	12.125	51.022	1.281
1952 M.M.	73.511	30.608	104.119	91.418	880.695	4.624	6.784	11.408	9.971	37.357	2.014

N. B. — (c) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

PERIODE	Produits bruts - Ruwe produkten							Demi-finis - Half pr.		Ouvriers occupés Te werk gestelde arbeiders	
	Cuivre Koper (t)	Zinc Zink (t)	Plomb Lood (t)	Etain Tin (t)	Aluminium (t)	Antimoine, Cadmium, etc. Antim., Cadm., enz. (t)	Total Totaal (t)	Argent, or, platine, etc. Zilver, goud, platina, enz. (kg)	Mét. préc. exc. Edle metalen uitgezonderd (t)		Argent, or, platine, etc. Zilver, goud, plat., enz. (kg)
1965 Mars - Maart	27.411	20.064	8.732	214	307	349	57.077	40.786	33.570	2.476	18.514
Février - Februari	24.531	19.697	8.256	321	293	399	53.497	38.435	29.047	2.407	18.450
Janvier - Januari	23.844	18.545	6.943	576	288	352	50.548	35.308	29.129	1.731	17.510
1964 Mars - Maart	22.447	18.628	7.188	670	311	434	49.678	31.931	30.307	1.688	17.129
M.M.	23.844	18.545	6.943	576	288	352	50.548	35.308	20.129	1.731	17.510
1963 M.M.	22.620	17.194	8.203	701	296	368	49.382	33.606	24.267	1.579	16.671
1962 M.M.	18.453	17.180	7.763	805	237	401	44.839	31.947	22.430	1.579	16.461
1961 M.M.	18.465	20.462	8.324	540	155	385	48.331	34.143	22.519	1.642	17.021
1960 M.M.	17.648	20.630	7.725	721	231	383	47.338	31.785	20.788	1.744	15.822
1958 M.M.	13.758	18.014	7.990	762	226	325	41.075	27.750	16.562	2.262	15.037
1956 M.M.	14.072	19.224	8.521	871	228	420	43.336	24.496	16.604	1.944	15.919
1952 M.M.	12.035	15.956	6.757	850	557	—	36.155	23.833	12.729	2.017	16.227

N. B. — Pour les produits bruts : moyennes trimestrielles mobiles. — Pour les demi-produits : valeurs absolues.
Voor de ruwe produkten : beweeglijke trimestriële gemiddelden. — Voor de half-produkten : volstrekte waarden.

PERIODE PERIODE	Hautes fourneaux en activité Hoogovens in werking	Produits bruts Ruwe produkten			Produits demi-finis Half-produkten		PRODUCTION		
		Fonte Gietijzer	Acier en lingots Staalblokken	Fer de masse Loep	Pour relamin. belges Voor Belg. herwalers	Autres Andere	Aciers marchands Handelsstaal	Profils Profielstaal	Rails et accessoires Spoorstaaven en toebehoren
1965 Mars - Maart	43	717.150	794.121	(3)	47.617	90.929	210.474	35.734	4.440
Février - Februari	43	655.430	725.954	(3)	56.707	68.335	184.509	34.148	207
Janvier - Januari	43	685.593	735.727	(3)	52.939	78.041	187.605	34.197	620
1964 Mars - Maart	44	674.743	722.263	(3)	59.542	57.204	171.277	38.832	3.674
M.M.	44	670.548	727.548	(3)	52.380	80.267	174.098	35.953	3.382
1963 M.M.	44	576.246	627.355	(3)	59.341	45.428	170.651	26.388	4.962
1962 M.M.	45	562.378	613.479	4.805	56.034	49.495	172.931	22.572	6.976
1961 M.M.	49	537.093	584.224	5.036	55.837	66.091	159.258	13.964	5.988
1960 M.M.	53	546.061	595.070	5.413	150.669	78.148	146.439	15.324	5.337
1958 M.M.	49	459.927	500.950	4.939	45.141	52.052	125.502	14.668	10.536
1956 M.M.	50	480.840	525.898	5.281	60.829	20.695	153.634	23.973	8.315
1954 M.M.	47	345.424	414.378	3.278	—	—	113.900	15.877	5.247
				(1)					
1948 M.M.	51	327.416	321.059	2.573	—	—	70.980	39.383	9.853
1938 M.M.	50	202.177	184.369	3.508	—	—	43.200	26.010	9.337
1913 M.M.	54	207.058	200.398	25.363	—	—	51.177	30.219	28.489

N. B. — (1) Fers finis - Afgewerkt ijzer. — (2) Tubes soudés - Gelaste pijpen. — (3) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

Importations - Invoer (t)						Exportations - Uitvoer (t)			
Pays d'origine Land van herkomst Période Periode Répartition Verdeling	Charbons Steenkolen	Coke Cokes	Agglomérés Agglomeraten	Lignite Bruinkolen	Schistes Schiefer	Destination Land van bestemming	Charbons Steenkolen	Cokes Cokes	Agglomérés Agglomeraten
C.E.C.A. - E.G.K.S.	234.761	2.745	3.719	6.525	—	C.E.C.A. - E.G.K.S.	42.949	2.718	1.282
Allem. Occ. - W. Duitsl. . .	9.039	—	3	—	—	Allemagne Occ. - W. Duitsl. . .	36.423	17.381	1.685
France - Frankrijk	80.253	43.315	22.252	350	—	France - Frankrijk	—	—	—
Pays-Bas - Nederland	—	—	—	—	—	Italie - Italië	495	32.646	120
Total - Totaal	324.053	46.060	25.974	6.875	—	Luxembourg - Luxemburg	54.250	36	310
Pays tiers - Derde landen	—	—	—	—	—	Pays-Bas - Nederland	—	—	—
Roy. Uni - Veren. Koninkrijk	33.199	8.670	—	—	—	Total - Totaal	134.117	52.781	3.397
E.U.A. - V.S.A.	136.487	—	—	—	—	Pays tiers - Derde landen	—	—	—
Allemagne Or. - Oost-Duitsl.	—	—	—	266	—	Autriche - Oostenrijk	425	132	—
Pologne - Polen	32.828	—	—	—	—	Danemark - Denemarken	—	4.748	—
U.R.S.S. - U.S.S.R.	15.122	—	—	—	—	Norvège - Noorwegen	567	—	—
Maroc - Marokko	2.150	—	—	—	—	Suède - Zweden	—	8.683	—
Total - Totaal	219.839	8.670	—	266	—	Suisse - Zwitserland	11.729	—	240
Tot. mars - 1965 - Tot. maart	543.839	54.730	25.974	7.141	—	Divers - Allerlei	—	230	—
1965 Février - Februari	400.041	57.022	17.649	4.593	—	Total - Totaal	12.721	13.793	240
Janvier - Januari	566.105	51.119	27.478	6.977	—	Tot. mars - 1965 - Tot. maart	146.838	66.574	3.637
1964 Décembre - December	692.280	57.348	22.022	5.363	—	1965 Février - Februari	153.256	66.683	5.602
Mars - Maart	566.993	52.977	16.383	4.491	1.754	Janvier - Januari	162.272	80.072	10.906
M.M.	580.622	51.690	19.420	6.315	1.420	1964 Décembre - December	193.841	79.318	15.868
Répartition - Verdeling :	—	—	—	—	—	Mars - Maart	157.535	43.841	17.345
1) Sect. dom. - Huisel. sektor	175.345	1.284	26.751	7.141	—	M.M.	169.731	59.535	34.702
2) Sect. ind. - Nijverheidssekt.	371.597	53.496	250	—	—				
Réexportation - Wederuitvoer	2.087	—	—	—	—				
Mouv. stocks - Schomm. voorr.	-5.190	-50	-1.027	—	—				

IJZER- EN STAALNIJVERHEID

MARS-MAART 1965

PRODUCTIE t

Produits finis - Eindprodukten									Produits finaux Verder bew. prod.		Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeiders
Fil machine Machinedraad	Tôles fortes Dikke platen (> 4,76 mm)	Tôles moyennes Middel dikke platen 3 à 4,75 mm 3 tot 4,75 mm	Larges plats Universeel staal	Tôles fines noires Dunne platen niet bekleed	Feuillards bandes à tubes Banden v. buizenstrip Banden voor pijpen	Ronds et carrés pour tubes Rond en vierkant staafmat. voor buizen	Divers Allerlei	Total des produits finis Totaal der afgewerkte produkten	Tôles galv., plomb. et étamées Verzinkte, verloede en vertinde platen	Tubes d'acier Stalen buizen	
88.824	69.436	26.914	2.939	157.402	36.822	2.568	2.164	637.774	50.889	23.282	52.714
72.500	59.884	22.330	3.173	138.544	27.197	2.099	1.855	546.446	43.581	21.006	54.386
78.418	60.934	18.443	3.569	140.291	35.114	1.907	2.171	563.269	48.362	22.090	54.351
74.162	46.579	13.303	3.127	153.077	27.214	107	2.044	533.396	54.522	24.069	53.133
72.171	47.996	19.976	2.693	145.047	31.346	1.181	1.997	535.840	49.268	22.010	53.604
53.288	35.864	13.615	2.800	130.981	28.955	124	2.067	476.513	47.962	10.853	53.069
60.146	41.258	7.369	3.525	113.984	26.202	290	3.053	451.448	39.537	18.027	53.066
51.170	42.014	6.974	3.260	95.505	23.957	383	2.379	404.852	32.795	15.853	51.962
53.567	41.501	7.593	2.536	90.752	29.323	1.834	2.199	396.405	26.494	15.524	44.810
41.913	45.488	6.967	1.925	80.543	15.872	790	5.026	349.210	24.543	12.509	42.908
										(2)	
40.874	53.456	10.211	2.748	61.941	27.959	—	5.747	388.858	23.758	4.410	47.104
36.301	37.473	8.996	2.153	40.018	25.112	—	2.705	307.782	20.000	3.655	41.904
28.979	28.780	12.140	2.818	18.194	30.017	—	3.589	255.725	10.992	—	38.431
10.603	16.460	9.084	2.064	14.715	13.958	—	1.421	146.852	—	—	33.024
11.852	19.672	—	—	9.883	—	—	3.530	154.822	—	—	35.300

Production Produktie	Unité - Eenheid	Mars - Maart 1965	Febr. 1965	Mars Maart 1964	M.M. 1964	Production Produktie	Unité - Eenheid	Mars - Maart 1965	Febr. 1965	Mars Maart 1964	M.M. 1964
Porphyre - Porfier :						Produits de dragage -					
Moëllons - Breuksteen . . .	t			15.355		Prod. v. baggermolens :					
Concassés - Puin . . .	t	504.585	380.359	406.330	446.225	Gravier - Grind . . .	t	598.417	466.969	653.287	653.661
Pavés et mosaïques . . .	t					Sable - Zand . . .	t	86.829	65.474	148.483	107.438
Straatsteen en mosaïek .	t					Calcaires - Kalksteen . . .	t	702.115	607.543	721.894	824.954
Petit granit - Hardsteen :						Chaux - Kalk . . .	t	202.300	186.491	192.363	190.820
Extrait - Ruw	m ³	33.718	21.545	39.886	34.133	Phosphates - Fosfaat . . .	t	(c)	1.102	(c)	1.838
Scié - Gezaagd	m ³	10.368	6.226	9.456	8.719	Carbonates naturels . . .					
Façonné - Bewerkt	m ³	3.325	1.285	3.760	2.691	Natuurcarbonaat	t	102.904	77.420	81.570	158.415
Sous-prod. - Bijprodukten	m ³	25.338	16.347	37.043	31.830	Chaux hydraul. artific. -					
Marbre - Marmers :						Kunstm. hydraul. kalk .	t	(c)	(c)	722	715
Blocs équarris - Blokken .	m ³	411	293	629	606	Dolomie - Dolomiet :					
Tranches - Platen (20 mm)	m ³	54.314	44.330	45.052	46.652	crue - ruwe	t	63.863	61.020	57.548	75.707
Moëllons et concassés . .	t	2.833	1.145	3.174	2.724	fritée - witgelooid . . .	t	26.420	26.544	29.369	28.124
Breuksteen en puin	t	2.833	1.145	3.174	2.724	Plâtres - Pleisterkalk . .	t	7.769	6.625	8.041	7.603
Bimbeloterie - Snuisterijen	kg	17.857	16.942	10.211	11.577	Agglomérés de plâtre -	m ³	688.266	524.926	436.276	421.810
Grès - Zandsteen :											
Moëllons bruts - Breukst.	t	13.287	6.080	16.679	20.804	Silex - Vuursteen :					
Concassés - Puin	t	65.387	41.241	93.847	108.072	broyé - gestampt . . .	t				
Pavés et mosaïques	t					pavé - straatsteen . . .	t	834	1.756	451	1.244
Straatsteen en mosaïek .	t	1.165	512	488	639	Feldspath et Galets -					
Divers taillés - Diverse . .	t	6.506	7.038	6.826	7.172	Veldspaat en Strandkeien	t	(c)	(c)	(c)	(c)
Sable - Zand :						Quartz et Quartzites . . .	t	18.439	12.542	24.462	25.381
pr. métal. - vr. metaaln.	t	101.958	95.781	102.053	114.881	Kwarts en Kwartziet . . .	t	18.272	14.354	18.541	16.886
pr. verrerie - vr. glasfabr.	t	103.954	99.236	99.492	110.999	Argiles - Klei	t				
pr. constr. - vr. bouwbedr.	t	350.457	202.142	430.490	430.918						
Divers - Allerlei	t	126.653	98.529	95.817	122.940	Personnel - Personeel :					
Ardoise - Leisteen :						Ouvriers occupés -		11.140	10.929	10.903	11.079
pr. toitures - vr. dakwerk	t	584	578	607	576	Tewerkgestelde arbeiders					
Schiste ard. - Dakleien . .	t	234	152	390	402						
Coticules - Slijpstenen . .	kg	3.139	3.755	5.336	4.054						

indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

FAYS LAND	Houille produite Geproduct. steenkool (1.000 t)	Ouvr. inscrits Ingeschr. arb. (1.000)		Rendement (ouv./poste) (arb./ploeg) (kg)		Jours ouvrés Gewerkte dagen	Absentéisme Afwezigheid %		Coke de four produit Geprodeerde ovencookes (1.000 t)	Agglomérés produits Geprodeerde agglomeraten (1.000 t)	Stocks Voorraden (1.000 t)	
		Fond Ondergrond	Fond et surface Onder- en bovengrond	Fond Ondergrond	Fond et surface Onder- en bovengrond		Fond Ondergrond	Fond et surface Onder- en bovengrond			Houille Kolen	Coke Cokes
Allemagne Occ. - West-Duitsl.												
1965 Mars - Maart	12.446	231	345	2.738	2.157	23.25	20,71	18,57	3.759	212	12.558	1.597
1964 M.M.	12.362	233	349	2.613	2.055	22,02	19,99	18,45	3.606	461	8.629	1.083
Mars - Maart	11.775	242	361	2.635	2.066	21,05	19,27	17,16	3.635	227	5.755	1.747
Belgique - België												
1965 Mars - Maart	1.819	62	81	1.649	1.198	21,75	16,60(1)	14,99(1)	649	84	1.827	156
1964 M.M.	1.775	66	85	1.574	1.155	21,33	16,29(1)	14,34(1)	616	119	1.489	162
Mars - Maart	1.798	64	84	1.611	1.172	21,10	17,43(1)	15,42(1)	627	115	901	171
France - Frankr.												
1965 Mars - Maart	4.697	109	153	2.052	1.428	24,69	11,71	8,08(2)	1.233	363	6.219	655
1964 M.M.	4.419	111	156	2.046	1.411	23,21	10,10	6,73(2)	1.162	552	5.831	684
Mars - Maart	4.350	112	157	2.080	1.426	22,10	11,47	7,59(2)	1.203	455	5.579	526
Italie - Italië												
1965 Mars - Maart	33	0,8	1,2	2.768	(3)	(3)	(3)	(3)	465	3	103	496
1964 M.M.	39	1,1	1,3	2.532	(3)	(3)	(3)	(3)	390	6	73	420
Mars - Maart	33	1,4	2,0	1.974	(3)	(3)	(3)	(3)	391	1	90	258
Pays-B. - Nederl.												
1965 Mars - Maart	1.016	25,1	39,4	2.277	(3)	(3)	(3)	(3)	378	92	1.271	327
1964 M.M.	987	25,3	39,6	2.208	(3)	(3)	(3)	(3)	376	113	898	270
Mars - Maart	1.042	25,2	39,6	2.333	(3)	(3)	(3)	(3)	388	100	514	141
Communauté - Gemeenschap												
1965 Mars - Maart	20.540	422,6	582,9	2.479	(3)	(3)	(3)	(3)	6.484	753	22.070	3.230
1964 M.M.	19.583	434,4	593,8	2.395	(3)	(3)	(3)	(3)	6.150	1.249	17.007	2.616
Mars - Maart	19.502	439,7	606,9	2.427	(3)	(3)	(3)	(3)	6.245	898	12.802	2.843
Grande-Bretagne- Groot-Brittannië												
1965 Semaine du 28-3 au 3-4	3.893	(3)	476	5.483	1.831	(3)	(3)	19,23	(3)	(3)	19.947	(3)
Week van 28-4 tot 4-3												
1964 Moy. hebd. Wekel. gem.	3.724	(3)	498	5.203	1.745	(3)	(3)	15,78	(3)	(3)	20.381	(3)
Semaine du 29-3 au 4-4												
Week van 29-3 tot 4-4	2.952	(3)	505	5.062	1.648	(3)	(3)	18,56	(3)	(3)	18.227	(3)

N. B. — (1) Absences individuelles seulement - Alléén individuele afwezigheid. — (2) Surface seulement - Bovengrond alléén. — (3) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers. (4) Houille marchande - Verkoopbare steenkool.

Les explosifs de très haute sûreté à ions échangés (*)

(suite)

par P.-R. GOFFART,

Ingénieur au Corps des Mines,
Docteur en Sciences appliquées.

31. DEFINITION

L'étude de la détonation exposée au chapitre 2 se rapporte uniquement à des charges sans solution de continuité, constituées d'une substance explosive présente, à densité d'encartouchage en principe constante, tout au long du parcours suivant lequel la détonation se propage en régime stable.

Le présent chapitre s'intéresse au cas où la charge est interrompue sur une certaine longueur par un intervalle de matière étrangère, qui peut être gazeuse, solide ou liquide. On dit qu'il y a transmission de la détonation lorsque celle-ci, s'étant propagée à partir du détonateur amorçant la charge dite initiatrice, se développe au-delà de l'intervalle dans la charge non amorcée dite réceptrice.

Nous limitons notre étude aux cas de l'intervalle de matière solide inerte ou d'air aux conditions normales.

32. TECHNOLOGIE DE L'ENCARTOUCHAGE

Industriellement, l'explosif est présenté en cartouches. Dans une file de cartouches disposées bout à bout, il y a propagation de la détonation dans la substance explosive constituant chaque cartouche, et transmission à l'endroit des jointures entre cartouches.

Il est indispensable, en vue de l'étude de la transmission, de donner quelques précisions technologiques sur l'encartouchage des explosifs à ions échangés. L'élément de départ est généralement un étui

cylindrique en papier fermé à une extrémité par un fond concave obtenu par pliage mécanique du papier. Ce fond constitue le bout de cartouche désigné H dans la suite de l'exposé (H est l'initiale du nom de la machine à confectionner les étuis en papier). Après remplissage à densité apparente aussi constante que possible, la fermeture de l'orifice libre s'opère soit à la main (par quatre plis superposés dont la plus grande dimension peut correspondre au diamètre de la cartouche) et donne un bout plan M. Elle peut aussi être réalisée mécaniquement par plis serrés dont la plus grande dimension correspond au rayon de la cartouche (fermeture en rosace) ; dans ce cas, les plis s'ordonnent suivant une surface légèrement concave, donnant ainsi un bout B (initiale du nom de la machine reproduisant l'opération manuelle du chargement de l'étui par bourroir). La photographie (fig. 23) montre les différents bouts de cartouches. On y voit aussi le bout N (initiale de nu) obtenu par sectionnement trans-

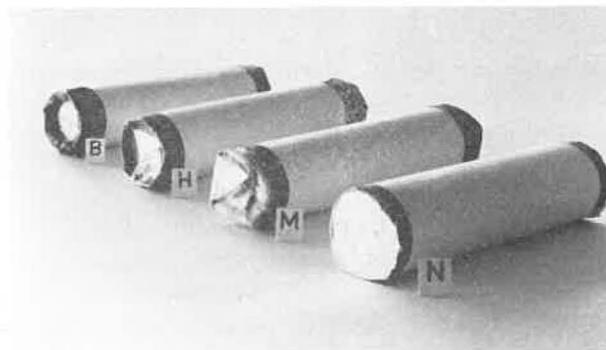


Fig. 23.

versal bien net d'une cartouche à environ 1 cm d'une extrémité, de façon à mettre à nu la substance explosive dans sa densité d'encartouchage.

De tous, le bout H est le plus ferme et le plus robuste. Il peut se charger abondamment au paraffinage, surtout si, pour l'égouttage, les cartouches sont placées verticalement. Le bout M, quoique plan, est solide en raison de la large superposition des plis ; il peut également se charger de beaucoup de paraffine. Quant au bout B, il est ferme si le fonctionnement de la machine est réglé en conséquence ; dans ce cas, les plis très serrés sont moins susceptibles de capter la paraffine.

33. CONNAISSANCES ACQUISES EN 1962

Rappelons d'abord les connaissances accumulées depuis la Neuvième Conférence internationale des directeurs de stations d'essais (1956) jusqu'à 1962, année de la troisième Réunion de la Commission européenne de normalisation des essais d'explosifs, ceci par une synthèse que nous illustrerons de quelques expérimentations originales.

Au terme de ce tour d'horizon, il nous apparaîtra que les mécanismes de transmission sont bien connus lorsque l'explosion se passe à l'air libre ou en confinement léger, mais que la question reste obscure dans le cas du confinement épais. Nous nous efforcerons alors d'élucider ce dernier problème qui, en définitive, est seul à présenter un intérêt pratique.

331. Eventualités fixant les mécanismes de transmission.

Les précisions apportées par le chapitre 2 vont nous être d'un grand secours. Nous savons en effet qu'en matière d'explosifs à ions échangés de très haute sélectivité, la décomposition exothermique à grande vitesse concerne peu la masse saline, de sorte que le support énergétique de la détonation n'est, dans tous les cas, qu'une fraction très limitée du potentiel global de la formule. La réaction secondaire (gazéification profonde des sels) ne se produit qu'en vase clos ; elle fait défaut à l'air libre. Le confinement léger ne peut non plus déclencher la réaction complète. On peut déjà logiquement augurer le fait en raison de l'expansion latérale des fumées qui, en tube de carton ou d'acétate de cellulose à paroi mince, prend cours dès la zone de réaction, comme à l'air libre. Voici en outre deux preuves que seule la réaction primaire (décomposition rapide de la nitroglycérine et libérations additionnelles d'énergie) a lieu en confinement léger :

1^o) D'essais menés avec son pendule de choc, Roth conclut que, même en tuyau de matière plastique de 3 mm d'épaisseur de paroi, les constituants salins ne contribuent aucunement au renforcement

de l'impulsion de choc en raison du défaut de réaction secondaire [19].

2^o) Dans la partie « examen théorique » du dernier ouvrage en date publié sur la matière, Fossé, opérant en tube mince d'acétate de cellulose, calcule les propriétés des gaz de détonation et compare deux valeurs de la pression dans l'onde [21] :

$$p \text{ théorique} = 34.000 \text{ kg/cm}^2 ;$$

$$p \text{ semi-expérimental} = 8880 \pm 280 \text{ kg/cm}^2.$$

Selon l'estimation de l'auteur, ces résultats « montrent bien que l'explosif à ions échangés est loin de libérer toute l'énergie chimique qu'il contient lorsque le tir est effectué dans les conditions de nos essais. Ceci est dû au fait que l'explosion a lieu sous confinement peu résistant et également que les cartouches se présentent sous un diamètre qui est nettement plus faible que le diamètre-limite, au-delà duquel la vitesse de détonation reste constante ».

Or, le chapitre 2 nous a appris que le diamètre de 30 mm se place déjà dans le palier permanent de sélectivité, lequel contient le régime maximal (Fossé a étudié un explosif analogue à B₁, mais dont le palier se situe vers 1700 m/s). Donc, il ne reste principalement que le peu de résistance du confinement pour expliquer la valcur réduite de la pression.

En conclusion, nous sommes amenés à retenir deux grandes éventualités de tir :

- celle donnant lieu à la réaction primaire seule, qu'il s'agisse de tir à l'air libre ou de tir en confinement léger ;
- le confinement résistant, seul capable de provoquer la réaction complète.

332. Influences de l'encartouchage sur la transmission.

La détonation de la charge initiatrice produit en fin de charge (bout initiateur) l'émission d'un front de choc, de fumées contenant éventuellement des sels très fins non gazéifiés ou issus de la gazéification (sels naissants), mais également, ainsi que l'ont révélé des enregistrements photographiques, un jet de particules solides relativement grosses, présentes uniquement dans le cas où le bout initiateur est une extrémité de cartouche intacte (B, H ou M, et non N). Ces particules proviennent du bout paraffiné et des dernières tranches d'explosif directement en contact avec les plis de papier [21].

3321. Nous pouvons nous rendre compte du mécanisme de formation du jet de particules. Considérons à cet effet une cartouche d'explosif à ions échangés, c'est-à-dire un étui en papier chargé, à la densité apparente de 1.2 g/cm³, d'une composition à 10 % d'huile explosive répartie dans une masse saline de surface spécifique élevée, de sorte que la substance se présente comme un sable fin à peine humide. Si nous ouvrons une quelconque des fer-

metures d'extrémité, nous constatons toujours la présence en bout de cartouche d'une quantité de composition qui s'est détachée de la masse à forte densité et qui flotte à l'état de poudre libre sous la fermeture. Celle-ci peut en outre receler des nodules de paraffine solidifiée, particulièrement dans les plis un peu lâches du papier. Imaginons à présent l'onde de détonation se propageant dans la cartouche, à l'approche d'une extrémité. Le front de choc initie la décomposition rapide du sensibilisateur aux points de contact intercrystallins qui, par effet de compression brusque, se muent en points chauds (hot spots theory). Mais de telles compressions ne sont possibles que dans la masse compacte ayant la densité apparente recherchée par l'encartouchage. Dans la poudre libre flottant en bout de cartouche, les contacts préalables sont insuffisants et ne peuvent être le siège d'élévations locales de température. Par conséquent, ces quantités de composition explosive ne sont pas atteintes par la détonation.

C'est sans doute pour une raison de cette espèce qu'il est possible de recueillir de la nitroglycérine provenant du bout initiateur sur une plaque de plomb placée à 2 cm de distance [22].

En l'absence d'obstacle à proximité du bout initiateur, la poudre libre qui ne détone pas est, comme les débris de la fermeture, soumise à entraînement visqueux dans la détente des fumées vers l'avant et donne des projectiles à vitesse supersonique.

Le flux solide est absent lorsque l'extrémité de la charge consiste en un bout N. En effet, dans ce cas, la détonation gagne jusqu'aux dernières tranches d'explosif car il n'y a ni poudre libre, ni plis de papier, ni paraffine.

Remarquons que le raisonnement que nous venons d'élaborer sur des bases relevant de la physique de la détonation, s'applique dans tous les cas, c'est-à-dire en confinement ou non, pour autant que l'explosif concerné soit un pulvérulent ou un semi-pulvérulent. Des particules de dimensions appréciables, sans rapport aucun avec la texture de l'explosif, sont entraînées dans les gaz de la détonation et y subsistent si elles sont constituées de matières suffisamment lentes à réagir et si les pression et température du milieu sont suffisamment basses. Ces conditions se trouvent précisément réunies au mieux dans les explosifs à ions échangés très sélectifs, spécialement lorsque l'explosion se passe à l'air libre ou en confinement léger.

3322. Effectivement, dans ce cas, il y a persistance des particules sur les plus longues distances, ainsi que l'ont montré des enregistrements photographiques faisant appel à des techniques spéciales [23]. En confinement léger transparent, on peut même voir, en plus des particules, la propagation d'une onde plane aussi longtemps que le tube confinant est continu, onde qui, à l'extrémité du tube, s'épa-

nouit en un front de compression quasi-sphérique ; ce dernier peut très aisément être devancé par des particules ayant leur propre onde de Mach dans le milieu aérien non perturbé [24].

Nous avons confirmé la présence ou l'absence de particules, suivant le cas, par l'expérimentation simple suivante, exécutée à l'air libre.

Une charge d'explosif C₁, de 30 mm de diamètre et 25 cm de longueur, d'une seule venue, est suspendue horizontalement et orientée perpendiculairement à une feuille de zinc de 0,5 mm d'épaisseur, pendant à la verticale (fig. 24). La distance entre la feuille et l'extrémité la plus proche de la charge est de l'ordre d'un mètre. On opère une visée de façon à pointer l'axe de la charge vers une croix marquée sur la feuille.

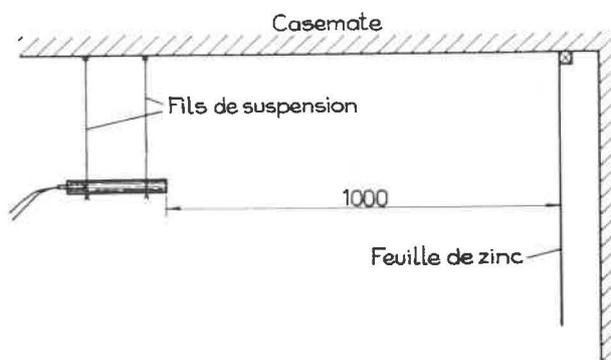


Fig. 24.

— Lorsque l'extrémité de la charge orientée vers la cible est un bout H, B ou M, on enregistre sur la feuille un ternissement général et un percement de quelque 5 mm de diamètre, pouvant être dévié d'environ un décimètre par rapport au repère de pointage. Si, de plus, il s'agit de cartouches paraffinées, la feuille porte en outre les impacts des grains de paraffine, dispersés dans un rayon de l'ordre de 5 cm et imprimés dans le zinc sans percement.

— Lorsque l'extrémité de la charge orientée vers la cible est un bout N, la feuille de zinc reste intacte. Elle est simplement ternie par une multitude de traces minuscules, qui sont vraisemblablement les impacts des cristaux salins non décomposés par la détonation et entraînés dans les fumées primaires.

Le ternissement de la cible, observé dans les deux cas, peut être dit macroscopique et très dense.

Il est clair que le percement, observé dans le premier cas uniquement, est dû au jet de particules à grande vitesse.

3323. Notre raisonnement différencie le bout N des bouts industriels H, B ou M en ce sens que le premier peut seul être atteint par la détonation lorsqu'il termine une charge initiateur. Réciproquement, si N est, dans une charge réceptrice, le bout exposé à l'action des agents d'initiation (front de choc, fu-

mées, particules), il constitue un récepteur plus sensible à l'initiation directe qu'un bout H, B ou M. En effet, dans ces dernières éventualités, il faut compter avec la présence de plis de papier, de poudre libre, voire d'amas de paraffine, c'est-à-dire avec autant d'éléments formant obstacle devant la masse à forte densité apparente, seule susceptible de détoner par choc. Aussi choisirons-nous souvent, pour nos essais, le bout N comme récepteur de référence.

En définitive, on constate que les caractéristiques d'encartouchage influent sur les agents d'initiation puisqu'elles sont à l'origine de la formation d'un jet de particules, mais aussi, comme nous le confirmerons expérimentalement dans la suite, qu'elles agissent sur la capacité réceptive de la cartouche exposée à l'action de la charge initiatrice.

333. Constatations de base relatives à l'impulsion de choc.

Dans une charge d'une seule venue constituée d'un explosif à ions échangés très sélectif, la réaction primaire est le moteur d'un front de choc d'énergie relativement réduite, mais capable de provoquer une impulsion d'intensité et de raideur à la fois suffisantes pour déclencher, de tranche en tranche au sein de la substance explosive, la décomposition à haut régime du sensibilisateur, de sorte que la propagation de la détonation est assurée. Nous allons montrer que les caractéristiques d'impulsion de choc ne sont cependant pas fort éloignées des conditions critiques d'initiation par front d'onde de la substance explosive en cause.

3331. La méthode d'essai la plus simple pour se rendre expérimentalement compte du phénomène est celle dite S.P.H.F. ou « Shock pass heat filter method », qui consiste à placer une matière solide dans l'intervalle où la transmission de la détonation à l'air libre est étudiée. A noter que, de part et d'autre de la barrière inerte d'épaisseur e , la tranche de l'explosif à sa densité apparente d'encartouchage (bout N) se trouve en contact intime avec les faces planes du solide (fig. 25).

En utilisant le plexiglas comme barrière entre charges d'un explosif proche de B_1 , encartouché en 30 mm de diamètre, Fossé a montré que la probabi-

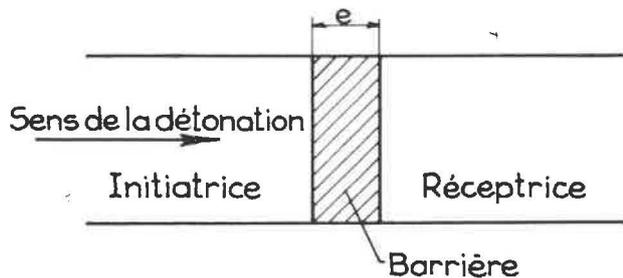


Fig. 25.

lité de transmission vaut 1 pour $e = 10$ mm et descend à 0,33 pour $e = 15$ mm [21].

En opérant sur l'explosif C_1 en charges de même diamètre, nous avons enregistré le raté systématique de transmission à partir d'une barrière de :

- 5 mm d'acier ;
- 10 mm d'argile comprimée ;
- 15 mm de charbon menu ou de sable gros très tassé.

Des résultats analogues ont déjà été signalés [25, 26].

Ils établissent qu'une dissipation même limitée de l'énergie présente dans le front de choc, en modifiant quelque peu les caractéristiques d'impulsion, suffit pour compromettre l'induction de la réaction chimique dans la charge réceptrice par effet de compression brusque (la barrière mettant obstacle au passage des autres agents d'initiation). C'est d'une telle particularité que nous avons fait usage dans nos considérations sur la propagation de la détonation utilisées à la fin du chapitre précédent (cf. 2122).

Remarque : L'énergie au front de choc dépend uniquement du régime de détonation qui caractérise le palier permanent de sélectivité, puisque les domaines des petits et gros diamètres (inférieurs à 25 mm et supérieurs à 40 mm) sont sans intérêt pratique. Cette énergie est indépendante des conditions de confinement, puisque ledit régime de détonation est pratiquement indépendant des conditions extérieures (cf. 213).

3332. Nous venons de voir quelles sont les barrières de matière solide capables d'empêcher la transmission par choc. Déterminons maintenant la barrière d'air suffisante pour arriver au même résultat, c'est-à-dire abaisser les caractéristiques d'impulsion de choc en dessous des conditions critiques.

En opérant avec un bout initiateur N, les agents d'initiation à prendre en considération sont le front de choc puis les fumées, le premier précédant nécessairement les secondes et les particules n'existant pas ; l'extrémité réceptrice est le bout N de référence (cf. 3323). L'explosif C_1 donne les résultats suivants (tableau XVIII).

Comme on le constate, il suffit d'une barrière d'air de moins de 10 mm d'épaisseur pour obtenir l'amortissement critique de l'impulsion de choc.

En effet, lorsqu'il y a transmission, nous ne pouvons distinguer si l'initiation est le fait de l'impulsion de choc ou des fumées. Mais en cas de raté, on est certain de l'incapacité du front de choc, qui est le premier à toucher le bout N sensible n'ayant subi aucune espèce d'action perturbatrice. Nous sommes

TABLEAU XVIII.

Intervalle d'air <i>e</i> mm	Résultat N/N
25	—
20	—
15	—
10	— —
5	+ + + + + +

Le signe — signifie raté de transmission, à l'inverse du signe +

ainsi en mesure d'avancer que, à partir d'un intervalle d'air de l'ordre d'un centimètre entre charges, le front de choc n'est plus capable que de comprimer le bout récepteur sans l'initier. On reconnaît dans cette particularité la compression entravante repérée antérieurement par des procédés radiographiques ou photographiques [26, 27, 22, 21].

3333. Les résultats précédents se rapportent à l'air libre.

Examinons à présent les effets d'un confinement sur l'impulsion de choc. Nous savons que l'accomplissement de la réaction secondaire ne modifie pas la vitesse de détonation (cf. 213). L'énergie au front d'onde et en conséquence la raideur de l'impulsion de choc ne se trouvent pas augmentées par rapport au cas d'explosion à l'air libre. Par contre, le niveau d'impulsion est plus élevé parce que, dans un confinement, la zone de choc est plus large que la zone

de détonation [28]. Déjà pour un confinement léger, l'impulsion globale est plus forte qu'à l'air libre en raison d'un allongement de la zone de choc, sans aucune réaction secondaire cependant. Mais en confinement résistant capable de déclencher la gazéification complète, l'occasion est donnée aux produits gazeux abondants qui poussent en arrière du plan C-J de contribuer au maximum à l'impulsion, la zone de choc acquiert une grande largeur, l'impulsion totale s'enrichit de nouvelles composantes tardives qui se manifestent dans les derniers délais du temps de choc.

Nous empruntons à Roth les résultats suivants du mesurage de l'impulsion spécifique d'un explosif à ions échangés très sélectif, en fonction de l'enveloppe de la charge dont l'extrémité est, pour les mesures, appliquée contre l'enclume du pendule de choc [19] :

Explosif Wetter- Carbonit B ₁	Enveloppe de papier	Tuyau en matière plastique	Tube d'acier
Impulsion spécifique <i>I_s</i> (kg.m.s ⁻¹ /cm ²)	0,23-0,57	0,65-1,20	1,6-2,3-2,8

Sans prétendre pouvoir distinguer des impulsions comme cela est possible avec l'appareil de Roth, on peut toutefois se rendre compte de l'évolution des phénomènes en tirant à l'appareil de Kast une charge d'explosif C₁ de 18 cm de longueur et 30 mm de diamètre à l'air libre et dans divers confinements. Les résultats mentionnés ci-après n'ont évidemment rien de commun avec des évaluations de la brisance dès qu'il s'agit de charges en confinement (tableau XIX).

TABLEAU XIX.

Explosif C ₁ 180 × 30 Ø	Air libre	Tube d'acier 31,2/35 Ø	Tube d'acier 31,5/38,2 Ø	Tube d'acier 31,5/41,5 Ø	Tube d'acier 34/70 Ø
Ecrasement du crusher 10,5 × 7 Ø	1,35	2,70	5,85	8,05	maximum
Remarque	—	Tube déchiré	Tube déchiré	Tube expansé non déchiré	Tube intact

3334. D'autre part, il est très intéressant de suivre l'affaiblissement d'impulsion dans l'air à mesure que l'on s'écarte du bout initiateur. Cet affaiblissement est moindre en confinement, même léger, qu'à l'air libre. Pour l'explosif Wetter-Carbonit B₁ à la den-

sité 1,25 g/cm³, contenu dans un tube en matière plastique de diamètres 32,5/39 mm, l'impulsion spécifique à 4 cm du bout initiateur n'atteint plus que 0,35 kg.m.s⁻¹/cm² en moyenne lorsque le confinement léger ne se prolonge pas au-delà du bout initia-

teur, mais, lorsque le tube se prolonge jusqu'à l'enclosure du pendule de choc, elle s'élève encore à

$$\begin{aligned} &0,75 \text{ kg.m.s}^{-1}/\text{cm}^2 \text{ à } 4 \text{ cm et à} \\ &0,628 \text{ kg.m.s}^{-1}/\text{cm}^2 \text{ à } 30 \text{ cm} \end{aligned} \quad [19]$$

Les phénomènes évoluent dans le même sens lorsque le confinement est résistant, avec en plus le fait que la dégression de l'impulsion produite par la charge d'explosif à ions échangés sera moins rapide, puisque l'effet de piston dû aux fumées sera plus soutenu.

Remarquons d'ailleurs que la meilleure conservation de l'impulsion à partir du bout initiateur va de pair, en confinement, avec le maintien de la vitesse du front de choc dans le tube.

Les vitesses moyennes de l'onde émise par une dynamite et un explosif à ions échangés de sélectivité transitoire, pour un parcours de 25 cm [29], sont données au tableau XX.

TABLEAU XX.

Explosif	Air libre	Tube de carton	Tube d'acier
Dynamite 3	1673 m/s	2648 m/s	2675 m/s
Charbrite 39 G	1097 m/s	1245 m/s	1644 m/s

Comme il n'existe pas de pendule de choc en Belgique, nous n'avons pu procéder à des mesures d'impulsion. Mais nous aurons l'occasion, dans la suite, de prouver le maintien de la vitesse du front de choc engendré en tube d'acier par la détonation de l'explosif C₁.

334. Transmission de la détonation à l'air libre.

L'essai normalisé de transmission à l'air libre consiste à déterminer la plus grande distance à laquelle la détonation se transmet à travers l'air dans les conditions suivantes : une charge initiatrice de 12 cm au moins de longueur contient le détonateur de mise à feu et est ligaturée contre une baguette rigide en fer doux ou en bois ; une charge réceptrice est également ligaturée à la baguette de façon à se présenter dans le prolongement de la charge initiatrice, mais avec un intervalle représentant un nombre entier de centimètres entre le bout initiateur *i* et le bout récepteur *r* (fig. 26). La baguette ainsi équipée est suspendue dans l'air à 50 cm au moins des parois de l'enclos d'essais, au moyen de fils métalliques minces. Il a été montré, grâce à des enregistrements par éclairs de rayons X, que la baguette n'a aucun rôle perturbateur [30].

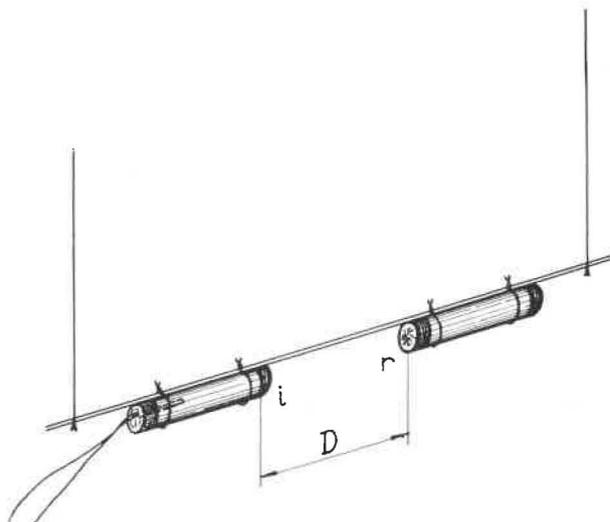


Fig. 26.

On appelle seuil de transmission *D* l'intervalle maximal, exprimé en centimètres, pour lequel on obtient, pendant six tirs successifs, l'explosion de la charge réceptrice.

Lorsqu'on applique l'essai normalisé aux explosifs à ions échangés présentés en cartouches industrielles, on a bien de la peine à déterminer le seuil *D*, tant les résultats sont dispersés. Ils peuvent atteindre plusieurs décimètres, comme cela a été aussi observé dans l'essai allemand sur lit de sable [31, 25]. En 1961, à la 2^e réunion de la Commission, nous avons signalé qu'il fallait distinguer les bouts *i* et *r* selon leur nature (H, B ou M) et que, pour un même explosif, on obtient diverses valeurs du seuil suivant les orientations adoptées [32]. Le tableau XXI a été établi à l'époque pour un explosif proche de B₁.

TABLEAU XXI.

Nature du bout initiateur <i>i</i>	Nature du bout récepteur <i>r</i>	Seuil <i>D</i> (cm)
H	B	24
H	H	19
B	B	7
B	H	3

Le seuil de 24 cm obtenu dans l'orientation H - B signifie que la transmission est assurée pour toute valeur de l'intervalle qui ne dépasse pas 24 cm. Comme nous allons le voir, le mécanisme assurant la transmission n'est pas unique quelle que soit la valeur de l'intervalle inférieure au seuil.

3341. Position relative des agents d'initiation [21].

A faible distance du bout initiateur, les fumées suivent immédiatement le front de choc et, si elles ne proviennent pas d'un bout N, contiennent des particules auxquelles elles impartissent leur vitesse par entraînement visqueux. La vitesse moyenne d'expansion axiale passe de 1580 m/s (bout B) ou 1950 m/s (bout N) sur 1,5 cm à 1100 m/s (bout B) ou 1450 m/s (bout N) sur 5 - 6 cm en ce qui concerne les deux premiers agents d'initiation. A 6 cm du bout initiateur, les particules, lorsqu'elles existent, continuent sur leur lancée et peuvent déjà devancer le front de choc ; à 20 cm de distance, elles ont encore une vitesse de 800 à 1000 m/s. Des deux agents retardataires, le front de choc se décolle progressivement des fumées et accroît son avance d'autant plus qu'il s'écarte du bout initiateur.

3342. Mécanismes de transmission.

Afin de débrouiller les influences diverses, nous allons partir du cas le plus simple pour aboutir au plus compliqué.

Il est logique de prendre d'abord le bout N de référence comme récepteur (cf. 3325), d'envisager sur lui en premier lieu les attaques par deux agents d'initiation (bout initiateur N) puis en second lieu par le système complet front de choc-fumées-particules, enfin d'en venir aux effets des systèmes à trois agents sur bouts récepteurs autres que N.

33421. Bout récepteur N de référence.

— S'il n'y a que deux agents d'initiation (cas N/N), on est reporté à un cas examiné (cf. 3332). Le seuil se limite à moins d'un centimètre pour l'explosif C₁, aussi bien en 40 qu'en 30 mm diamètre. Il est de 2 cm pour un explosif analogue à B₁. A ces distances, fronts de choc et de fumées attaquent le bout récepteur en même temps. Il est difficile de distinguer l'influence de l'un et de l'autre. En tout cas, pour des intervalles de quelques millimètres, le temps d'initiation est extrêmement court, ainsi qu'il résulte d'enregistrements de la détonation d'une file de cartouches pris au miroir tournant. On peut alors dire à bon droit qu'il s'agit d'une initiation par choc. Peut-être au seuil, l'effet des fumées est-il déjà nécessaire. Au-delà du seuil, le front de choc comprime le bout récepteur et le désensibilise en construisant un obstacle à forte densité devant les fumées ; celles-ci, ne provenant que de la réaction primaire et connaissant une expansion libre tridimensionnelle, perdent tellement d'énergie interne que leur attaque frontale ne peut venir à bout de l'obstacle. Plus l'intervalle *i-r* est grand, et plus les circonstances sont défavorables à l'initiation par les fumées. En définitive, seuil limité à 1 - 2 cm, sans autres possibilités de transmission.

Remarque : Il est possible de donner artificiellement aux fumées une plus grande force de pénétration dans l'axe des charges. Il suffit de donner au bout N initiateur une forme concave telle que, par effet de charge creuse, le front de fumées comporte un dard central s'imprimant dans le front de choc [26]. Avec la disposition N concave/N plan (fig. 27), on obtient alors pour l'explosif C₁ (tableau XXII).

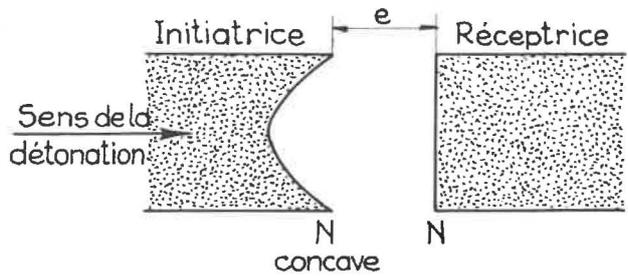


Fig. 27.

TABLEAU XXII.

Intervalle d'air <i>e</i> mm	Résultat
30	— —
25	+ —
20	— +



On constate, par rapport aux tirs du tableau XVIII, une nette augmentation de la probabilité de transmission.

— Si l'on prend comme bout initiateur *i* une extrémité d'origine H, B ou M, il faut compter avec la présence de particules, ce qui porte à trois le nombre des agents d'initiation. On observe alors des transmissions pour toute valeur de l'intervalle ne dépassant pas un seuil qui dépend de la nature du bout initiateur. Pour un même explosif, on obtient par exemple les résultats suivants (tableau XXIII).

TABLEAU XXIII.

Nature du bout <i>i</i> initiateur	Nature du bout <i>r</i> récepteur	Seuil (cm)	Nombre d'agents d'initiation
H	N	58	3
B	N	36	3
N	N	2	2

Pour les intervalles compris entre 2 et 6 cm, les particules, toujours englobées dans les fumées, aident celles-ci à percer l'obstacle à haute densité construit sur le bout récepteur par le front d'onde qui les précède (cf. 3341). Pour les intervalles supérieurs à 5 - 6 cm, les particules dépassent le front de choc et sont les premières à frapper le bout récepteur non désensibilisé. Une énergie se situant dans l'ordre de grandeur de 2 - 3 calories suffit pour l'initiation, qui est quasi instantanée [21].

On peut dire que les seuils de plus d'un décimètre résultent d'un véritable tir à la cible.

33422. Bout récepteur d'origine H, B ou M.

Le tir à deux agents d'initiation n'apporte rien de nouveau par rapport au cas où le bout récepteur est N, sinon que la transmission est encore plus mauvaise (un explosif ayant un seuil de 2 cm dans la disposition N/N, ne donne plus que 1 cm dans les dispositions N/H ou N/B). Les bouts H, B ou M opposent plus spécialement à l'attaque des particules, une résistance qui dépend de leur constitution (nombre de plis de papier, etc.). Le temps d'initiation est, dans l'orientation B - H, compris entre 10 et 15 microsecondes pour les petits intervalles (voisins de 4 cm). Il décroît pour les plus grands intervalles jusqu'à descendre à 2 microsecondes et moins vers 15 cm. En tout état de cause, il est supérieur au temps d'initiation avec bout récepteur N.

33423. Conclusions.

Il est clair maintenant qu'en combinant les effets dus à la nature des bouts initiateur et récepteur suivant toutes les orientations de cartouches possibles, de façon à tenir compte du fait que H est un meilleur initiateur mais un moins bon récepteur que B par exemple (cf. 32) en raison de sa solidité, on doit obtenir des seuils différents tels que ceux signalés au tableau XXI.

Il faut souligner le rôle important des particules, surtout lorsqu'elles dépassent le front de choc. Ceci se produit déjà à une distance de l'ordre de 5 - 6 cm comptée à partir du bout initiateur. Le seuil n'a d'ailleurs plus alors de signification qu'en fonction de la précision du tir à la cible. C'est ainsi que les 58 cm signalés au tableau XXIII résultent de la déviation du jet de particules sur grandes distances, comme le montre l'essai suivant : même dispositif expérimental qu'en 3322, avec bout initiateur H, mais en visant, au lieu d'une feuille de zinc, une boîte de 24 cartouches constituant une cible de bouts N d'environ 20 cm de diamètre, placée à 75 cm du bout initiateur. Avec un tel dispositif, le pointage correct assure l'explosion de la cible.

On constate ainsi la sensibilité à l'initiation par particules, sensibilité qui n'est certainement pas étrangère à la présence du chlorure d'ammonium en

granulométrie assez grossière ; ce sel très dur permet en effet d'atteindre à l'air libre de grandes distances de transmission [33].

Un modèle des processus de transmission à l'air libre s'établit comme suit :

- pour les très petits intervalles, depuis la jointure entre cartouches contiguës d'une file jusqu'à quelques millimètres, initiation presque immédiate par le front de choc ;
- pour les intervalles petits, mais qui compromettent déjà le pouvoir initiateur de l'impulsion de choc et jusqu'à 6 cm, initiation par les fumées et les particules y incluses, en un temps ne dépassant pas 20 microsecondes ;
- de 6 cm jusqu'à un seuil d'ailleurs tributaire des natures des bouts de cartouche et de la précision du « tir à la cible », initiation par les particules en un temps d'autant plus court que le seuil est élevé (2 microsecondes et moins).

335. Transmission de la détonation en confinement léger.

L'essai se pratique de la même façon qu'à l'air libre, sauf que les charges sont logées dans un tube mince en carton ou en acétate de cellulose, ce dernier ayant l'avantage d'être transparent. Nous savons que le bout initiateur émet dans le tube une onde plane, dont la vitesse et l'énergie se conservent mieux qu'à l'air libre (cf. 3334). Quant aux fumées, elles connaissent toujours une expansion tridimensionnelle hâtive, c'est-à-dire peu à l'aval de l'onde de détonation.

Très tôt a été signalé le fait que, pour un intervalle d'air de quelques centimètres seulement, il peut ne plus y avoir transmission de la détonation [31]. On a ensuite constaté que, pour les intervalles de plusieurs décimètres, et même de préférence pour 80 à 100 cm, il apparaît un nouveau domaine de transmissions, celles-ci étant par ailleurs favorisées lorsque le confinement comporte, de préférence à proximité du bout récepteur, une solution de continuité entre charges initiateur et récepteur [22].

3351. Position relative des agents d'initiation [21].

Les fumées ne collent plus au front de choc que sur 3 cm seulement de distance à partir du bout initiateur. Ensuite, le front d'onde augmente progressivement son avance. Sa vitesse passe de 1300 à 1100 m/s entre 5 et 20 cm ; elle est encore de 850 à 1000 m/s à 60 cm du bout initiateur. Une zone d'air comprimé de plus en plus large sépare le front de choc des fumées (3 cm de zone aérienne à 10 cm du bout initiateur et 6 cm d'épaisseur à 20 cm de distance). Si le bout initiateur est une extrémité

d'origine (autre que N), des particules sortent des fumées et apparaissent dans la zone aérienne dès 10 cm de distance. Elles se rapprochent de plus en plus du front de choc, que certaines peuvent rattraper à 60 cm du bout initiateur, alors que la zone aérienne a 15 cm d'épaisseur. Leur vitesse est encore de 750 à 1100 m/s.

3352. Mécanismes de transmission.

En partant des phénomènes se passant à l'air libre, et en tenant compte des positions relatives, sans perdre de vue que l'impulsion de choc conserve en tube mince une action désensibilisante plus marquée sur grandes distances, il est aisé de se représenter les mécanismes de transmission, à condition de distinguer le confinement continu de celui présentant une solution de continuité.

33521. Confinement continu.

Pour les très petits intervalles et jusqu'à la distance de 3 cm environ à laquelle les fumées (et éventuellement les particules y incluses) suivent encore le front de choc de près, le processus est le même que celui observé à l'air libre jusqu'à 6 cm, distance à laquelle, dans ce dernier cas, le front de choc se décolle seulement des fumées. En raison de l'impulsion de choc plus élevée, la désensibilisation du bout *r* est plus profonde (2 à 3 mm, et même 4 à 5 mm lorsque le front de choc a dépassé le bout *r* de 5 cm) et le temps d'initiation est plus long (35 à 45 microsecondes) [21]. Lorsque le front de choc prend de l'avance sur les fumées, le temps disponible pour la désensibilisation du bout *r* devient de plus en plus long : l'obstacle dressé devant fumées et particules est alors trop important et il apparaît une faible probabilité de transmission. Mais l'action désensibilisante diminue d'intensité lorsque l'intervalle compte plusieurs décimètres, tandis que le front de choc est progressivement rattrapé par des particules (si celles-ci n'existent pas, il n'y a plus aucune possibilité de transmission).

Ces particules agissent suffisamment tôt après l'impact du front de choc sur le bout *r*, d'où une nouvelle probabilité de transmission qui grandit jusqu'à 1 pratiquement, lorsque les particules rattrapent, voire dépassent le front de choc (intervalles de 60 cm et plus).

A remarquer qu'en confinement léger continu, les particules initient aisément sur très grandes distances, précisément parce que le tube guide infailliblement leur trajectoire vers la cible.

33522. Confinement interrompu.

Si le tube présente une solution de continuité dans l'intervalle de transmission, spécialement à proximité du bout *r*, le guidage des particules est tout aussi sûr. De plus, le front de choc s'est épanoui

en sphéroïde dès l'interruption et a été immédiatement, du fait de sa progression axiale plus lente, dépassé par des particules continuant sur leur lancée dans le milieu aérien non encore perturbé. En définitive, ces particules frappent un bout *r* non désensibilisé et la mise en détonation est aisée.

33523. Conclusions.

En confinement léger comme à l'air libre, les particules jouent un rôle primordial, spécialement sur très grandes distances. Le rôle des fumées reste très limité alors que les désensibilisations par choc sont nettement plus marquées qu'à l'air libre.

De ce fait, le temps d'initiation peut prendre des valeurs très élevées dans les intervalles moyens (60 microsecondes à 20 cm de distance avec H comme bout récepteur [21]) et il apparaît un domaine de ratés fréquents.

Le fait marquant réside dans une évolution de la probabilité de transmission en fonction de l'intervalle, pour autant que le bout initiateur émette des particules. Ces dernières initient le plus aisément lorsque le confinement léger présente une interruption entre les charges.

336. Etat des connaissances sur la transmission en confinement fort.

Depuis longtemps, on a remarqué que la transmission en confinement résistant n'est assurée que pour des intervalles réduits, plus élevés cependant que les petits intervalles observés en tube mince [31]. On a opéré en fourneau réel au rocher ou au charbon, en mortier d'acier à fourneau cylindrique de 40 mm de diamètre, en tube d'acier de 40 mm de diamètre intérieur et 2,5 mm d'épaisseur de paroi, en tube de charbon-ciment de 40 mm de diamètre intérieur et 50 mm d'épaisseur de paroi, dont on fait varier la dureté par la proportion de liant entrant dans la composition [25, 26].

La constatation générale est que, contrairement à ce qui se passe à l'air libre, la transmission n'est assurée que pour des intervalles réduits, que ces derniers soient d'ailleurs constitués de matière solide ou d'air.

3361. Les renseignements disponibles se rapportent d'une part à la valeur de l'impulsion de choc en confinement (cf. 3333), d'autre part aux temps de destruction de divers tubes de confinement : le tube d'acier de 40 mm de diamètre intérieur et 2,5 mm d'épaisseur de paroi ne cède sur son pourtour et ne laisse échapper les gaz latéralement que 40 microsecondes après passage du front de détonation, de sorte que la section où l'expansion latérale commence se trouve 8 cm en arrière de la section de détonation ; le tube en charbon-ciment de 40 mm de diamètre intérieur et 5 cm d'épaisseur de paroi

donne un temps de confinement des fumées particulièrement long, savoir 130 microsecondes sans fissures dans la surface extérieure, qui montre cependant un gonflement, et 370 microsecondes sans émission de fumées à travers les fissures qui découpent un gonflement très accusé [22].

A la 3^e réunion de la Commission de normalisation, nous avons défendu l'opinion qu'à l'air libre et en confinement léger, le principal du pouvoir initiateur est le fait des particules, tandis qu'en confinement fort, le rôle important est dévolu aux fumées [34].

3362. On pourrait s'étonner du fait que les précisions techniques sont, d'une part, si abondantes et précises pour les conditions de tir à l'air libre et en confinement léger, d'autre part, si parcellaires en matière de transmission en confinement fort.

Ceci est dû à l'impossibilité qu'il y a d'enregistrer, par voie photographique ou radiographique, des phénomènes explosifs se déroulant entre des parois opaques et épaisses. Or, précisément, seul le confinement résistant a un rapport étroit avec le minage réel ; il est d'ailleurs le seul à déclencher la réaction secondaire des explosifs à ions échangés (cf. 331).

L'air libre et le confinement léger ne présentent qu'un intérêt de laboratoire ; l'étude des mécanismes intervenant dans ces conditions très lointaines du tir pratiqué industriellement, nous a néanmoins familiarisés avec les particularités des explosifs à ions échangés et constitue un excellent exercice de préparation à l'étude du confinement fort, que nous allons aborder.

34. TRANSMISSION DE LA DETONATION EN CONFINEMENT FORT

Nous avons remarqué que des tubes en acier de 31,5 mm de diamètre intérieur et 5 mm d'épaisseur de paroi pouvaient résister à la détonation de l'explosif C₁ en charges de 30 mm de diamètre pouvant atteindre 40 cm de longueur. Nous avons cependant préféré des tubes d'acier sans soudure répondant à la norme DIN 2448/1629, ayant 34 ou 40 mm de diamètre intérieur et 18 mm d'épaisseur de paroi. De tels tubes d'acier nous assurent, aussi bien que les tubes en charbon-ciment, la réaction complète de l'explosif, c'est-à-dire la gazéification des constituants salins.

Tirant profit de l'expérience acquise par l'étude des phénomènes se passant à l'air libre ou en confinement léger, nous allons d'abord nous inquiéter des effets du confinement fort sur chacun des agents d'initiation pris en particulier, ensuite sur leur position relative depuis leur départ du bout initiateur jusqu'à de grandes distances. Puis, toujours en nous basant sur l'expérience acquise, nous construirons une véritable supputation du mécanisme, et par consé-

quent de la probabilité de transmission. Enfin, nous passerons à l'établissement de la probabilité par voie expérimentale, afin de pouvoir explorer les diverses nuances de la question.

341. Effet du confinement résistant sur les agents d'initiation.

— L'effet sur l'impulsion de choc nous est déjà connu par le rappel des connaissances acquises en 1962 (cf. 333). Nous nous sommes réservé de montrer que, si l'explosif C₁ détone en confinement fort, le bout initiateur émet une onde plane dont la vitesse, parallèlement à la bonne conservation de l'impulsion de choc, se maintient à un niveau élevé sur un parcours appréciable. Ceci apparaîtra lorsque nous solutionnerons la question de la position relative des agents d'initiation.

— En ce qui concerne les fumées, la réaction complète les rend très abondantes et énergétiques au maximum des possibilités de l'explosif. Cependant, leur vitesse au plan C-J n'est pas augmentée par rapport à la détonation à l'air libre, en raison de la relation

$$D = W + c$$

dans laquelle D, vitesse de détonation, ne dépend pratiquement pas des conditions de l'explosion (cf. 213) est constante, ainsi que c, vitesse du son dans les fumées considérées dans les conditions thermodynamiques existant au plan C-J, conditions qui sont fixes en raison de l'immuabilité de la détonation. Par conséquent, les fumées conservent un front identique, mais nourri abondamment sur ses arrières par la réaction secondaire. Elles sont donc plus énergétiques qu'à l'air libre, mais tardivement, par un effet de sommation dans le sens de propagation de la détonation, effet d'autant plus accusé que l'expansion est unidimensionnelle suivant l'axe du tube et que les pertes par détente latérale sont réduites au minimum lorsque le confinement résiste à l'explosion. L'énergie interne des fumées se conservera mieux au cours d'une telle expansion, et leur effet sera concentré à l'intérieur du confinement.

— Quant aux particules, nous avons montré suivant quel mécanisme elles ont pour origine la fermeture d'extrémité de la charge initiateur et les dernières tranches d'explosif directement en contact avec les plis de papier (cf. 3321). Rien dans ce raisonnement ne repose sur l'existence ou l'absence de la réaction secondaire. Par conséquent, en confinement fort également, il faut s'attendre à ce que le front des fumées contienne aussi un dard de poudre libre, des débris de papier et des nodules de paraffine éventuellement.

La question se pose de savoir si ces particules persistent dans le front de fumées, ou bien si, au contraire, le niveau thermodynamique élevé du mi-

lieu qui les contient n'en provoque pas la gazéification. Pour déterminer s'il y a persistance ou disparition des projectiles, nous avons recouru à l'expérimentation simple suivante.

Une charge de 30 mm de diamètre et 20 cm de longueur, d'une seule venue et non paraffinée, est placée dans un tube d'acier de 31,5 mm de diamètre intérieur et 5 mm d'épaisseur de paroi. Un tel tube résiste à l'explosion d'une charge courte ; sa paroi interne se polit par les tirs successifs jusqu'à donner une âme lisse nécessaire aux essais. La charge affleure à un des orifices du tube, où elle est amorcée par cordeau détonant (l'amorçage par détonateur dans ces conditions donnerait lieu à projection de débris de laiton à travers le tube). L'équipage ainsi constitué est suspendu horizontalement et orienté perpendiculairement à une feuille de zinc de 0,3 mm d'épaisseur pendant à la verticale contre une paroi en bois, de façon telle que la distance entre la feuille et l'orifice libre du tube soit de l'ordre d'un mètre (fig. 28). On opère une visée de façon à pointer l'axe de la charge vers une croix marquée sur la feuille.

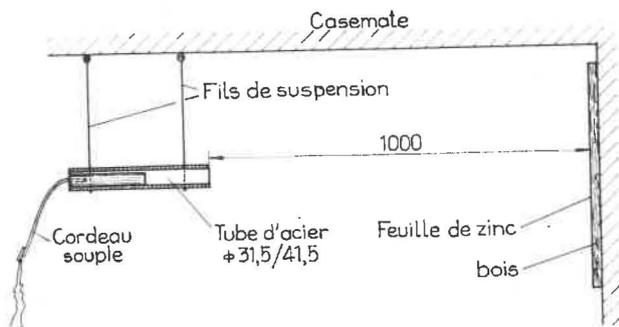


Fig. 28.

— Lorsque l'extrémité de la cartouche orientée vers la cible est un bout H, B ou M, on enregistre un ternissement léger et dispersé de la feuille, un percement de 5 mm de diamètre légèrement dévié, quelques impacts assez groupés autour de la cible et légèrement imprimés dans le zinc.

Le ternissement est peu marqué, bien que la feuille doive être nettoyée et débarrassée par endroits d'une pellicule blanchâtre, irrégulière et granuleuse y adhérente.

— Lorsque l'extrémité de la cartouche orientée vers la cible est un bout N, il y a aussi un léger ternissement, mais pas de percement. Il subsiste cependant des impacts dispersés, petits et profondément marqués, qui se sont maintenus en dépit d'un mode opératoire très soigné.

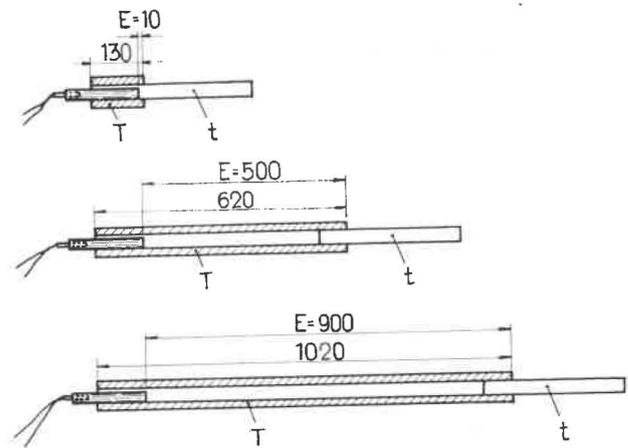
Dans les deux cas, le ternissement est microscopique et inégalement réparti ; il se limite aux plages qui étaient marquées par une pellicule blanchâtre adhérent au zinc.

Nous pensons que cette pellicule de surface irrégulière, par endroits assez épaisse, est constituée de chlorure alcalin (sel naissant en grains de 10-20 microns, selon Kuhn et Roth), provenant de la réaction secondaire et dispersé en phase colloïdale dans la détente des fumées. Une telle phase de corps solide tend à donner des agrégats, cette tendance ne pouvant être freinée que par une électrisation préalable, de sorte qu'il se forme très rapidement quelques grains de masse déjà appréciable [9]. Les petits projectiles que donne un bout N seraient donc nés de la réaction secondaire.

342. Effet du confinement résistant sur la position relative des agents d'initiation.

Comme nous l'avons rappelé, il est impossible d'observer le déroulement des phénomènes à l'intérieur d'un tube d'acier résistant à l'explosion (cf. 3362). Pour déterminer la position relative du front de choc, du front de fumées et des particules en fonction de la distance à partir du bout initiateur, il faut donc recourir à une astuce d'expérimentateur. A cet effet, nous avons imaginé le dispositif suivant.

Une cartouche paraffinée d'explosif C₁ ayant 30 mm de diamètre et 18 cm de longueur est introduite sur 12 cm de sa longueur dans un tube d'acier de 34 mm de diamètre et 18 mm d'épaisseur de paroi (fig. 29). Son extrémité libre émerge ainsi de



T: tube d'acier φ 34/70 mm.
t: tube mince en acétate de cellulose

Fig. 29.

6 cm et est amorcée par détonateur électrique n° 8, dont les débris ne seront en conséquence pas entraînés à l'intérieur du tube d'acier. Ce dernier est d'autre part prolongé par un tube transparent en acétate de cellulose bien adapté au diamètre intérieur du tube d'acier et de 0,25 mm d'épaisseur de paroi, ceci afin d'éviter l'épanouissement du front de choc en onde sphéroïdale au débouché du tube d'acier. Il reste à effectuer, au moment adéquat, des

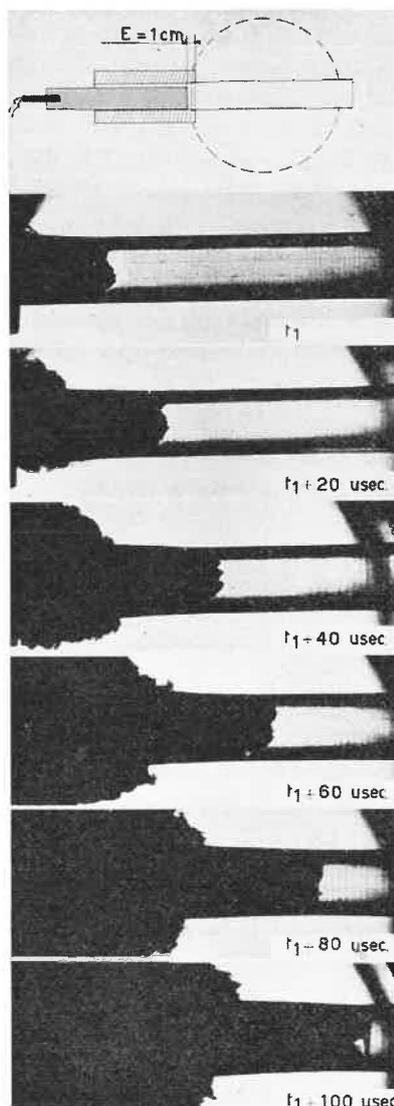


Fig. 30.

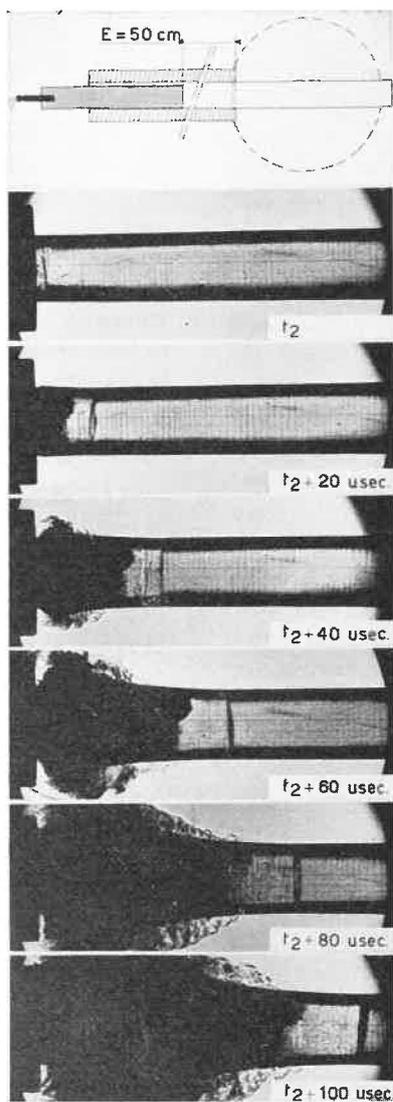


Fig. 31.

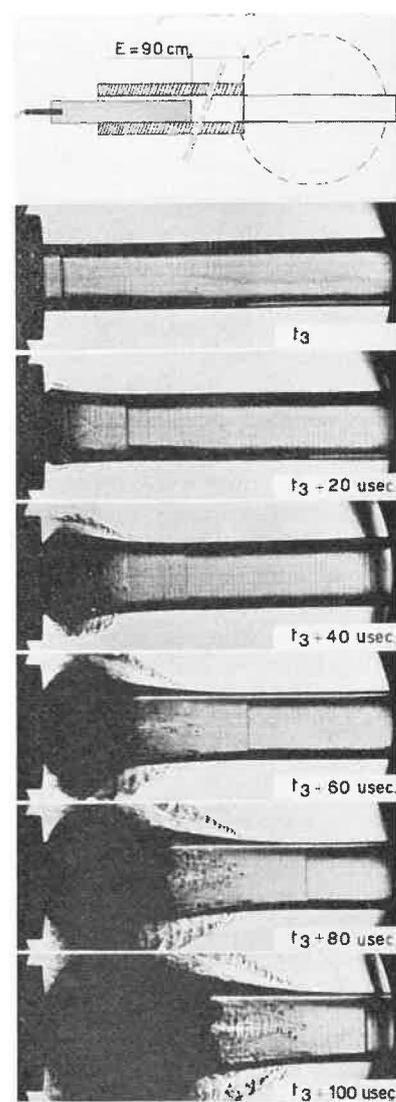


Fig. 32.

prises de vue dans un champ couvrant le tube d'acétate dès son raccord au tube d'acier, de façon à enregistrer, par les techniques en usage au C.R.I.P.E. [24, 35, 36], le passage des divers agents d'initiation (*). Ceci a été fait dans trois cas (fig. 29), pour $L = 13$, ou 62, ou 102 cm respectivement, de façon que le bout H de la charge se trouve à une distance $E = 1$ cm, 50 cm ou 90 cm du débouché du tube d'acier dans celui en acétate. Les figures 30, 31 et 32 reproduisent les trois séries d'enregistrements, deux prises de vue d'une même série étant séparées par un temps de 20 microsecondes. Elles permettent de dresser les tableaux suivants, en désignant par :

(*) Nous tenons à remercier spécialement Monsieur R. Vanden Berghe, Technicien attaché au Centre de Recherches scientifiques et techniques pour l'Industrie des Produits explosifs, qui s'est chargé des prises de vue avec sa compétence habituelle.

X_i , l'avancement du front de choc à partir du débouché du tube d'acier, relevé sur la i -ème prise de vue d'une série ;

x_i , l'avancement du front de fumées à partir du débouché du tube d'acier, relevé sur la i -ème prise de vue d'une série ;

V_i , la vitesse moyenne du front de choc sur la distance $X_i - X_{i-1}$;

v_i , la vitesse moyenne du front de fumées sur la distance $x_i - x_{i-1}$;

t_j , le moment de la première prise de vue de la j -ème série.

En groupant les résultats contenus dans les tableaux XXIV, XXV et XXVI, nous pouvons supputer la vitesse instantanée du front de choc, celle du front de fumées, et l'avance instantanée du premier front sur le second, lorsqu'il s'agit de la perturbation lancée dans un tube continu en acier épais

TABLEAU XXIV.

$E = 1 \text{ cm}$

Temps $t_1 + 20(i-1)$ (microsecondes)	X_1 (mm)	x_1 (mm)	$X_1 - x_1$ (mm)	V_1 (m/s)	v_1 (m/s)
t_1	50	50	0	—	—
$t_1 + 20$	81	81	0	1550	1550
$t_1 + 40$	112	112	0	1550	1550
$t_1 + 60$	142	142	0	1500	1500
$t_1 + 80$	173	173	0	1550	1550
$t_1 + 100$	204	203	1	1550	1500

TABLEAU XXV.

$E = 50 \text{ cm}$

Temps $t_2 + 20(i-1)$ (microsecondes)	X_1 (mm)	x_1 (mm)	$X_1 - x_1$ (mm)	V_1 (m/s)	v_1 (m/s)
t_2	5	—	—	—	—
$t_2 + 20$	33	21	12	1400	—
$t_2 + 40$	70	54	16	1850	1650
$t_2 + 60$	107	86	21	1850	1600
$t_2 + 80$	144	115	29	1850	1450
$t_2 + 100$	180	140	40	1800	1250

TABLEAU XXVI.

$E = 90 \text{ cm}$

Temps $t_3 + 20(i-1)$ (microsecondes)	X_1 (mm)	x_1 (mm)	$X_1 - x_1$ (mm)	V_1 (m/s)	v_1 (m/s)
t_3	10	—	—	—	—
$t_3 + 20$	46	—	—	1800	—
$t_3 + 40$	81	20	61	1750	—
$t_3 + 60$	115	45	70	1700	1250
$t_3 + 80$	147	70	77	1600	1250
$t_3 + 100$	179	95	84	1600	1250

par la détonation d'une cartouche à ions échangés, en fonction de la distance à partir du bout initiateur.

TABLEAU XXVII.

Distance à partir du bout initiateur	Vitesse instantanée du front de choc	Vitesse instantanée du front de fumées	Avance instantanée
1 cm	1550 m/s	1550 m/s	0
50 cm	1750 m/s	1650 m/s	10 - 15 mm
90 cm	1750 m/s	1250 m/s	60 mm

Les résultats ainsi enregistrés se caractérisent par les particularités suivantes :

1°) Le front de choc conserve sa vitesse sur de longues distances, sans freinage.

2°) Le front de fumées perd de sa vitesse, mais de façon très progressive et seulement après un parcours de plusieurs décimètres.

3°) L'avance du front de choc sur le front des fumées reste en conséquence toujours très modérée.

4°) Les particules ne dépassent jamais le front de choc et, pour autant qu'en témoignent les enregistrements, n'apparaissent même pas dans la zone aérienne séparant les deux fronts. Elles restent donc toujours englobées dans les fumées, ce qui est normal puisque, d'une part, ces dernières conservent leur vitesse d'avancement et que, d'autre part, les particules n'acquièrent leur vitesse matérielle que par entraînement visqueux au sein des fumées.

En définitive, la position relative des agents d'initiation en confinement résistant, jusqu'à un mètre au moins de distance du bout initiateur, reste telle qu'elle est définie au moment de l'émission. Rappelons qu'à l'air libre ou en confinement léger, tel n'était le cas que sur une distance de quelques centimètres seulement (cf. 3341 et 3351).

343. Supputation des mécanismes de transmission.

Du fait que le front de choc est, pour tout intervalle entre charges, le premier agent d'initiation à atteindre le bout récepteur, et que l'impulsion de choc se maintient, également pour tout intervalle, à un niveau élevé sans renforcement cependant, par rapport au cas d'explosion à l'air libre, de la raideur au front de choc, il faut s'attendre :

1°) à une initiation directe à l'impact du front de choc pour de petits intervalles, comme cela a été constaté à l'air libre ou en confinement léger (quelques millimètres) ;

2°) à une action entravante très prononcée du front de choc dès que celui-ci n'est pas capable d'initier directement la charge réceptrice (intervalle de l'ordre de 1 cm).

Du fait du haut potentiel thermodynamique des fumées issues de la réaction complète et concentrées vers la charge réceptrice, il y a lieu de retenir un pouvoir initiateur élevé des gaz de la détonation, avec collaboration possible des particules éventuellement y incluses. Ce pouvoir initiateur diminue évidemment avec la distance, c'est-à-dire avec la détente axiale croissante et la baisse du potentiel thermodynamique y attachée. Il faut aussi tenir compte du léger retard qu'éventuellement le front des fumées peut avoir sur le front de choc (cf. tableau XXVII), ainsi que de l'action plutôt tardive des fumées secondaires (cf. 341).

On peut de la sorte supputer des transmissions dans une gamme continue d'intervalles, dont l'étendue dépend du maintien du pouvoir initiateur des fumées (et peut-être des particules y incluses) à un niveau suffisant comparativement à la conservation de l'action désensibilisante par impulsion de choc.

Si une interruption existe dans le confinement résistant, le front de choc et les fumées y connaissent une expansion tridimensionnelle et peuvent alors être dépassés par les particules qui, si elles existent, continuent leur trajectoire grâce à l'énergie cinétique acquise. Une initiation par particule comme premier agent d'initiation atteignant la charge réceptrice placée au-delà de l'interruption du confinement n'est alors pas exclue, que la charge réceptrice se trouve d'ailleurs elle-même en ou hors confinement.

344. Etablissement de la probabilité de transmission à travers l'air en confinement continu.

Pour déterminer les intervalles auxquels il y a transmission, nous avons utilisé le dispositif expérimental représenté à la figure 33. On reconnaît la charge initiatrice et son détonateur n° 8 d'amorçage, la cartouche réceptrice munie d'un cordeau détonant souple à la penthrite, utilisé comme témoin de détonation. De part et d'autre de l'ensemble constitué par les charges, il y a un bourrage de 3 cm d'argile principalement destiné au maintien en due place des divers éléments du dispositif.

Nous nous sommes assurés de la fidélité du témoin de détonation que constitue un cordeau détonant souple à la penthrite inséré dans la charge réceptrice, en procédant simultanément d'une part selon la figure 33 et d'autre part en prolongeant cette dernière charge à l'extérieur du tube par une file de cartouches de 40 cm de longueur, reposant sur une plaque de plomb (fig. 34). Avec ce dernier dispositif, en cas de détonation de la charge récep-

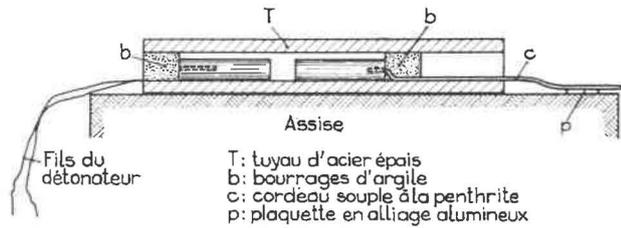


Fig. 33.

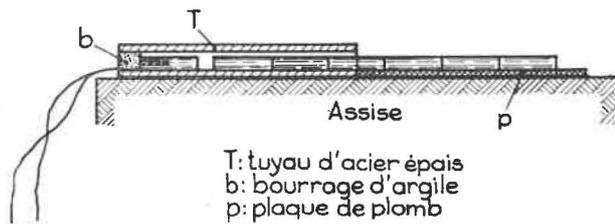


Fig. 34.

trice, on enregistre une trace sur le plomb, tandis qu'en cas de non-détonation, la trace fait défaut et on retrouve des débris de cartouches non explosées : c'est là un enregistrement sûr et indiscutable du comportement de la charge réceptrice. En comparant des résultats obtenus avec les deux systèmes appliqués à un même échantillon d'explosif, on constate que le cordeau détonant utilisé est un fidèle témoin de la détonation, au même titre que le dispositif de la figure 34.

Les charges utilisées consistent en explosif C_1 encartouché en 30 ou 40 mm de diamètre. La charge initiatrice est caractérisée par son poids et la nature du bout initiateur (p. ex. N 100 g, H 200 g). La charge réceptrice pèse toujours 100 g et on indique la nature du bout récepteur (p. ex. B, M, H ou N). Le tube d'essai a soit 34, soit 40 mm de diamètre intérieur et, dans tous les cas, résiste à l'explosion.

L'explosif étudié possède une très haute sélectivité. En l'occurrence, il s'agit de C_1 , caractérisé par une vitesse de détonation de 1400 ± 75 m/s, et dont la transmission par impulsion de choc seule n'est pas assurée pour un intervalle de 10 mm d'air, ainsi qu'il résulte du tableau XXVIII relatif à des tirs effectués à l'air libre, avec bout initiateur N ne donnant que deux agents d'initiation (choc et fumées) et bout récepteur N le plus apte à la mise en détonation (cf. 3323).

Comme c'est le cas pour les résultats ci-dessus, les cartouches des diamètres 30 et 40 mm ont été confectionnées à partir d'une composition provenant d'un même lot de fabrication. Les tirs ont été effectués dans un délai suffisamment court que pour exclure l'influence du vieillissement.

TABLEAU XXVIII.

Intervalle d'air e mm	\varnothing 30 mm	\varnothing 30 mm	\varnothing 40 mm
	N 200 g/N	N 100 g/N	N 200 g/N
30			—
20			—
15	— —		—
10	+ — —		— + — —
5	+ + +	+ + +	+ + +

Au sujet de l'explosif C_1 , nous savons ainsi qu'un intervalle d'air supérieur à 5 mm suffit pour compromettre la raideur au front de choc et abaisser les caractéristiques d'impulsion en dessous des valeurs critiques d'initiation par choc. Celui-ci ne produit plus qu'une compression entravante du bout récepteur, qu'il désensibilise assez pour faire obstacle à l'initiation frontale par les fumées primaires, seules présentes dans le tir à l'air libre (cf. 3332).

En tube d'acier à paroi épaisse, le confinement détermine la réaction secondaire, c'est-à-dire la gazéification des économiseurs. Il s'agit de voir comment s'établit alors la probabilité de transmission.

3441. Essais avec deux agents d'initiation.

Il suffit d'opérer avec un bout initiateur N pour que la présence de particules soit exclue (cf. 341).

L'impulsion de choc suivie de l'impulsion de fumées sont les seuls agents d'initiation, dont nous allons examiner l'effet d'abord sur un bout N (cf. 3323), ensuite sur un bout industriel d'origine.

34411. Bout récepteur N — Les résultats enregistrés figurent au tableau XXIX.

Son examen livre les conclusions suivantes :

1°) Le seuil de transmission en confinement ne dépasse pas le seuil à l'air libre (5 mm) si le rapport r de la section explosive à la section du confinement est inférieur à 0,6 (charge de diamètre 30 mm dans tube de diamètre 40 mm).

2°) Le seuil en confinement dépasse celui à l'air libre lorsque le rapport r est supérieur à 0,75 (charge de diamètre 30 mm dans tube de diamètre 34 mm ou charge de diamètre 40 mm dans tube de même diamètre).

TABLEAU XXIX.

Intervalle d'air <i>e</i> mm	En tube \varnothing 34 mm		En tube \varnothing 40 mm			
	$r = 0,778$		$r = 0,563$		$r = 1$	
	\varnothing 30 mm N 100 g/N	\varnothing 30 mm N 200 g/N	\varnothing 30 mm N 100 g/N	\varnothing 30 mm N 200 g/N	\varnothing 40 mm N 100 g/N	\varnothing 40 mm N 200 g/N
200						—
150						+ — —
140						—
135						—
130						+
125						+ —
100		—		—		+ + +
100 *						+ + +
90		+ —				
80		—		—		
75		+ + +				+
75 *		+ + +				
70				—		+
70 *		+ + +				
60				—		
50	—	+		+ —		+
45	—					
40	+ —			—		
35	+ + + —			—		+
30	+ + —	+		—	— + —	
25	+ + + —			—	—	
25 *	+ — —				—	
20			—	—	+ + + +	
20 *	+ + + + + +				— + — —	
15		+	—	—		
15 *					+ + +	
10		+	+ — — — +	—		
5			+ + + + + +	+ + +		
Seuil D mm	20	75	5	5	15	100

NB — Le signe * repère les tirs effectués sans bourrages.

3^o) Lorsque le rapport est supérieur à 0,75, le seuil augmente en fonction directe de l'importance de la charge initiatrice, et l'augmentation est d'autant plus marquée qu'il s'agit de charges de diamètre élevé.

4^o) Le bourrage n'a pas d'effet sur le seuil de transmission, celui-ci ayant dans chaque cas une valeur déterminée à 5 mm près.

34412. Bout récepteur M — Nous avons déterminé expérimentalement la valeur du seuil pour certaines des éventualités figurant au tableau précédent.

Les résultats sont donnés au tableau XXX.

On constate, par comparaison avec le tableau XXIX, que :

1^o) Le seuil obtenu dans les tirs avec deux agents d'initiation agissant sur un bout récepteur M est au moins équivalent à celui obtenu dans les mêmes conditions avec un bout récepteur N.

2^o) Le renforcement éventuel du seuil que procure l'essai N/M par rapport à l'essai N/N, est plus sensible lorsque le seuil N/N est très réduit.

3^o) Les conclusions des tirs effectués suivant l'essai N/N sont confirmées (influences du facteur r , du poids de la charge initiatrice et du bourrage).

Le bout M récepteur présente donc une détonabilité au moins équivalente, en confinement fort, à celle du bout N.

Nous attribuons cette particularité au fait que les plis de fermeture de l'étui en papier et les vides qui constituent un bout M, sont susceptibles de dissiper

TABLEAU XXX.

Intervalle d'air <i>e</i> mm	En tube \varnothing 34 mm		En tube \varnothing 40 mm	
	$r = 0,778$		$r = 0,563$	$r = 1$
	\varnothing 30 mm N 100 g/M	\varnothing 30 mm N 200 g/M	\varnothing 30 mm N 100 g/M	\varnothing 40 mm N 100 g/M
100 *		—		
90 *		—		
80		— +		
80 *		+ + +		
75		+ + +		
70 *		+		
60 *	—			
50 *	+ —			
40 *	+ —			—
35 *				+ —
30 *	+ + —			+ —
25	+ + + —			
25 *	+ + —			+ + + + +
20			— —	
20 *	+ + +			+
15			— + —	
10			+ + + + + +	
Seuil D mm	20	75	10	25

par déformation une partie de l'impulsion de choc tout en protégeant partiellement de la compression les couches plus profondes, dans lesquelles l'impulsion de fumées déclenche alors plus aisément la détonation.

3442. Essais avec trois agents d'initiation.

On opère ici avec un bout initiateur M d'origine, qui donne un jet de particules (cf. 341). A noter

que ces dernières sont toujours incluses dans les fumées (cf. 342).

Les résultats du paragraphe précédent nous dispensent d'envisager le bout N comme récepteur; nous retiendrons uniquement le bout M d'origine, et le tube de 40 mm de diamètre intérieur (tableau XXXI).

En comparant avec les tableaux XXIX et XXX, on se rend compte que :

TABLEAU XXXI.

Intervalle d'air <i>e</i> mm	En tube \varnothing 40 mm			
	$r = 0,563$		$r = 1$	
	\varnothing 30 mm M 100 g/M	\varnothing 30 mm M 200 g/M	\varnothing 40 mm M 100 g/M	\varnothing 40 mm M 200 g/M
100				—
90				+ + +
80				+ + +
80 *				+ + +
60			— + —	+
50	—	— —	+ — + + +	
40	+ + +	— + + — —	+ + +	
35		+ + +		
Seuil D mm	40	35	40	90

TABLEAU XXXII.

Intervalle d'air <i>e</i> mm	En tube \varnothing 40 mm			
	$r = 0,563$		$r = 1$	
	\varnothing 30 mm N plan 100 g/N	\varnothing 30 mm N concave 100 g/N	\varnothing 40 mm N plan 100 g/N	\varnothing 40 mm N concave 100 g/N
50				—
40				+ + —
30			— + —	+ + +
25			—	
20	—		+ + + +	
15	—	+ + —		
10	+ — — — +	+ + +		
5	+ + + + + +			
Seuil D mm	5	10	20	30

1°) Si le seuil obtenu dans l'orientation N/N a une valeur élevée, cette valeur, qui par parenthèse apparaît dans l'essai N/M, se conserve également avec la disposition M/M.

2°) Si le seuil N/N est de valeur réduite, il y a un renforcement important avec la disposition M/M, renforcement plus apparent qu'avec l'orientation N/M et d'autant plus fort d'ailleurs que le seuil N/N est petit.

3°) Les autres résultats précédemment acquis sont confirmés.

Nous estimons que le jet de particules présent dans les fumées est susceptible de renforcer le pouvoir initiateur de ces dernières lorsque l'impulsion de fumées ne suffit que difficilement à assurer la transmission, ceci grâce sans doute à une destruction mécanique des couches peu sensibles ou désensibilisées du bout récepteur.

Si, par contre, les conditions sont telles que les fumées possèdent déjà un pouvoir d'initiation qui s'exerce positivement sur des intervalles de plusieurs centimètres, le rôle des particules est alors inapparent.

3443. Essais de confirmation.

Il est possible de confirmer par des essais comparatifs que l'impulsion de fumées est la responsable principale de l'initiation de la charge réceptrice, et que le seuil de transmission est le plus important lorsque le bout récepteur est une extrémité d'origine, non seulement M mais aussi B ou H.

1°) Comme nous l'avons fait précédemment (cf. 33421), on peut donner au bout initiateur N une for-

me concave dont l'effet de charge creuse accélère les fumées suivant un dard central. On obtient ainsi avec un même lot d'explosifs, les seuils de transmission donnés au tableau XXXII.

Il est clair que le fait de hâter et concentrer l'attaque des fumées sur le bout récepteur, augmente la probabilité de transmission.

2°) Les résultats du tableau XXXIII parlent d'eux-mêmes :

On voit entre autres que le remplacement du bout N récepteur par un bout H ou B augmente la probabilité de transmission. Nous complétons les résultats du tableau XXXIII en signalant que les seuils B 100 g/B et H 100 g/H sont tous deux de 30 mm. On conclut que la performance enregistrée avec les diverses orientations de bouts industriels est pratiquement constante.

3444. Essais spéciaux.

Afin d'épuiser la question de la probabilité de transmission entre cartouches mises en œuvre dans leur état d'origine, nous avons refait une série d'essais en ne distinguant plus les orientations des cartouches (bouts H et B fournis par l'encartouchage mécanique), afin d'établir le seuil des six transmissions successives ainsi que la probabilité de transmission pour des intervalles d'air supérieurs au seuil. Nous avons trouvé (tableau XXXIV) :

Donc, dès un intervalle un peu supérieur au seuil, la probabilité de transmission est nulle.

Pour nous rendre compte de l'effet que pourrait éventuellement avoir un confinement plus étendu latéralement que celui du tube d'acier de diamètres

TABLEAU XXXIII.

Intervalle d'air <i>e</i> mm	En tube \varnothing 40 mm, avec $r = 0,563$				
	\varnothing 30 mm N 100 g/N	\varnothing 30 mm B 100 g/N	\varnothing 30 mm H 100 g/N	\varnothing 30 mm B 100 g/H	\varnothing 30 mm H 100 g/B
70					—
60					+ + — —
50				—	+ + — + —
40				+ — — —	+ + + + —
35			—		+ + + + + +
30		—	+ + +	+ + + + + +	
25		+ —			
20		+ — —			
15	—	+ + +			
10	— — +				
5	+ + +				
Seuil D mm	5	15	30	30	35



TABLEAU XXXIV.

Intervalle d'air <i>e</i> cm	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	40	
En tube \varnothing 40 mm $r = 0,563$ \varnothing 30 mm 100 g/100 g	+ + — — — — — — — — — — — — — —	+ — — — — — — — — — — — — — —	+ + — — — — — — — — — — — — — —	+ — — — — — — — — — — — — — —	+ — — — — — — — — — — — — — —	+ — — — — — — — — — — — — — —	+ — — — — — — — — — — — — — —	+ — — — — — — — — — — — — — —	+ — — — — — — — — — — — — — —	+ — — — — — — — — — — — — — —	+ — — — — — — — — — — — — — —	+ — — — — — — — — — — — — — —	+ — — — — — — — — — — — — — —	+ — — — — — — — — — — — — — —	+ — — — — — — — — — — — — — —

intérieur 40 et extérieur 76 mm, soit de 18 mm d'épaisseur de paroi, nous avons effectué des essais de transmission pour l'exécution desquels le tube

est enterré dans une fosse sous 25 cm de sable damé au lieu d'être simplement posé sur le sol. Les performances enregistrées sont données au tableau XXXV.

TABLEAU XXXV.

Intervalle d'air <i>e</i> cm	En tube \varnothing 40 mm			
	$r = 0,563$		$r = 1$	
	Tube posé \varnothing 30 mm 100 g/100 g	Tube enterré \varnothing 30 mm 100 g/100 g	Tube posé \varnothing 40 mm 100 g/100 g	Tube enterré \varnothing 40 mm 100 g/100 g
7	—	—		—
6	—	+ + —	— + —	+ + +
5	— —	+ + + + — —	+ — + + +	+
4	+ — +		+ + +	
3	+ + + + +			
Seuil D cm	3	4 max.	4	6 max.

Il semble donc y avoir une légère augmentation de la probabilité de transmission, sans que l'ordre de grandeur du seuil soit pour autant fondamentalement modifié.

3445. Conclusions.

Des essais qui précèdent, il résulte qu'en confinement fort réalisé sans solution de continuité, la transmission de la détonation à travers un intervalle d'air entre charges initiatrice et réceptrice est principalement assurée par l'impulsion des fumées provenant de la réaction complète.

Le pouvoir initiateur des fumées peut, en cas de déficience, être soutenu par l'effet mécanique des particules y incluses. Quant à l'impulsion de choc, à partir d'un intervalle de l'ordre du centimètre, elle ne parvient plus à initier les tranches explosives atteintes, mais au contraire elle exerce une action désensibilisante par compression du bout récepteur. Ce dernier, selon sa nature, est plus sensible à l'initiation par les fumées lorsqu'il comporte les plis en papier de la fermeture d'origine, au point de procurer des distances de transmission nettement plus élevées, notamment lorsque l'impulsion des fumées est sans cela peu efficace.

Le facteur principal déterminant le seuil de transmission est le rapport r de la section explosive à la section du confinement : r doit atteindre au moins 0,75 pour que la détonation puisse se transmettre à travers de forts intervalles. Viennent ensuite, dans l'ordre des influences décroissantes, le diamètre des charges et l'importance de la charge initiatrice.

Dans le cas le plus favorable, la détonation peut se réinitier au delà d'un intervalle d'un décimètre. Des transmissions sur plus grandes distances n'ont pas été constatées.

345. Transmission à travers l'air en confinement interrompu.

La charge réceptrice est placée au-delà de l'interruption du confinement.

Le dispositif expérimental est celui représenté à la figure 28, sauf que la cible, au lieu d'une feuille de zinc, est constituée d'une botte de 24 cartouches présentant des bouts N juxtaposés. Parallèlement aux constatations expérimentales sur la présence ou l'absence des particules (cf. 341), lorsque l'extrémité de la charge initiatrice orientée vers la cible est un bout H, la botte de cartouches réceptrices explose si le pointage est correct. Il n'y a pas d'explosion de la cible lorsque le bout initiateur est un bout N.

On reconnaît ici la sensibilité à l'initiation par particules, lorsque ces dernières devancent le front de choc et les fumées dans leur progression suivant l'axe de la charge initiatrice (cf. 343, dernier alinéa).

Un tel phénomène ne présente évidemment, au point de vue pratique, qu'un intérêt très secondaire.

346. Transmission à travers un intercalaire solide.

L'intervalle entre les charges initiatrice et réceptrice est occupé par de la matière solide (barrière). Le dispositif expérimental est le même que celui représenté à la figure 25, placé en outre dans un confinement fort (résistant à l'explosion).

Rappelons qu'à l'air libre, on enregistre avec l'explosif C₁ le raté systématique de transmission à partir d'une barrière de (cf. 3351) :

- 5 mm d'acier ;
- 10 mm d'argile comprimée ;
- 15 mm de charbon menu ou de sable gros très tassé.

En tube d'acier de 34 mm de diamètre intérieur et 18 mm d'épaisseur de paroi, contenant entièrement une charge de 30 mm de diamètre et 50 cm de longueur séparée en deux parties égales par l'intercalaire solide (200 g/200 g), ces barrières s'établissent respectivement à :

- 5 mm d'acier ;
- 10 mm d'argile comprimée ;
- 50 mm de charbon menu ou sable gros très tassé.

La barrière de matière inerte pulvérulente s'établit également à 50 mm lorsque les essais sont menés dans un fourneau d'acier à parois très épaisses (25 cm), avec longs bourrages d'argile de part et d'autre des charges.

On conclut de ces essais qu'il convient de distinguer la barrière de matière cohérente de celle qui est pulvérulente. La première ne subit que de très petites déformations de façon telle qu'elle répartit la compression sur le bout récepteur, sans guère absorber l'impulsion de choc : d'où désensibilisation profonde de la charge réceptrice, dans laquelle se développent par compression des couches denses non activables. La désensibilisation est plus accusée avec l'acier qu'avec l'argile comprimée, malgré tout plus déformable. Les barrières de 5 et 10 mm respectivement sont les mêmes qu'à l'air libre, c'est-à-dire que l'impulsion de fumées ne peut prendre la relève d'une impulsion de choc rendue insuffisante au niveau du bout récepteur. La barrière de matière pulvérulente est quant à elle capable d'absorber par déformation assez du travail de compression que pour garantir suffisamment le bout récepteur d'une désensibilisation trop avancée par effet de choc. Les fumées peuvent alors exercer plus favorablement leur pouvoir initiateur. En somme, l'intercalaire pulvérulent protège le bout récepteur N de la compression, au même titre que les plis de papier fermant la cartouche (bout H, B ou M), d'où une transmission

possible à travers un intercalaire du même ordre de grandeur que le seuil d'intervalle d'air (transmission assurée pour 30-40 mm d'air ou de pulvérulent inerte entre charges de 30 mm de diamètre, placées dans un confinement fort de 40 mm de diamètre intérieur).

347. Conclusions.

L'étude de la transmission en confinement fort montre la différence entre les processus de transmission intervenant d'une part à l'air libre ou en confinement léger, et d'autre part sous confinement résistant à l'explosion (chambre restant à volume constant pendant un délai suffisamment long).

Cette différence provient d'abord de ce que, dans ce dernier cas, la réaction des explosifs à ions échan-

gés très sélectifs est plus complète, alors qu'elle n'est que très partielle à l'air libre ou en confinement léger ; ensuite de l'influence du confinement sur la position relative des agents d'initiation : le front de choc précède toujours le front de fumées, dans lesquelles les particules solides restent englobées. En confinement résistant, les transmissions sur longue distance n'apparaissent qu'en cas de solution de continuité dans le corps confinant, à l'endroit de l'intervalle entre charges : dans ce cas uniquement, les particules peuvent devancer les autres agents d'initiation, dont la progression est freinée. Pour obtenir une bonne performance de transmission en confinement continu, il y a intérêt à opérer avec des charges de fort diamètre remplissant aussi bien que possible la section du cylindre confinant.

4. SECURITE AU GRISOU ET AUX POUSSIÈRES

41. SECURITE AU GRISOU

L'explosif est éprouvé en atmosphère grisouteuse dans une galerie métallique de forme cylindrique ayant 1,60 m de diamètre intérieur et comportant une chambre d'explosion de 5 m de longueur, limitée d'un côté au moyen d'un solide fond d'acier, et de l'autre par une paroi en papier renouvelée à chaque tir (cf. figure 35 donnant, pour la galerie d'épreuve en service à l'Institut National des Mines, à Paturages, telle qu'elle est équipée depuis 1960 [37], une vue schématique de la chambre, avec coupe longitudinale partielle à partir du fond d'acier). Les tirs que nous rapportons sont aussi effectués dans la galerie expérimentale que la S.A.

Poudreries Réunies de Belgique a établie à sa dynamiterie de Balen, sur le modèle des installations en service à la station d'essais de Dortmund-Derne [38]. De cette façon, nous disposons de résultats obtenus, en application d'un même principe d'épreuve, dans des galeries différentes et par des opérateurs distincts.

La chambre d'explosion limite un volume de quelque 10 m³, empli d'un mélange homogène air-grisou à 9 % environ de gaz de mine. A noter que l'atmosphère inflammable est contenue entre parois maintenues propres et sèches, ceci notamment grâce au chauffage de la chambre et aux inflammations de grisou provoquées entre les tirs (flambages). Sont également bien propres et sèches toutes les parois

COUPE TRANSVERSALE A-B

COUPE LONGITUDINALE SUIVANT C-D

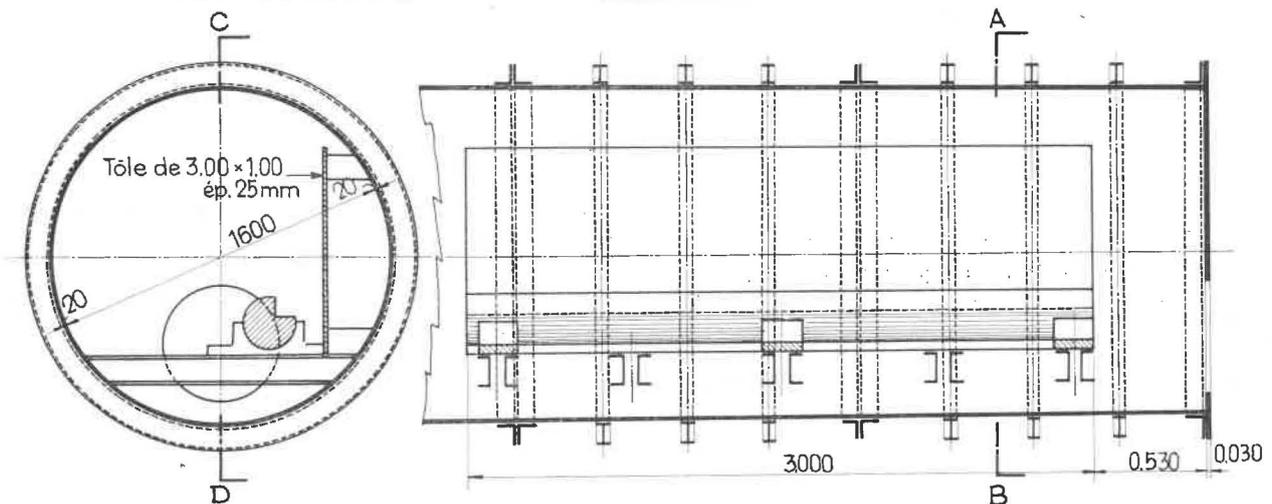


Fig. 35.

en contact avec le mélange gazeux contenu dans la chambre d'explosion (plaque de choc, faces du mortier d'angle, etc.).

411. Tir d'angle.

Il s'agit du dispositif expérimental dont il a déjà été question (cf. 12 et fig. 1).

Le détail de la réalisation est repris à la figure 35 également : mortier d'angle de 3 m de longueur reposant sur un poutrellage transversal auquel il est boulonné, en vis-à-vis d'une paroi de choc en acier de 3 m de longueur et 1 m de hauteur, solidement maintenue en position verticale. La distance d à la paroi de choc est réglée à 20 cm.

Les cartouches à éprouver ont, sauf indication contraire, 30 mm de diamètre nominal et sont disposées dans la rainure ouverte à 90°, en file simple continue commençant et finissant à égale distance

des extrémités du mortier d'angle. Le détonateur n° 8 d'amorçage est généralement placé dans la cartouche la plus proche du fond d'acier.

Pour chaque tir, on donne le poids P et la longueur L de la charge. On appelle charge-limite CHL la charge à partir de laquelle toute augmentation de la quantité d'explosif mise en œuvre est susceptible de déclencher une inflammation, étant entendu que rien de défavorable n'est observé en cas de diminution à partir de CHL. D'autre part, si aucune inflammation n'a été enregistrée quelle que soit la charge, CHL désigne alors la plus haute charge essayée.

4111. Premiers résultats expérimentaux.

Nous avons soumis à l'épreuve du tir d'angle en grisou les divers explosifs étudiés au chapitre 2, et avons enregistré les résultats suivants (tableau XXXVI).

TABLEAU XXXVI.

Explosif		A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	C ₁	C ₂	C ₃	A _{1b}
CHL	P	200 g	2200 g	2200 g	2200 g	2200 g	2200 g	2200 g	2200 g	2200 g
	L	24 cm	3 m	3 m	3 m	3 m	3 m	3 m	3 m	3 m

Rappelons qu'au point de vue de la détonation, A₁ ne possède qu'une sélectivité transitoire, tandis que A_{1b} bénéficie d'une sélectivité quasi permanente, la sélectivité permanente étant l'apanage de A₂, A₃ ainsi que des formules des groupes B et C.

On constate que les explosifs à sélectivité permanente ou quasi permanente sont de sécurité, tandis que A₁ à sélectivité transitoire donne aisément des inflammations au tir d'angle.

4112. Interprétation des premiers résultats.

Les résultats consignés au tableau XXXVI trouvent leur explication dans la connaissance de la détonation développée au chapitre 2, y compris en ce qui concerne le mécanisme d'inflammation du grisou par un explosif de sélectivité insuffisante.

Déterminons ce qui peut différencier A₁ des autres formules :

1°) Le sensibilisateur, malgré sa grande puissance explosive, ne peut être mis en cause, puisque B₁ possède, au même titre que A₁, un taux de nitroglycéroglycol égal à 10 %.

On ne peut valablement prétendre que l'onde de détonation provoque à elle seule l'inflammation du grisou, car il existe des bicarbites de sécurité au tir d'angle dont la vitesse de détonation en 30 mm de diamètre atteint 1900 m/s. Une onde de choc pure est susceptible d'allumer le grisou en se réfléchissant sur une paroi plane dans un espace confiné, lorsque sa vitesse dépasse 800 m/s [39], mais, en conclusion de ses travaux expérimentaux, Giltaire fait lui-même remarquer qu'il n'en va pas nécessairement ainsi dans le cas d'une onde de détonation. L'expérience acquise avec les bicarbites, ainsi que la possibilité de réaliser des explosifs à ions échangés sûrs au grisou alors que leur vitesse de détonation se situe vers 1850 m/s (explosif S non mentionné précédemment), corroborent cette opinion.

En conclusion, avec le taux de 10 % de sensibilisateur, on ne dépasse pas la limite G₂ de concentration d'énergie en deçà de laquelle est assurée une sécurité absolue [5].

2°) Cependant, il ne suffit pas de considérer le taux de sensibilisateur seul. L'étude relatée au chapitre 2 montre qu'il faut y associer les taux d'additifs hydrofuges et tenir compte des natures respec-

tives de ces substances qui, parmi les économiseurs, sont en position privilégiée pour renforcer les effets du sensibilisateur. Un additif à haut potentiel d'oxydation est en fait capable de jouer un rôle identique à celui d'une teneur de quelques dixièmes pour cent de nitroglycérine.

Il est alors indispensable de diminuer le taux d'huile explosive si l'on veut maintenir l'énergie libérée par la détonation (énergie primaire) sous le niveau G_2 . Sinon, en conservant les 10 % de sensibilisateur liquide en présence d'un additif tel que celui désigné *u*, la concentration d'énergie est supérieure à G_2 et peut même franchir une limite G_1 au-delà de laquelle l'inflammation est inévitable.

3°) Dans le domaine compris entre G_1 et G_2 , le comportement au grisou est particulièrement influencé par l'absorption de chaleur que, par conduction et compression, les noyaux salins inertes soustraient au détriment de la chaleur de détonation effective. Un tel effet physique est capable d'éviter le dépassement de G_1 par appropriation granulométrique : c'est en cela uniquement que A_{1b} se différencie de A_1 .

4°) Il importe de déterminer le processus suivant lequel s'accomplit en tir d'angle le franchissement de G_1 , autrement dit de préciser comment, soumis à ces conditions de tir, l'explosif A_1 libère, à l'inverse des autres formules étudiées, le quantum énergétique critique pour l'inflammation du grisou. A cet effet, il est particulièrement intéressant de comparer cet explosif aux autres formules, et spécialement à A_{1b} , sous le rapport des produits gazeux de la détonation et des grains solides y englobés.

En 30 mm de diamètre, les ondes de détonation de A_1 et A_{1b} ont des caractéristiques très voisines, puisque :

- pour tous les explosifs étudiés, le rayon R_s à partir duquel est assuré le plein emploi des ressources énergétiques du sensibilisateur au bénéfice de la détonation, vaut $9 \pm 0,5$ mm ;
- les vitesses de détonation de 1970 et 1750 m/s qui distinguent A_1 et A_{1b} respectivement sont relativement proches, la différence étant encore moins sensible entre A_1 et l'explosif S cité au 1° ci-dessus, sûr au grisou et ayant en 30 mm de diamètre une vitesse de quelque 1850 m/s.

Evidemment, la zone de réaction de l'explosif A_1 possède indiscutablement les caractéristiques thermodynamiques les plus élevées de la série étudiée. Mais, surtout entre A_1 et A_{1b} ou S, les différences sont nécessairement limitées, de sorte que leurs répercussions sur les fumées, notamment au point de vue de la température, se nivellent rapidement par expansion avant impact sur la paroi de choc. D'ailleurs se poursuit pendant la détente un transfert d'énergie au détriment des fumées et au bénéfice

des grains solides soumis à entraînement visqueux. Selon l'explosif, ces grains se différencient sous deux aspects : leur énergie cinétique et leur état thermochimique. La vitesse des particules leur est impartie par les fumées, de sorte qu'elle se trouve vraisemblablement, par l'intermédiaire de la phase gazeuse, sous la dépendance des caractéristiques de la zone de réaction. Les mesures la situent généralement dans un ordre de grandeur de 700-900 m/s pour des formules de très haute sûreté [40, 41, 42]. Deffet et Vanden Berghe signalent néanmoins qu'une formule peut donner des particules de vitesse suffisamment limitée, sans pour cela posséder la charge-limite qui distingue la très haute sûreté. Dans ces conditions, on n'est pas certain que la limitation de la vitesse des particules, si elle est une condition nécessaire, puisse constituer aussi un critère suffisant de sécurité. Il reste à envisager l'état thermochimique et, sous ce rapport, nous sommes en mesure de souligner, compte tenu de l'étude de la détonation que nous avons faite au chapitre 2, combien A_1 se distingue fondamentalement de A_{1b} ainsi que de toutes les autres formules étudiées. Nous savons en effet (cf. 2111) que si le niveau partiel d'énergie E_p est suffisamment bas que pour obtenir la sélectivité quasi permanente, et mieux encore la sélectivité permanente, les activations déclenchées à la surface des grains salins en arrivent à être réduites à l'extrême, et qu'à ce stade ultime il est encore possible de régler le niveau thermique de l'échange de chaleur qui détermine un échauffement des grains, englobés un court moment dans la zone de réaction sans avoir à subir de décomposition profonde (cf. 21123). On conçoit que des particules trop activées et trop chaudes engendrent un risque d'inflammation du grisou, tandis que des grains salins presque indécomposés et suffisamment froids ne présentent aucun danger.

C'est dans ce sens que les résultats repris au tableau XXXVI établissent un parallélisme rigoureux entre l'activation des sels telle qu'elle résulte de la détonation et leur pouvoir inflammatoire vis-à-vis du grisou. Une activation profonde se reflète dans la capacité de donner lieu à des réactions susceptibles de renforcer la détonation (formule de sélectivité transitoire capable de fortes augmentations de vitesse de détonation en très gros diamètres), d'où, lors de la détonation avec expansion libre en milieu grisouteux, possibilité de réactions tardives encore dangereuses. Dès que, en raison d'une activation toute superficielle, les économiseurs ne peuvent renforcer la détonation que dans une mesure très modérée, voire presque nulle, la sécurité au grisou est assurée : sélectivité permanente ou quasi permanente et endiguement suffisant des réactions tardives, même dans les conditions du tir d'angle en grisou. On constate que le parallélisme dans les effets relève d'une identité de la cause.

4113. Confirmations expérimentales de l'interprétation.

1°) Concentrons notre attention sur un explosif à sélectivité permanente, par exemple sur la formule C_1 . Sa courbe de détonation (cf. fig. 14 et 15) nous indique un régime maximal atteint déjà en diamètre de 30 mm. Par conséquent, en 35 ou 40 mm par exemple, la détonation s'établit identiquement au dit régime maximal et il est possible que la sécurité au grisou se maintienne, pour autant qu'une augmentation de 16,65 % ou 33,33 % du diamètre ne provoque déjà une trop forte concentration d'énergie dans la rainure du mortier d'angle.

On est passé à l'épreuve expérimentale et on a constaté qu'effectivement, la charge limite CHL tant en 35 qu'en 40 mm de diamètre, est supérieure à $L = 3$ m (supérieure à $P = 2600$ g en 35 mm et 3200 g en 40 mm). Afin de rechercher le diamètre à partir duquel la concentration d'énergie devient dangereuse, nous avons effectué quelques tirs au moyen de cartouches ayant 60 mm de diamètre, c'est-à-dire un très gros diamètre qu'il n'est pas question d'utiliser en exploitation minière. On a opéré avec des charges pesant 2100, 2800, 3000 et 3500 g.

Sur sept tirs, on a obtenu une inflammation qui s'est produite à 3000 g.

Ces essais montrent la grande marge de sécurité qui est liée à la mise en œuvre de l'explosif C_1 en diamètres industriels (25 à 40 mm). Ils établissent également une propriété particulière de l'explosif, que nous avons augurée par l'étude de la détonation, à savoir le comportement au grisou bien défini dans toute la gamme des diamètres industriels.

Ce dernier résultat est d'autant plus intéressant que, généralement, les explosifs classiques ont hors confinement une tenue au grisou très variable avec le diamètre de la charge [43].

2°) Le parallélisme remarquable constaté entre le phénomène de détonation à sélectivité permanente et la sécurité au grisou, associé à nos conclusions quant à la nature des agents d'inflammation, va nous permettre d'élucider une question qui était jusqu'ici restée pendante.

Dans une très intéressante publication relative aux explosifs à ions échangés [44], Lebrun et Waterlot exposent les grandes lignes du travail par lequel le Service des Etudes de la S.A. Poudreries Réunies de Belgique est arrivé à mettre au point et développer un type de formule possédant les caractéristiques de la très haute sûreté. Ces expérimentateurs se sont trouvés confrontés avec une double difficulté : d'abord débrouiller les facteurs propres à assurer des tirs d'épreuve constituant un critère reproductible de haute sûreté, ensuite déterminer un type de formule satisfaisant au dit critère.

Le premier point a été réglé en décelant l'importance des facteurs h , p et t en ce qui concerne la sévérité de l'épreuve (cf. fig. 36), les conditions $h = 80$ cm, $p = 65$ cm et $t = 4,5$ cm étant plus sévères que lorsque h et t ont des valeurs supérieures à celles citées.

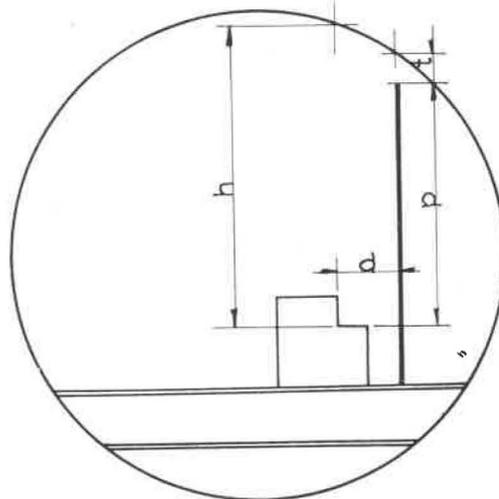


Fig. 36.

Dans la galerie type Derne qui existe à Balen (cf. 31), on a : $h = 100$ cm, $p = 75$ cm, $t = 12$ cm. A Paturages, les caractéristiques sont : $h = 100$ cm, $p = 80$ cm, $t = 11$ cm.

L'explosif D dont question dans la publication citée ci-dessus, enflamme à la galerie de Derne ($h = 100$ cm, $p = 80$ cm, $t = 8$ cm) déjà à la charge de 300 g. Avec t petit (4,5 cm), il n'enflammait à Balen à faible charge que si $h = 80$ cm ; pour $h = 100$ cm, la charge-limite était plus élevée : 800 g dans un cas, 1500 g dans un autre, voire même 2200 g (cf. tableau 5, p. 93 de l'ouvrage cité 44).

Quelle est la cause de pareille anomalie ?

Nous avons été mis sur la voie de la solution à ce problème par la réponse que les auteurs ont faite à une de nos questions, nous permettant ainsi de concevoir, puis de vérifier la cause des non-inflammations anormales. M. Waterlot nous a assurés que les essais relatés avaient été effectués pour la plupart à l'ancienne galerie de Balen, le mortier d'angle reposant non sur un poutrellage (cf. 411) mais sur un plancher métallique occupant toute la largeur de la galerie (berceau). Ce dispositif ancien a depuis lors été enlevé à Balen, ainsi qu'en témoignent les photographies [44], de même qu'à Paturages en 1960 [37].

Devant cette révélation, nous avons tenu le raisonnement suivant :

1°) Si l'explosif est peu sélectif, sa détonation au mortier d'angle envoie, dans toutes les directions

radiales comprises dans le dièdre de la rainure, des particules activées susceptibles de réagir exothermiquement au hasard des rencontres entre combustibles et combustibles. Les réflexions sur la paroi de choc sont dangereuses quel que soit l'angle d'incidence, même après une trajectoire relativement longue. Des germes d'inflammation peuvent naître dans n'importe quelle zone de la chambre d'explosion, d'où une grande probabilité de voir se développer une inflammation généralisée.

2°) Si on considère un explosif de haute sélectivité, quelle que soit la direction radiale considérée à partir de la file de cartouches, les particules projetées ne possèdent pas à l'origine une activation suffisante que pour donner lieu à réactions tardives, y compris au terme des trajectoires frappant la paroi de choc à incidence normale ou quasi normale. C'est cependant dans la zone des réflexions normales sur la paroi de choc, c'est-à-dire dans l'entrefer mortier-paroi, que la probabilité de rencontres entre grains activés est maximale, et que risque d'être franchie le plus facilement, par accumulation locale de réactions tardives, la concentration G_1 d'énergie incompatible avec la sécurité au grisou.

3°) Quant aux explosifs à sélectivité transitoire tel que A_1 , dont la charge-limite est actuellement à Balen, aussi bien en ancienne qu'en nouvelle galerie, de 200 g maximum pour $h = 100$ cm et t petit lorsque les mortiers d'angle reposent sur poutrelles, on a vu (cf. 4112, 4°) que la libération d'énergie primaire liée à la détonation en tir d'angle ne déclenche pas l'inflammation directe du grisou, mais que les réactions tardives dues aux particules entrent en ligne de compte. L'activation résultant de la détonation est intermédiaire entre les cas de l'explosif non sélectif et de la formule très sélective envisagés aux 1° et 2° ci-dessus. En conséquence, les grains envoyés sur les trajectoires les plus longues, frappant la paroi de choc et y rebondissant sous un angle plus ou moins aigu, peuvent ne pas donner lieu à d'importantes libérations d'énergie dans leur domaine d'action, qui se situe plutôt dans la moitié supérieure de la chambre d'explosion. Par contre, les grains frappant la paroi sous un angle proche de 90° sont les plus susceptibles, compte tenu de la géométrie du dispositif de tir, de développer plus que le quorum G_1 nécessaire à l'inflammation, et ce uniquement en des points de l'entrefer.

Mais, comme il s'agit de réactions tardives, le franchissement de G_1 se trouve déphasé par rapport au moment de la détonation, qui dure au plus deux millisecondes, et ce franchissement n'est atteint que dans une zone à coup sûr balayée par les fumées primaires en expansion. Vu l'orientation de la rainure, ces fumées sont plutôt dirigées vers le haut et brassent le mélange grisouteux inflammable en formant momentanément, dans l'entrefer, écran entre le haut et le bas de la chambre d'explosion. Si l'en-

trefer est fermé vers le bas par une paroi métallique (berceau), les réactions tardives s'y accomplissent en espace clos à l'abri de l'écran de fumées et, en cas d'inflammation locale, celle-ci peut ne pas gagner la masse grisouteuse.

Si l'entrefer est ouvert en direction du bas (poutrelles), il est constamment alimenté en mélange inflammable et tout germe d'inflammation peut se développer et s'étendre à la masse grisouteuse. Ce qui précède est compatible avec les enregistrements filmés du Docteur Eitz [45, 46] ; cependant, pour confirmer notre façon de voir, nous avons tiré l'explosif A_1 en ancienne galerie, le mortier de section carrée reposant cette fois sur berceau. Pour $h = 100$ cm, la charge-limite est montée jusqu'à 1200 g (1,50 m), au lieu donc de 200 g en mortier sur poutrelles. Pour $h = 80$ cm, elle n'a pas dépassé 300 g (37,5 cm).

Ces essais confirment du même coup l'inflammation par réactions tardives, à l'exclusion d'autres agents, et la sévérité des conditions $h = 80$ cm avec t petit (quelques centimètres), telle qu'elle avait été décelée par Lebrun et Waterlot.

4114. Autres résultats expérimentaux.

Compte tenu de l'importance des facteurs h et t au point de vue de la sévérité du tir d'angle, nous sommes préoccupés de savoir si, pour un explosif à sélectivité permanente tel que C_1 , la rigueur de l'épreuve ne pouvait être renforcée au point d'en arriver à des inflammations du grisou.

A cet effet, nous avons opéré avec deux parois de choc, formant un dièdre droit à faces parallèles à celles de la rainure du mortier d'angle (cf. fig. 37). Les faces verticales sont distantes de $d = 20$ cm, tandis que les faces horizontales sont écartées de $h' = 34$ ou 54 cm, suivant réglage à deux positions.

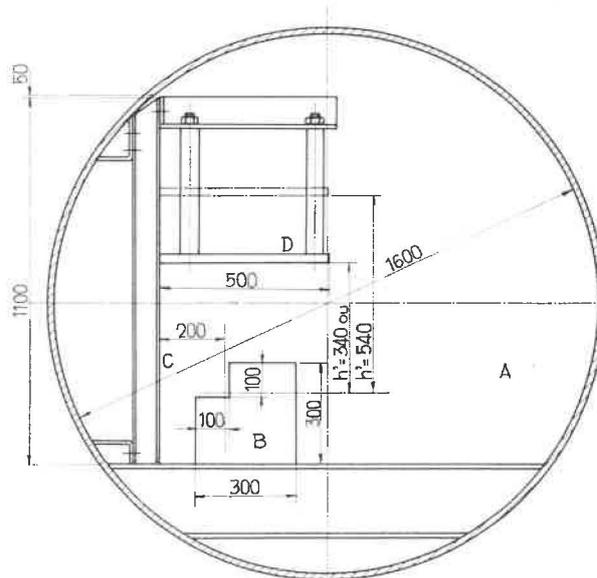


Fig. 37.

On conçoit que ces conditions de tir soient particulièrement favorables au développement des réactions tardives, puisque d'une part la détonation sera déclenchée dans un semi-confinement plus marqué que dans le cas d'une simple paroi de choc, et que d'autre part la quasi-totalité des particules frappera les parois sous une incidence normale.

L'explosif C_1 , tiré en charges de 30, 35 et 40 mm de diamètres respectifs, n'a provoqué aucune inflammation, même à la charge de 2200 g, en dépit du soin apporté à la réalisation de l'épreuve la plus sévère.

412. Tir débouillant.

Comme nous l'avons déjà rappelé (cf. 16), le coup de mine qui fait canon ne doit pas laisser place à un risque apparent d'inflammation.

Il ne manque pas d'explosifs classiques capables d'une intéressante performance lorsqu'ils sont tirés au mortier cylindrique en acier comportant axialement un fourneau dont la gueule débouche dans la chambre à grisou, grâce à un orifice ménagé dans le fond d'acier de la galerie expérimentale (cf. fig. 35 et 38).

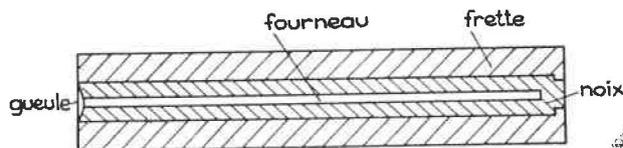


Fig. 38.

Pour un tel essai, on dit que l'amorçage est antérieur lorsque le détonateur inséré dans une des extrémités de la charge explosive, se trouve au plus près de la gueule du fourneau expérimental ; lorsque le détonateur se trouve au plus profond du mortier cylindrique, l'amorçage est dit postérieur.

Un explosif tel que C_1 , tiré en cartouches de 30 mm de diamètre dans le fourneau de 2 m de profondeur et 40 mm de diamètre, ne provoque pas d'inflammation jusqu'à la charge maximale de 1400 g y compris, que l'amorçage soit antérieur ou postérieur [47].

Une sécurité ainsi affirmée également dans le cas de la réaction complète déclenchée par le confinement résistant en acier, est due à l'importante formation de sel naissant à pouvoir refroidissant optimal (cf. 16). On verra en effet au chapitre 5 qu'il se forme à l'état moléculaire, dans les fumées, environ 400 g de chlorure alcalin par kilogramme d'explosif mis en œuvre.

Ceci signifie également que la mine non bourrée faisant canon ne projette pas dans la chambre à grisou de particules en réaction susceptibles de constituer des germes inflammatoires sur grandes distan-

ces, comme cela se produit dans le cas d'explosifs de sûreté relative [48]. A ce propos, rappelons notre remarque (cf. 21124) au sujet du fait que les explosifs à ions échangés conservent leur détonabilité nonobstant la grande finesse des sels minéraux. Cette particularité est d'un grand avantage en cas de tir débouillant consécutif à la réaction complète de l'explosif, car des grains fins sont susceptibles de se gazéifier rapidement dans le confinement du fourneau. On conçoit ainsi que, par un heureux concours de circonstances, la granulométrie indispensable à la sélectivité permanente de la détonation et à la sécurité au tir d'angle, est également favorable à la sécurité au tir débouillant. Il s'agit ici d'un processus de décomposition conforme aux idées de Beyling et Schultze-Rhonhof, qui en pareille matière recommandent une gazéification aussi rapide que possible de tous les constituants de l'explosif, sans imbrûlés [49].

On sait qu'un coup de mine débouillant est davantage susceptible d'enflammer le grisou si la bouche du fourneau comporte un léger bourrage, ceci par rapport aux cas du bourrage important ou de l'absence de bourrage. L'épreuve française des explosifs de sûreté consiste à tirer en mortier court (fourneau de 34 cm de longueur et 38 mm de diamètre) une cartouche de 30 cm de longueur et 30 mm de diamètre, amorcée postérieurement, avec bourrage au moyen d'une plaquette d'acier de 1 à 3 mm d'épaisseur [50].

Le processus d'inflammation qui peut être favorisé dans ce cas est bien connu : dans le cas des tirs sans bourrage, si une quelconque inflammation peut avoir lieu, il doit y avoir, dans le dard de gaz chauds craché par le fourneau, un ou plusieurs points inflammatoires échappant à l'action extinctrice des produits gazeux déjà refroidis par expansion. La persistance d'un ou plusieurs points chauds dans le dard est la condition nécessaire de croissance d'une inflammation jusqu'au stade ultime de sa généralisation. L'efficacité des gaz sombres refroidis par expansion, dans leur course pour rattraper et englober le volume à haute température siège des réactions, détermine s'il y aura ou non inflammation généralisée. Dans le cas des tirs avec bourrage, il se développe à la bouche du fourneau un aspect géométrique similaire, avec la différence que la présence du bourrage accentue la formation du dard. En général cependant, un accroissement du poids du bourrage augmente l'effet de masse refroidissante et donc renforce l'action extinctrice. Un bourrage mince constitue un cas spécial, car il se produit, sans renforcement des agents extincteurs, un effet d'orifice accusé au moment du percement, de sorte que la vitesse de translation du dard s'en trouve augmentée. Cette quantité supplémentaire de vitesse impartie au dard rend celui-ci capable d'échapper hors de portée des gaz subséquents refroidis par ex-

pansion. De ce fait, le dard porteur de germes d'inflammation, animé d'une grande vitesse, peut esquiver l'extinction, si bien qu'en conclusion, un léger bourrage présente plus de risques que l'absence de bourrage [51].

Nous avons tiré en cartouches de 30 mm de diamètre dans un fourneau de 60 cm de profondeur et 32 mm de diamètre, la charge étant amorcée postérieurement et affleurant à 2 cm de la bouche du

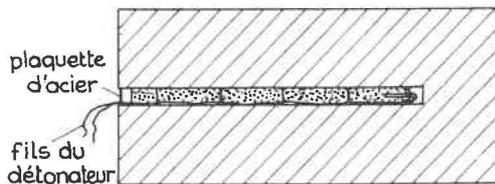


Fig. 39.

mortier, laquelle est obturée, sans calage ni frottement dur, par une plaquette d'acier de 1 mm d'épaisseur (cf. fig. 39), un explosif tel que A_{1b} ou B₁, sans obtenir d'inflammation à la charge maximale de 450 g pouvant être utilisée dans ces conditions [37].

Nous avons alors soumis l'explosif C₁ à des épreuves analogues, effectuées cette fois en mortier long ayant un fourneau de 1,90 m de profondeur et 32 mm de diamètre.

Nous avons pu ainsi opérer sur des charges atteignant 1500 g, en ménageant toujours un espace de 2 cm entre la charge et la plaquette (d'acier, de schiste ou d'argile - cf. fig. 38).

Le tableau XXXVII rend compte des résultats obtenus.

TABLEAU XXXVII.

Charge	Plaquette	Cartouches paraffinées	Cartouches non paraffinées
900 g	acier 1 mm	o o o o o o o o o o	— —
900 g	schiste 4 mm	o o o o o o o o o o	— —
200 g	argile 8 mm	o o	o o
300 g	»	o o	o o
400 g	»	o o	o o
500 g	»	o o	o o
600 g	»	o o	o o
700 g	»	o o	o o
800 g	»	o o	o o
900 g	»	o o o + o o o o o o	o o
1000 g	»	o o + o o	o o
1100 g	»	+ o o o	o o
1200 g	»	+ + o o o o o	o o o o
1300 g	»	o o	o o o o o
1400 g	»	o o	o o
1500 g	»	+ + o o o o o o + o	o o o o o o o o o o

N.B. — Le signe + signifie inflammation, le signe 0 non-inflammation.
 Les cartouches non paraffinées ne comportent que l'enveloppe en papier, les paraffinées ont en outre été trempées un court moment dans un bain de paraffine en fusion.

Les inflammations constatées sont dues à la paraffine qui ne trouve pas dans le fourneau de 32 mm de diamètre, surtout lorsqu'il est occupé par une charge suffisamment longue, assez d'oxygène disponible que pour brûler complètement et rapidement. D'où la persistance de points chauds dans le dard qui se forme au percement de la plaquette.

En tirant les cartouches paraffinées dans un mortier long ayant un fourneau de 40 mm de diamètre, les inflammations ne se produisent plus, y compris

à la charge maximale de 1500 g, en raison de la quantité d'air présente dans le fourneau.

Des essais complémentaires, effectués au mortier de 40 mm de diamètre au moyen d'explosif C₁ encartouché cette fois en diamètres de 35 et 40 mm, n'ont provoqué aucune inflammation, y compris à la charge maximale de 2200 g possible sur une longueur de 1,88 m avec des cartouches de 40 mm de diamètre, étant entendu que les cartouches ne sont pas paraffinées.

Nous avons ainsi établi expérimentalement qu'en ce qui concerne l'épreuve au grisou des explosifs à ions échangés, le tir débouillant voit sa sévérité renforcée par la présence d'une plaquette à la bouche du fourneau, notamment lorsqu'il s'agit d'une pastille d'argile ne dépassant pas 8 mm d'épaisseur.

La sévérité est maximale lorsque les cartouches occupent toute la section du fourneau, à tel point qu'en ce cas la présence de paraffine sur l'enveloppe des cartouches suffit pour déclencher des inflammations.

L'explosif C₁ en cartouches non paraffinées ne provoque pas d'inflammation, y compris à la charge maximale de 2200 g pouvant trouver place dans le mortier.

Remarque : Un explosif analogue à B₁ mais dont on a, par appropriation granulométrique, fixé la vitesse de détonation en 30 mm de diamètre au niveau de 1700 m/s environ, conserve une probabilité d'inflammation en cartouches non paraffinées, pour des charges supérieures à 1200 g, lorsque les cartouches occupent toute la section du fourneau d'épreuve.

Il faut comprendre que, dans ce cas, la granulométrie sensiblement plus grossière ne permet pas une gazéification assez rapide des constituants les plus lents à réagir, et qu'au percement de la plaquette, le dard peut parfois comporter assez de points chauds issus de l'explosif lui-même.

42. SECURITE AUX POUSSIERES CHARBONNEUSES

Les essais ont lieu avec le même matériel d'épreuve, la chambre d'explosion contenant une atmosphère inflammable constituée par la mise en suspension dans l'air de 2 kg de poussières de charbon titrant 30 % de matières volatiles et traversant le tamis de 6400 mailles/cm² (le tas de 2 kg est dispersé une seconde avant l'épreuve, par le tir d'une cartouche de 50 g d'explosif de sûreté y enfoncée).

Les mêmes précautions opératoires sont prises que pour les essais en grisou.

421. Tir d'angle.

Nous nous sommes évidemment bornés à éprouver en poussières les explosifs de sécurité au grisou.

Dans ces conditions, nous avons constaté que tous les explosifs au nitrate de sodium sont sûrs aux poussières, tandis que, parmi les formules au nitrate de potassium, seul C₁ ne donne pas d'inflammation. C₃ allume les poussières avec une fréquence élevée.

Force nous est d'admettre que, pour les formules au nitrate de potassium, le niveau partiel d'énergie

E_p suffisant pour la sécurité au grisou (limite supérieure repérée par une vitesse de détonation en 30 mm de diamètre de l'ordre de 1700 - 1800 m/s) n'est plus assez bas pour la sécurité aux poussières. Il faut en plus ne pas dépasser une limite E'_p, repérée par une vitesse de détonation en 30 mm de diamètre qui doit se situer vers 1500 m/s.

La recherche des causes d'une telle particularité est d'autant plus difficile que les caractéristiques thermochimiques des deux nitrates (sodium et potassium) sont très voisines. Cependant, il est bien connu que les mélanges nitrate de potassium-soufre-charbon de bois constituent les poudres noires les plus vives, tandis que le remplacement du salpêtre par le nitrate de sodium donne des poudres plus puissantes mais plus lentes [52]. Dans ces conditions, les grains activés de nitrate émis par le tir des explosifs à ions échangés en mortier rainuré, peuvent avoir une propension à entrer en réaction de combustion avec des grains de charbon ultra-fin, plus marquée dans le cas du potassium que dans le cas du sodium. Avec ce dernier, le niveau partiel E_p repéré, comme pour le grisou, par la vitesse de détonation de 1700 - 1800 m/s, est suffisant, tandis que dans le cas du potassium, le niveau partiel E'_p marquant la limite supérieure doit être repéré par la vitesse de 1500 m/s.

Nous avons construit de diverses manières des formules à ions échangés dont le niveau partiel d'énergie était réglé en vue d'un comportement prévu au grisou et aux poussières charbonneuses, et avons vérifié ce comportement en galerie expérimentale. Nous avons confirmé ainsi que, dans le cas d'une formule à sélectivité permanente ou quasi permanente dont le niveau partiel d'énergie est caractérisé par une vitesse de détonation à l'air libre ne dépassant pas ou ne dépassant guère 1800 m/s en cartouches de 30 mm de diamètre, la sécurité au tir d'angle en grisou est assurée, mais qu'en poussières, il convient de distinguer si la formule contient du nitrate de sodium ou du nitrate de potassium.

Dans la première éventualité, le risque d'inflammation des poussières n'existe pas. Dans la seconde, la probabilité d'inflammation vaut :

- 0,5 pour E_p repéré par 1700 m/s (4 tirs)
- 0,3 pour E_p repéré par 1600 m/s (10 tirs)
- 0,2 pour E_p repéré par 1540 m/s (10 tirs)
- 0 pour E_p repéré par 1400 ± 75 m/s (225 tirs).

La formule C₁, qui n'enflamme pas les poussières au tir d'angle lorsqu'elle est tirée en cartouches de 30 mm de diamètre jusqu'à la charge de 2200 g y compris, conserve cette performance en diamètres de 35 et 40 mm.

422. Tir débouillant.

Nous avons éprouvé dans ces conditions non seulement les formules de sécurité au tir d'angle, mais

encore celles qui, comme C_3 , sont de sécurité au grisou mais donnent au tir d'angle en poussières une probabilité d'inflammation de 0,3 en raison de la présence du nitrate de potassium et d'une détonation s'établissant en 30 mm de diamètre, vers 1600 m/s.

Il s'agit du coup débouillant simple tiré au mortier cylindrique en acier comportant un fourneau de 1,90 m de profondeur et 40 mm de diamètre. En plus de l'atmosphère poussiéreuse préparée comme dit ci-dessus (cf. 42), de la poussière de charbon est déposée dans le fourneau sur et devant la charge explosive.

Dans ces conditions, aucun tir n'a donné lieu à inflammation, pas même avec l'explosif C_3 . Ceci est dû au fait qu'en confinement, le nitrate de potassium réagit avec son partenaire salin le chlorure d'ammonium et n'est plus, à l'extérieur du fourneau, disponible pour oxyder les fines particules charbonneuses.

43. REMARQUE

Ce sont donc bien les particules émises par la détonation des explosifs à ions échangés qui sont principalement responsables des inflammations, notamment en tir d'angle. Cependant, comme nous l'avons rappelé au chapitre 3, une extrémité de cartouche se trouvant dans son état d'origine émet un jet de particules (cf. 332). On pourrait donc se demander si, dans ces conditions, il y a compatibilité entre le fait que, d'une part, un bout de cartouche d'explosif C_1 par exemple projeté, en tir d'angle notamment, beaucoup de grosses particules et, d'autre part, la constatation que ledit explosif C_1 se révèle intrinsèquement de très haute sécurité. Les deux phénomènes ne sont en réalité pas contradictoires. En effet, si l'on se réfère au mécanisme de formation du jet de particules en bout de cartouche (cf. 3321), on se rend compte que les projectiles proviennent des dernières couches d'explosif pulvérisé non atteint par la détonation et sont de ce fait des particules « froides ». Par contre, les grains salins émis latéralement ont, quant à eux, été passagèrement englobés dans la zone de réaction et constituent des particules « chaudes », susceptibles de réagir, surtout si leur énergie cinétique se transforme brutalement en chaleur dans une région d'accumulation où se trouve disponible, en tant que partenaire d'éventuelles réactions de combustion, du grisou ou de la poussière de charbon.

44. CONCLUSIONS

La sécurité au tir d'angle en grisou se concrétise très simplement dans le diagramme synthétisant l'étude de la détonation des explosifs à ions échangés (cf. fig. 22) : le domaine de la sélectivité per-

manente ainsi que la zone de transition caractérisant les formules à sélectivité quasi permanente, ont ensemble le privilège de contenir les formules de très haute sécurité.

Le même critère vaut pour la sécurité au tir d'angle en poussières lorsque l'explosif ne contient que du nitrate de sodium. Si le nitrate de potassium est introduit dans la formule, le domaine de sécurité totale se restreint à la sélectivité permanente avec niveau partiel d'énergie limité à E'_p , repéré par une vitesse de détonation maximale à l'air libre de l'ordre de 1500 m/s.

La sécurité au tir débouillant, élevée dans tous les cas, n'est totalement atteinte que par les formules dont la granulométrie assez fine, est favorable à une combustion complète aussi rapide que possible.

En conclusion, nous croyons particulièrement opportun de rappeler l'opinion formulée il y a plus de quarante ans par Emmanuel Lemaire : « La possibilité de réactions en arrière de l'onde avec ou sans l'intervention de l'oxygène de l'air, domine toute la question de l'explosif de sûreté » ; opinion complétée par l'aveu suivant : « Nous n'avons à ce jour que des indications très vagues sur la composition à donner à un explosif pour diminuer la durée des réactions en arrière de l'onde avec ou sans intervention de l'oxygène de l'air. Il y a là matière à d'intéressantes recherches. La suppression complète de ces réactions paraît impossible [53] ».

On se rend compte actuellement que le principe des ions échangés, prôné par Ahrens depuis bientôt trois lustres en vue précisément de la suppression des réactions tardives, a orienté la recherche vers la réalisation d'explosifs présentant simultanément deux caractéristiques en apparence peu conciliables : enraiment très marqué de la réaction des sels en cas d'explosion hors confinement, et gazéification aussi rapide que possible en vase clos.

Dans les deux cas extrêmes et par leur combinaison, dans les éventualités intermédiaires, la durée des réactions en arrière de l'onde est donc la plus courte possible, ainsi que Lemaire en avait prévu la nécessité.

L'explosif C_1 sur lequel nous avons fait porter le principal de notre attention, peut à bon droit être réputé de très haute sûreté, même lorsqu'il est amené à détoner dans les grandes éventualités de danger que la pratique minière a révélées au prix d'expériences souvent meurtrières.

Nul ne contestera cependant qu'il est néanmoins possible, en laboratoire, d'échafauder des conditions de tir susceptibles de mettre un tel explosif en défaut. Ainsi par exemple, le tir avec laminage des fumées (Schuss mit Schwadeneinengung) déjà cité comme très dangereux [38, 54]. Mais il s'agit là de circonstances extrêmes dont la probabilité pratique apparaît comme très réduite, et qui en tout cas n'ont jusqu'à présent pas été observées en chantier minier.

5. EFFET UTILE

51. CRITERE DE L'EFFET UTILE

Après avoir montré comment un explosif à ions échangés peut être rendu très sélectif et pourquoi sa détonation ne présente plus alors qu'un risque minimal d'inflammation du grisou ou des poussières charbonneuses, il reste à prouver que les formules de l'espèce ont un effet utile suffisant.

Selon Naoum [55], la puissance d'un explosif s'estime par son énergie spécifique f , laquelle, en tant que mesure thermodynamique de l'énergie du mouvement moléculaire dans les fumées de l'explosion, est une mesure de leur force d'expansion et par le fait même de la puissance explosive prévisible. On obtient alors aisément le niveau d'énergie E , c'est-à-dire l'énergie théoriquement disponible par unité de volume, en multipliant l'énergie spécifique par la densité apparente de la substance explosive. Pour les besoins de l'exploitation minière, le minimum requis est, ainsi que nous l'avons vu (cf. 12), de 33 m.t./litre.

Le calcul théorique se base ici sur les considérations suivantes : comme il ne s'agit pas d'explosifs sous-oxygénés, on peut admettre avec une bonne approximation que les produits d'explosion consistent entièrement en anhydride carbonique, vapeur d'eau et azote, la partie solide étant constituée de chlorure alcalin à l'état naissant [56, 57]. Au point de vue thermochimique, la réaction complète s'identifie à une combustion impliquant les seuls constituants de l'explosif, la chaleur dégagée servant à échauffer les produits de combustion à volume constant. L'annexe XI donne le détail des calculs pour deux formules, l'une au nitrate de potassium, l'autre au nitrate de sodium, sans additifs hydrofuges, la teneur en sensibilisateur liquide étant dans chaque case de 10 % en poids. Les chaleurs de formation utilisées sont celles données par Médard [58].

Le tableau XXXVIII résume les principales caractéristiques thermochimiques.

TABLEAU XXXVIII.

Caractéristiques (par kg d'explosif)	Formule avec K	Formule avec Na
Produits d'explosion (en moles)		
CO ₂	1,317	1,317
H ₂ O	12,901	14,251
N ₂	6,484	7,158
O ₂	2,916	3,283
chlorure alcalin	5,825	6,5
Balance-oxygène (en % du poids)	+ 9,3	+ 10,5
Chaleur d'explosion (en kcal)	299,9	310,6
Volume des gaz (en m ³ , aux conditions normales)	0,529	0,5826
Température d'explosion (°K)	1427	1369
Quantité de sel naissant (g)	434	380
Energie spécifique f (kg.m)	28564	30179

L'explosif étant encartouché à la densité apparente de 1,2 g/cm³, le niveau d'énergie s'établit à 34 m.t./litre pour la formule au potassium et 36 m.t./litre pour celle au sodium (d'après $E = f \cdot \Delta$).

Pour l'explosif C₁, on obtient de la même manière $E = 36,5$ m.t./litre, qui est aussi le niveau énergé-

tique global de C₂ et C₃, tous deux de même formule chimique que C₁, mais qui s'en différencient au point de vue de la détonation (cf. 21113 et 2112) par des niveaux partiels E_p plus élevés en raison des granulométries plus grossières de leurs constituants salins. Rappelons les vitesses de détonation en

30 mm de diamètre, lesquelles, ainsi que nous l'avons expliqué (cf. 214), permettent de repérer le palier de sélectivité permanente et le niveau partiel d'énergie :

C ₃	1615 m/s
C ₂	1525 m/s
C ₁	1470 m/s

Comme nous l'avons signalé précédemment (cf. 421), la formule C₁ a, selon l'échantillon de fabrication, une vitesse de détonation à l'air libre de 1400 ± 75 m/s. Dans la suite de l'exposé, nous allons plus spécialement comparer l'explosif C₂ à un échantillon C₁ détonant à 1400 m/s. Pour chacun d'eux, l'énergie spécifique est de 30,5 m.t/kg et le niveau d'énergie, comme dit plus haut, de 36,5 m.t/litre.

A titre de comparaison, signalons les caractéristiques suivantes de quelques explosifs :

Blasting 93/7	$f = 134$	m.t/kg
Aquadex 30	48,5	»
C ₁ , C ₂	30,5	»
Poudre noire	28	»
Bicarbite	13	»

52. ESSAIS CLASSIQUES DE PUISSANCE

Les fabricants d'explosifs ont l'habitude de déterminer la puissance de leurs produits au bloc de plomb (essai Trauzl) et au pendule balistique (*).

La méthode souvent utilisée pour le tir au bloc de plomb est celle à poids constant (10 g). Le détail des essais pratiqués sur les explosifs C₁ et C₂ est consigné à l'annexe XII.

Par rapport à l'acide picrique, on a trouvé :

0,23 pour C₁
et 0,24 pour C₂.

Au pendule balistique, l'estimation est faite par rapport à l'acide picrique et à la blasting-gelatine ; dans ce dernier cas, le résultat est indiqué RWS (relative weight strength). On a obtenu :

pour C₁, par rapport à l'acide picrique, 44,5 % et RWS = 32,8 % ;
pour C₂, par rapport à l'acide picrique, 73 % et RWS = 53,8 %.

On voit que l'essai Trauzl, plutôt défavorable, comme on sait, aux explosifs pulvérulents, ne différencie pratiquement pas C₁ de C₂.

Par contre, le pendule balistique donne des valeurs nettement différentes, à l'avantage de C₂ qui est de granulométrie plus grossière que C₁, et, de ce fait, possède une vitesse de détonation plus élevée (1525 contre 1400 m/s).

A notre avis, les épreuves au bloc de plomb et au pendule ne caractérisent pas d'une façon suffisamment précise l'effet utile des explosifs à ions échangés tels C₁ et C₂, parce qu'avec les modes opératoires imposés, les résultats enregistrés ne sauraient témoigner des possibilités énergétiques réelles de la réaction secondaire.

En effet, dans l'essai au bloc de plomb, le peu d'efficacité du bourrage de sable (simplement versé et non tassé) ne permet guère à l'explosion de s'achever à volume constant, de sorte qu'une mise à l'air prématurée de la chambre de réaction peut enrayer la gazéification des sels. C'est ainsi que pour C₁ et C₂, on obtient un évaseement net corrigé de 70 cm³ environ, assez proche du résultat fourni par la règle empirique suivant laquelle 1 % en poids de nitroglycérine assure 6 cm³ d'évasement ($6 \times 9,5 = 57$ cm³). Avec les explosifs très sélectifs, le bloc de plomb rend surtout compte de l'énergie libérée par la réaction primaire et n'enregistre qu'une partie réduite de la libération secondaire.

Au pendule balistique, le temps de confinement est de l'ordre de 7 millisecondes lorsqu'on opère avec un explosif à ions échangés très sélectif [8], mais par contre le degré de chargement (rapport du volume de la charge à celui de la chambre de tir) est vraiment petit (environ 5 %). Cette circonstance est très défavorable à la cinétique de la réaction secondaire en raison du fait que la pression thermo-chimique résultant de la réaction primaire est fort affaiblie par la détente inévitable dans une aussi grande chambre de tir. Dans ces conditions, l'épreuve avantage l'explosif dont le niveau partiel d'énergie est le plus élevé puisqu'alors une réaction primaire plus riche instaure de plus hautes températures et pressions et peut accélérer la réaction secondaire. C'est ainsi que C₂ est susceptible de libérer plus d'énergie que C₁ entre le moment de la mise à feu et celui de l'expulsion du boulet hors de la chambre de tir du pendule.

53. TIRS REELS

La mise en œuvre rationnelle de l'explosif C₁ doit à notre avis tenir particulièrement compte du mode de libération de l'énergie.

D'un point de vue général, on distingue trois modes principaux, bien illustrés par la représentation schématique du profil des pressions (fig. 40), due à Berthmann [59] :

1°) L'énergie est libérée presque complètement dans la zone de réaction, c'est-à-dire entre le front

(*) Les tirs ont été effectués au Centre de Recherches scientifiques et techniques pour l'Industrie des Produits explosifs, à Sterrebeek, par les soins de M. Crassaerts, préparateur-technicien, que nous remercions.

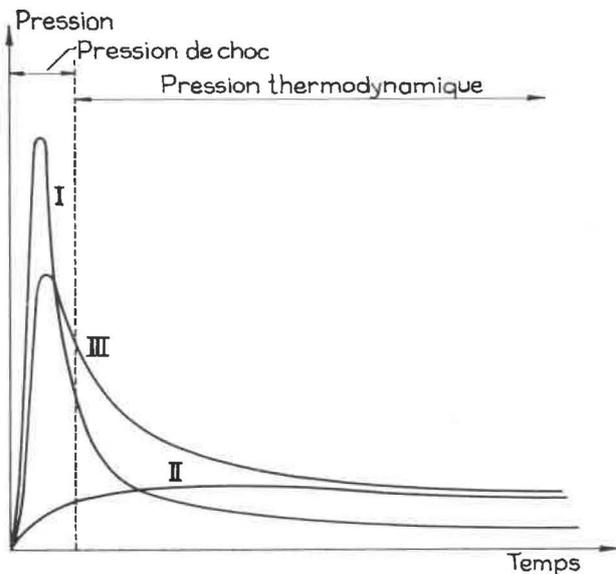


Fig. 40.

de détonation et le plan C - J (courbe I). C'est le cas des explosifs initiants ou des secondaires tels que la nitroglycérine, la penthrite.

2°) L'énergie est libérée suivant un régime déflagrant, sans formation d'une onde de détonation. Il s'agit par exemple de la combustion rapide de la poudre noire (courbe II).

3°) Entre ces cas extrêmes se placent les éventualités intermédiaires, dans lesquelles une partie seulement de la substance explosive se gazéifie dans la zone de réaction suivant le type de la courbe I, la décomposition ultérieure intéressant une autre partie de l'explosif d'après la courbe II. C'est ainsi que se comportent la plupart des explosifs industriels (courbe III).

Nous avons montré au chapitre 2 que l'énergie supportant la détonation est réduite, particulièrement dans le cas de C_1 , et que cette énergie est pratiquement indépendante des conditions extérieures (air libre ou confinement). De plus, en confinement résistant, l'explosif de haute sécurité à ions échangés libère son énergie secondaire de façon très progressive, en raison du fait que l'échange calorifique est optimal au sein des constituants solides de l'explosif, d'où dégagement énergétique relativement modéré dans les premiers moments de la réaction secondaire mais renforcé dans la phase ultime, le sel naissant se trouvant en mesure de céder de la chaleur aux fumées de l'explosion alors que ces dernières subissent un fort refroidissement par le travail qu'elles fournissent [59]. On comprend ainsi que l'action sur le massif à abattre n'est pas courte et brutale, mais prolongée tout en maintenant relativement longtemps des pressions utiles à l'abattage.

Autrement dit, l'explosif C_1 a une courbe du type III (fig. 40) avec profil se rapprochant de la courbe

II, pour le domaine de la pression thermodynamique s'entend. Quant à la pression de détonation, après l'exposé du chapitre 3 sur la transmission de la détonation et la mise en lumière d'une impulsion de choc particulièrement limitée dans tous les cas d'explosion, il est clair qu'elle reste très modérée. Elle est même inférieure à celle d'une bicarbonate [8]. C'est pourquoi l'idée a déjà été émise que la réaction secondaire est analogue à une combustion de poudre [5]. Il est donc indispensable de mettre l'explosif en œuvre avec le même soin qu'une poudre noire, notamment en plaçant un bourrage suffisant.

En pratique minière, il faut le déplorer, ceci n'est pas toujours le cas. C'est ainsi que nous avons vu bourrer des trous de mines de 40 mm de diamètre au moyen d'une ampoule cylindrique en matière plastique de 30 cm de longueur et au plus 35 mm de diamètre, contenant de l'eau et maintenue contre la charge par un bourrage d'argile de 5 - 6 cm. Dans de telles conditions, compte tenu aussi de la nature du massif foré et de l'importance des charges, la réaction secondaire ne peut se parachever jusqu'à son stade ultime. La mise à l'air prématurée est responsable de la subsistance de gaz nitreux (vapeurs rouge-brun caractéristiques parfois décelables), d'autant plus que le boute-feu, mécontent des résultats du tir, a alors tendance à surcharger les mines tout en continuant à utiliser le bourrage défectueux mis à sa disposition. Or, une telle pratique, tout à fait justifiable dans un travail à la dynamite, ne saurait amener aucune amélioration en cas de minage avec les explosifs à ions échangés [60]. Tout au plus peut-on parfois, en agissant ainsi, discerner un effet utile un peu meilleur si l'explosif à ions échangés employé dans le chantier possède une vitesse de détonation relativement élevée et est alors capable, comme nous l'avons vu (cf. 52), d'une réaction secondaire plus rapide à ses débuts. On pourra récupérer avec cet explosif, pendant la durée d'efficacité du bourrage, un peu plus d'énergie sous forme d'effet utile, mais le tir dégagera énormément de fumées irritantes.

Devant cet état de fait, nous nous sommes fixé, pour nos tirs réels au moyen de l'explosif C_1 , deux conditions préalables de mise en œuvre :

1°) Degré de chargement aussi élevé que possible, obtenu en ajustant au mieux le diamètre des cartouches à celui des trous de mine. Ces derniers étant forés en charbon par foreuse rotative armée d'un fleuret à nervures hélicoïdales (barre de 38 mm de diamètre effectif) avec taillant assorti en langue d'aspic (taillant du type à deux branches garnies de plaquettes dures), nous avons, après quelques tâtonnements, adopté 36 ± 1 mm comme diamètre des cartouches, de sorte qu'avec une bonne approximation on peut dire avoir chargé des cartouches d'au moins 35 mm de diamètre dans des fourneaux de 40 mm de passage intérieur (à fond de trou). Rap-

pelons que de telles conditions sont favorables à une bonne transmission de la détonation (cf. 347) ; d'autre part, nous n'avons pas hésité à procéder de la sorte puisque, avec l'explosif C_1 , la sécurité au grisou et aux poussières est assurée aussi bien en 35 ou 40 mm qu'en 30 mm de diamètre (cf. 4113 1° - 412 - 421 et 422).

2°) Bourrage « complet », c'est-à-dire obturant le fourneau de mine pendant toute la durée d'action de l'explosif. Les charbonnages belges utilisent beaucoup actuellement une bourre constituée d'un boyau en matière plastique de 40 cm de longueur, obturé par soudure à une extrémité, le bout opposé comportant une valve d'admission. Cette valve fait également soupape d'étanchéité grâce à un dispositif simple ingénieusement constitué de membranes en matière plastique. Après avoir placé les cartouches d'explosif à fond de fourneau, le mineur enfle un boyau sur une canne d'injection en laiton, raccordée à une alimentation d'eau sous basse pression. La canne ainsi armée est introduite dans le fourneau jusqu'au contact de la charge, puis l'eau est admise, remplissant et faisant gonfler la bourre jusqu'à bon calage. La canne est alors retirée, et le trou de mine est prêt pour la mise à feu.

Ce sont des bourres de ce type que nous avons adoptées pour pratiquer du tir en veine. Mais un cylindre d'eau de 40 cm de longueur nous a paru insuffisant. C'est pourquoi nous avons été amenés à effectuer des essais préliminaires en plaçant à la file, dans le même fourneau, trois bourres de 40 cm, de façon à disposer de 1,20 m de colonne d'eau. Dans ces conditions, la bourre proche de l'orifice du trou de mine a été parfois retrouvée intacte après le tir, et même, dans un cas, toujours logée dans le bloc de charbon où l'opération de bourrage l'avait calée. Le « bouchon complet » était donc réalisé. C'est ainsi que, pour les tirs que nous allons rapporter, chaque mine est bourrée par un seul boyau, mais d'un mètre de longueur, dont la mise en place est aussi commode que celle d'une bourre de 40 cm, et même plus pratique du fait qu'au moment de l'injection d'eau, l'opérateur constate de visu le gonflement parce que la valve est proche de l'orifice du trou de mine, et qu'il peut ensuite vérifier le calage jusqu'au moment de la mise à feu (*).

Nous avons procédé à une série d'essais dans un chantier en taille chassante ouvert dans la couche « Gros Pierre » de charbon réputé extrêmement dur, exploitée en défoncement à l'étage 450 m du siège Ste-Catherine de la S.A. des Charbonnages de

Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau, a Farciennes (**).

Le chantier avait les caractéristiques suivantes (fig. 41) :

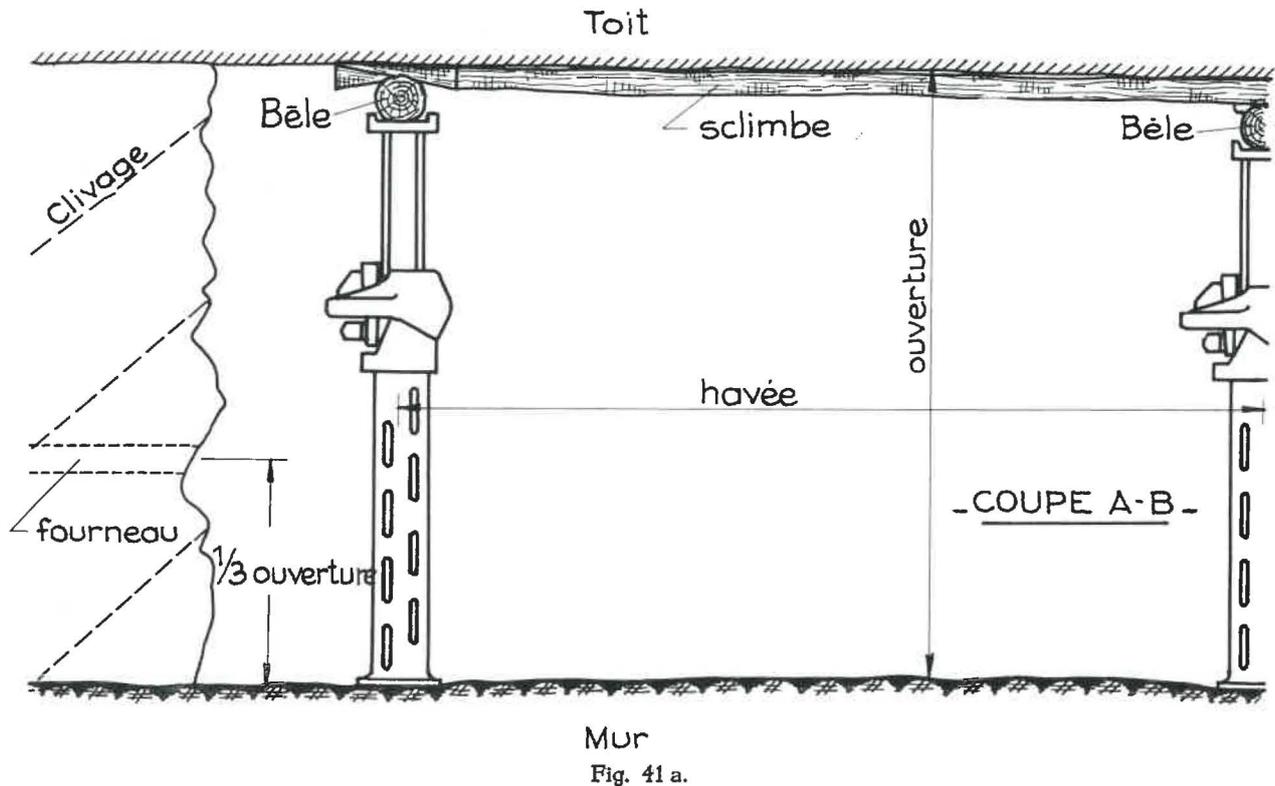
- Front de taille orienté nord-sud, progressant vers l'ouest.
- Pente d'environ 12° pied sud, avec parfois de légères contrepentes.
- Veine de 90 cm d'ouverture moyenne entre éponnes de bonne qualité.
- Charbon anthraciteux très dur, avec quelques clivages souvent tourmentés, le réseau principal ayant une pente d'environ 45° pied couchant (clivages surplombants).
- Havée de 1,10 à 1,25 m.
- Soutènement chassant par bèles et sclimbres en bois, étaçons métalliques, la dernière file d'étaçons étant placée à 15 - 30 cm des fronts.
- Contrôle du toit par foudroyage.

L'abattage au marteau-piqueur est pratiquement impossible, même par des ouvriers qualifiés, en raison de la dureté du charbon et de l'orientation du chantier, la progression vers l'ouest rendant les clivages surplombants [61]. Aussi y pratique-t-on couramment du minage en veine. Le procédé employé est des plus énergiques : minage sous pression d'eau à l'Aquadex 30. Dans ce procédé, l'entrée du trou de mine est hermétiquement fermée par un dispositif spécial, constitué par un manchon dilatable branché sur une tuyauterie à forte pression d'eau et opposant, lorsqu'il est gonflé dans la partie antérieure du fourneau, une résistance à l'arrachement de l'ordre d'une tonne [62]. De plus, lorsqu'il est ainsi ancré, le manchon débite dans le fourneau contenant déjà l'explosif, de l'eau sous pression qui s'injecte et progresse dans les fissures éventuelles du massif. De cette façon, le degré de chargement est maximal et le mode de bourrage peut procurer le bouchon complet.

L'Aquadex 30 est un explosif gélatineux qui se présente sous forme d'une gomme à haute densité (1,6 g/cm³), de telle sorte qu'à son énergie spécifique de 48,5 m.t/kg correspond un niveau d'énergie de 77,6 m.t/litre. Il s'agit en fait d'une dynamite sismographique à 30 % de nitroglycérine et 36 % d'ingrédients inertes, capable de conserver sa détonabilité même sous forte pression d'eau et possédant, déjà en 20 mm de diamètre, une vitesse de détonation à l'air libre de l'ordre de 5000 m/s. Parmi les ingrédients inertes, une bonne proportion de chlorure sodique permet d'obtenir une sécurité relative

(*) Les bourres spéciales d'un mètre de longueur nous ont été obligeamment fournies par M. Dufrasne, Administrateur-délégué de la S.A. « Sertra », que nous remercions.

(**) Nous remercions la direction du charbonnage, et plus particulièrement M. l'Ingénieur en Chef Franquin, M. le Directeur des Travaux Leclercq et M. l'Ingénieur divisionnaire Michaux, pour les facilités qui nous ont été accordées à l'occasion de ces essais.



Mur
Fig. 41 a.

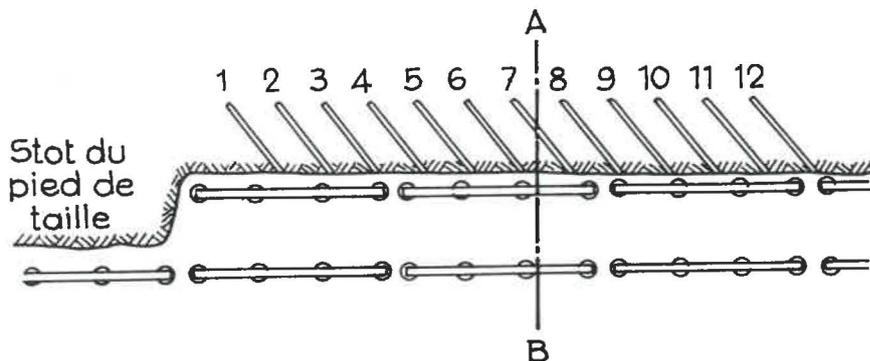


Fig. 41 b.



au tir débouillant, mais en tir d'angle la sécurité est évidemment nulle.

Seule la mise du trou de mine sous forte pression d'eau confère au procédé de tir une certaine sécurité, qui ne peut d'ailleurs être appréciée qu'en fonction des conditions de chantier et qui reste toujours tributaire du facteur humain.

Pour le minage dans la veine « Gros Pierre » au moyen de l'Aquadex 30, les mines sont forées à peu près au tiers de l'ouverture à partir du mur (30-35 cm); elles sont descendantes et inclinées à 45-50° sur le front de taille; leur longueur moyenne est de 1,25 m, de sorte que la profondeur minée est, suivant la progression de la taille, de l'ordre d'un mètre; l'écartement entre mines est de 65-70 cm (fig. 41). La charge est de 200 g par mine et on pratique le tir coup par coup.

Nous n'avons rien voulu changer à ce plan de minage, mais, pour nos essais, nous avons pratiqué le tir en séries par charges ajustées à l'importance voulue, au moyen de l'explosif C₁ avec bourres à l'eau autocalantes d'un mètre de longueur, comme dit plus haut. Les tirs ont eu lieu dans les trous de mines indiqués 1 à 12 à la figure 41. On remarque le stot laissé en pied de taille et l'absence de mines de bouchon. Le marquage a été opéré en tirant successivement les mines 1 et 2, chargées chacune à 400 g. A partir de ce moment, le massif présentant deux faces libres, celle du front de taille et la face dégagée par la mine 2 qui a travaillé sur toute sa longueur, tout était prêt pour le tir en séries.

Cinq mines, numérotées 3 à 7, ont été chargées, la première à 200 g, les trois suivantes à 250 g et la dernière à 300 g, le retard entre deux mines consé-



Fig. 42.

cutives étant de 60 millisecondes. Pour cette volée, la distance de la dernière ligne d'étaçons au front mesurait quelque 25 cm. La photographie (fig. 42) montre le résultat du tir. Une partie du charbon abattu a roulé dans la havée de passage, mais il n'y a à proprement parler pas de projections. On remarque la granulométrie particulièrement favorable. A l'avant-plan de la photographie, deux étaçons voisins, placés de guingois, vont nous servir de repères pour les autres prises de vues, faites après déblaiement à l'endroit des mines 4, 5 et 6. L'enlèvement des produits a été exécuté à mains nues et à la pelle, la lame de l'outil servant à maintes reprises de levier pour désancrer et détacher certains blocs, dont plusieurs ont dû être fragmentés ensuite à coups de



Fig. 43.

masse pour pouvoir être chargés sur la courroie à brin inférieur porteur. La photographie (fig. 43), sur laquelle on se repère par les étaçons obliques, montre le front déblayé sur l'espace des mines en question. A l'avant-plan, les effets de la mine 3 sont visibles. Dans le fond de l'aire dégagée, on distin-



Fig. 44.

gue des clivages surplombants. Ceux-ci apparaissent également sur la photographie suivante (fig. 44) prise à peu près de face par rapport au fond de la brèche. Enfin, une vue prise à partir du dessus de la brèche (fig. 45) montre bien, toujours par rapport au couple d'étaçons, le tas abattu par les mines 1, 2 (de marquage) et 3 (première mine de la volée), ainsi que le toit dégagé jusqu'au massif en place.



Fig. 45.

La volée suivante, comprenant les mines 8 à 12, a été chargée comme la première. Le massif disloqué s'est déplacé en bloc jusqu'à toucher la ligne d'étaçons qui n'était distante des fronts que de 10 à 15 cm. Peu de blocs sont tombés dans la havée de passage. Le dépeçage au marteau-piqueur fut très facile.

L'action des mines se caractérise en outre par les particularités suivantes :

— En aucun cas, on n'a constaté que le dernier coup d'une volée puisse influencer d'une quelconque façon le fourneau suivant non encore chargé.

Ceci est dû au fait que l'action de l'explosif, en raison de sa progressivité, se concentre sur le cube à abattre. Il n'y a donc pas de déperditions de travail comme dans le cas d'une trop grande énergie dépensée dans l'onde, de sorte que les fourneaux non encore bourrés restent intacts pour les chargements ultérieurs.

— En raison toujours de la progressivité de la réaction secondaire, qui en définitive est seule à produire de grandes quantités de gaz sous pression, l'action des mines est proportionnée automatiquement à la résistance du massif. Dès que les fissures s'ouvrent, que les blocs se détachent et se meuvent en foisonnant, la libération d'énergie se modère par mise à l'air des chambres d'explosion à tel point que, si un obstacle s'oppose aux déplacements en cours (ligne d'étaçons proche du front), les mouvements commencés s'arrêtent sans heurts ni percussions de grande violence. En d'autres mots, on constate l'endigement de la libération d'énergie dès que celle-ci n'est plus souhaitable.

Signalons enfin, à titre documentaire, que des mines dont la charge est suffisamment ajustée sont peu bruyantes grâce au bourrage efficace et à l'eau qu'il contient ; elles n'envoient dans le courant d'air de ventilation du chantier qu'une quantité faible de fumée, et soulèvent peu de poussières. Pour obtenir les avantages maximaux, le boutefeu doit évidemment procéder avec doigté et ne pas exagérer les charges de plus de 50 g environ.

6. CONCLUSIONS

La connaissance approfondie de la détonation des explosifs de très haute sûreté à ions échangés, telle que nous l'avons développée au chapitre 2, constitue la pièce maîtresse de notre travail.

Il est opportun de rappeler d'ailleurs qu'en matière d'explosifs solides [16], le calcul des caractéristiques de détonation se heurte toujours actuellement à de multiples difficultés : choix d'une équation d'état appropriée, incertitudes relatives à la composition des produits de détonation, accès malaisé par voie tant expérimentale que théorique aux domaines concernés de pression et de température, interactions entre molécules compliquées et de natures différentes composant le mélange des produits de détonation. Seule la vitesse de détonation D est mesurable avec une bonne précision. Cette caractéristique ne peut cependant nous orienter dans le choix d'une équation d'état, alors que celle-ci influence beaucoup la température, la pression et la vitesse maté-

54. CONCLUSIONS

Ainsi, d'après nos divers essais, la puissance de l'explosif C_1 s'estime le mieux selon la règle de Naoum (cf. 51), c'est-à-dire en se référant à l'énergie spécifique plutôt qu'en retenant les essais classiques de laboratoire (bloc de Trauzl ou pendule balistique).

En effet, en tir réel dans des conditions de gisement des plus difficiles, l'abattage à l'explosif peut donner lieu à la comparaison énergétique suivante (cf. tirs rapportés ci-dessus) :

- dans le cas de l'Aquadex 30, douze mines chargées à 200 g, soit au total 2400 g correspondant à une énergie de 116,4 m.t ;
- avec C_1 , deux mines à 400 g, deux à 200 g, six à 250 g et deux à 300 g, soit au total 3300 g correspondant à 100,7 m.t.

Evidemment, par le procédé du tir sous pression d'eau, l'Aquadex 30 explose dans les conditions optimales pour un abattage efficace. Cet objectif sera également atteint avec C_1 , à condition de tirer de cet explosif tout l'effet utile dont il est capable. A noter d'ailleurs que la comparaison énergétique eût été plus encore à l'avantage de C_1 , si on avait tiré coup par coup, comme cela se pratique avec l'Aquadex.

Ainsi, sans recourir à des explosifs spéciaux (dérivés des dynamites sismographiques) dont la sécurité n'est pas toujours suffisante (tir d'angle), on peut réussir un minage en veine très efficace au moyen d'un explosif à ions échangés simple de mise en œuvre, à condition d'opérer rationnellement.

rielle dans l'onde de détonation. Même pour des explosifs solides qui sont des composés chimiques définis, on n'a pu encore fournir une mesure satisfaisante de l'une quelconque de ces dernières grandeurs. A fortiori le problème est-il compliqué dans le cas d'un mélange explosif. De plus, lorsqu'il s'agit de détonation non idéale, l'écoulement des produits de détonation à l'arrière du front courbe de l'onde ne s'effectue plus dans un régime monodimensionnel et la détente latérale occasionne une baisse plus rapide de la pression. Les réactions chimiques peuvent ne plus arriver à un stade d'accomplissement aussi avancé, ou peuvent en partie avoir lieu à l'extérieur de la zone comprise entre le front d'onde et le plan C-J sans plus intervenir dans le réglage de la vitesse d'onde. Le concept de longueur de zone de réaction et de temps de réaction est nécessaire pour expliquer les variations de la vitesse de détonation avec le confinement et la courbure du front, mais,

à l'heure actuelle, une étude exhaustive de la zone de réaction reste hors de portée en raison surtout des incertitudes qui pèsent sur la cinétique des réactions chimiques. On ne connaît pas, notamment, le degré d'avancement de la décomposition chimique en détonation non idéale, mais on sait cependant que les énergies supportant la détonation dans deux régimes stables différents sont sensiblement dans le même rapport que les carrés des vitesses de détonation. C'est la base de la théorie de la zone de réaction variable qui somme toute se propose, à partir d'un diagramme obtenu par des mesures de vitesses de détonation, d'établir en valeurs relatives le profil du support énergétique de la détonation en fonction du temps de réaction.

On comprend ainsi que, pour traiter la question des explosifs à ions échangés qui nous intéressent, nous ayons préféré faire table rase des conclusions théoriques généralement admises, et ce spécialement en matière de détonation non idéale, pour nous en tenir à une étude strictement expérimentale. Étude qui a été facilitée d'ailleurs par la théorie de la zone de réaction variable, laquelle ne nécessite que quelques manipulations numériques à partir des résultats obtenus à chaque stade de l'expérimentation. Une telle recherche s'est révélée fructueuse dans le domaine de la détonation sélective et a permis d'entrevoir les mécanismes de cinétique chimique agissant dans la zone de réaction, d'apprécier quantitativement les diverses interventions tout au moins en valeur relative, et finalement de contrôler la détonation.

C'est ainsi que nous avons réalisé une série de formules dont les sélectivités, qui ont été chiffrées, se rangent en ordre croissant. Le terme le plus élevé n'est atteint que par un réglage précis portant simultanément sur deux facteurs chimiques (sensibilisateur et additifs hydrofuges) et sur un facteur physique (granulométrie des sels). Nous avons défini plusieurs espèces de sélectivité, la plus caractérisée étant appelée permanente et distinguant une famille de formules montrant une baisse de la vitesse de détonation dans le domaine des gros diamètres (au moins 60 ou 90 mm). Il s'agit là d'un critère de très haute sélectivité. D'un point de vue quantitatif, nous avons été en outre amenés à tenir compte d'un niveau partiel d'énergie, ainsi que nous l'avons appelé, niveau repérable par des mesures de la vitesse de détonation et capable soit de caractériser le type de sélectivité, soit, à sélectivité permanente constante, de doser le support énergétique de la détonation.

Les caractéristiques de niveau partiel d'énergie et de sélectivité qui en découlent ont été mises, dans le chapitre 4, en relation directe avec le comportement au grisou et aux poussières charbonneuses, particulièrement dans les conditions les plus sévères du tir d'angle. Nous avons expliqué comment le défaut

de sélectivité, ou le niveau partiel d'énergie trop élevé, déclenche des activations des constituants salins de l'explosif et définit des états thermo-chimiques des produits en détente augmentant le risque d'inflammation. Le critère de sélectivité, complété par un réglage du niveau partiel d'énergie, est devenu ainsi un critère de sécurité. Partant de cette conception, nous avons auguré puis vérifié des propriétés ou caractéristiques spéciales : comportement favorable d'un explosif à sélectivité permanente dans tout le domaine des diamètres industriels (25 à 40 mm), détermination de la marge de sécurité d'un tel explosif, et ce par des moyens simples puisque nous n'avons recouru qu'à des mesures de la vitesse de détonation et à des essais en galerie expérimentale (inflammation ou non-inflammation), à l'exclusion de techniques spéciales telles que la photographie de flammes, etc. De même, nous avons expliqué certaines constatations sur la sévérité des tirs d'épreuve en galerie et sur leur signification.

Dans le chapitre 3, nous nous sommes attachés à déceler le mécanisme de transmission de la détonation en confinement résistant, c'est-à-dire dans les conditions du tir réel, et avons rattaché les phénomènes à un modèle unique mettant principalement en cause les fumées produites par la réaction complète.

Enfin, au chapitre 5, nous avons montré que la mise en œuvre rationnelle de l'explosif très sélectif est liée au mode de libération de l'énergie et exige notamment de recourir à un bourrage efficace, moyennant quoi en effet utile suffisant est garanti.

Qu'il nous soit permis de citer la méthode de travail qui est désormais possible pour la mise au point des formules de très haute sûreté, méthode que nous avons éprouvée afin d'exercer le contrôle expérimental le plus sévère de nos affirmations relatives à la constitution des explosifs très sélectifs. C'est ainsi que nous avons conçu diverses formules nouvelles en fixant de prime abord la composition chimique et en donnant une première approximation des caractéristiques granulométriques. La réalisation en a été menée de façon à placer la détonation dans un cadre déterminé, en l'occurrence celui de la sélectivité permanente. Dans ce but et afin de maintenir le niveau partiel d'énergie dans les limites adéquates, nous avons opéré le réglage chimique en modérant la teneur en nitroglycérine tout en maintenant l'additif hydrofuge *u* dans diverses formules, sans que la sécurité au grisou ait à souffrir de sa présence. C'est là un résultat nouveau, très important pour nos fabricants belges, car les compositions qui contiennent l'additif *u* particulièrement efficace en tant qu'hydrofuge, jouissent d'une protection intrinsèque contre l'humidité, qu'il s'agisse de la vapeur d'eau chargeant l'atmosphère des magasins d'explosifs ou du liquide que certains trous de mines peuvent contenir. Dans ce dernier cas, on parle d'une

« résistance à l'eau » dont témoigne l'essai suivant [60].

Quatre cartouches (100 g, Ø 30 mm) dont l'enveloppe est constituée de papier d'une qualité ordinaire, sont ligaturées en file sur une latte recouverte de feutre. L'enveloppe de chaque cartouche porte cinq entailles de 2 cm chacune, régulièrement réparties et mettant la composition explosive à nu. La première cartouche de la file est amorcée au moyen d'un détonateur électrique n° 8, tandis que dans la dernière est inséré un cordeau détonant. La charge ainsi apprêtée est déposée au fond d'un récipient sous 20 cm d'eau, et on laisse la macération s'opérer pendant cinq heures. Après quoi, la mise à feu du détonateur doit entraîner, par l'intermédiaire des cartouches, la détonation du cordeau.

La mise en œuvre de l'hydrofuge *u* permet d'obtenir dans ces conditions d'épreuve, 100 % de résultats positifs. Cependant, encore faut-il concilier la sécurité au grisou avec la détonabilité sous eau [63]. Notre étude systématique de la détonation a apporté la solution au problème, sans que ce résultat ait été particulièrement envisagé au départ. A titre documentaire, voici une des nouvelles formules, avec ses caractéristiques.

Composition :

nitroglycéroglycol 70/30	8,5
nitrate de potassium	59,4
chlorure d'ammonium	31,6
additifs (dont <i>u</i>)	0,5
	<hr/>
	100,0

Densité d'encartouchage : 1,2 g/cm³

Vitesse de détonation à l'air libre :

Ø 30 mm	1335 m/s
Ø 60 mm	1270 m/s
Ø 90 mm	raté de détonation

On constate ainsi la sélectivité permanente, non-obstant la présence de l'additif *u*.

Seuil de transmission de la détonation entre deux cartouches de 30 mm de diamètre (100 g), placées en tuyau d'acier de Ø 40/76 mm : 6 cm

Résistance à l'eau 5 h : + + + + +

Sécurité au tir d'angle en grisou (cartouches de 30 mm de diamètre) :

800 g	—
1400 g	— —
2200 g	— — —

Sécurité au tir d'angle en poussières (cartouches de 30 mm de diamètre) :

2200 g	— — —
--------	-------

* * *

Nous estimons ainsi avoir tiré la conception et la mise au point des explosifs étudiés de l'ornière de l'empirisme, c'est-à-dire que nous pensons avoir tenu compte d'une recommandation faite par les Professeurs Copp et Ubbelohde en matière d'explosifs miniers de sûreté : « The role of flash suppressants in such explosives may be analysed in a semi-quantitative manner, and the subject developed along systematic lines rather than by trial and error » [17].

ANNEXE XI

Calcul du niveau d'énergie

Le niveau d'énergie est calculé pour deux formules d'explosifs à ions échangés, l'une au nitrate de potassium, l'autre au nitrate de sodium, sans additifs hydrofuges, la teneur en sensibilisateur liquide étant dans chaque cas de 10 % en poids et les sels se trouvant en proportion équimoléculaire.

Compositions explosives.

a) pour cent parties du poids	K	Na
nitroglycérine	3,0	3,0
nitroglycol	7,0	7,0
nitrate de potassium	58,8	—
nitrate de sodium	—	55,2
chlorure d'ammonium	31,2	34,8
	<hr/>	<hr/>
	100,0	100,0

b) molaire (pour 1 kg d'explosif)

C ₃ H ₅ (NO ₃) ₃	30 g	0,132 mole	0,132 mole
C ₂ H ₄ N ₂ O ₆	70 g	0,4605	0,4605
KNO ₃	588 g	5,822	—
NaNO ₃	552 g	—	6,494
NH ₄ Cl	312 g	5,831	—
	348 g	—	6,505

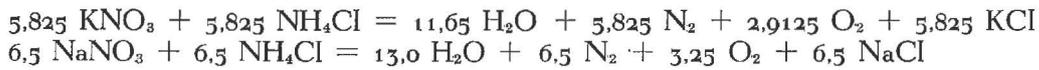
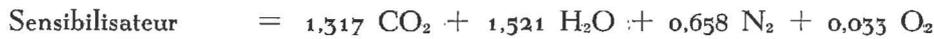
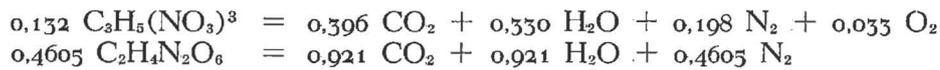
c) chaleur de formation des composants (pour 1 kg d'explosif), à volume constant

0,132 × 83,71 =	11,058	11,058
0,4605 × 55,77 =	25,682	25,682
5,822 × 116,93 =	680,766	—
6,494 × 110,56 =	—	717,988
5,831 × 73,20 =	426,829	—
6,505 × 73,20 =	—	476,144
	<hr/>	<hr/>
Q _f (I) =	1144,335	1230,872 kcal

Fumées.

La détonation en vase clos est supposée entraîner la combustion complète.

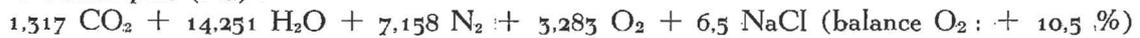
On a les équations de décomposition :



D'où d'une part (K) :



et d'autre part (Na) :



a) Volume spécifique (aux conditions normales).

	K	Na
$v_0 \text{ (m}^3\text{/kg)}$	0,5290	0,5826

b) Chaleur de formation des composants (pour 1 kg d'explosif), à volume constant.

CO ₂	1,317	×	94,51	=	124,470	124,470
H ₂ O vap.	12,901	×	58,20	=	750,838	—
	14,251	×	58,20	=	—	829,408
KCl	5,825	×	104,07	=	606,208	—
NaCl	6,5	×	98,04	=	—	635,691
			$Q_{f,v}(\text{II})$	=	1481,516	1589,569 kcal

c) Chaleur de fusion du résidu solide.

KCl	5,825	×	6,4	=	37,28	—
NaCl	6,5	×	7,4	=	—	48,1

d) Chaleur d'explosion Q_v

$$\begin{aligned} Q_v &= Q_{f,v}(\text{II}) - Q_{fus} - Q_{f,v}(\text{I}) \\ Q_v & \qquad \qquad \qquad 299,9 \text{ kcal} \qquad \qquad 310,6 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Température d'explosion.

	K	Na				
a) Chaleurs spécifiques ($c = a + b t$)						
CO ₂	1,317	×	0,00626	=	0,008244	0,008244
H ₂ O	12,901	×	0,00561	=	0,072375	—
	14,251	×	0,00561	=	—	0,079948
N ₂ + O ₂	9,4	×	0,0048	=	0,045118	—
	10,442	×	0,0048	=	—	0,050120
KCl	5,825	×	0,0125	=	0,072813	—
NaCl	6,5	×	0,0125	=	—	0,081250
			a	=	0,198550	$a = 0,219562$

ANNEXE XII

Essai Trauzl

On emploie des blocs cylindriques de plomb tendre (c'est-à-dire exempts d'étain ou d'antimoine) ayant 200 mm de diamètre ainsi que de hauteur, comportant un canal axial de 25 mm de diamètre et 125 mm de profondeur.

Pour une série d'essais, les blocs utilisés doivent provenir d'une même opération de fusion et coulage en forme.

Au moyen de papier d'étain, on façonne pour chaque bloc un petit récipient cylindrique coulissant à frottement doux dans le canal axial. C'est ce récipient qui reçoit 10 g d'explosif pulvérulent, soit l'étalon (acide picrique pur, en petits cristaux passant entièrement au tamis de 0,6 mm et séché à 100°), soit la composition à ions échangés. Dans l'explosif est introduit un détonateur électrique n° 8 jusqu'à

enfouir sur toute sa hauteur la charge détonante contenue dans le tube de laiton, autour duquel on referme précautionneusement les pans du papier d'étain. L'ensemble ainsi constitué est glissé au fond du canal axial, que l'on ferme en y laissant couler du sable sec jusqu'à remplissage (sable tamisé sur toile de 144 mailles/cm²). Après tir, on mesure le volume de la cavité : c'est l'évasement brut. Le canal axial ayant d'origine un volume de 61 cm³, on retire 70 cm³ du résultat, de façon à tenir compte de l'effet du détonateur : c'est l'évasement net. Il y a aussi une correction de température. Si on opère à 1° C, il faut ajouter $(15 - 1) \times 0,25 = 3,5 \%$ à l'évasement net pour obtenir l'évasement net corrigé. Celui-ci est de 302,7 cm³ pour l'acide picrique, en ce qui concerne la série de blocs utilisés pour C₁ et C₂.

On a obtenu :

Explosif utilisé	Evasements mesurés	Evasement moyen	Evasement net	Evasement net corrigé	Rapport à l'acide picrique
C ₁	140 cm ³ 135 cm ³	137,5 cm ³	67,5 cm ³	69,9 cm ³	0,23
C ₂	140 cm ³ 140 cm ³	140 cm ³	70 cm ³	72,4 cm ³	0,24

ANNEXE XIII

Pendule balistique

On prépare une charge de 10 g de la même façon que pour l'essai Trauzl (cf. annexe XII), sauf que le récipient cylindrique en papier d'étain doit avoir 20 mm de diamètre et environ 40 mm de hauteur.

La pendule comporte un logement cylindrique de 58,2 mm de diamètre (fig. 46).

C'est dans cette chambre que la charge est placée axialement grâce à un étrier en fil de cuivre, les fils du détonateur aboutissant à l'extérieur par un mince canal ad hoc. Le boulet est alors placé dans l'âme.

Nous passons sous silence les détails du mode opératoire (mise à température, nettoyages, tirs de mise en régime).

En désignant par A l'angle maximal d'oscillation à partir de la verticale, on avait précédemment obtenu les résultats consignés au tableau.

Le jour des essais avec C₁ et C₂, le tarage à l'acide picrique a donné : $1 - \cos A = 0,0383$ et $0,0384$; soit $0,0385$ en moyenne.

Avec C₁ on a obtenu : $0,0173$ et $0,0168$; soit $0,01705$ en moyenne.

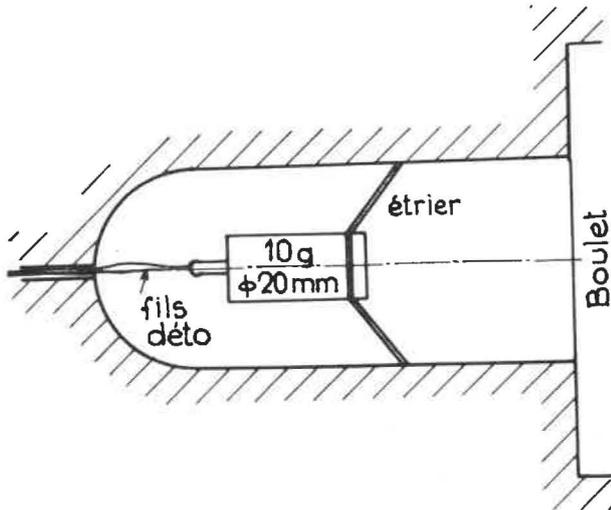


Fig. 46.

Explosif	1-cos A
acide picrique	0,0409
blasting	0,0555

Avec C_2 : 0,0284 ; 0,0290 et 0,0266 ; soit 0,0280 en moyenne.

Le rapport à l'acide picrique vaut
44,5 % pour C_1
et 73 % pour C_2 .

Celui à la blasting-gelatine (RWS) vaut
32,8 % pour C_1
et 53,8 % pour C_2 .

BIBLIOGRAPHIE

- [21] FOSSE C. — Etude du mécanisme de la transmission de la détonation des explosifs de sécurité - *Explosifs*, 1962, 15, 122 et 1963, 16, 41.
- [22] AHRENS H. & EITZ E. — Röntgenblitzaufnahmen bei der Untersuchung der Detonationsübertragung von Wettersprengstoffen - *Nobel Hefte*, 1958, 24, 244.
- [23] FOSSE C. — Transmission de la détonation des explosifs à ions échangés - *Explosifs*, 1961, 14, 63.
- [24] DEFFET L. & VANDEN BERGHE R. — Nouvelle lampe explosive et son utilisation avec une cellule de Kerr dans la méthode des ombres - *Explosifs*, 1962, 15, 60.
- [25] AHRENS H. — Erfahrungen und Einflüsse bei der Detonationsübertragungsfähigkeit neuartiger Wettersprengstoffe - *IX^e Conférence internationale des directeurs de stations d'essais*, Bruxelles - Heerlen 1956.
- [26] EITZ E. — Röntgenblitzaufnahmen zum Studium der Detonationsübertragung - Prüftechnische Erfassung der Detonationsübertragung von Bergbausprengstoffen im Hinblick auf ihr Verhalten im Kohlebohrloch - *IX^e Conférence internationale des directeurs de stations d'essais*, Bruxelles - Heerlen 1956.
- [27] AHRENS H. & EITZ E. — Röntgenblitzaufnahmen zur Untersuchung der Detonationsübertragung bei Wettersprengstoffen - *Z. Elektrochem. Ber. Bunsenges. physik. Chem.*, 1957, 61, 635.
- [28] ROTH J.F. — Le mesurage du choc de la détonation au moyen de mesureurs d'impulsion mécaniques - *XXXI^e Congrès international de Chimie industrielle*, Liège 1958.
- [29] BOUTRY C., FOSSE C. & DEFFET L. — Recherches sur les causes de variation d'aptitude à la détonation - *Explosifs*, 1960, 13, 16.
- [30] DEFFET L. & RUCQUOI R. — Examen de l'essai d'aptitude à la détonation par les éclairs de rayons X - *Explosifs*, 1955, 8, 119.
- [31] BERTHMANN A. — Untersuchungen über den Detonationsvorgang gewerblicher Sprengstoffe; Folgerungen über ihre Zusammensetzung, Prüfung und Anwendung in der Praxis - *Nobel Hefte*, 1957, 23, 2.
- [32] DEMELENNE E. & GOFFART P.R. — Contribution à l'étude de l'aptitude à la transmission de la détonation des explosifs à ions échangés - *Explosifs*, 1961, 14, 56.
- [33] GOL'DBINDER A.I. — Au sujet des propriétés explosives des mélanges de sels inertes avec la nitroglycérine - *Doklady Akad. Nauk S.S.S.R.*, 1945, 50, 199.
- [34] GOFFART P.R. — Essai sur la transmission de la détonation des explosifs à ions échangés - *Explosifs*, 1962, 15, 52.
- [35] DEFFET L. & VANDEN BERGHE R. — Utilisation de lampes explosives pour la photographie par le système Schardin - *Explosifs*, 1960, 13, 119.
- [36] VANDEN BERGHE R. — Lampe explosive à émission prolongée pour enregistrement au miroir tournant - *Explosifs*, 1961, 14, 29.
- [37] DEMELENNE E. — Rapport sur les travaux de 1960 de l'Institut National des Mines - *Annales des Mines de Belgique*, 1961, 60, 760.
- [38] AHRENS H. — Prüfstrecke und Prüfverfahren für Wettersprengstoffe - *Nobel Hefte*, 1959, 25, 111.
- [39] GILTAIRE M. — Inflammation de mélanges gazeux combustibles par onde de choc - *Revue de l'Industrie Minérale*, 1957, 39, 364.

- [40] VANDEN BERGHE R. & DEFFET L. — Evaluation de la sécurité des explosifs à ions échangés par une méthode photographique. - *Explosifs*, 1963, 16, 101.
- [41] AHRENS H. — Ein einfaches Verfahren zur Erkennung des Reaktionsverhaltens verschiedener Typen von Bergbausprengestoffen - *Nobel Hefte*, 1962, 28, 2.
- [42] LEISINGER K.F. — Vergleichende Flammenbilder und Streak-Kameraaufnahmen von Wettersprengstoffen und die Abhängigkeit der Leuchterscheinungen von der Sprengstoffdichte und einem nur kurzzeitig standhaltenden Einschluss - *Nobel Hefte*, 1964, 30, 163.
- [43] SEELEMANN D. & MULLER G. — Influence du diamètre des cartouches sur la sécurité des explosifs - *Revue de l'Industrie Minérale*, 1962, 44, 118.
- [44] LEBRUIN F. & WATERLOT L. — Contribution à l'étude expérimentale des explosifs de sécurité - *Explosifs*, 1962, 15, 85.
- [45] EITZ E. — Hochfrequenz - kinematographische Aufnahmen der bei Schlagwetterzündversuchen in einer Sprengstoffprüfstrecke auftretenden Leuchterscheinungen - *Nobel Hefte*, 1959, 25, 136.
- [46] EITZ E. — Hochfrequenzkinematographische Untersuchungen der Zündung von Schlagwettern durch Wettersprengstoffe - *Nobel Hefte*, 1961, 27, 141.
- [47] DEMELENNE E. & GOFFART P.R. — Rapport sur les travaux de 1961 de l'Institut National des Mines - *Annales des Mines de Belgique*, 1962, 61, 719.
- [48] GERHARD S.L. & WILBERT J. HUFF — Phenomena in the ignition of firedamp by explosives, Part I - Particles from the detonation - *Bureau of Mines*, 1940, Technical Paper 603.
- [49] BEYLING & SCHULTZE - RHONHOF — Untersuchungen über die Schlagwettersicherheit von Wettersprengstoffen unter betriebsmäßigen Bedingungen - *Berichte der Versuchsgrubengesellschaft*, Heft 4, Gelsenkirchen, 1933.
- [50] LOISON R. & SARTORIUS R. — Recherches d'explosifs à faible densité pour le tir au charbon - *Revue de l'Industrie Minérale*, 1952, 33, 893.
- [51] GRANT R.L. & MASON G.M. — The mechanism of ignition of firedamp by explosives - *Bureau of Mines*, 1954, Report of Investigations 5049.
- [52] VENNIN L., BURLOT E. & LECORCHE H. — Les poudres et explosifs - *Librairie polytechnique. Ch. Béranger*, Paris et Liège, 1932.
- [53] LEMAIRE E. — Considérations sur les explosifs de sûreté et sur leurs essais en galerie - *Annales des Mines de Belgique*, 1922, 23, 649.
- [54] SCHULTZE - RHONHOF — Die Entwicklung der Wettersprengstoffe in Deutschland und den Nachbarländern seit 1933 - *Bergbau - Rundschau*, 1957, 9, 303.
- [55] NAOUM Ph. — Vorausbewertung der praktischen Leistung der Sprengmittel auf Grund theoretischer und sprengtechnischer Daten - *Z. f. ges. Schiess- und Sprengstoffwesen*, 1944, 39, 49.
- [56] TAYLOR J. — Detonation in condensed explosives - *Oxford, Clarendon Press*, 1952.
- [57] SCHMIDT A. — Tafeln zur Berechnung von Explosionswärme, Gasvolumen und Zusammensetzung der Explosionsprodukte gewerblicher Sprengstoffe - *Nobel Hefte*, 1961, 27, 1.
- [58] MEDARD M.L. — Tables thermo-chimiques à l'usage des techniciens des substances explosives - *Mémorial de l'Artillerie française*, 1954, 28, 415.
- [59] BERTHMANN A. — Ueber den Zusammenhang von Detonations- und Flammgeschwindigkeit mit der Reaktionszone bei Bergbau-Sprengstoffen - *Nobel Hefte*, 1956, 22, 65.
- [60] AHRENS H. — Bergbausprengestoffe und ihre Beurteilung - *Glückauf*, 1960, 96, 325.
- [61] LABASSE H. — Les pressions de terrains dans les mines de houille - Le rôle des pressions de terrains dans l'abatage - *Annales des Mines de Belgique*, 1964, 63, 1099.
- [62] ISSELSTEIN T., PRESTAR F. & SEIFERT F. — Erfahrungen bei der Anwendung des Tränkungsschiessens im Nebengestein von Flöz- und Abbaustrecken-vortrieben - *Nobel Hefte*, 1960, 26, 128.
- [63] AHRENS H. — Stand der hochsicheren Wettersprengstoffe (Klasse III) in Deutschland - *Nobel Hefte*, 1959, 25, 129.

REMERCIEMENTS

La réalisation du présent travail prend appui sur de bienveillantes approbations dont elle ne saurait être dissociée.

C'est pourquoi nous tenons, en un bref aperçu chronologique, à dire notre reconnaissance aux personnes qui nous ont fourni avec confiance les moyens moraux et matériels d'aboutir.

En Belgique, les explosifs à ions échangés firent leur toute première apparition vers 1957. A l'époque, comme à l'heure actuelle, nous avions l'honneur de sconder M. I. Dehing, Directeur au Corps des Mines et chef du Service des Explosifs, qui, devant notre curiosité, ne nous ménagea pas ses encouragements et nous donna fort libéralement toute lati-

tude. Nous lui en savons particulièrement gré, ainsi que des marques d'intérêt qu'il nous a prodiguées tout au long de notre effort.

Provisoirement, nous dûmes nous limiter à suivre les publications scientifiques et techniques se rapportant au sujet neuf, jusqu'à ce qu'en 1960, peu après son arrivée à la tête de l'Institut National des Mines, à Paturages, M. E. Demellenne, Directeur au Corps des Mines, nous permit l'accès à l'expérimentation. Cette étape importante lui assure à elle seule notre entier dévouement.

Après nous être familiarisés avec la pratique des différents tirs d'épreuve, nous avons souhaité en 1963 voir s'élargir notre champ d'investigations. C'est alors que M. E. Raskin, Administrateur-délégué de la S.A. Poudreries Réunies de Belgique et Président du Centre de Recherches scientifiques et techniques pour l'Industrie des Produits explosifs (CRIPE), nous ouvrit à la fois les portes des labo-

ratoires de la dynamiterie de Balen et du Centre placé sous l'éminente direction de M. le Dr. L. Defet. Aussi l'été 1963 marque-t-il le début des travaux qui ont conduit au principal de nos résultats.

Les personnes appelées à nous prêter un concours direct on toutes droit à nos plus vifs remerciements. En particulier, nous pensons à M. le Dr. C. Fossé, Chef de travaux au CRIPE, à M. L. Waterlot, Ingénieur au Service des études de la S.A. Poudreries Réunies de Belgique à Balen, à M. M. Poivre, Maître-opérateur à l'Institut National des Mines, dont nous avons apprécié le savoir-faire et le sens de l'expérimentation.

Enfin, « last but not least », daigne M. A. Vandenneuvel, Directeur général des Mines, agréer l'assurance de nos sentiments très reconnaissants pour le précieux appui moral que constitue son attitude bienveillante à notre égard.

LA VI^e CONFERENCE INTERNATIONALE SUR LA SCIENCE DU CHARBON

Münster (Westphalie) du 1 au 3 juin 1965

Compte rendu par

J. BRICTEUX, M. NEURAY et R. NOËL

Docteurs en Sciences attachés à INICHAR.

VI^e INTERNATIONALE CONFERENTIE OVER DE KOLEN

Münster (Westphalie) van 1 tot 3 juni 1965

Verslag door

J. BRICTEUX, M. NEURAY en R. NOËL

Doctors in de Wetenschappen, verbonden aan INICHAR.

La 6^{me} Conférence Internationale sur la Science du Charbon s'est tenue à Münster (Westphalie) du 1^{er} au 3 juin 1965. Ces conférences, créées en 1955, réunissent, tous les deux ou trois ans, les chercheurs dont les travaux ont pour objet la connaissance de la structure ultime des charbons. Bien que ces travaux ressortent principalement de la recherche fondamentale, ils constituent cependant, très souvent, une étape importante et nécessaire dans les applications pratiques des industries charbonnière et cokière. C'est pourquoi, les grandes organisations de recherche appliquée de ces industries ont toujours participé activement à la mise sur pied de ces journées d'étude qui recueillent, à chaque session, un important succès. Cette année, près de 200 participants appartenant à 22 pays étaient inscrits et 51 communications ont été présentées.

La réunion débutait par deux conférences générales. La première, du Dr. W. Reerink, Directeur du Bergbau-Forschung à Essen, traitait de l'importance de la recherche pour l'industrie charbonnière ; la deuxième, du Dr. P. Given, de l'Université de Pennsylvanie, constituait un rapport sur la Conférence Américaine sur la Science du Charbon tenue, en 1964, à l'Université de Pennsylvanie.

La réunion se poursuivit par la présentation des communications groupées selon les thèmes suivants :

1. Houillification et pétrographie.
2. Propriétés optiques du charbon et du coke
3. Constitution du charbon :
 - A. Oxydation et halogénéation - Acides humiques
 - B. Hydrogénation et extraction
4. Structure et réactivité, à l'état solide, de la houille et du coke :
 - A. Adsorption, surface interne et structure poreuse de la houille et du coke
 - B. Oxydation par l'air, combustion et gazéification.

De 6^e Internationale Conferentie over de Kolen werd gehouden te Münster (Westfalen) van 1 tot 3 juni 1965. Deze conferenties worden om de twee of drie jaar gehouden en brengen al diegenen samen die zich inspannen om meer licht te werpen op de uiteindelijke structuur van de kolen. Alhoewel het hier meestal basiswerk betreft worden toch ook zeer dikwijls belangrijke stappen gezet op het gebied van de praktische toepassingen in de kolennijverheid en de cokesindustrie. Daarom hebben de grote organisaties die zich bezighouden met het toepasselijk onderzoek in genoemde industrieën steeds actief meegewerkt bij het inrichten van deze studiedagen die telkens een groot succes kennen. Dit jaar waren ongeveer 220 deelnemers uit 22 landen ingeschreven en waren er 51 voordrachten.

De zittingen begonnen met twee conferenties van algemene aard. De eerste was van Dr. W. Reerink, Directeur van de Bergbau-Forschung te Essen, en handelde over het belang van het opzoekingswerk in de kolennijverheid ; de tweede, van Dr. P. Given van de Universiteit van Pennsylvanie, was een verslag over de Amerikaanse Conferentie over de kolen die in 1964 aan de Universiteit van Pennsylvanie gehouden werd.

Daarop volgden de andere voordrachten die naar hun onderwerp als volgt kunnen onderverdeeld worden :

1. Inkoling en petrografie.
2. Optische eigenschappen van de kolen en de cokes.
3. Samenstelling van de kolen :
 - A. Oxydatie en halogenatie - Huminezuren
 - B. Hydrogenatie en extractie
4. Structuur en reactiviteit van kolen en cokes in vaste toestand :
 - A. Adsorptie, inwendig oppervlak en poriënstructuur van de kolen en de cokes
 - B. Oxydatie in de lucht, verbranding en vergassing.

5. Décomposition thermique du charbon :
- A. Pyrolyse
 - B. Cokéfaction
 - C. Goudrons de basse température.

Pour chaque section et sous-section, des exposés de synthèse rédigés en trois langues (allemand, anglais et français) avaient été établis par divers rapporteurs. De ce fait, les réunions étaient consacrées à l'audition de ces rapports et à la discussion approfondie des travaux individuels. Nous présentons un bref résumé des conférences générales et un aperçu des diverses communications. Cet aperçu est directement inspiré des exposés des rapporteurs et, dans certains cas, des résumés des communications. Nous remercions vivement les autorités organisatrices de la Conférence et, en particulier M^{lle} le Prof.-Dr. Mackowsky, qui nous ont autorisés à utiliser ceux-ci.

I. RESUME DES CONFERENCES GENERALES

1. L'importance de la recherche pour d'industrie charbonnière.

par le Dr. W. REERINK, Directeur du Bergbau-Forschung, à Essen.

Après avoir fait l'historique de la recherche charbonnière en Allemagne, le Dr. Reerink fait le point de ses tâches actuelles qui sont effectuées par 600 personnes groupées au sein du Bergbau-Forschung.

Tout en mettant l'accent sur la priorité qu'il faut actuellement accorder à la recherche qui concerne la sécurité et l'efficacité dans l'exploitation minière, l'orateur se dit convaincu qu'il faut aussi poursuivre les recherches sur la valorisation des charbons, en faisant une part importante à la recherche fondamentale. Il remercie, en passant, la Haute Autorité de la CECA qui, consciente de cette nécessité, a accordé des crédits importants pour la recherche fondamentale aux grands organismes de ses pays membres.

S'il est beaucoup plus difficile de démontrer l'utilité de la recherche fondamentale pour l'industrie minière que pour d'autres branches industrielles, des exemples frappants et récents peuvent cependant être évoqués. Le Dr. W. Reerink cite celui de l'étude microscopique des charbons qui, poursuivie pendant longtemps par des botanistes ou des paléontologues dans le cadre de la recherche fondamentale pure, a conduit à des résultats tels sur le plan pratique que des sociétés charbonnières américaines entretiennent aujourd'hui un service spécial de consultation pétrographique dans le cadre de leur service régulier à la clientèle.

5. Thermische ontbinding van de kolen :
- A. Pyrolysen
 - B. Verkooksing
 - C. Lage-temperatuur-teer.

Verschillende verslaggevers hadden voor elke afdeling en onderafdeling beknopte teksten opgesteld in drie talen (Duits, Engels en Frans). Zodoende kon men tijdens de vergaderingen deze verslagen beluisteren en nadien de verschillende werken diepgaand bespreken. Wij laten hierna een beknopte samenvatting van de algemene conferenties en een overzicht van de verschillende voordrachten volgen. Dit overzicht stamt rechtstreeks uit de mededelingen van de verslaggevers en in enkele gevallen op de samenvattingen van de conferenties. Onze meest oprechte dank gaat naar de inrichtende autoriteiten van de Conferentie en bijzonder naar Mevrouw Prof.-Dr. Mackowsky, die ons toelating hebben verleend om deze documenten te gebruiken.

I. SAMENVATTING VAN DE ALGEMENE CONFERENTIES

1. Het belang van het onderzoekswerk in de kolennijverheid.

door Dr. W. REERINK, Directeur van de Bergbau-Forschung te Essen.

Dr. Reerink heeft eerst de historiek van het onderzoekswerk in Duitsland beschreven en nadien uitgeweid over het werk dat thans door 600 personen allen behorend tot de Bergbau-Forschung wordt uitgevoerd.

Zonder het primordiaal belang van het opspooringswerk op het gebied van de veiligheid en de doelmatigheid in de mijnbouw te ontkennen is de spreker er toch van overtuigd dat ook het onderzoekswerk over de valorisatie van de kolen moet voortgezet worden en dat een ruim gedeelte daarvan basiswerk moet zijn. Hij bedankt terloops de Hoge Autoriteit van de EGKS, die zich van deze noodzaak bewust is en daarom belangrijke kredieten voor basisonderzoek heeft toegekend aan de grote organismen in de lidstaten.

Al is de waarde van het basisonderzoek in de mijnbouw lang niet zo vanzelfsprekend als in andere nijverheidstakken, toch kunnen talrijke en recente voorbeelden van het tegenovergestelde worden aangehaald. Dr. W. Reerink geeft een voorbeeld : de mikroskopische studie van de kolen, deel uitmakend van het zuivere basisonderzoek, dat lange tijd het terrein van plantenkundigen en paleontologen was, maar dat tot zulkdanige praktische resultaten heeft geleid dat de Amerikaanse mijnondernemingen nu een speciale petrografische consultatiedienst hebben ingeschakeld in het raam van hun gewone cliënteel-diensten.

Il faut citer encore les recherches fondamentales de Karl Ziegler, Prix Nobel, à l'Institut de Recherche Charbonnière Max Planck, qui ont démontré que la recherche fondamentale peut toujours découvrir des terres inconnues immenses, si l'on y met les efforts concentrés d'idées, d'assiduité et de patience.

2. Rapport sur la Conférence Américaine sur la Science du Charbon.

par le Dr. P.H. GIVEN de l'Université de Pennsylvanie.

L'exposé du Dr. Given relatif à la Conférence Américaine sur la Science du Charbon, étant lui-même un résumé très succinct des conférences présentées à cette occasion, il ne nous serait possible de le présenter qu'en le recopiant. Que l'on sache donc que cette Conférence Américaine est née du fait que les chercheurs de ce pays, appartenant à des disciplines scientifiques différentes, qui étudient le charbon, ont ressenti la nécessité de contacts interdisciplinaires plus étroits pour mener à bien leurs recherches.

Six thèmes principaux ont été traités :

- 1) La houillification, envisagée depuis les phénomènes de tourbification jusqu'aux restes organiques charbonneux les plus évolués de l'ère primaire.
- 2) Le métamorphisme du charbon, envisagé dans les facteurs géologiques et physiques.
- 3) L'hétérogénéité du charbon, considérée tant dans sa composition pétrographique que dans la distribution des éléments rares.
- 4) La structure physique des charbons : texture poreuse, surface interne.
- 5) La structure chimique des charbons, étudiée par solvants, par oxydation, par dépolymérisation, par résonance magnétique nucléaire.
- 6) Réactions et réactivité : d'une part, relation entre les propriétés fondamentales pétrographiques, physiques et chimiques du charbon et son comportement dans l'utilisation pratique, particulièrement dans la carbonisation, la combustion, l'inflammation ; d'autre part, comportement du charbon lors de l'utilisation des plasmas et réactions à très haute température (5000° K), soit par décharges électriques dans l'argon, soit par tube à éclairs ou par laser.

Devant l'intérêt des travaux exposés et, plus encore, des discussions fort animées auxquelles ils donnèrent lieu, les chercheurs américains ont décidé de tenir à l'avenir d'autres réunions de ce genre, la prochaine devant probablement avoir lieu en 1968.

Men mag ook het basiswerk dat Karl Ziegler, Nobelprijswinnaar, bij het Instituut voor opzoekingswerk in verband met de Kolen Max Planck uitvoerde, niet vergeten ; hij heeft aangetoond dat men langs het basiswerk nog steeds grote onbekende gebieden kan ontsluiten, wanneer men blijk geeft van de nodige vindingrijkheid, van vastberadenheid en geduld.

2. Verslag over de Amerikaanse Conferentie over de Kolen.

door Dr. P.H. GIVEN, van de Universiteit van Pennsylvania.

De uiteenzetting van Dr. Given over de Amerikaanse Conferentie over de Kolen is reeds een zeer beknopte samenvatting van de conferenties die bij die gelegenheid gehouden werden. Wij zouden ze dan ook maar alleen letterlijk kunnen weergeven. De Amerikaanse Conferentie is ontstaan uit de behoefte van de zoekers in dit land, die tot verschillende takken van de wetenschap behoorden doch allen kolen bestuderen, om tussen die verschillende wetenschappelijke vertakkingen nauwere contacten te leggen ten einde het gestelde doel te bereiken.

Er werden hoofdzakelijk zes thema's behandeld :

- 1) De inkoling, van de verschijnselen bij het vormen van turf tot de meest geëvolueerde organische kolenresten van het primaire tijdperk.
- 2) Het metamorfisme van de kolen, volgens zijn geologische en zijn fysieke factoren.
- 3) De heterogeniteit van de kolen, zowel in hun petrografische samenstelling als in de verspreiding van de zeldzame elementen.
- 4) De fysieke structuur van de kolen : poreuze textuur, inwendig oppervlak.
- 5) De scheikundige structuur van de kolen, bestudeerd met behulp van oplosmiddelen, oxydatie, depolimerisatie, magnetische kernresonantie.
- 6) Reakties en reactiviteit : enerzijds : het verband tussen de fundamentele petrografische, fysieke en scheikundige eigenschappen van de kolen en hun gedrag bij het gebruik, vooral dan de carbonisatie, de verbranding en de ontvlaming ; anderzijds : het gedrag van de kolen bij het gebruik van de plasma's en reakties op zeer hoge temperatuur (5000° K), hetzij bij elektrische ontleding in argon, hetzij met flitsbuizen hetzij met laser.

Wegens het succes van hun voordrachten en meer nog wegens de daarop volgende levendige besprekingen hebben de Amerikaanse zoekers besloten nog meer soortgelijke bijeenkomsten te gaan beleggen ; de volgende zijn gepland voor 1968.

Comme on le voit par l'exposé des thèmes présentés à la Conférence Américaine sur la Science du Charbon, les préoccupations des chercheurs de ce pays rejoignent celles de leurs collègues européens présents à Münster et dont nous allons maintenant résumer les communications.

II. APERÇU DES COMMUNICATIONS

1. Houillification et pétrographie.

Rapporteur : M¹¹e M. Th. MACKOWSKY.

Communications :

- a) Sur le problème de l'origine de la Fusite par D. RUSTSCHEW.
- b) Une détermination par spectrométrie de masse de l'abondance relative des isotopes du carbone dans les combustibles fossiles et sa signification en rapport avec la structure et le métamorphisme par D.K. SEN, H.S. RAO et A. LAHIRI.
- c) Origine et développement du rang des charbons par J.B. CALDWELL.
- d) Etudes physico-chimiques sur les propriétés et la structure des charbons cokéfiantes et de leur coke par S. JASIENKO.
- e) Recherche du mécanisme de formation du goudron naissant lors de la carbonisation fluide du charbon agglutinant en atmosphère inerte. Identification détaillée de ces goudrons obtenus dans l'intervalle 300 - 500° C par P. DATH, J. MAHIEU, R. SCUFLAIRE et E. GRAND'RY.

La première question que l'on se pose à propos du charbon est celle de son origine et, plus particulièrement, celle des processus de houillification ou de transformation du matériel végétal originel qui ont abouti à la houille et à l'anhracite.

Il est admis aujourd'hui que la houillification comporte habituellement deux phases : une première phase biochimique et une deuxième phase géochimique appelée aussi métamorphisme.

Dans la première phase, la transformation consécutive à la mort lente des végétaux originels est due à des processus microbiologiques débutant toujours dans des conditions aérobies et suivis plus ou moins rapidement de phénomènes rigoureusement anaérobies.

Les éléments constitutifs attaqués ne sont pas les mêmes en milieu oxydant ou en milieu réducteur. En milieu réducteur, en effet, c'est l'oxygène des molécules organiques des végétaux qui fournit l'énergie nécessaire à la vie des microorganismes, les réactions développées conduisant à un enrichissement en carbone moins élevé qu'en milieu oxydant et à la formation de « gels humiques ».

Men bemerkt langs deze opsomming om dat de zoekers ginder dezelfde bedoelingen hadden als hun Europese collega's die te Münster overwegend waren, en wier conferenties wij nu in het kort laten volgen.

II. OVERZICHT OVER DE VOORDRACHTEN

1. Inkoling en petrografie.

Verslaggever : Mej. M. Th. MACKOWSKY.

Voordrachten :

- a) Over het probleem van het ontstaan van fusiet door D. RUSTSCHEW.
- b) Bepaling door massaspektrografie van de relatieve talrijkheid van de koolstofisotopen in de fossiele brandstoffen en het belang ervan uit oogpunt structuur en metamorfisme door D.K. SEN, H.S. RAO en A. LAHIRI.
- c) Oorsprong en ontwikkeling van de rang der kolen door J.B. CALDWELL.
- d) Fysico-chemische studie van de eigenschappen der cokeskolen en hun cokes door S. JASIENKO.
- e) Opzoekingen naar het mechanisme van de vorming van teer uit de vloeïende carbonisatie van smeltende kolen in een inert midden. Gedetailleerde vereenzelviging van de teersoorten bekomen tussen 300 en 500° C door P. DATH, J. MAHIEU, R. SOUFLAIRE en E. GRAND'RY.

De eerste vraag die men zich omtrent kolen stelt houdt verband met hun oorsprong en meer bijzonder met het inkolingsproces waardoor het oorspronkelijk plantaardig materiaal omgezet wordt in kolen en anhraciet.

Men neemt thans aan dat de inkoling gewoonlijk twee fazen bevat : eerst een biochemische en dan een geochemische die ook de naam draagt van metamorfisme.

De transformatie die zich voltrekt in de eerste fase na het afsterven van de oorspronkelijke planten is te wijten aan een microbiologisch proces dat altijd aerobisch begint doch waarvan de voorwaarden na min of meer lange tijd streng anaerobisch worden.

Welke elementen achtereenvolgens aangetast worden hangt ervan af of het midden oxyderend of reducerend is. In reducerend midden levert de zuurstof van de organische molekulen der planten de nodige energie aan de microorganismen en leiden de voorkomende reacties tot een minder snelle aanrijking in koolstof dan in oxyderend midden, en tot de vorming van « humus-gels ».

C'est le type même de formation que l'on s'accorde à attribuer à la vitrinite, macéral le plus abondant de nos charbons du Carbonifère. Si l'on est généralement d'accord sur le mode de formation de la vitrinite, il n'en va pas de même pour les macéraux du groupe de l'inertite, c'est-à-dire : la micrinite, la semi-fusinite et la fusinite.

On a défendu de façon presque générale, il y a 30 ans, l'idée que la fusite résulterait en premier lieu d'incendies de forêts et devrait donc être considérée comme du charbon de bois fossile. Mais, les travaux de M. Teichmüller, E. Stach et W. Pickhardt ont montré que la fusite pouvait aussi se former par décomposition à température ordinaire. Dès lors, il fallait distinguer et trouver des critères de distinction entre la fusite d'origine ignée et la fusite de décomposition.

C'est un des buts de la première communication présentée sur ce thème par Rustschew en utilisant l'analyse thermique différentielle, la spectroscopie infra-rouge, les dosages de soufre total et de soufre volatil sur des lignites bulgares, du charbon de bois et un charbon à gaz.

Les résultats ont montré qu'il y avait une beaucoup plus grande analogie :

- 1) entre la fusite et le charbon de bois qu'entre la fusite et le lignite riche en vitrinite ;
- 2) entre la fusite et le charbon à gaz traité à haute température, qu'entre la fusite et le même charbon traité à plus basse température.

L'auteur a été ainsi amené à supposer que la fusite prend naissance à une température supérieure à 600° C, donc par incendie de forêt.

La deuxième communication, présentée par les chercheurs indiens Sen, Rao et Lahiri, se situe dans le cadre des recherches sur la limite entre la phase biochimique et la phase géochimique de la houillification. Ces auteurs se fondent sur l'existence naturelle de trois isotopes du carbone : C^{12} , C^{13} et C^{14} . La période du carbone radioactif C^{14} étant de 6.000 ans, on ne doit pas s'attendre à le trouver encore dans les charbons fossiles. Par contre, le rapport C^{12}/C^{13} (ainsi que la teneur en azote) apparaît élevé pour la houillification biochimique et bas pour la houillification géochimique. Toutefois, il semble que ce rapport soit indépendant de l'âge géologique, ce dont on peut s'étonner, car on peut très bien concevoir que l'augmentation de la teneur en C s'accompagne d'un déplacement du rapport de la houillification biochimique à la houillification géochimique au bénéfice de cette dernière, cette variation devrait alors être liée à un enrichissement en C^{13} et par conséquent, à une baisse du rapport C^{12}/C^{13} .

Il faut donc examiner avec soin si une faible valeur de ce rapport est davantage le signe d'un arrêt précoce de la phase biochimique que celui d'une phase géochimique intense.

Het is precies de soort transformatie waarvan men aanneemt dat ze vitriniet oplevert, het meest overvloedig voorkomende maceraal bestanddeel van onze kolen uit het carboon. Men is minder eensgezind omtrent de maceralen van de inertietgroep, 't is te zeggen : het mikriniet, het semi-fusinet en het vitriet.

30 jaar geleden werd vrij algemeen beweerd dat fusiet in de eerste plaats het resultaat van bosbranden zou zijn, en bijgevolg moest beschouwd worden als fossiele houtskool. De studies van M. Teichmüller, E. Stach en W. Pickhardt hebben echter bewezen dat fusiet ook het produkt kan zijn van een ontbinding op gewone temperatuur. Bijgevolg moest een onderscheid worden gemaakt en moesten de eigen kenmerken van fusiet van een brand en fusiet ontstaan door ontbinding bepaald worden.

Dit is onder meer het doel van de eerste voordracht, over dit onderwerp gehouden door Rustschew die gebruik maakt van de differentiale thermische analyse, de infra-rode spektroskopie, de bepaling van de totale hoeveelheid zwavel en van de hoeveelheid vluchtige zwavel, op Bulgaars ligniet, op houtskool en op vlamkolen.

De resultaten wijzen op een grotere analogie :

- 1) tussen fusiet en houtskool dan tussen fusiet en vitrinietrijk ligniet ;
- 2) tussen fusiet en op hoge temperatuur behandelde gaskolen dan tussen fusiet en dezelve kolen behandeld op lagere temperatuur.

Dit heeft de spreker gebracht tot de veronderstelling dat fusiet ontstaat bij een temperatuur van meer dan 600° C, dus door bosbrand.

De tweede voordracht, van de hand van de Indische geleerden Sen, Rao en Lahiri, behandelt opzoekingswerk over de grens tussen de biochemische en de geochemische fase in de inkoling. Deze drie auteurs spreken over het bestaan in de natuur van drie koolstofisotopen : C^{12} , C^{13} en C^{14} . Aangezien de periode van het radioactieve koolstof C^{14} 6.000 jaar bedraagt bestaat er geen kans om het nog in de fossiele kolen terug te vinden. Daarentegen vindt men een hoge verhouding C^{12}/C^{13} (alsmede een hoog stikstofgehalte) tijdens de biochemische inkoling en een lage verhouding tijdens de geochemische. Toch schijnt deze verhouding onafhankelijk te zijn van de geologische ouderdom hetgeen eigenaardig is : men zou gemakkelijker begrijpen dat een toeneming van het koolstofgehalte gepaard gaat met een verschuiving van de biochemische naar de geochemische inkoling ; deze verschuiving zou dan moeten samengaan met een verrijking in het C^{13} en dus een vermindering van de verhouding C^{12}/C^{13} .

Men dient dus zorgvuldig na te gaan of een lage waarde van deze verhouding duidt op een voortijdig afsluiten van de biochemische fase dan wel op een intense geochemische fase.

Il faut encore noter que la pression est tenue, par les auteurs, comme un paramètre déterminant du métamorphisme, mais non la température.

Ceci serait en contradiction avec les résultats des travaux présentés par Caldwell dans la troisième communication. Pour Caldwell, en effet, non seulement il est impossible de parler du degré de houillification d'une couche (mais en toute rigueur, de celui d'un grain de charbon homogène individuel), mais encore, la houillification est un processus continu, dépourvu de variations brutales.

A partir de débris végétaux identiques, on peut arriver, dans une même couche à différents grains de charbon ayant des propriétés différentes, si les conditions de houillification ont été différentes, en dépit de l'identité du point de départ.

Toutefois, le processus de houillification a été continu dans chaque cas. Il en résulte que les valeurs trouvées pour une propriété déterminée de différents grains de charbon ne sont continues que si le produit initial est effectivement le même; elles deviennent discontinues dans le cas contraire. D'après Caldwell, le degré de houillification peut résulter aussi bien d'un métamorphisme régional que d'un métamorphisme de contact. Le premier est déterminé surtout par le degré géothermique lié à la profondeur, et par le temps. Le second est déterminé surtout par la température et l'épaisseur de l'intrusion, ainsi que par la conductibilité thermique, plus que par le temps. L'auteur élabore des formules groupant ces facteurs, pour calculer la distribution des températures dans la couche ou le temps nécessaire à son établissement.

A partir de ces formules, et de deux examens de charbon écossais transformés par métamorphisme de contact, l'auteur montre que la formation d'un anthracite par ce type de métamorphisme exige des températures atteignant 320° C et des durées de milliers d'années. Il admet par ailleurs, pour la même transformation par métamorphisme régional, des températures nettement inférieures mais des durées considérablement plus longues. C'est ce que montre le tableau I.

Opvallend is ook dat de druk door de opstellers voor een bepalende parameter wordt gehouden, doch de temperatuur niet.

Dit zou in strijd zijn met de resultaten van het werk dat Caldwell in de derde voordracht bespreekt. Voor hem is het niet alleen onmogelijk te spreken van de inkolingsgraad van een laag (wel, om gans precies te zijn, van de inkolingsgraad van een individuele homogene korrel), maar ook is het inkolingsproces continu en zonder brutale schommelingen.

Uitgaande van identieke plantenresten levert eenzelfde kolenlaag korrels met verschillende eigenschappen, wanneer de inkoling in andere voorwaarden verlopen is, ondanks het gemeenschappelijk punt van vertrek.

Niettemin is het inkolingsproces in elk geval continu. Daaruit volgt dat de cijfers die een bepaalde eigenschap uitdrukken bij verschillende korrels enkel dan bij elkaar aansluiten wanneer het oorspronkelijk produkt hetzelfde is geweest; deze cijfers worden discontinu in het tegenovergestelde geval. Volgens Caldwell kan de graad van inkoling even goed afhangen van een -streekmetamorfisme als van een kontaktmetamorfisme. In het eerste geval speelt de geothermische graad een hoofdrol, in functie van de diepte en de tijd; in het tweede geval is het de temperatuur en de dikte van het insluitel, alsmede de thermische geleidbaarheid, meer dan de tijd. De schrijver werkt met deze factoren formules uit waarmee het temperatuurverloop in de laag en de tijd nodig voor het opkomen van de temperatuur kunnen berekend worden.

Met behulp van deze formules en twee kolensoorten uit Schotland die door kontaktmetamorfisme zijn ontstaan toont de schrijver aan dat de vorming van antraciet volgens dit type van metamorfisme temperaturen tot 320° C en een duur van verschillende duizenden jaren vergt. Voor dezelfde transformatie langs het streekmetamorfisme neemt hij ten andere merkkelijk lagere temperaturen aan doch een duur van miljoenen jaren. Dit wordt geïllustreerd door tabel I.

TABLEAU I.

Métamorphisme de contact		Métamorphisme régional	
Rang	T° (jusque °C)	Rang	T° (jusque °C)
Charbons inaltérés	160° C	Transition entre charbons à forte teneur en M.V. et charbons à coke	80° C
Charbons de 19,5 à 9,5 % de M.V.	260° C	Charbons à coke	120° C
Anthracites : — de 9,5 % de M.V.	320° C	Charbons de 19,5 à 9,5 % de M.V.	155° C
Les durées d'action nécessaires sont de l'ordre de milliers d'années		Anthracites : — de 9,5 % de M.V.	> 170° C
		Les durées d'action nécessaires sont de l'ordre de millions d'années	

TABEL I.

Kontaktmetamorfisme		Streekmetamorfisme	
Rang	T° (tot °C)	Rang	T° (tot °C)
Oorspronkelijke kolen	160° C	Overgang tussen kolen met hoog gehalte aan vluchtige bestanddelen en cokeskolen	80° C
Kolen met van 19,5 tot 9,5 % V.B.	260° C	Cokeskolen	120° C
Antraciet : — 9,5 % V.B.	320° C	Kolen met van 19,5 tot 9,5 % V.B.	155° C
De bewerking vereist een duur van de orde van grootte van duizenden jaren		Antraciet : — 9,5 % V.B.	> 170° C
		De bewerking vereist een duur van de orde van grootte van miljoenen jaren	

Le rôle décisif de la température et du temps que Caldwell dégage essentiellement de son travail a été également souligné récemment par M. Teichmüller et sera reconnu de façon tout à fait générale.

Les deux dernières communications sont consacrées à une caractérisation plus précise des propriétés physiques, chimiques et technologiques des macéraux.

Jasienko compare tout d'abord certaines propriétés des macéraux et du charbon global dont ils sont extraits. Le tableau II donne les résultats de cette étude, en bon accord avec des études similaires de Van Krevelen et Kröger.

Caldwell is niet de enige die in zijn werken wijst op de beslissende rol van de temperatuur en de tijd ; ook M. Teichmüller heeft dit onderstreept en iedereen helt naar dezelfde opvatting over.

De laatste twee voordrachten handelden over een betere karakterisering van de fysieke, chemische en technologische eigenschappen van de macerale bestanddelen.

Jasienko begint met een vergelijking van de eigenschappen van de maceralen en de gehele kolen waar ze aan onttrokken zijn. De volgende tabel geeft de resultaten van deze studie, resultaten die ten andere goed overeenkomen met de studies van van Krevelen en Kröger over hetzelfde onderwerp.

TABLEAU II.

Matières volatiles	Exinite (E)	Vitrinite (V)	Ch. global	Micrinite (M)	Fusite (F)
Pouvoir de gonflement	V	Ch. Gl.	E	M	F
Dilatation	E	V	Ch. Gl.	M	F
Vitesse de décomposition	E	V	Ch. Gl.	M	F
Rendement en goudron	E. élevé	V. élevé	Ch. moyen	M. faible	F
Rendement en coke	F	M	Ch. Gl.	V	E

— Sens de la diminution —>

TABEL II.

Vluchtige bestanddelen	Exiniet (E)	Vitriniet (V)	Gl. Kolen	Micriniet (M)	Fusiet (F)
Zwellingsvermogen	V	Gl. K	E	M	F
Uitzetting	E	V	Gl. K.	M	F
Ontbindingsnelheid	E	V	Gl. K.	M	F
Rendement in teer	E hoog	V hoog	Gl. K. gemidd.	M zwak	F
Rendement in cokes	F	M	Gl. K.	V	E

— Zin van de vermindering —>

Cette étude est complétée par l'examen des propriétés optiques des cokes dérivés des macéraux et du charbon global et par l'analyse de leur structure fine aux rayons X.

Pour les charbons étudiés par Jasienko, seule la fusinite donne un coke isotrope, tous les autres cokes étant anisotropes. Ceci correspondrait au fait que, seule, la fusinite est vraiment inerte et peut être cause de fissuration, donc d'un abaissement de la résistance mécanique du coke.

La grandeur des plages d'anisotropie et l'intensité de l'anisotropie différent pour chacun des macéraux d'un même charbon. Ils varient en outre avec le degré de houillification du charbon.

Les plages d'anisotropie les plus homogènes s'observent dans les cokes de vitrinite et d'exinite. Elles ne sont pas homogènes dans les cokes de micrinite, ce qui correspondrait à un médiocre comportement plastique de ce macéral. La micrinite ne serait donc pas tout à fait inerte, mais réduirait seulement le pouvoir cokéfiant en agissant comme un amaigrissant.

L'auteur constate aussi que l'étendue des plages d'anisotropie est très petite dans le coke d'exinite, beaucoup plus forte dans le coke de vitrinite et que cette étendue augmente avec le degré de houillification.

L'examen aux rayons X des charbons et des macéraux de départ et de leur coke a montré dans les cokes une diminution de la distance interplanaire, sauf pour les cokes de micrinite et de fusinite, et une augmentation de la taille des cristallites.

Enfin, l'auteur étudie et compare le pouvoir cokéfiant et les propriétés optiques d'extraits et de résidus d'extraction à la pyridine, d'extraits et de résidus d'extraction au chloroforme des extraits pyridiniques du charbon global.

L'extrait à la pyridine a des propriétés comparables à celles de la vitrinite, le résidu a des propriétés comparables à celles de la micrinite, l'extrait du résidu au chloroforme à celles de l'exinite et le résidu de cette extraction à celles de la fusinite. De plus, tous les produits d'extraction, sauf le dernier, ont un pouvoir cokéfiant inférieur à celui du charbon de départ.

Jasienko conclut encore de ses travaux que les charbons classés par Franklin comme graphitisables donnent des cokes à anisotropie homogène et les charbons non graphitisables des cokes à anisotropie hétérogène ou isotropes. La même conclusion s'applique aux extraits et aux résidus d'extraction.

Dans la dernière communication présentée par les chercheurs de la Carbonisation Centrale de Tertre, Dath, Scufflaire, Mahieu et Grand'Ry, les auteurs s'attachent à déterminer le pouvoir cokéfiant des macéraux et de leurs mélanges, en utilisant une méthode dont l'originalité réside dans une cokéfaction par grains isolés, en lit fluidisé, avec comme gaz

De studie wordt vervolledigd door het onderzoek van de optische eigenschappen van de cokes uit de macerale bestanddelen en de globalen kolen, en de analyse van hun structuur door middel van X-stralen.

Tussen de kolen die Jasienko heeft bestudeerd geeft alleen fusiniet een isotrope cokes; van al de andere is de cokes anisotroop. Dit schijnt overeen te komen met het feit dat alleen fusiniet volkomen inert is en de oorzaak kan zijn van splijting en op die manier van een vermindering van de mechanische weerstand van de cokes.

De uitgestrektheid van de anisotropievelden en de intensiteit van de anisotropie zijn verschillend voor de verschillende maceralen van eenzelfde kolensoort. Ze hangen onder meer af van de inkolingsgraad van de kolen.

De meest homogene anisotropievelden vindt men bij de cokes van vitriniet en exiniet. In de velden van micriniet zijn ze niet homogeen, hetgeen wijst op een middelmatig plastisch vermogen van dit maceraal. Het micriniet zou dus niet helemaal inert zijn maar alleen als een vermageringsmiddel het cokesvormend vermogen doen verminderen.

De schrijver stelt nog vast dat de anisotropievelden zeer klein zijn bij de cokes van exiniet, en veel groter in die van vitriniet en dat deze uitgestrektheid toeneemt met de inkolingsgraad.

Een onderzoek met X-stralen van de kolen en maceralen waarmee men vertrekt en hun cokes wijst op een vermindering van de afstand tussen de velden bij de cokes, behalve bij die uit micriniet en fusiniet en op toenemende metingen van de kristalieten.

Tenslotte maakt de schrijver een vergelijkende studie van het cokesvormend vermogen en de optische eigenschappen van de extrakten en de extractieresidu's wanneer men werkt met pyridine, met extrakten en extractieresidu's met chloroform uit de pyridinische extractie van globale kolen.

Jasienko besluit met te zeggen dat de kolen die door Franklin grafitiseerbaar genoemd werden cokes met homogene anisotropie leveren, en die welke niet grafitiseerbaar zijn cokes met heterogene anisotropie of isotropen. Hetzelfde geldt voor de extrakten en residu's van extrakten.

In een laatste voordracht zoeken de sprekers, de zoekers van de Carbonisation Centrale de Tertre, Dath, Scufflaire, Mahieu en Grand'Ry, een middel om het cokesvormend vermogen van de maceralen en hun mengsels te bepalen; hun methode is origineel in zoverre dat de afzonderlijke korrels in cokes worden omgezet, op bewegend bed, met als transportgas stikstof die volledig vrij van zuurstof is; op die manier kan men elke korrel afzonderlijk bestuderen zonder dat de naburige korrels invloed kun-

porteur de l'azote rigoureusement exempt d'oxygène, ce qui permet d'étudier individuellement chaque grain en l'absence de l'influence des grains voisins. Le charbon étudié ici est un charbon campinois de 31,6 % de matières volatiles. L'examen microscopique de divers grains prélevés à huit températures différentes a montré que la décomposition de l'exinite débute presque brutalement entre 431 et 441° C, alors que l'on n'observe rien de semblable pour la vitrinite et l'inertinite.

On voit aussi que le pouvoir réflecteur de la vitrinite augmente légèrement avant le début de la contraction.

Les auteurs ont encore analysé par chromatographie en phase gazeuse le goudron global, les huiles neutres et les phénols libérés par les grains, dans la zone de température comprise entre 370 et 500° C.

68 % des phénols se composent de crésols et de xylols. Il semble que les huiles neutres soient surtout des hydrocarbures aliphatiques, car on a constaté la présence d'hydrocarbures aliphatiques contenant de 5 à 30 atomes de carbone, avec un maximum à C₁₉.

2. Propriétés optiques du charbon et du coke.

Rapporteur : Dr. K.F. LUFT.

- a) Constantes optiques des charbons par mesure du pouvoir réflecteur dans le visible et l'ultraviolet par J.T. Mc CARTNEY, J.B. YASINSKY, S. ERGUN.
- b) Recherches préliminaires en vue de l'application de la méthode de la réflexion totale atténuée à l'obtention de spectres infra-rouges de charbons par R. BENT, W.R. LADNER.

Dans l'étude de la structure du charbon, les méthodes physiques jouent un rôle important car elles permettent souvent un examen direct, sans nécessité de traitement préalable. Actuellement, les progrès des techniques de mesure rendent accessibles un grand nombre de propriétés physiques. Parmi celles-ci, une place particulière est réservée au pouvoir d'absorption et au pouvoir réflecteur, dont la connaissance, dans une gamme aussi étendue que possible du spectre, permet de se faire une idée des structures moléculaire et électronique de la substance examinée.

Mc Cartney, Yasinsky et Ergun ont réalisé des mesures de réflexion de la lumière sur des vitrinites de charbons américains dans un domaine s'étendant des lignites aux anthracites ; les mesures ont été faites dans le spectre visible et ultraviolet à l'aide d'un microscope à optique en quartz. Le pouvoir réflecteur a été déterminé par mesure à incidence verticale dans l'air et l'eau, la base de référence étant le cristal de saphir. Les indices de réfraction, les coeffi-

nen uitoefenen. Men bestudeert hier een kempense kolensoort met 31,6 % V.B. Door mikroskopisch onderzoek van korrels die op acht verschillende temperaturen werden opgevangen heeft men uitgemaakt dat de ontbinding van het exiniet op haast brutale wijze begint tussen 431 en 441° C terwijl niets van die aard wordt vastgesteld bij vitriniet en inertiniet.

Men ziet ook dat het weerkaatsend vermogen van het vitriniet lichtjes toeneemt vóór de aanvang van de samentrekking.

De schrijvers ontleden ook, door chromatografie in de gasfase, de totale teer, de neutrale olieën en de fenolen, die door de korrels worden vrijgegeven in de temperatuurzone begrepen tussen 370 en 500° C.

68 % van de fenolen zijn samengesteld uit cresolen en xylolen. De neutrale oliën schijnen vooral alifatische koolwaterstoffen te zijn, vermits men de aanwezigheid vaststelt van alifatische koolwaterstoffen met 5 tot 30 koolstofatomen, met een maximum op C₁₉.

2. Optische eigenschappen van de kolen en van de cokes.

Verslaggever : Dr. K.F. LUFT.

- a) Optische konstanten van de kolen, bepaald door meting van het weerkaatsend vermogen in het zichtbare en ultraviolette gebied door J.T. Mc CARTNEY, J.B. YASINSKY, S. ERGUN.
- b) Voorafgaande studies voor toepassing van de methode door verzachte totale weerkaatsing met het oog op het bekomen van infrarode spectrums van kolen door R. BENT, W.R. LADNER.

De fysieke methoden spelen een grote rol bij het bestuderen van de kolenstructuur, omdat ze dikwijls onmiddellijk leiden tot het onderzoek, en geen voorafgaande bereiding nodig hebben. De meettechnieken zijn nu zo ver gevorderd dat een groot aantal fysieke eigenschappen kunnen gemeten worden. Hierbij nemen het absorptievermogen en het weerkaatsingsvermogen een voornamelijk plaats in omdat de kennis daarvan in een zo uitgebreid mogelijke gamma van het spectrum een idee geeft van de moleculaire en elektronische structuur van de onderzochte stof.

Mc Cartney, Yasinsky en Ergun hebben lichtweerkaatsingsmetingen uitgevoerd op vitriniet van Amerikaanse kolen gaande van ligniet tot antraciet ; de metingen gebeurden in het zichtbaar en het ultraviolet spectrum, door middel van een microscoop met kwarts. Het weerkaatsend vermogen werd bepaald door meting van het verticale samenlopen in lucht en in water, met het saffierkristal als refe-

cients d'extinction, les constantes diélectriques et les conductibilités électriques ont été calculées à partir des équations de Tresnel et Lorentz.

Le coefficient d'extinction passe par un maximum tout à fait net, qui gagne en importance et se déplace vers les longueurs d'ondes plus grandes avec l'accroissement du rang du charbon ; c'est approximativement dans la région de ces maxima que le taux d'accroissement des indices de réfraction est le plus élevé. Cette allure de l'absorption et de la dispersion est conforme aux prévisions d'après la théorie de dispersion dans une zone d'absorption et elle confirme l'hypothèse généralement admise aujourd'hui que le nombre et le degré de la condensation des structures aromatiques augmentent avec le rang du charbon.

La méthode ATR, Attenuated Total Reflexion, Réflexion Totale Atténuée, a été proposée en 1961 par Fahrenfort. Jusqu'ici cette méthode a été appliquée essentiellement à l'étude par spectrographie infra-rouge de substances qui se prêtent mal aux méthodes conventionnelles, soit en couches minces, soit à l'aide de pastilles de bromure de potassium. Dans leur travail, Bent et Ladner appliquent la méthode ATR à l'étude de l'absorption par le charbon dans le domaine infra-rouge. Ils examinent dans la région s'étendant de 650 à 4000 cm^{-1} , un anthracite renfermant 94 % de carbone ; il y a similitude entre les spectres ATR et les spectres IR. L'application de la technique ATR au domaine du charbon semble très prometteuse, mais il y a cependant de grandes difficultés opératoires, notamment dans la préparation de l'échantillon.

Tout récemment, Fahrenfort a démontré les possibilités offertes par la méthode ATR pour la détermination de constantes optiques : on peut espérer qu'à ce point de vue également, la méthode ATR soit mise à profit dans le domaine du charbon.

3. Constitution du charbon.

A. Oxydation et halogénéation - Acides humiques.

Rapporteur : Dr. B. JUETTNER.

- a) Observations sur la structure des acides humiques par N.T. BAILEY, G.G. BRIGGS, G.J. LAWSON, J.M. SCRUTON, S.G. WARD.
- b) Décomposition oxydante de charbons de la Ruhr par B. JUETTNER, H. BERTLING.
- c) Étude chimique et par spectre de résonance magnétique nucléaire (RMN) de charbons bromés et leur comportement au chauffage par A.C. CUNNINGHAM, W.R. LADNER, R. WHEATLEY, W.F. WYSS.

rentiebasis. De brekingsindexen, uitdovingscoëfficiënten, dielektrische konstanten en elektrische geleidbaarheden werden berekend op grond van de vergelijkingen van Tresnel en Lorentz.

De uitdovingscoëfficiënt gaat door een uitgesproken maximum dat belangrijker wordt en naar langere golflengten verschuift naarmate de rang van de kolen stijgt ; benaderend kan men zeggen dat de brekingsindexen het snelst toenemen in de omgeving van deze maximums. Dit verloop van de absorptie en de spreiding komt overeen met de vooruitzichten gebaseerd op de theorie van de spreiding in een absorptiezone en bevestigt de thans algemeen aangenomen hypothese volgens dewelke het aantal en de condensatiegraad van de aromatische structuren stijgt met de rang van de kolen.

De methode ATR, Attenuated Total Reflexion, Verzachte Totale Weerkaatsing, werd in 1961 voorgesteld door Fahrenfort. Tot nu toe werd ze hoofdzakelijk toegepast bij de studie door infrarode spectrografie van stoffen die zich moeilijk lenen tot de conventionele methoden, hetzij in dunne lagen, hetzij met behulp van schijfjes kaliumbromide. Bent en Ladner passen in hun werk de methode ATR toe bij de studie van de absorptie van kolen in het infrarode gebied. Ze bestuderen een antraciet met 94 % koolstof in de zone van 650 tot 4000 cm^{-1} ; er is overeenkomst tussen de spectrums ATR en de spectrums IR. Men verwacht veel van de toepassing der ATR-methode in het domein van de kolen, maar er zijn nog zware uitvoeringsmoeilijkheden, vooral in de bereiding van de monsters.

Onlangs nog heeft Fahrenfort gewezen op de mogelijkheden geboden door de methode ATR voor het bepalen van de optische konstanten en men mag verhoppen dat de methode ATR ook op dat gebied nuttig zal kunnen aangewend worden in het domein van de kolen.

3. Samenstelling van de kolen.

A. Oxydatie en halogenatie - Huminezuren.

Verslaggever : Dr. B. JUETTNER.

- a) Waarnemingen over de structuur van de huminezuren door N.T. BAILEY, G.G. BRIGGS, G.J. LAWSON, J.M. SCRUTON, S.G. WARDS.
- b) Oxyderende ontbinding van Ruhrkolen door B. JUETTNER, H. BERTLING.
- c) Scheikundige en spektrale studie van de magnetische kernresonantie (MKR) van gebromeerde kolen en hun gedrag bij verwarming door A.C. CUNNINGHAM, W.R. LADNER, R. WHEATLEY, W.F. WYSS.

- d) Cinétiques de réaction et produits de l'halogénéation ménagée de charbons bitumineux en milieux liquides aqueux et non aqueux par J.C. MACRAE, R. OXTOBY.
- e) Nature chimique des groupes carboxyles des acides humiques et conversion des acides humiques en nitrohumates ammoniacaux par D. SCHWARTZ, L. ASFELD, R. GREEN.
- f) Effet des groupes hydroxyles sur les propriétés et le comportement du charbon par P.N. MUKHERJEE, L.V. RAMCHANDRAN, D.S. CHATTERJEE, A. LAHIRI.

Les nombreuses recherches entreprises jusqu'à ce jour permettent de distinguer nettement, en plus de certains types intermédiaires, trois stades d'oxydation :

1. Adsorption d'oxygène et dégagement de CO₂ en phase sèche, à basse température (par ex. : oxydation naturelle à l'air).
2. Formation d'acides humiques (appelés acides humiques régénérés) dans des conditions d'oxydation plus sévères.
3. Oxydation, surtout en milieu aqueux, en produits de dégradation définis et particulièrement en acides benzène carboxyliques.

Bailey, Briggs, Lawson, Scruton et Ward ont étudié les acides humiques obtenus à partir d'un charbon oxydé naturellement à l'air. La mesure des groupes fonctionnels par acétylation et méthylation différentielles et la détermination titrimétrique de l'équivalent acide permettent d'aboutir, en adoptant un poids moléculaire de 1000, à des teneurs respectives de 3,5 en groupes carboxyles, de 1,8 en groupes phénoliques et 2,18 en groupes quinoniques. Dans la deuxième partie de leur travail, les auteurs ont dégradé les acides humiques par l'acide nitrique dilué. Après l'oxydation, Bailey et ses collaborateurs ont séparé, sur échangeur d'ions, la partie soluble dans l'éther et constituée de produits définis, des acides benzène carboxyliques qui ont été déterminés par chromatographie sur papier. L'absence d'acide benzoïque, téréphtalique et trimésique, la prédominance d'acides tétra et pentacarboxyliques, d'une part, et d'autre part, le fait qu'on ne détecte pas de groupe méthyle dans les acides humiques malgré la valeur élevée du rapport H/C, permettent de conclure, suivant les auteurs, à la présence de structures benzénoïdes simples liées par des chaînes aliphatiques et attachées à un système aromatique condensé plus complexe.

Jüttner et Bertling sont arrivés à des conclusions analogues lors de leur étude de la dégradation par oxydation en deux stades, le premier par l'acide nitrique, le second par une solution de chlore, de charbons de la Ruhr de différents rangs. En raison de la croissance du caractère aromatique, l'augmentation du degré de houillification élève le nombre de groupes carboxyles dans les acides benzèncarbo-

- d) Reaktiecinematica en produkten van de gedeeltelijke halogenering bij bitumineuze kolen in waterig en niet-waterig vloeibaar midden door J.C. MACRAE, R. OXTOBY.
- e) Scheikundige aard van de carboxylgroepen van de huminezuren en omzetting van de huminezuren in ammoniumnitrohumaten door D. SCHWARTZ, L. ASFELD, R. GREEN.
- f) Uitwerking van de hydroxylgroepen op de eigenschappen en het gedrag van kolen door P.N. MUKHERJEE, L.V. RAMCHANDRAN, D.S. CHATTERJEE, A. LAHIRI.

Dank zij het tot nu toe gepresteerde opzoekingswerk kan men buiten enkele kleine tussentypen drie stadia van oxydatie onderscheiden :

1. Het opslorpen van zuurstof en het afgeven van CO₂ in droge fase, bij lage temperatuur (bij voorbeeld : natuurlijke oxydatie aan de lucht).
2. Vorming van huminezuren (die men geregenereerde huminezuren heet) in strengere oxydatievoorwaarden.
3. Oxydatie, vooral in waterig midden, tot volledige afbraakprodukten, en vooral benzeencarboxylzuren.

Bailey, Briggs, Lawson, Scruton en Ward hebben een studie gemaakt van de huminezuren bekomen door de natuurlijke oxydatie van kolen aan de lucht. Door meting van de functionele groepen door middel van differentiële acetylatie en methylatie en de titrimetrische bepaling van het zuurequivalent komt men, met een moleculair gewicht van 1000, tot respectievelijke verhoudingen van 3,5 in de carboxylgroep, 1,8 in de fenolgroep, en 2,18 in de chinogroep. In het tweede deel van hun werk hebben de auteurs de huminezuren afgebroken door middel van verdund salpeterzuur. Na oxydatie hebben Bailey en zijn ploeg de in ether oplosbare en uit eindprodukten bestaande gedeelten om een ionenwisselaar afgescheiden van de benzeencarboxylzuren die door chromatografie op papier werden bepaald. Uit de afwezigheid van benzeenzuur, terephtalisch en trimerisch, en de overheersing van tetra- en pentacarboxylzuren enerzijds, en uit het feit anderzijds dat men geen methylgroep vindt in de huminezuren, ondanks de hoge verhouding H/C, mag men volgens de auteurs afleiden dat er eenvoudige benzeenstructuren aanwezig zijn, gebonden door alifatische ketens en verbonden met een meer ingewikkeld gecondenseerd aromatisch systeem.

Jüttner en Bertling zijn tot dezelfde besluiten gekomen bij hun studie van de afbraak door oxydatie in twee stadium, de eerste door salpeterzuur, de tweede door een chlooroplossing, toegepast op Ruhrkolen van verschillende rang. Wegens het toenemend aromatisch karakter leidt een hogere inkolingsgraad tot een groter aantal carboxylgroepen in de bekomen benzeencarboxylzuren. De antraciet

xyliques obtenus. Cependant, l'anhracite de la Ruhr ne possède encore que des systèmes aromatiques condensés relativement petits, comme l'indique la grande quantité d'acide pentacarboxylique formé, alors que ces systèmes sont beaucoup plus développés dans des anhracites tels que ceux du Donetz où l'on note la formation par oxydation d'une forte prépondérance d'acide méllitique. La prédominance de groupes carboxyles vicinaux est l'indice d'une structure assez fortement aromatique, conformément aux hypothèses émises jusqu'ici. La faible production d'acides phtalique, benzoïque et aliphatique rend également improbable l'existence d'une structure ouverte avec d'assez longues chaînes latérales. Le caractère hydroaromatique augmente lorsque le degré de houillification diminue. Dans les charbons assez jeunes, l'oxygène se trouve principalement engagé dans des structures phénoliques ou quinoniques.

L'halogénéation effectuée dans des conditions douces indique également la présence d'une structure hydroaromatique.

A la différence de l'oxydation, l'halogénéation du charbon n'a été jusqu'à maintenant l'objet que de travaux fort peu nombreux. On peut s'en étonner car l'halogénéation constitue l'une des réactions importantes de la chimie organique classique comme de la chimie industrielle. Il y a donc lieu de se féliciter de trouver plusieurs communications sur l'halogénéation du charbon: Cunningham, Ladner, Wheatley et Wyss ont bromé trois charbons de différents degrés de houillification (82, 85 et 89 % C). Ils ont étudié la libération d'acide bromhydrique, l'analyse élémentaire et le spectre RMN avant et après chauffage à des températures comprises entre 200 et 600° C.

Les trois charbons, malgré leur rang différent, fixent des quantités presque égales de brome par bromuration dans l'acide acétique. La distribution de ce brome entre les systèmes aromatiques et non aromatiques dépend du rang du charbon: dans les charbons peu houillifiés, le brome se trouve principalement dans la fraction non aromatique, tandis que l'on observe l'inverse dans le cas des charbons fortement houillifiés. La bromuration est accompagnée d'une déshydrogénation causée par élimination spontanée d'acide bromhydrique; ceci est particulièrement évident dans les charbons de bas rangs, qui possèdent la plus forte proportion en hydrogène non aromatique. L'élimination aisée de HBr est probablement due à la facilité de s'aromatiser que possèdent les structures hydroaromatiques, spécialement quand elles sont activées par la présence de systèmes aromatiques voisins. Les auteurs ont en outre comparé la variation du rapport H/C après chauffage de charbons bromés et non bromés. La chute initiale de ce rapport est plus rapide dans le cas de charbon bromé, mais à 500° C le rapport H/C des produits

van de Ruhr geeft nochtans maar relatief geringe gecondenseerde aromatische systemen zoals blijkt uit de grote hoeveelheid pentacarboxylzuur die gevormd wordt, terwijl dezelfde systemen veel meer ontwikkeld zijn in andere antracieten zoals die van de Donetz waar men de vorming van een overwegende hoeveelheid methylzuur door oxydatie vaststelt. De overheersing van de naburige carboxylgroepen duidt op een tamelijk sterke aromatische structuur, in overeenstemming met de hypothesen tot nu toe. De zwakke produktie in phtaalzuur, benzeenzuur en alifatische zuren maakt het bestaan van een open structuur met betrekkelijk lange zijketens onwaarschijnlijk. Het hydroaromatisch karakter neemt toe naarmate de inkolingsgraad vermindert. In betrekkelijk jonge kolen vindt men de zuurstof hoofdzakelijk opgesloten in fenol en chinonstructuren.

Ook de in gematigde omstandigheden uitgevoerde halogenering wijst ook op de aanwezigheid van een hydroaromatische structuur.

In tegenstelling met de oxydering werd de halogenering van de kolen tot nu toe slechts in zeer weinig werken bestudeerd. Dit is des te eigenaardiger daar het halogeneren een der belangrijke reakties uitmaakt zowel van de klassieke organische als van de industriële scheikunde. Men mag dan ook dankbaar zijn verschillende voordrachten over het halogeneren van kolen aan te treffen: Cunningham, Ladner, Wheatley en Wyss hebben drie kolensoorten van verschillende inkolingsgraad gebromeerd (82, 85 en 89 % C). Zij bestudeerden het vrijkomen van broomwaterstof, de ontleding in elementen en het spectrum MKR vóór en na verwarming op temperaturen gelegen tussen 200 en 600° C.

Ondanks hun verschillende rang kunnen deze drie kolensoorten haast dezelfde hoeveelheid broom vasthouden door middel van bromidevorming in acetonzuur. Hoe dit broom verdeeld wordt tussen de aromatische en niet-aromatische stelsels hangt van de rang der kolen af: in weinig ingekoolde soorten zit het broom hoofdzakelijk in de niet-aromatische fractie; het omgekeerde is het geval in de sterk ingekoolde soorten. De bromidevorming gaat samen met een deshydrogenering als gevolg van de spontane eliminatie van het broomwaterstof; dit ziet men het best in kolen van lagere rang die veel niet-aromatische waterstof bevatten. Deze vlotte eliminatie van broomwaterstof is waarschijnlijk te wijten aan het gemak waarmee de hydroaromatische structuren gearomatiseerd worden, vooral wanneer ze daarin geactiveerd worden door de aanwezigheid van naburige aromatische systemen. De auteurs hebben onder meer een vergelijking gemaakt tussen de wijzigingen van de verhouding H/C na verwarming van gebromeerde en niet-gebromeerde kolen. De aanvankelijke daling van deze verhouding verloopt sneller bij gebromeerde kolen, maar op 500° C is de

carbonisés est le même dans les deux cas. Tous ces résultats amènent la conclusion qu'au cours de la pyrolyse de charbon non traité, la fraction hydroaromatique présente la même facilité de déshydrogénation et d'aromatization.

Macrae et Oxtoby ont étudié la chloruration des charbons bitumineux, leur but essentiel étant d'établir les fondements théoriques de la fabrication de produits utilisables industriellement. La chloruration du charbon a été effectuée en milieu aqueux et non aqueux en dessous de 60° C. Les auteurs observent que ces conditions ne modifient guère la structure du charbon : les spectres infra-rouges ne présentent pas de grandes différences. La réaction principale est une élimination continue d'hydrogène, c'est-à-dire une déshydrogénation de carbures hydroaromatiques avec formation d'acide chlorhydrique. Cette action de déshydrogénation est beaucoup plus marquée dans l'eau que dans le tétrachlorure de carbone. Le comportement thermique en est totalement transformé : le chauffage ne fait plus apparaître de formation de coke et de goudron et s'accompagne d'une forte augmentation du résidu de carbonisation. Ce résidu est doué de propriétés particulières qui présentent peut-être un intérêt industriel. Les recherches à ce sujet se poursuivent.

Les travaux de Schwartz, Asfeld et Green visent également un objectif essentiellement industriel, consistant en la production d'engrais azotés à partir des acides humiques. La pyrolyse à 150° C des acides humiques, tirés des lignites du North Dakota, montre que l'évolution d'eau par rapport à l'anhydride carbonique reste constante pendant une durée de temps prolongée, ce rapport étant égal à 4 : 1. Cette observation et l'examen du spectre IR font conclure à l'existence de l'ion hydronium trihydraté $H_3O(H_2O)_3^+$ dans les acides humiques à l'état solide. L'étude du spectre indique également la présence d'ions carboxylates et de quelques structures carboxyles non ionisées. Le traitement à l'acide nitrique dans différentes conditions conduit à la formation d'acides humiques nitrés, dont on prépare aisément les sels ammoniques. La pyrolyse à différentes températures des nitrohumates ammoniques transforme partiellement les fonctions nitrées en fonction amides. La valeur d'engrais des divers produits finalement obtenus a été testée sur des végétaux.

Nous en arrivons à la dernière communication. Mukherjee, Ramchandran, Chatterjee et Lahiri ont introduit dans le charbon des groupes hydroxyles et étudié les variations de propriétés qui en résultent. Ils observent que les charbons faiblement houillifiés réagissent avec $H_2O_2 + HNO_2$, pourvu que certaines conditions soient respectées quant à la température, les proportions et la concentration des réactifs. Ainsi par exemple, la teneur du lignite en oxygène sous forme de groupes OH passe de 9,5 à 15 ; pour un charbon à 79 % de carbone, les valeurs

verhouding H/C in de gecarboniseerde produkten dezelfde in de twee gevallen. Uit al deze resultaten volgt het besluit dat de hydroaromatische fraktie bij de pyrolyse van niet behandelde kolen even gemakkelijk gedeshydrogeneerd als gearomatiseerd wordt.

Macrae en Oxtoby hebben de chlorering van bitumineuze kolen bestudeerd met als hoofddoel een theoretische basis te bekomen voor de vervaardiging van industrieel bruikbare produkten. Het chloreren van kolen werd uitgevoerd in waterig en in niet-waterig midden onder 60° C. De auteurs stellen vast dat deze voorwaarden geen invloed hebben op de structuur van de kolen : er zijn geen grote verschillen in de infrarode spectrums. De voornaamste reactie is een voortdurend afscheiden van waterstof, dus een deshydrogenering van hydroaromatische koolwaterstoffen met vorming van chloorwaterstof. Deze deshydrogenerende werking valt veel meer op in water dan in tetrachloorkoolstof. Bij verwarming bekomt men een gans ander resultaat ; er ontstaat geen cokes of teer meer en men bekomt een sterke vermeerdering van het residu bij de carbonisatie. Dit residu heeft speciale eigenschappen die misschien industriële waarde hebben. Het onderzoek wordt op dit gebied voortgezet.

Ook het werk van Schwartz, Asfeld en Green heeft een uitgesproken industrieel doel, vermits ze uit de huminezuren stikstofmest willen produceren. Onderwerpt men de huminezuren uit het ligniet van Noord Dakota aan pyrolyse op 150° C, dan ziet men dat de verhouding water tot koolzuuranhydride gedurende een lange tijd konstant blijft, en overigens gelijk is aan 4 : 1. Deze vaststelling en het onderzoek van het infra-rode spectrum leiden tot het besluit dat de huminezuren in vaste toestand het driemaal gehydrateerd ion hydronium $H_3O(H_2O)_3^+$ bevatten. Uit de spectraalanalyse liedt men ook de aanwezigheid af van carboxylaationen en enkele niet geïoniseerde carboxylstructuren. Door behandeling met salpeterzuur in verschillende omstandigheden verkrijgt men genitreeerde huminezuren waaruit de ammoniakale zouten gemakkelijk kunnen bekomen worden. Door pyrolyse van de ammonium-nitrohumaten op verschillende temperatuur gaan de genitreeerde functies gedeeltelijk over in amidofuncties. De waarde als maatstof van de verschillende eindprodukten werd getest door proeven op planten.

Zo komen wij tot de laatste voordracht. Mukherjee, Ramchandran, Chatterjee en Lahiri brengen hydroxylgroepen in de kolen en bestuderen het resultaat van dit experiment. Ze stellen vast dat zwak ingekoolde kolensoorten reageren met $H_2O_2 + HNO_2$, mits zekere voorwaarden op gebied van temperatuur, verhouding en concentratie van het reagens vervuld zijn. Zo stijgt bij voorbeeld de verhouding van de zuurstof onder vorm van OH in het ligniet van 9,5 tot 15 ; voor een kolensoort met 79 % koolstof zijn

correspondantes sont de 4,8 et 8,9. Les charbons traités présentent une augmentation de leur capacité de fixation d'eau, et la pyrolyse produit plus d'eau et moins de goudron.

Les travaux sur l'oxydation et l'halogénéation permettent de conclure que la houille ne possède pas une structure ouverte, mais une structure plus fortement aromatique qu'on ne l'avait supposé jusqu'ici. L'absence de chaînes latérales d'une certaine longueur conduit à penser que la valeur élevée du rapport H/C, dans le cas des charbons de faible degré de houillification, doit s'expliquer par l'existence de groupes CH₂. Les travaux relatifs à l'halogénéation permettent d'affirmer le caractère partiellement hydroaromatique de la structure de ces charbons, qui se transforme en structure aromatique par houillification croissante. La détermination des groupes fonctionnels n'a de sens que pour les charbons très jeunes à haute teneur en oxygène, les valeurs obtenues n'étant plus exactes autrement. L'oxygène se trouve alors essentiellement sous forme phénolique ou quinonique, le reste étant probablement constitué d'oxygène cyclique comme dans le pyrane, ainsi que l'a montré autrefois Howard par formation du sel d'oxonium.

La connaissance plus approfondie des acides humiques, éléments constitutifs du charbon, fournirait la clé de la structure cherchée. Il serait important à cet égard de comparer les acides humiques « régénérés » et naturels, ainsi que de connaître la nature des produits d'oxydation de haut poids moléculaire, situés entre les acides humiques et les acides benzencarboxyliques. On s'y emploie depuis assez longtemps en Grande-Bretagne. La poursuite des recherches sur l'halogénéation du charbon donnera certainement un nouvel élan aux études de sa structure.

B. Hydrogénation et extraction.

Rapporteur : Dr. G. KOELLING.

- a) Constitution du charbon et extraction par solvant par D.W. VAN KREVELEN.
- b) Equilibre de gonflement de charbon par la pyridine à 25° C par Y. SANADA, H. HONDA.
- c) Recherche sur la décomposition hydrogénante de charbons par C. KROEGER, H. WEMHEUER, F. BURGOS.
- d) Compte-rendu sur la dissolution hydrogénante de charbons par F. ZIEGLER, G. KOELLING.
- e) La réduction électrochimique du charbon. Nature des produits réduits par I. WENDER, R.E. MARKBY, C.L. DELLE DONNE, H.W. STERNBERG.
- f) Hydrogénation ménagée de charbons et analyse des hydrocarbures obtenus par A.F. BOYER, P. PAYEN.

deze cijfers respectievelijk 4,8 en 8,9. De behandelde kolen kunnen meer water binden, en de pyrolyse ervan geeft meer water en minder teer.

De experimenten met oxyderen en halogeneren laten ons besluiten dat de structuur der kolen niet open is, maar sterker aromatisch dan men tot nu toe had gedacht. Aangezien er geen zijdelingse ketens met een zekere lengte voorkomen, schijnt de hoge verhouding H/C bij lage inkolingsgraad te moeten worden verklaard door het bestaan van CH₂-groepen. De halogenering bevestigt het deels hydroaromatisch karakter van deze kolenstructuur, die aromatisch wordt bij voortschrijdende inkolingsgraad. Het bepalen van functionele groepen heeft enkel zin voor zeer jonge kolen met hoog zuurstofgehalte; in de andere gevallen zijn de bekomen waarden niet juist. De zuurstof komt dan meestal voor onder vorm van fenolen en chinonen, en voor het overige als cyclische zuurstof zoals in het pyraan, hetgeen Howard destijds aantoonde met de vorming van het oxoniumzout.

Een diepere kennis van de huminezuren die de bouwstoffen van de kolen uitmaken zou de sleutel verschaffen tot het probleem van de structuur. Daartoe zou het van belang zijn een vergelijking te maken tussen de geregenereerde en de natuurlijke zuren, en de aard te kennen van de oxydatieproducten met hoog moleculair gewicht, gelegen tussen de huminezuren en de benzeencarboxylzuren. Men is hiermee al tamelijk lang bezig in Engeland. De voortgezette opzoekingen over het halogeneren van kolen vormen zeker een aanwinst voor de studie van hun structuur.

B. Hydrogenatie en extractie.

Verslaggever : Dr. G. KOELLING.

- a) Samenstelling van de kolen en het extraheren door oplosmiddel door D.W. van KREVELEN.
- b) Zwellingsgewicht van kolen door pyridine bij 25° C door Y. SANADA, H. HONDA.
- c) Opzoekingen over de hydrogenerende ontbinding van kolen door C. KROEGER, H. WEMHEUER, F. BURGOS.
- d) Verslag over het hydrogenerend oplossen van kolen door F. ZIEGLER, G. KOELLING.
- e) De elektrochemische reductie van kolen. Aard van de reductieproducten door I. WENDER, R.E. MARKBY, C.L. DELLE DONNE, H.W. STERNBERG.
- f) Gematigde hydrogenering van kolen en analyse van de bekomen koolwaterstoffen door A.F. BOYER, P. PAYEN.

Plusieurs articles, tels ceux de Dryden, Kröger et Van Krevelen, donnent une vue d'ensemble de la solubilité des charbons dans les solvants les plus connus. Les nombreux travaux réalisés ont ainsi permis de classer les solvants en plusieurs groupes suivant leur polarité. Plusieurs auteurs, et notamment Kreulen et Dryden, ont établi les fondements théoriques de ces résultats expérimentaux. Un nouvel élan cependant a été donné récemment par l'application au charbon des connaissances et des théories relatives à la solubilité de hauts polymères.

Dans le mémoire qu'il a présenté, van Krevelen cherche à expliquer, grâce aux théories de Flory et coll., deux questions importantes dont la première est : Pourquoi la solubilité des charbons diminue-t-elle lorsque le degré de houillification augmente pour s'annuler totalement à partir de 92 % C ?

Cette question est traitée à l'aide de la théorie de Flory sur la polycondensation graduelle des composés trifonctionnels selon laquelle, conformément aux faits expérimentaux, les extraits de polycondensats réticulés renferment toujours des fractions constituées de corps de plus faible poids moléculaire. Il apparaît donc possible, d'après les résultats des essais d'extraction sur les charbons, de tirer des conclusions sur la grandeur des motifs structuraux. L'application de ces conceptions révèle en fait un accord satisfaisant avec les résultats expérimentaux et conduit, moyennant certaines hypothèses simplificatrices, à un poids moléculaire moyen du motif structural voisin de 400.

L'auteur fait également appel aux travaux de Flory et coll. sur la solubilité des macromolécules, pour essayer de répondre à la seconde question énoncée comme suit :

Pourquoi chaque solvant présente-t-il un optimum de rendement d'extraction pour un degré de houillification déterminé ?

La connaissance des résultats analytiques et des paramètres structuraux permet de calculer, pour les charbons de toute l'étendue du domaine de houillification, un paramètre de solubilité δ qui est d'ailleurs étroitement fonction de la densité de l'énergie de cohésion. Ce paramètre possède une valeur minimum pour les charbons possédant une teneur en carbone de $\cong 88,5$ %.

Ce minimum correspond cependant à une valeur de δ encore suffisamment élevée pour rester supérieure à celle de la plupart des autres solvants, comme le benzène par exemple, qui est ainsi un médiocre solvant. Le paramètre de solubilité de la pyridine est de l'ordre de grandeur de la valeur minimale pour les charbons ; ce corps dissout donc bien les charbons à 88 % C, contrairement aux charbons plus jeunes qui ont pour leur part des valeurs de δ plus élevées, correspondant à des solvants connus tels que l'éthylènediamine.

In verschillende artikels zoals die van Dryden, Kröger en van Krevelen vindt men een overzicht van de oplosbaarheid van kolen in de meest gekende oplosmiddelen. Dank zij veel zoeken is men er in gelukt de oplosmiddelen in verschillende groepen in te delen volgens hun polariteit. Verschillende schrijvers waaronder namelijk Kreulen en Dryden hebben de theoretische basis van deze experimentele resultaten opgezocht. Een nieuwe stap vooruit werd in dit domein gezet door de kennis van de theorieën betreffende de oplosbaarheid van de hoge polymeren op de kolen toe te passen.

van Krevelen tracht in zijn voordracht met behulp van de theorieën van Flory en zijn medewerkers twee belangrijke kwesties op te lossen ; de eerste is de volgende : waarom wordt de oplosbaarheid van kollen kleiner bij toenemende inkolingsgraad, om tot nul terug te keren van 92 % C af ?

Deze kwestie wordt bestudeerd met behulp van de theorie van Flory over de trapsgewijze polycondensatie van drie-funktionele verbindingen ; volgens deze theorie, door de feiten bevestigd, bevatten de extracten van netvormige condensaten altijd fracties samengesteld uit lichamen met een kleiner moleculair gewicht. Het lijkt bijgevolg mogelijk uit de resultaten van extractie op kolen besluiten te trekken nopens de grootte van de structuurvormen. Het in toepassing brengen van deze opvattingen ligt tamelijk goed in de lijn van de proefondervindelijke resultaten en leidt mits bepaalde vereenvoudigende hypothesen, tot een gemiddeld moleculair gewicht van het structureel patroon van bij de 400.

De schrijver gebruikt eveneens de werken van Flory en gezellen over de oplosbaarheid van de makromoleculen ; dit om te kunnen antwoorden op de volgende vraag :

Waarom heeft elke oplosmiddel een maximum extraktierendement bij een welbepaalde inkolingsgraad ?

De uitslagen der ontleding en de structurele parameters leiden tot de bepaling, voor kolen van eender welke inkolingsgraad, van de oplosbaarheidsparameter δ die ten andere in nauw verband staat tot de dichtheid van de cohesieenergie. Deze parameter gaat door een minimum bij kolen met een koolstofgehalte van ongeveer 88,5 %.

Deze minimum waarde van δ ligt echter nog hoog genoeg om deze van de meeste andere oplosmiddelen te overtreffen, zoals bij voorbeeld benzeen, dat bijgevolg een middelmatig oplosmiddel is. De oplosbaarheidsparameter van de pyridine is van de grootteorde van de minimale waarde voor de kolen ; deze stof lost bijgevolg gemakkelijk kolen op tot 88 % C, in tegenstelling met jongere kolen die hogere waarden van δ hebben, overeenkomend met gekende oplosmiddelen zoals het ethyleendiamine.

Sanada et Honda ont mesuré dans leur travail l'aptitude au gonflement des charbons dans la pyridine à 25° C et en ont tiré des indications sur le degré de réticulation des molécules de charbon (« dimension de la maille du réseau »). Ces auteurs appliquent également les théories de Flory pour expliquer la solubilité et le gonflement des macromolécules. Le gonflement des charbons contenant jusqu'à 88 % C reste du même ordre de grandeur, puis devient nul pour les teneurs supérieures. En tenant compte du paramètre, interaction entre solvant et haut polymère, on obtient pour les charbons à 85-87 % C un maximum de « dimension de maille », que l'on compare avec le minimum correspondant de viscosité au plastomètre.

Kröger, Wemheuer et Burgos ont traité en premier lieu trois charbons ayant une teneur en carbone comprise entre 80 et 85 % par hydrolyse à l'eau et au méthanol, ainsi qu'à certains chlorures métalliques. L'accroissement de la solubilité restant faible, les auteurs ont alors soumis les charbons à l'action simultanée de l'hydrolyse et de l'hydrogène moléculaire. Ce procédé porte la solubilité à environ 22 % dans le benzène et 38 % dans le chloroforme, ce qui traduit une augmentation importante. L'action de l'hydrogène naissant provenant de la réaction d'acides ou de bases sur des métaux, conduit à des résultats analogues. L'hydrogénation par l' α -pipécoline à 315° C provoque une plus forte fixation d'hydrogène et augmente ainsi la solubilité des charbons dans les bases pyridiniques. Les résultats analytiques relatifs à la fraction distillable ou complexe cire-résine hydrogéné à la fraction soluble mais non distillable ou complexe déshydro-humine hydrogéné, et au résidu insoluble ou complexe oxy-humine hydrogéné, ont été portés dans un diagramme donnant le rapport H/C en fonction du rapport O/C. Des modifications analogues, bien qu'à un degré moindre, résultent des essais d'hydrogénation et d'hydrolyse cités en premier lieu. Les auteurs y voient ainsi une nouvelle confirmation de leur conception relative à la présence des trois complexes fondamentaux dans le charbon.

Ziegler et Kölling tentent d'élucider le mécanisme de la réaction d'hydrogénolyse à 300° C de houilles jeunes dans des milieux porteurs d'hydrogène (ici la tétrahydroquinoléine). Le phénomène apparaît cependant comme une superposition de réactions thermiques et hydrogénantes, dans lesquelles les bases polaires interviennent aussi. L'élimination d'eau résulte de toute évidence d'un effet thermique plutôt que d'un effet d'hydrogénation. Mais la comparaison des solubilités du charbon dans la quinoléine et dans la tétrahydroquinoléine indique clairement que l'hydrogénation fournit des produits plus solubles.

Wender, Markby, Delle Donne et Sternberg, ayant soumis un charbon bitumineux à 91 % de C sur sec sans cendre (donc peu soluble) à cinq réduc-

Sanada en Honda hebben in hun studies de geschiktheid tot zwellen van kolen in pyridine op 25° C gemeten en daaruit inlichtingen betrokken over de graad van vertaktheid der kolenmolekulen (« afmeting van de maas van het netwerk »). Ook deze schrijvers gebruiken de theorie van Flory om de oplosbaarheid en het zwellen van de makromolekulen te verklaren. De zwellen blijft van dezelfde grootteorde tot 88 % koolstof, en wordt vervolgens nul voor hogere waarden. Rekening houdend met de parameter: wisselwerking tussen oplosmiddel en hoog polymeer, vindt men voor de kolen met 85 tot 87 % C een maximale « maasafmeting », die men vergelijkt met het overeenstemmend minimum in de viscositeit in de plastometer.

Kröger, Wemheuer en Burgos behandelen voor eerst drie kolensoorten met een koolstofgehalte begrepen tussen 80 en 85 % door hydrolyse met water en methanol, alsook met bepaalde metaalchloriden. Daar de oplosbaarheid slechts weinig toenam hebben de auteurs vervolgens hun toevlucht genomen tot gelijktijdig toepassen van hydrolyse en moleculaire waterstof. Hierdoor wordt de oplosbaarheid ongeveer 22 % in benzeen en 38 % in chloroform, dus een belangrijke vermeerdering. Met waterstof in wording, uit de inwerking van zuren of basen op metalen, bekomt men soortgelijke resultaten. Het hydrogeneren met α -pípecoline op 315° C leidt tot het vasthouden van een grotere hoeveelheid waterstof en verhoogt dus de oplosbaarheid van de kolen in de pyridinebasen. De resultaten der ontleding van de destilleerbare fraktie of het gehydrogeneerde was-harscomplex, van de oplosbare doch niet destilleerbare fraktie of het gehydrogeneerde deshydro-huminecomplex, en van het onoplosbaar bezinksel of het gehydrogeneerde oxy-huminecomplex werden uitgezet in een diagram met de verhouding H/C in functie van de verhouding O/C. Soortgelijke wijzigingen, zij het minder uitgesproken, komen tot uiting bij de hoger vernoemde proeven van hydrogenatie en hydrolyse. De auteurs zien er een nieuwe bevestiging in van hun mening als zouden er drie fundamentele complexen in de kolen aanwezig zijn.

Ziegler en Kölling trachten licht te werpen op het mechanisme van de hydrogenolyse op 300° C van jonge kolen in een waterstofvoerend midden (hier de tetrahydrochinoleine). Het fenomeen blijkt nochtans een opeenstapeling te zijn van thermische en hydrogenerende reakties waarin ook polaire basen voorkomen. Het verwijderen van het water is klaarblijkelijk een gevolg van een thermisch effect veeleer dan van hydrogenering. Een vergelijking tussen de oplosbaarheid van de kolen in de chinoleine en de tetrahydrochinoleine bewijst echter duidelijk dat de hydrogenering meer oplosbare produkten oplevert.

Wender, Markby, Delle Donne en Sternberg hebben bitumineuze kolen met 91 % C droog en zonder as (dus weinig oplosbaar) onderworpen aan

tions électrolytiques successives dans l'éthylène-diamine saturée par le chlorure de lithium, parvient ainsi à fixer 53 atomes d'hydrogène pour 100 atomes de carbone. La solubilité à froid dans la pyridine passe alors de 3 à 78 %. Les premiers atomes d'hydrogène fixés provoquent déjà un important accroissement de solubilité, car après la première réduction correspondant à la fixation de 24 atomes de H pour 100 atomes de C, la solubilité atteint déjà 56 %.

Tous les atomes d'hydrogène fixés peuvent être enlevés par déshydrogénation catalytique sur palladium ; on peut donc en conclure que le squelette de base ne subit pas de modification lors de l'hydrogénation. La diminution de la teneur en soufre n'a pas lieu lors des premiers stades de l'hydrogénation. Cette élimination ne se réalise que lorsque les liaisons aromatiques plus réactionnelles ont été réduites comme l'ont montré des essais sur des substances modèles. Les résultats d'analyse des produits d'hydrogénolyse indiquent la formation de structures hydroaromatiques avec cependant un nombre important de doubles liaisons C = C, probablement du type 9.10-octaline. Les noyaux aromatiques résiduels dans le charbon réduit sont probablement associés à des groupes phénoliques et seraient plus résistants à l'hydrogénation.

La solubilité des échantillons ne dépend pas seulement du rapport H/C, mais augmente manifestement lorsque la teneur en oxygène décroît. La solubilité élevée des extraits benzéniques s'explique par la formation de molécules hydroaromatiques non planes et la destruction de liaisons éther.

Boyer et Payen ont chauffé progressivement jusqu'à 420° C, deux charbons de bas rang, dispersés sur de la laine de verre, dans un courant d'hydrogène sous pression, de manière que les produits de distillation soient entraînés aussitôt formés et qu'on évite ainsi une dégradation trop poussée. On arrive à transformer près de 90 % de la vitrinite et de l'exinite en eau et produits liquides solubles dans le cyclohexane. Ces produits, en majeure partie distillables, ont été analysés et comparés à ceux que donne l'extraction du charbon par la pyridine. On obtient par exemple, à partir d'un charbon à 84 % C (84 % de vitrinite, 12 % d'exinite et 4 % d'inertite) :

69 % d'huile, 28 % d'eau et de gaz, 3 % de résidu.

L'huile elle-même renferme :

11 % de phénol, 2 % de bases, 87 % de composés neutres.

Ces derniers à leur tour sont composés de :

vijf opeenvolgende elektrolytische reducties in ethyleendiamine verzadigd met litiumchloride ; op die manier slagen ze erin 53 atomen waterstof vast te zetten op 100 atomen koolstof. De oplosbaarheid in koude toestand in de pyridine neemt op die wijze toe van 3 tot 78 %. De eerste gefixeerde waterstofatomen geven reeds een belangrijke vermeerdering van de oplosbaarheid, vermits de oplosbaarheid reeds na de eerste reductie, waarbij 24 waterstofatomen op 100 atomen C gefixeerd worden, stijgt tot 56 %.

Al de gefixeerde waterstofatomen kunnen door middel van katalytische deshydrogenatie over palladium verwijderd worden. Men kan daar dus uit besluiten dat het basisskelet bij de hydrogenering geen veranderingen ondergaat. De vermindering van het zwavelgehalte vindt niet plaats tijdens de eerste stadiums van de deshydrogenering. Deze stof was pas verdreven wanneer meer reactieve aromatische bindingen gereduceerd werden zoals uit proeven op gekende stoffen is gebleken. De uitslagen van de ontleding der produkten van de hydrogenolyse wijzen op de vorming van hydroaromatische structuren die evenwel een voldoende groot aantal dubbele bindingen C = C, waarschijnlijk van het type 9.10-octaline, bevatten. De aromatische kernen die in de gereduceerde kolen overblijven zijn waarschijnlijk verbonden met phenolgroepen en weerstaan beter aan de hydrogenering.

De oplosbaarheid van de monsters hangt niet alleen van de verhouding H/C af maar neemt klaarblijkelijk toe wanneer het zuurstofgehalte afneemt. De hoge oplosbaarheid van de benzeenextracten wordt verklaard door de vorming van niet vlakke hydroaromatische molekulen en de vernietiging van etherbindingen.

Boyer en Payen hebben twee kolensoorten van een lage rang, gespreid over glaswol, in een waterstofstroom onder druk geleidelijk tot 420° C verwarmd, zodat de destillatieprodukten op het ogenblik van de vorming worden meegeslept en een te verregaande vernietiging wordt vermeden. Men is er in gelukt ongeveer 90 % van het vitriniet en exiniet om te zetten in water en produkten die in cyclohexaan oplosbaar zijn. Deze produkten zijn meestal destilleerbaar en werden ontleed en vergeleken met de gewone produkten van de extractie van kolen door pyridine. Men bekomt bij voorbeeld uit kolen met 84 % C (84 % vitriniet, 12 % exiniet en 4 % inertiet) :

69 % olie, 28 % water en gas, 3 % neerslag.

De olie zelf bevat :

11 % phenol, 2 % basen, 87 % neutrale verbindingen.

Deze laatste zijn nu wederom samengesteld als volgt :

4 % de paraffines, 3 % d'isoparaffines, 2 % de naphènes, 28 % d'aromatiques et polaires, 46 % de brai.

Les hydrocarbures sont les mêmes que ceux qu'on a déjà trouvés dans les goudrons de basse température :

- Paraffines normales jusqu'en C₃₆ ; mais principalement entre C₁₄ et C₂₈.
- Isoparaffines peu ramifiées et isoprénoides.
- Aromatiques de type banal, partiellement hydrogénés.

L'ensemble des essais permet de conclure que :

- a) les chaînes aliphatiques longues représentent au moins 2 % de la vitrinite et 15 % de l'exinite ;
- b) l'hydrogénation n'altère que faiblement la structure chimique, tout comme la pyrolyse ménagée ;
- c) les vitrinites et les exinites étudiées sont probablement constituées de motifs aromatiques à 2-4 noyaux, analogues à ceux qu'on a trouvés dans les produits d'hydrogénation.

4. Structure et réactivité à l'état solide de la houille et des cokes.

A. Adsorption, surface interne et structure poreuse du charbon et du coke.

Rapporteur : Dr. H. JUENTGEN.

- a) Cinétiques de l'adsorption de vapeurs polaires et non polaires sur des échantillons de charbon de rang différent par J. KAWECKA, M. LASON.
- b) Fondements théoriques et résultats expérimentaux de l'adsorption du méthane sur les charbons par H.D. SCHILLING, H. JUENTGEN, W. PETERS.
- c) Système pour la mesure de la surface de charbons par P.L. WALKER Jr., K.A. KINI.
- d) Application de la méthode de rétention de la glycérine à la détermination de la surface de charbons par T. SIEMIENIEWSKA, J. WIECEK.
- e) Changements dans les caractéristiques de la surface de charbon briqueté par décomposition isothermique par D. BROADBENT, D. DOLLIMORE, J. DOLLIMORE.
- f) Etude du développement de la texture poreuse d'un coke de houille au cours de l'activation à la vapeur d'eau par P. CHICHE, J. COUE, S. DURIF, S. PREGERMAIN.
- g) Propriétés de cokes de charbons de différent rang après une gazéification partielle à la vapeur d'eau par H. JUENTGEN.

4 % paraffinen, 3 % isoparaffine, 2 % naftenen, 28 % aromatische en polaire verbindingen, 46 % teer.

De koolwaterstoffen zijn dezelfde als die welke reeds eerder werden aangetroffen in de lage-temperatuur-basen :

- Normale paraffinen tot C₃₆, maar vooral tussen C₁₄ en C₂₈.
- Weinig vertakte isoparaffinen en isophrenoiden.
- Gewone aromatische stoffen, vooral gehydrogeneerde.

Het besluit uit het geheel van deze proeven is :

- a) de lange alifatische ketens bevatten minstens 2 % van het vitriniet en 15 % van het exiniet ;
- b) het hydrogeneren tast de scheikundige structuur slechts zwak aan, zoals de gematigde pyrolyse ;
- c) de bestudeerde vitriniet en exiniet bestaan waarschijnlijk uit aromatische 2-4-kernvormen zoals die welke men in de hydrogeneringsprodukten aantreft.

4. Structure en reaktiviteit in vaste toestand van kolen en cokes.

A. Adsorptie, inwendig oppervlak en poriënstructuur van kolen en cokes.

Verslaggever : Dr. H. JUENTGEN.

- a) Cinematica der adsorptie van polaire en niet polaire dampen op kolenmonsters van verschillende rang door J. KAWECKA, M. LASON.
- b) Theoretische grondslagen en proefondervindelijke resultaten betreffende de adsorptie van methaan door kolen door H.D. SCHILLING, H. JUENTGEN, W. PETERS.
- c) Systeem voor het meten van de oppervlakte van kolen door P.L. WALKER Jr., K.A. KINI.
- d) Toepassing van de glycerinemethode voor het bepalen van de oppervlakte van kolen door T. SIEMIENIEWSKA, J. WIECEK.
- e) Veranderingen in de karakteristieken van de oppervlakte van briketkolen bij thermische ontbinding door D. BROADBENT, D. DOLLIMORE, J. DOLLIMORE.
- f) Studie der ontwikkeling van de poriënstructuur van kolencokes tijdens het aktiveren door middel van waterdamp door P. CHICHE, J. COUE, S. DURIF, S. PREGERMAIN.
- g) Eigenschappen van de cokes van kolen van verschillende rang na gedeeltelijke vergassing door middel van waterdamp door H. JUENTGEN.

Dans toutes les mesures d'adsorption sur les charbons, on doit tenir compte du fait que le charbon renferme un système de pores ultrafins dont le diamètre est de dimensions moléculaires. Dans ce système de pores étroits, les molécules doivent d'abord pénétrer avant de pouvoir être adsorbées sur la surface interne constituée des parois de ces pores. L'adsorption proprement dite, relativement rapide, est donc précédée d'une diffusion lente qui détermine la vitesse du processus dans son ensemble. On sait que la vitesse de diffusion dans un système de pores est fonction de la largeur des pores et diminue avec une diminution du diamètre des voies d'accès. Les pores très étroits ne sont accessibles qu'à des molécules de gaz qui possèdent une certaine énergie d'activation. Ce processus de diffusion activée est caractérisée par le fait que le coefficient de diffusion dépend de la température, comme le montre l'équation suivante :

$$D = D_0 \cdot e^{-E_A/RT}$$

dans laquelle :

- D = coefficient de diffusion,
- D₀ = coefficient de diffusion à la temp. T = 0,
- E_A = énergie d'activation,
- R = constante des gaz,
- T = température absolue.

La validité de cette loi pour la sorption du méthane sur le charbon a été démontrée en 1956 par van Krevelen et ses collaborateurs. Ces recherches ont été ensuite étendues par d'autres chercheurs à la diffusion de l'eau, de l'oxygène, de l'azote et du CO₂ dans le charbon. Le calcul du coefficient de diffusion est basé sur la deuxième loi de Fick, intégrée et appliquée à une particule sphérique dans les conditions initiales correspondantes. On trouve, dans toutes les équations servant à ce calcul, un diamètre qui est égal au diamètre des grains quand il s'agit d'un corps homogène et isotrope, ce qui pré-suppose que la diffusion activée commencerait au pourtour du grain. En réalité, on peut douter que cette condition soit remplie car le charbon n'est pas un corps solide isotrope. On doit plutôt supposer que les molécules gazeuses remplissent d'abord relativement vite le système des macropores dispersés irrégulièrement dans le grain et qui donnent accès aux zones adjacentes des micropores dans lesquels elles ne peuvent pénétrer que lentement par diffusion activée. Dans pareil cas, ce n'est pas le diamètre du grain qui est essentiel pour le calcul du coefficient de diffusion, mais plutôt celui de ces zones restreintes et jusqu'ici le problème de la détermination de ce diamètre n'a pas encore été résolu de manière satisfaisante.

Telkens men adsorptiemetingen op kolen uitvoert, moet men er rekening mee houden dat de kolen een stelsel van uiterst kleine poriën bevatten, met moleculaire afmetingen. De molekulen moeten eerst in dit stelsel van fijne poriën binnendringen vooraleer te kunnen worden opgeslorpt door de inwendige oppervlakken die de wanden van de poriën vormen. De eigenlijke adsorptie die tamelijk vlug gaat wordt dus voorafgegaan door een trage diffusie waarvan de snelheid van de gehele processus afhangt. Men weet dat de diffusiesnelheid in een stelsel van poriën afhankelijk is van de breedte der poriën en vermindert wanneer de diameter van de toegangswegen afneemt. De zeer enge poriën zijn enkel toegankelijk voor gasmolekulen die een zekere aktiveringsenergie bezitten. Deze processus van geaktiveerde diffusie wordt gekenmerkt door het feit dat de diffusiecoëfficiënt afhangt van de temperatuur zoals blijkt uit de volgende formule :

$$D = D_0 \cdot e^{-E_A/RT}$$

waarin :

- D = diffusiecoëfficiënt.
- D₀ = diffusiecoëfficiënt bij temp. T = 0.
- E_A = aktiveringsenergie.
- R = gaskonstante.
- T = absolute temperatuur.

In 1956 werd de geldigheid van deze wet voor de adsorptie van methaan door kolen bewezen door van Krevelen en zijn helpers. Later werden hun werken voortgezet door andere zoekers op het gebied van de diffusie van water, van zuurstof, van stikstof en van CO₂ in kolen. De berekening van de diffusiecoëfficiënt is gebaseerd op de tweede wet van Fick, geïntegreerd en toegepast op een sferisch deeltje in overeenkomende beginvoorwaarden. Men vindt in al de vergelijkingen die bij deze berekening gebezigd worden een doormeter die gelijk is aan de doormeter van de korrel wanneer het gaat om een homogeen en isotroop voorwerp, waardoor verondersteld wordt dat de geaktiveerde diffusie een aanvang neemt aan de omtrek van de korrel. In werkelijkheid kan men eraan twijfelen of deze voorwaarde vervuld is, want kolen vormen geen isotrope vaste stoffen. Men moet eerder veronderstellen dat de gasmolekulen eerst op betrekkelijk korte tijd het stelsel opvullen van de makroporiën die op onregelmatige wijze de korrel doorkruisen en die toegang geven tot aanliggende zones van mikroporiën waar de molekulen slechts langzaam en door geaktiveerde diffusie kunnen binnendringen. In dat geval is niet de doormeter van de korrel van betekenis voor de berekening van de diffusiecoëfficiënt maar wel die van de beperkte zones en tot hier toe kon de doormeter daarvan nog niet op bevredigende wijze worden vastgesteld.

La communication présentée par Kawecka et Lason avait pour but d'étudier la question de savoir dans quelle mesure les coefficients de diffusion de substances polaires telles que le méthane et l'eau et de substances non polaires telles que l'hexane, dépendent du degré de saturation de la surface de charbon et de la nature de la texture poreuse du charbon. Leurs essais ont porté sur 4 échantillons, calibrés entre 0,12 et 0,15 mm, dont le rang comprenait une large gamme allant de l'anhracite jusqu'aux flambants. La structure de ces charbons est essentiellement caractérisée par les valeurs de leur surface — mesurée au crypton à -196°C et au méthanol à 20°C — de leur densité, de la porosité et du volume des pores, déterminés par adsorption d'eau ou de méthanol. Les coefficients de diffusion ont été déterminés dans un manostat à 20°C pour trois niveaux de saturation variant entre 0 et 0,9. Les valeurs ont été calculées deux fois, d'abord à l'aide du rayon des grains et ensuite à l'aide du rayon équivalent, dérivé de la surface qui, à son tour, est déterminée par adsorption de crypton.

Pour démontrer la dépendance du coefficient de diffusion de la concentration du gaz, les auteurs ont pris pour exemple l'adsorption d'eau. Pour tous les charbons étudiés, les coefficients de diffusion passaient par un maximum avec l'accroissement de la concentration. Lorsqu'on calcule le vrai coefficient de la diffusion à l'aide du facteur d'adsorption, le maximum disparaît et on obtient une diminution régulière du coefficient de diffusion avec l'accroissement de la concentration. Une observation digne d'un intérêt particulier est la relation constatée entre le vrai coefficient de diffusion et la porosité : comme la théorie le stipule, le coefficient augmente en effet avec la porosité.

Ces mesures trouvent un pendant intéressant dans les résultats de Schilling, Jüntgen et Peters, qui ont déterminé les coefficients de diffusion par adsorption de méthane. Leurs essais ont porté sur deux charbons de nature différente, un anhracite et un charbon flambant, pour lesquels ils ont étudié systématiquement la corrélation entre la vitesse de diffusion et le calibre des grains. Pour l'anhracite, ils ont pu confirmer que la vitesse de diffusion est en effet fonction du calibre, conformément à la théorie. On peut donc supposer que la diffusion activée commence déjà au pourtour des grains, de sorte que le choix du diamètre du grain pour le calcul des coefficients de diffusion est justifié dans ce cas.

Les choses sont différentes pour le charbon flambant. Bien qu'il fût possible d'établir ici également une relation exacte entre la granulométrie et le temps nécessaire pour atteindre un certain degré de saturation, l'influence de la granulométrie était plus faible que l'on ne devait s'y attendre théoriquement. Cette observation semble indiquer que le charbon flambant gras renferme un système de macropores

In de voordracht van Kawecka en Lason werd de vraag bestudeerd in welke mate de diffusiecoëfficiënten van polaire stoffen zoals methaan en water en van niet polaire zoals hexaan afhankelijk zijn van de verzadigingsgraad aan de oppervlakte der kolen en van de natuur der poriënstructuur van de kolen. Hun proeven liepen over vier kolenmonsters van kalibers 0,12 tot 0,15 mm, met uiteenlopende rang van antraciet tot vlamkolen. Het voornaamste kenmerk van de structuur dezer kolen is de waarde van hun oppervlakte — gemeten met crypton op -196°C en met methanol op 20°C — van hun dichtheid, hun porositeit en het poriënvolume, bepaald door de adsorptie van water en methanol. De diffusiecoëfficiënten werden bepaald in een manostat op 20°C voor drie verzadigingsniveaus tussen 0 en 0,9. De waarden werden twee maal gemeten, een eerste maal met behulp van de straal van de korrels, een tweede maal met behulp van de equivalente straal, afgeleid van de oppervlakte, die op haar beurt werd bepaald door de adsorptie van crypton.

Om aan te tonen dat de diffusiecoëfficiënt afhangt van de gasconcentratie hebben de auteurs het voorbeeld genomen van adsorptie van water. Voor elk der bestudeerde kolensoorten gaan de diffusiecoëfficiënten door een maximum wanneer de concentratie toeneemt. Wanneer men de werkelijke diffusiecoëfficiënt berekent met behulp van de adsorptiefactor verdwijnt het maximum en ziet men de diffusiecoëfficiënt regelmatig verminderen bij toenemende concentratie. Zeer belangwekkend is de vaststelling dat er verband bestaat tussen de werkelijke diffusiecoëfficiënt en de porositeit : zoals de theorie het leert neemt de coëfficiënt toe samen met de porositeit.

Deze metingen vinden een interessante tegenhanger in de resultaten bekomen door Schilling, Jüntgen en Peters, die de diffusiecoëfficiënten bepaald hebben door adsorptie van methaan. Hun proeven hadden betrekking op twee kolensoorten van verschillende aard, antraciet en vlamkolen, voor welke soorten ze een systematische studie hebben gemaakt van het verband tussen de diffusiesnelheid en de korrelgrootte. Voor antraciet hebben ze kunnen bewijzen dat de diffusiesnelheid een functie is van de korrelgrootte zoals de theorie het wil. Men mag dus veronderstellen dat de geactiveerde diffusie reeds aan de omtrek van de korrels begint, zodat de keuze van de doormeter der korrels voor de berekening van de diffusiecoëfficiënten in dat geval gerechtvaardigd is.

Voor vlamkolen liggen de zaken anders. Alhoewel hier ook een juist verband tussen de korrelgrootte en de tijd nodig voor het bereiken van een zekere verzadigingsgraad kon vastgesteld worden, was de invloed van de korrelgrootte geringer dan men theoretisch verwacht had. Dit laat veronderstellen dat de vlamkolen een stelsel van makroporiën bevatten

à partir duquel progresse la diffusion activée et c'est pourquoi les auteurs ont renoncé à indiquer un coefficient de diffusion pour ce charbon. Cet état de choses est confirmé par une étude comparative des deux charbons à l'aide du porosimètre à mercure qui révèle dans le charbon flambant gras un système de macropores (rayon $> 1.000 \text{ \AA}$) d'un volume total 5 fois plus grand que dans l'antracite.

Les divergences des valeurs trouvées par les différents auteurs montrent clairement dans quelle mesure l'ordre de grandeur du coefficient de diffusion dépend du rayon choisi pour le calcul. Une comparaison des valeurs de ces coefficients de diffusion, déterminés à l'aide du rayon équivalent, aurait donc peu de sens, étant donné que la surface interne du système de macropores a été mesurée différemment.

La mesure de la surface interne de la houille présente de nombreuses difficultés. Aussi, toutes les courbes représentant la surface du charbon en fonction du rang et qui passe d'ailleurs par un minimum dans le domaine des charbons gras, montrent la forte dispersion des valeurs mesurées.

Il semble cependant que cette dispersion importante ne serait pas seulement due aux difficultés des mesures, mais aussi vraisemblablement à l'existence, à côté du rang, d'autres paramètres.

Walker et Kini ont déterminé la surface par adsorption de CO_2 . L'énergie d'activation de diffusion de ce gaz est relativement faible, ce qui permet de couvrir la totalité de la surface à la température de 25°C , en 30 minutes seulement. Ils ont mesuré l'adsorption volumétriquement sous des pressions allant jusqu'à 5 kg/cm^2 , après dégazage préalable à 150°C de l'échantillon calibré entre 43 et 74 microns, le volume mort étant déterminé par sorption d'hélium. Le sphéron 6 ayant été utilisé comme gaz de références pour le calcul de l'espace occupé par les molécules de CO_2 à 25°C , les auteurs ont trouvé la valeur de $25,8 \text{ \AA}^2$. Les valeurs obtenues à l'aide du CO_2 sont nettement plus élevées que les surfaces dérivées de l'adsorption des autres gaz.

En outre, dans la gamme des matières volatiles comprises entre 30 et 40 %, les valeurs obtenues par adsorption de CO_2 à 25°C sont sensiblement plus élevées que celles obtenues avec le même gaz à -78°C , ce qui correspond à la théorie de la diffusion activée. Dans le domaine des anthracites et des charbons très volatils, le phénomène inverse se manifeste, ce qui serait dû, d'après les auteurs, à des anomalies de l'espace occupé par les molécules de CO_2 adsorbées — question sur laquelle des études complémentaires sont en cours.

Un but différent a été poursuivi par Siemieniewska et Wiecek, qui ont cherché à déterminer la

van waaruit de geactiveerde diffusie optreedt; daarom hebben de auteurs er van af gezien voor deze kolen een diffusiecoëfficiënt op te stellen. Deze toestand wordt nog bevestigd door een vergelijkende studie van twee kolensoorten door middel van een kwikporositeitsmeter waaruit blijkt dat in vlamkolen een stelsel van makroporiën (straal $> 1000 \text{ \AA}$) bestaat dat vijfmaal groter is dan van antraciet.

Uit het verschil in de waarden die door verschillende auteurs gevonden werden blijkt duidelijk van hoeveel belang de voor de berekening gekozen straal is voor de grootteorde van de diffusiecoëfficiënt. Een vergelijking tussen de waarden van deze diffusiecoëfficiënten die bepaald zouden zijn door middel van de aequivalente straal heeft dus niet veel zin, vermits de inwendige oppervlakte van het makroporiënstelsel op verschillende wijzen gemeten is.

Het meten van de inwendige oppervlakten van kolen gaat gepaard met veel moeilijkheden. De krommen die de oppervlakte van de kolen geven in functie van hun rang en die trouwens alle een minimum vertonen voor de vette kolen, vertonen onderling sterke afwijkingen.

Toch schijnt het dat deze afwijkingen niet enkel aan moeilijkheden bij het meten te wijten zijn, maar waarschijnlijk ook aan het bestaan van andere parameters dan de rang.

Walker en Kini hebben de oppervlakte bepaald door adsorptie van CO_2 . De aktiveringsenergie bij de diffusie van dit gas is betrekkelijk gering, zodat de volledige oppervlakte kon overdekt worden bij een temperatuur van 25°C in slechts 30 minuten. Ze hebben de volumetrische adsorptie gemeten onder drukken gaande tot 5 kg/cm^2 , na voorafgaande ontgassing op 150°C van een monster met korrels begrepen tussen 43 en 74 mikron; het dode volume werd bepaald door adsorptie van helium. Met sferon 6 als referentiegas voor het berekenen van de ruimte ingenomen door de molekulen van het CO_2 bij 25°C hebben de auteurs een waarde gevonden van $25,8 \text{ \AA}^2$. Met CO_2 bekomt men merkkelijk grotere waarden dan door de adsorptie van andere gassen.

In de gamma der vluchtige bestanddelen tussen 30 en 40 % zijn de waarden bekomen met adsorptie van CO_2 op 25°C bij voorbeeld merkkelijk hoger dan die bekomen met hetzelfde gas op -78°C hetgeen de theorie van de geactiveerde diffusie bevestigt. In het domein van antraciet en zeer vluchtige kolen doet zich het omgekeerde voor, hetgeen volgens de auteurs zou te wijten zijn aan anomalieën in de ruimte waarin de geadsorbeerde CO_2 -molekulen zich bevinden; aanvullende studies zijn omtrent deze vraag in gang.

Anders was het doel van Siemieniewska en Wiecek, die getracht hebben de oppervlakte van de ma-

surface des macropores à l'aide de la glycérine. Leurs essais ont porté sur des charbons de rang et de granulométrie différents et les valeurs obtenues par adsorption de glycérine ont été comparées aux résultats obtenus par adsorption d'azote à 83° C. La surface est dérivée du poids de glycérine adsorbée à 100° C en supposant qu'un gramme de glycérine correspond à une surface de 1913 m². La granulométrie des charbons variait entre 0,063 et 1,5 mm. Des expériences additionnelles ont porté sur une tranche granulométrique plus fine obtenue par broyage de la fraction inférieure à 0,063 mm dans un broyeur à boulets pendant 3 heures.

L'ordre de grandeur des surfaces déterminées, soit à la glycérine, soit à l'azote, est à peu près le même dans les deux cas. De plus, le graphique donné par les auteurs révèle la grande influence de la granulométrie sur l'une et l'autre des deux méthodes de détermination. L'échantillon finement broyé donne des surfaces à peu près 10 fois plus larges, surtout dans les charbons de rang élevé et, dans la même catégorie granulométrique, on observait aussi que la relation entre la surface et le rang était tout à fait différente, selon que la surface avait été déterminée à l'azote ou à la glycérine. La forte augmentation de la surface déterminée à la glycérine est expliquée par les auteurs par la possibilité de formation de liaisons hydrogène dans les charbons riches en oxygène.

D. Broadbent, D. Dollimore et J. Dollimore ont étudié la variation de la surface au cours de la décomposition thermique du charbon et en ont déduit des conclusions relatives à la formation de métaplaste et à l'émission de gaz.

Les auteurs ont décomposé à 300 et 500° C des échantillons de charbon briquetés et déterminé les surfaces par adsorption d'azote. En même temps, les pertes en poids correspondantes ont été déterminées. A 300 comme à 500° C, la surface diminuait au premier stade de la décomposition thermique, passait par un minimum et recommençait à augmenter après un chauffage prolongé, le redressement étant beaucoup plus prononcé à 500° C qu'à 300° C.

Suivant les auteurs, si l'on connaît le volume de métaplaste formé en fonction du temps, on peut calculer, à l'aide d'un rayon moyen de pores, la variation de la surface au cours du traitement thermique.

En admettant plusieurs formules possibles qui expriment la relation entre le temps et la formation du métaplaste ou la décomposition, on peut vérifier quelle formule mène à la meilleure concordance entre les surfaces calculées et mesurées et cette formule doit alors être regardée comme la loi qui détermine la cinétique de la formation de métaplaste. Des considérations similaires peuvent être appliquées à l'émission primaire et secondaire de gaz.

Chiche, Coué, Durif et Prégermain rendent compte de l'état des travaux préliminaires destinés

kroporiën te bepalen met behulp van glycerine. Zij behandelden kolen van verschillende rang en korrelgrootte en vergeleken de waarden bekomen door adsorptie van glycerine met die bekomen door de adsorptie van stikstof op 83° C. De oppervlakte wordt afgeleid uit het gewicht van de op 100° C opgeslorpte glycerine, in de veronderstelling dat 1 gram glycerine overeenkomt met 1913 m². De korrelgrootte van de kolen ging van 0,063 tot 1,5 mm. Bijkomende proeven hadden betrekking op een fijnere fraktie, bekomen door het malen van de fraktie beneden 0,063 mm gedurende drie uur in een kogelbreker.

De grootteorde van de bepaalde oppervlakten, of ze nu met glycerine of met stikstof berekend werden, is in beide gevallen ongeveer dezelfde. Bovendien volgt uit de grafiek die de auteurs geven dat de korrelgrootte bij beide methoden een grote invloed heeft. Het fijn gemalen monster geeft ongeveer 10 maal grotere oppervlakken vooral in de kolen van hogere rang; bij eenzelfde korrelgrootte stelde men vast dat het verband tussen oppervlakte en rang totaal verschillend was naargelang de oppervlakte was bepaald met behulp van stikstof of glycerine. Dat de oppervlakte zoveel groter wordt met glycerine zou volgens de auteurs te wijten zijn aan de mogelijkheid van waterstofbindingen in de zuurstofrijke kolen.

Broadbent, Dollimore en Dollimore bestudeerden de wijzigingen in het oppervlak tijdens de thermische ontbinding van de kolen en trokken daaruit besluiten aangaande de vorming van metaplast en de gasontwikkeling.

Zij hebben monsters van briketkolen ontbonden op 300 en 500° C en de oppervlakten gemeten met behulp van stikstof. Terzelfdertijd werden de overeenkomstige verminderingen van gewicht gemeten. Zowel op 300 als op 500° C verminderde het oppervlak tijdens het eerste stadium van de thermische ontbinding, om door een minimum te gaan en na een volgehouden verwarming opnieuw toe te nemen, hetgeen veel sneller gebeurde op 500 dan op 300° C.

Wanneer men het volume kent van het metaplast dat gevormd wordt in functie van de tijd kan men volgens de auteurs de verandering van de oppervlakte tijdens de thermische behandeling berekenen met behulp van de gemiddelde straal van de poriën.

Aangenomen dat er verschillende formules mogelijk zijn om het verband uit te drukken tussen de tijd en de vorming van het metaplast of de ontbinding, dan kan men nagaan welke formule het best overeenkomt met de berekeningen en metingen, en deze formule moet dan beschouwd worden als de wet van de cinematica die tijdens de vorming van het metaplast van toepassing is. Soortgelijke overwegingen zijn geldig bij de eerste en de tweede gasontwikkeling.

Chiche, Coué, Durif en Prégermain handelen over de voorbereidende werken die tot doel hebben

à élucider le mécanisme de l'activation des cokes par la vapeur d'eau à une température voisine de 900° C. L'étude de ce mécanisme et, en particulier, des toutes premières étapes du phénomène, a été menée en comparant à différents taux de gazéification, les valeurs des surfaces internes obtenues, soit d'après la diffusion des rayons X aux petits angles qui permet d'atteindre les pores ouverts ou fermés, soit d'après l'adsorption d'azote à basse température dans laquelle les phénomènes d'accessibilité jouent parfois un rôle primordial. Ces mesures ont été complétées par la détermination des densités à l'hélium et au mercure, des quantités d'hélium adsorbé à la température de l'azote liquide et de la porosité au mercure.

L'ensemble des résultats obtenus montre que la texture du charbon actif est presque totalement préexistante sur le matériau initial après carbonisation, l'activation n'ayant pour effet que de la révéler en permettant aux molécules d'adsorbant d'y accéder par agrandissement du diamètre des pores.

En outre, de nombreuses observations permettent de penser que l'activation d'un coke s'accompagne de la gazéification, à partir de la surface externe des grains, d'une fraction plus ou moins importante de carbone qui disparaît ainsi sans contribuer à l'augmentation de la surface.

Jüntgen a étudié le processus de gazéification partielle en fonction du rang. L'activation réalisée dans un four tournant était effectuée, soit sur un charbon granulaire lorsque la teneur en matières volatiles était inférieure à 20 % ou supérieure à 35 %, soit sur des agglomérés au brai dans le cas de charbon gras ou à gaz. Après activation, on déterminait la densité en vrac, la résistance au choc, l'abrasion, l'isotherme du benzol et, à l'aide de la porosimétrie au mercure, le volume total des pores supérieurs à 100 Å et inférieurs à 50 microns. C'est en premier lieu par la formation des macropores que se traduit l'influence du rang sur le processus de la gazéification partielle. Pour le même taux de gazéification, la macroporosité augmente sensiblement avec la diminution du rang. Le système des micropores, par contre, ne dépend que relativement peu du rang pour le même taux de gazéification.

Les résultats présentent un intérêt par exemple pour la production de cokes adsorbants, étant donné qu'on peut obtenir une porosité quelconque par un choix approprié du charbon de départ et du taux de gazéification. D'autre part, les relations entre la

meier licht te werpen op het mechanisme van het aktiveren van cokes door middel van waterdamp op een temperatuur van ongeveer 900° C. Het mechanisme en meer speciaal de eerste trappen van het fenomeen werden bestudeerd door vergelijking in de verschillende standen van vergassing van de waarde der inwendige oppervlakken; deze werden bekomen hetzij door diffusie van X-stralen onder een kleine hoek, waardoor zowel de gesloten als de open poriën worden bereikt, hetzij door de adsorptie van stikstof op lage temperatuur, waarin de graad van toegankelijkheid vaak een overwegende rol speelt. Deze metingen werden aangevuld met de bepaling van de dichtheid met behulp van helium en kwik, van de hoeveelheid helium die op de temperatuur van vloeibare stikstof werd opgeslorpt, en van de porositeit van het kwik.

Uit het geheel van de uitslagen blijkt dat de textuur van de aktieve kolen in bijna ongewijzigde vorm bestaat in het oorspronkelijk materiaal voor de carbonisatie; de aktivering heeft enkel voor gevolg dat ze duidelijker uitkomt: door verwijding van de doormeter der poriën kunnen de geadsorbeerde molekulen er beter in doordringen.

Bovendien wint na talrijke waarnemingen de mening veld dat het aktiveren van cokes samengaat met de vergassing van een min of meer belangrijke hoeveelheid koolstof, en dit van op de uitwendige oppervlakken der korrels, zodat deze koolstof geen verder aandeel meer heeft in het vergroten van de oppervlakte.

Jüntgen heeft zijn aandacht gewijd aan de proces van de gedeeltelijke vergassing in functie van de rang. Het aktiveren gebeurde in een draaiende oven, op korrelige kolen wanneer het gehalte aan vluchtige bestanddelen minder bedroeg dan 20 % of meer dan 35 %, op teeragglomeraten voor vette en gaskolen. Na het aktiveren bepaalde men de dichtheid onverpakt, de schokweerstand, de sleetweerstand, de benzolisotherme en het totale volume van de poriën boven de 100 Å en onder de 50 mikron, dit laatste door meting van de porositeit door middel van kwik. De invloed van de rang op de proces van gedeeltelijke vergassing is op de eerste plaats merkbaar in de vorming van de makroporiën. Voor eenzelfde graad van vergassing neemt de makroporositeit aanzienlijk toe bij vermindering van de rang. Het stelsel van de mikroporiën hangt daarentegen voor een bepaalde graad van vergassing betrekkelijk weinig af van de rang.

Deze resultaten hebben een zeker belang, bij voorbeeld bij de produktie van absorberende cokes, vermits men een willekeurige porositeit kan bekomen door het kiezen van geschikte grondstof en de gepaste graad van vergassing. Anderzijds kunnen de betrekkingen tussen de porositeit van de grondstof

porosité du charbon de départ et du produit activé peuvent servir à la caractérisation de la structure poreuse de charbons de rang différent.

B. Oxydation par l'air, combustion, gazéification.

Rapporteur : Dr. W. PETERS.

- a) Sur le rôle des propriétés électrochimiques des charbons vis-à-vis de l'inflammation spontanée et sur l'action de transformations secondaires sur les propriétés électriques des charbons par P. TAKACS, M. ACS.
- b) De la cinétique de l'oxydation de la houille dans un domaine de température de 30° à 100° C par H. MUENZNER.
- c) Effet de la température et du degré d'oxydation sur la chaleur de réaction des charbons avec l'oxygène par W. OLPINSKI, R. DOBRZANSKI.
- d) Sur le mécanisme de la désulfurisation de charbon dans un courant de gaz par V. CINDEA-MUNTEAN.
- e) Contribution à l'étude de la gazéification par l'oxygène de divers carbones par H. GUERIN, P. REBAUDIERES, M. FRANÇOIS.
- f) Combustion de simples particules de charbon par A.S. KALLEND, M.A. NETTLETON.
- g) Etude cinétique de la réaction de gazéification des cokes par CO₂ à 1000° C et sous une pression totale de 1 bar par C. HEUCHAMPS.
- h) De la cinétique de réaction de la gazéification sous pression du carbone par le mélange H₂O-H₂ par K. HEDDEN, G. MIENKINA.

Il existe une littérature abondante sur l'oxydation du charbon par l'oxygène et surtout par l'air. Dans la plupart des cas, les questions étaient liées à des problèmes techniques tels que la prévention des feux de mine ou le changement des propriétés techniques des charbons, surtout des charbons à coke.

C'est dans cet ordre d'idées que Takacs et ACS ont mesuré le potentiel électrochimique, la conductivité électrique et la constante diélectrique d'une série de charbons de rang et de degré d'oxydation différents. Pour mesurer le potentiel, les auteurs plaçaient des électrodes de platine, soit dans le front d'abattage, soit dans des morceaux de charbon. Les valeurs trouvées varient entre 30 et 70 mV suivant le degré de houillification et la teneur en oxygène dans l'atmosphère ambiante. Les auteurs en tirent la conclusion que le premier stade de la combustion spontanée doit être considéré comme une réaction avec l'oxygène dissous dans l'eau d'humidité du charbon. Au cours de ce processus, le charbon se

en het geactiveerd produkt inlichtingen verschaffen omtrent de poriënstructuur van kolen van verschillende rang.

B. Oxydatie aan de lucht, verbranding vergassing.

Verslaggever : Dr. W. PETERS.

- a) De rol van de elektrochemische eigenschappen van de kolen in verband met de zelfontvlaming en de invloed van secundaire transformaties op de elektrische eigenschappen van de kolen door P. TAKACS, M. ACS.
- b) De cinematica van de oxydatie der kolen in het temperatuurbereik van 30 tot 100° C door H. MUENZNER.
- c) Invloed van de temperatuur en de graad van oxydatie op de reaktiewarmte van kolen met zuurstof door W. OLPINSKI, R. DOBRZANSKI.
- d) Het mechanisme van het ontzwellen van kolen in gasstroom door V. CINDEA-MUNTEAN.
- e) Bijdrage tot de studie van de vergassing door zuurstof van verschillende koolstofsoorten door H. GUERIN, P. REBAUDIERES, M. FRANÇOIS.
- f) Verbranding van enkelvoudige kooldeeltjes door A.S. KALLEND, M.A. NETTLETON.
- g) Cinematische studie der vergassingsreactie van cokes door CO₂ op 1000° C onder een druk van 1 bar door C. HEUCHAMPS.
- h) De cinematica van de vergassingsreactie onder druk van koolstof door het mengsel H₂O-H₂ door K. HEDDEN, G. MIENKINA.

Er bestaat een overvloed van literatuur over de oxydatie van kolen door zuurstof en vooral door lucht. In de meeste gevallen ging het over technische problemen zoals het voorkomen van mijnvuren en de verandering van de technische eigenschappen van kolen, vooral cokeskolen.

In dezelfde gedachtengang hebben Takacs en ACS metingen verricht omtrent de elektrochemische potentiaal, de elektrische geleidbaarheid en de dielektrische konstante van een reeks kolen van verschillende rang en oxydatiegraad. Om de potentiaal te meten plaatsten de auteurs platina elektroden in het winfront of in een brok kolen. De resultaten gingen van 30 tot 70 mV volgens de graad van inkoling en het zuurstofgehalte van de omringende lucht. De auteurs trekken hieruit het besluit dat het eerste stadium van de zelfontvlaming moet beschouwd worden als een reactie met de zuurstof die opgelost is in het vochtwater der kolen. Tijdens dit proces gedraagt de kolenmassa zich als een polymeer met uitwisseling van elektronen waarvan de potentiaal op elk ogenblik bepaald wordt door de omkeerbare stelsels Redox, terwijl haar opsloringsvermogen ten

comporte comme un polymère à échange d'électrons dont le potentiel momentané est déterminé par les systèmes Redox réversibles, tandis que son pouvoir adsorbant vis-à-vis de l'oxygène est fonction des groupes fonctionnels oxydables irréversiblement. Cette théorie explique l'influence catalytique de la pyrite et du fusain lors de la combustion spontanée. Par contre, les mesures de la conductivité n'étaient guère affectées par l'humidité superficielle ou par les cendres. Les réactions thermiques qui se produisent dans la couche étaient responsables d'une augmentation sensible de la conductivité et de la constante diélectrique des charbons flambants étudiés, alors que les variations causées par l'oxydation sont beaucoup plus faibles.

Münzner, par passage d'un débit d'air faible mais constant dans un tube de verre rempli de charbon pulvérisé et maintenu à une température uniforme, a déterminé la vitesse d'oxydation de plusieurs houilles à des températures comprises entre 30 et 100° C. L'allure des courbes représentant la vitesse d'oxydation en fonction du temps indique les mêmes phases de réaction que Sommers et Peters ont observées à des températures plus élevées. A part le début de la courbe, la vitesse d'oxydation diminue proportionnellement à la racine carrée du temps d'oxydation. Cette observation confirme que, dans ce domaine de température, l'oxydation est également déterminée essentiellement par la diffusion de l'oxygène dans le charbon à partir du système des macropores facilement accessibles. En outre, la vitesse d'oxydation augmente avec la diminution du rang du charbon, ce qui est probablement dû au fait que la surface interne, plus grande, est plus facilement accessible. La courbe de la vitesse d'oxydation en fonction de la température permet d'en tirer les valeurs de l'énergie d'activation apparente de l'oxydation et de celles-ci on peut calculer l'énergie d'activation de diffusion. Ces valeurs sont situées entre 12 et 25 kcal/mole, décroissant avec le rang, et correspondent d'ailleurs à celles trouvées pour des températures supérieures à 150° C. La formation des produits oxygénés n'est pas encore tout à fait éclaircie. La formation de CO et de CO₂ immédiatement après le début de l'oxydation et l'ordre de grandeur de l'énergie d'activation suggèrent que le dégagement des produits d'oxydation est également déterminé par la diffusion activée à travers la texture du charbon.

Le facteur déterminant pour la naissance d'un feu de mine est l'évolution de chaleur au cours de l'oxydation plutôt que la vitesse d'oxydation. Dans cet ordre d'idées, Olpinski et Dobrzanski ont mesuré la chaleur d'oxydation de charbons dans un calorimètre jumelé à température uniforme. Le CO et le CO₂ formés dans l'oxydation étaient déterminés par méthode conductométrique. Les résultats étaient

opzichte van zuurstof functie is van de niet-omkeerbare oxydeerbare functionele groepen. Door deze theorie wordt de katalytische invloed van pyriet en fusiet bij zelfontvlaming verklaard. Daarentegen werd de geleidbaarheid hoegenaamd niet door de oppervlaktevochtigheid of de assen beïnvloed. De in de laag voorkomende thermische reacties veroorzaakten een gevoelige verhoging van de geleidbaarheid en de dielektrische konstante van de bestudeerde vlamkolen terwijl de door de oxydatie veroorzaakte schommelingen veel geringer zijn.

Münzner heeft de snelheid vastgesteld waarmee verschillende kolensoorten oxyderen op temperaturen begrepen tussen 30 en 100° C, wanneer men een zwakke doch konstante luchtstroom door een glazen buis laat gaan, die gevuld is met poederkool en op een konstante temperatuur gehouden wordt. De vorm van de krommen van de oxydatiesnelheid in functie van de tijd duiden op het bestaan van dezelfde reactiefazen als die welke Sommers en Peters hebben waargenomen bij hogere temperaturen. Behalve in het begin van de kromme vermindert de oxydatiesnelheid omgekeerd evenredig met de vierkantswortel uit de oxydatietijd. Dit bevestigt dat de oxydatie in dit temperatuurgebied eveneens in hoofdzaak wordt geregeld door de diffusie van de zuurstof in de kolen langs het net van gemakkelijk te bereiken makroporiën. Daarenboven neemt de oxydatiesnelheid toe bij lagere rang van de kolen, waarschijnlijk een gevolg van het feit dat de grotere inwendige oppervlakte beter toegankelijk is. Uit de kromme van de oxydatiesnelheid in functie van de temperatuur kan de waarde van de schijnbare aktiveringsenergie worden afgeleid, en hieruit dan weer de diffusieaktiveringsenergie. Deze waarden liggen tussen 12 en 25 kcal/mol, verminderen met de rang, en komen overigens overeen met deze gevonden voor temperaturen boven de 150° C. De kwestie van de vorming der geoxydeerde produkten is nog niet volledig opgehelderd. Het feit dat onmiddellijk na het begin van de oxydatie CO en CO₂ gevormd worden en de orde van grootte van de aktiveringsenergie schijnen er op te wijzen dat ook de ontwikkeling van oxydatieprodukten bepaald wordt door de geaktiveerde diffusie doorheen de kolentextuur.

De hoofdfaktor voor het ontstaan van een mijnvuur is niet zozeer de oxydatiesnelheid maar de ontwikkeling van de warmte in de loop van de oxydatie. Voortgaande in die gedachtengang hebben Olpinski en Dobrzanski de oxydatiewarmte van kolen gemeten in een tweelingscalorimeter met konstante temperatuur. Het tijdens de oxydatie gevormde CO en CO₂ werden gemeten door middel van de geleidbaarheid. De resultaten werden uitgedrukt in hoeveelheden warmte (in kcal/Nml) voortgebracht door een eenheid zuurstof gedurende een oxydatieperiode van 240 of 500 uren. De isothermen van 30 en 70° C wijzen er op dat het thermisch

exprimés en quantité de chaleur (en kcal/Nml) produite par unité d'oxygène transformé au cours de périodes d'oxydation de 240 ou 500 heures. Les isothermes déterminés à 30° et 70° C indiquent que l'effet thermique de la réaction à température constante diminue au cours de l'oxydation et, pour un même degré d'oxydation, il est sensiblement plus petit à 30° qu'à 70° C. L'augmentation de la température ne doit donc pas entraîner la formation de liaison plus forte pour l'oxygène adsorbé à plus basse température et l'oxydation du charbon se réalise après augmentation de la température sans effet thermique additionnel. Ceci prouve que l'oxygène adsorbé à basse température ne possède pas une haute activité chimique, tout au moins vis-à-vis du charbon.

Au point de vue cinétique, les essais de désulfuration de charbons ou de semi-coke à l'aide de réactifs gazeux effectués par V. Cindea-Muntean sont en quelque sorte comparables à l'oxydation du charbon puisqu'une partie seulement des constituants des molécules du charbon entre en réaction sélective. Passant en revue la littérature bien connue sur ce sujet, Cindea-Muntean objecte aux théories y avancées qu'elles surestiment l'effet spécifiquement chimique des agents gazeux de désulfuration. Il croit plutôt que ce sont en premier lieu les propriétés physiques et chimiques du semi-coke qui déterminent l'effet de désulfuration, le facteur décisif étant la diffusion du gaz réagissant dans la texture du semi-coke. C'est pourquoi il étudie surtout le système de pores qui se forme au cours de la pyrolyse.

Pour étayer cette hypothèse, il a fait des essais de dégazage et de désulfuration en lit fluidisé avec trois mélanges de gaz différents. Les résultats peuvent être résumés comme suit.

Une diminution du temps de dégazage, par exemple par réduction de la granulométrie de l'échantillon, se traduit par une augmentation de l'effet de désulfuration, le dégazage rapide donnant naissance à un système de larges pores plus facilement accessibles à l'agent désulfurant. Pendant 20 minutes de traitement, l'effet de désulfuration reste presque constant.

L'influence de la composition du gaz désulfurant est également imputable à la texture poreuse ; un taux de combustion plus élevé, par oxydation ou par gazéification, améliore en tout cas l'effet de désulfuration par suite de la meilleure accessibilité du système poreux. L'efficacité particulière de la vapeur d'eau est attribuée par l'auteur au fait que la pyrolyse en vapeur d'eau a pour effet d'ouvrir des canaux de passage plus larges, puisqu'il y a moins de résidus de crackage qui se déposent sur les parois des pores.

Guérin, Rebaudières et François ont procédé à des essais de gazéification par l'oxygène de divers

effekt van de reactie op konstante temperatuur afneemt in de loop van de oxydatie en voor eenzelfde graad van oxydatie ; het is merkkelijk kleiner op 30 dan op 70° C. Bij temperatuurstijging komt er bijgevolg geen sterkere binding tot stand voor de reeds op lagere temperatuur opgeslorpte zuurstof en het oxyderen van de kolen loopt na vermeerdering van de temperatuur verder zonder bijkomend thermisch effect. Dit bewijst dat de op lage temperatuur opgeslorpte zuurstof geen hoge scheikundige activiteit bezit, ten minste niet tegenover de kolen.

De proeven op ontzwaveling van kolen of half-cokes door middel van gasvormige reagentia, uitgevoerd door V. Cindea-Muntean zijn uit kinetisch oogpunt in zekere zin vergelijkbaar met de oxydatie van kolen vermits slechts een gedeelte van de koolmolekulen aan een selectieve reactie deelneemt. Cindea-Muntean overloopt de reeds bestaande geschriften over dit onderwerp en maakt daarbij de opwerping dat het specifiek scheikundig effect van de gasvormige agentia voor de ontzwaveling wordt overschat. Volgens hem wordt het ontzwavelings-effect vooral bepaald door de fysieke en scheikundige eigenschappen van de half-cokes, en is de beslissende faktor de diffusie van het reagerend gas doorheen de textuur van de half-cokes. Daarom wijdt hij bijzondere aandacht aan het poriënstelsel dat tijdens de pyrolyse gevormd wordt.

Om deze hypothese te steunen heeft hij ontgassings- en ontzwavelingsproeven verricht in bewegend bed met drie verschillende gasmengsels. De uitslagen kunnen als volgt worden samengevat.

Een vermindering van de ontgassingstijd, bij voorbeeld door vermindering van de korrelgrootte van het monster, brengt een vermeerdering van het ontzwavelingseffect mee, aangezien het snel ontgassen een breed poriënstelsel veroorzaakt dat voor het ontzawelend reagens beter toegankelijk wordt. Tijdens een behandeling van 20 minuten blijft het ontzwavelend effect bijna konstant.

Wanneer de samenstelling van het ontzwavelend gas een zekere invloed heeft is dit ook te wijten aan de poriëntextuur ; een snellere verbranding, door oxydatie of vergassing, heeft in elk geval een gunstige invloed op de ontzwaveling omdat het poriënsysteem meer toegankelijk wordt. De doeltreffendheid van waterdamp wordt door de auteur toegeschreven aan het feit dat de pyrolyse in waterdamp bredere kanalen opent, daar er minder crackingsafvalstoffen zijn om zich op de wanden van de poriën vast te zetten.

Guérin, Rebaudières en François hebben proeven van vergassing door zuurstof uitgevoerd op verschillende cokesmonsters, op verschillende temperaturen,

échantillons de cokes, à plusieurs températures, en faisant varier la granulométrie dans un large domaine afin de déterminer les conditions pour lesquelles la réaction s'opère en régime chimique.

Ils ont proposé une interprétation des résultats obtenus, basée sur des mesures de la surface interne de ces produits et sur l'étude de ses variations en fonction du diamètre des pores.

On constate en particulier que les réactivités à 500° C, rapportées à l'unité de surface B.E.T. de divers cokes métallurgiques, varient très peu avec le degré d'usure et sont pratiquement égales, ce qui démontre que les différences de réactivités proviennent dans ce cas de la texture.

Un coke de brai examiné par ailleurs présente une réactivité du même ordre de grandeur que celle de ces cokes, mais si on la rapporte à l'unité de surface B.E.T., on note qu'elle est beaucoup plus élevée.

On a pu ainsi procéder à la comparaison absolue des réactivités des divers carbones étudiés.

Kallend et Nettleton ont étudié la combustion de petits grains de charbon d'un diamètre inférieur à 3 mm. Les auteurs ont mesuré la température à la surface et au centre du grain durant le chauffage dans un courant d'air chaud. L'ignition commence après 10 secondes et à partir de ce moment la température superficielle reste constante à $\cong 400^\circ\text{C}$, tandis que la température au centre du grain ne monte que lentement jusqu'à ce niveau.

De cette observation les auteurs concluent que la combustion du charbon se déroule en deux stades ; pendant le premier stade, le dégazage du charbon et la combustion des produits dégazés se passent en phase gazeuse, et ce n'est qu'au deuxième stade que le coke résiduel commence à brûler directement, comme Guérin et Rebaudières, ou Hedden par exemple l'ont décrit.

Pendant le premier stade, c'est l'émission de gaz qui détermine la vitesse de combustion. Les auteurs pensent à une distillation du goudron primaire dans un domaine d'ébullition restreint, aux environs de 400° C. La vitesse de distillation est fonction du transfert de la chaleur sur le grain de charbon. Le premier stade de combustion ne prend fin que lorsque la température de distillation a été atteinte à l'intérieur du grain et que la totalité du goudron primaire a été vaporisée entièrement. Cette hypothèse est étayée par un calcul du transfert de la chaleur à partir des bords du grain, où la température est de l'ordre de 400° C, vers l'intérieur. Il y a une concordance surprenante entre ces résultats et ceux publiés récemment par Lehmann et Peters.

en in een brede gamma van korrelgrootten met het doel na te gaan in welke omstandigheden de reactie in scheikundig regiem verloopt.

Zij hebben hun resultaten verklaard zich steunend op de metingen van de inwendige oppervlakte van deze produkten en op de studie van de schommelingen daarvan in functie van de doormeter der poriën.

Men stelt in het bijzonder vast dat de reactiviteiten op 500° C teruggebracht tot de oppervlakte-eenheid B.E.T. van verschillende metallurgische cokessoorten zeer weinig verschillen naargelang van de graad van slijtage en zelfs praktisch dezelfde zijn ; dit bewijst dat verschillen in reactiviteit in dat geval voortkomen van de textuur.

Een onderzochte teercokes vertoont een reactiviteit van dezelfde orde van grootte als deze cokessoorten, maar teruggebracht tot de eenheid van oppervlakte B.E.T. blijkt ze veel hoger te liggen.

Op die manier heeft men een absolute vergelijking kunnen maken tussen de reactiviteit van de verschillende bestudeerde cokessoorten.

Kallend en Nettleton hebben een studie gemaakt van de verbranding van kleine kolenkorreltjes met een doormeter van minder dan 3 mm. Ze hebben de temperatuur aan de oppervlakte en in de kern van de korrel gemeten tijdens de verwarming in een hete luchtstroom. De ontsteking volgt na 10 seconden en van dat ogenblik af blijft de temperatuur aan de oppervlakte konstant gelijk aan ongeveer 400° C, terwijl de temperatuur in de kern slechts langzaam tot eenzelfde waarde oploopt.

De schrijvers leiden hieruit af dat het verbranden van kolen in twee stadiums verloopt ; in het eerste verloopt de ontgassing van de kolen en de verbranding van de ontwikkelde gassen in de gasfase ; slechts in het tweede stadium begint de overblijvende cokes rechtstreeks te branden, zoals Guérin, Rebaudières en Hedden bij voorbeeld het beschreven hebben.

Tijdens het eerste stadium wordt de verbrandingsnelheid bepaald door de gasontwikkeling. De auteurs zien hierin een destillatie van primaire teer met kookpunt binnen enge grenzen, rond 400° C. De destillatiesnelheid is een functie van de overbrenging van warmte op de kolenkorrel. De eerste verbrandingsfase houdt pas op wanneer de destillatietemperatuur in het inwendige van de korrel bereikt is en de primaire teer in zijn geheel verdampt is. Deze hypothese wordt gestaafd met een berekening van de warmteoverdracht van de boorden van de korrel, waar de temperatuur van de orde van 400° C is, naar het midden. Er is bijgevolg een opvallende gelijkheid tussen deze resultaten en die welke onlangs door Lehmann en Peters werden gepubliceerd.

Même si l'on se limite à des essais de réactivité n'ayant d'autre but que d'estimer l'aptitude à la gazéification d'un coke en prévision de son utilisation pratique (en haut fourneau par exemple), il est souhaitable, autant pour la conduite de l'essai et le choix d'un indice de réactivité que pour l'extrapolation des résultats du laboratoire au cas pratique envisagé, de connaître au moins l'allure des variations de la vitesse de gazéification en fonction des pressions partielles de CO et CO₂. Malheureusement, les données de la littérature à ce sujet sont fort imprécises, voire même contradictoires. Aussi Heuchamps entreprit une étude de la réactivité à 1000° C dans des mélanges gazeux de composition variable contenant CO, CO₂ et N₂ sous une pression totale de 1 bar. L'auteur a montré que la vitesse de gazéification des cokes métallurgiques ne dépend, en première approximation, que du rapport CO/CO₂; lorsque ce rapport demeure constant, la vitesse de gazéification est pratiquement insensible aux variations de pression partielle de CO₂. Si le gaz réagissant contient CO et CO₂, la vitesse de réaction est une fonction décroissante du rapport CO/CO₂, la décroissance étant particulièrement rapide dans le domaine des faibles rapports CO/CO₂. Enfin, il a montré que la vitesse de gazéification des cokes dans le gaz de haut fourneau est de l'ordre de $3 \cdot 10^{-2}$ g/g.h à 1000° C.

Hedden et Mienkina ont poursuivi leurs études antérieures sur la cinétique de la gazéification sous pression par l'hydrogène, en étudiant la gazéification de carbone par des mélanges sous pression d'eau et d'hydrogène. Lors d'un essai sur du graphite pur, en présence d'un mélange se composant à parties égales d'eau et d'hydrogène, la vitesse de formation du méthane, de CO + CO₂, initialement montait avec le taux de gazéification, passait par un maximum correspondant à un taux de gazéification de $\cong 15$ %, et diminuait ensuite lentement. L'augmentation s'explique par l'agrandissement de la surface interne par suite de la gazéification partielle, la diminution par la perte en poids de carbone. Lorsqu'on augmente la proportion d'hydrogène, la pression partielle de l'eau restant constante et la pression totale étant maintenue à 50 kg/cm² par appoint de la quantité d'argon nécessaire, on observe que de petites quantités d'hydrogène ralentissent la formation du méthane. Ces effets inhibiteurs diminuent avec l'augmentation de la température. Une haute pression d'hydrogène, par contre, favorise la formation de méthane, surtout avec l'augmentation de la température. Le même effet, mais beaucoup plus faible, a lieu lorsqu'on augmente inversement la proportion d'eau, la pression partielle d'hydrogène restant constante.

Lors de la gazéification sous pression par la vapeur d'eau pure, la réaction est proportionnelle à la concentration de l'eau (ordre de réaction 1) avec

Zelfs wanneer men enkel de reactiviteit wil beproeven om de geschiktheid tot vergassing van een cokessoort na te gaan met het oog op zijn praktische aanwending (in een hoogoven bij voorbeeld), is het nog wenselijk minstens te weten hoe de vergassingssnelheid varieert in functie van de partiële drukken van CO en CO₂, zowel voor het leiden van de proef en het kiezen van een reactiviteitsindex als voor het extrapoleren van laboratoriumproeven naar de praktijk. Spijtig genoeg is de literatuur op dit punt zeer onnauwkeurig en zelfs tegensprekelijk. Daarom heeft Heuchamps een studie ondernomen van de reactiviteit op 1000° C in gasmengsels van verschillende samenstelling met CO, CO₂ en N₂ onder een totale druk van 1 Bar. De schrijver heeft aangetoond dat de vergassingssnelheid in eerste benadering enkel afhangt van de verhouding CO/CO₂; blijft deze verhouding constant, dan is de vergassingssnelheid praktisch ongevoelig voor schommelingen van de partiële druk van het CO₂. Wanneer de reagerende gassen CO of CO₂ bevatten neemt de reaktiesnelheid af bij stijgende verhouding CO/CO₂; de vermindering valt bijzonder op in die streek waar de verhouding CO/CO₂ zwak is. Tenslotte heeft hij aangetoond dat de vergassingssnelheid van cokes in het hoogoven-gas van de orde is van $3 \cdot 10^{-2}$ g/g.h op 1000° C.

Hedden en Mienkina hebben hun vroegere studies over de cinemata der vergassing zonder waterstofdruk voortgezet door de studie van de vergassing van kolen onder druk van water en waterstof. Tijdens de proef op een monster bestaande uit zuiver grafiet, uitgevoerd in een mengsel gelijkelijk bestaande uit water en waterstof, bleek de vormingssnelheid van het methaan, van CO en van CO₂ door een maximum te gaan ter hoogte van de gazeificatie van ongeveer 15 % om dan langzaam te verminderen. De vermeerdering kan verklaard worden door het vergroten van de inwendige oppervlakte tengevolge van gedeeltelijk vergassen, de vermindering door het gewichtsverlies aan kolenstof. Wanneer de verhouding verandert in het voordeel van de waterstof, terwijl de partiële druk van het water konstant blijft en de totale druk door toevoeging van het nodige argon op 50 kg/cm² blijft behouden, bemerkt men dat de vorming van methaan door kleine hoeveelheden waterstof wordt vertraagd. Deze belemmerende effecten verminderen wanneer de temperatuur stijgt. Een hoge waterstofdruk bevordert daarentegen de vorming van methaan, vooral bij stijging van de temperatuur. Hetzelfde gebeurt, zij het in veel mindere mate, wanneer men omgekeerd de verhouding water vermeerderd terwijl de partiële druk van de waterstof dezelfde blijft.

Tijdens de vergassing onder druk door zuivere waterdamp is de reactie evenredig met de waterconcentratie (reactieorde 1) met een aktiveringsenergie van 54,7 kcal/mol. Thermodynamische over-

une énergie d'activation de 54,7 kcal/mole. Des considérations thermodynamiques mènent à la conclusion que le méthane ne se forme pas indirectement, l'hydrogène jouant le rôle de produit intermédiaire, mais directement d'après l'équation suivante :



Dans le cas du coke métallurgique, les effets catalytiques des cendres conduisent à des vitesses de gazéification 30 à 40 fois plus grandes.

5. Décomposition thermique du charbon.

A. Pyrolyse.

Rapporteur : Dr. J. KARWEIL.

- a) Extraction au chloroforme et ramollissement thermique de charbons australiens par H.R. BROWN, P.L. WATERS.
- b) Formation de la texture des cokes de houilles et de brais étudiée par solubilité et par microscopie par M. IHNATOWICZ, P. CHICHE, J. DEDUIT, S. PREGERMAIN, R. TOURNANT.
- c) Phénomènes de compactage et de dilatation lors de la carbonisation de briquettes par R. BAYLEY, G.M. HABBERJAM, G.J. PITT, M.F. WOODS.
- d) La décomposition du charbon à haute température par T. AUST, W.R. LADNER, G.I.T. Mc CONNEL.
- e) Etudes préliminaires, théoriques et expérimentales, sur la dégazéification du charbon par K.H. VAN HEEK, H. JUENTGEN, W. PETERS.

Le mécanisme suivant lequel certaines houilles ramollissent, gonflent, puis se solidifient est encore mal connu. Le fait de savoir si les substances responsables de la fusion existent initialement dans le charbon ou ne se forment que sous l'action du traitement thermique est un des sujets les plus discutés et, dans la première communication de ce groupe, Brown et Waters tentent d'élucider ce problème. Les auteurs ont réalisé de nombreux essais d'extraction sur des charbons australiens diversement houillifiés, chauffés progressivement à une vitesse de 3° C/min. Outre les analyses chimiques et pétrographiques des charbons de départ, cette communication apporte des indications détaillées sur les propriétés physiques et chimiques des extraits.

Brown et Waters en arrivent à conclure que la totalité, ou tout au moins la majeure partie, de l'extrait existe déjà à l'origine dans le charbon. Ce résultat repose principalement sur les raisons suivantes :

1. Le début de fusion du charbon est un processus réversible.

wegingen leiden tot het besluit dat het methaan niet onrechtstreeks gevormd wordt, met de waterstof in de rol van tussenprodukt, maar rechtstreeks volgens de vergelijking :



In het geval van metallurgische cokes zorgt het katalytisch effect van de assen voor vergassingsnelheden die 30 tot 40 maal groter zijn.

5. Thermische ontbinding van de kolen.

A. Pyrolysen.

Verslaggever : Dr. J. KARWEIL.

- a) Extractie met chloroform en thermische verzachting van Australische kolen door H.R. BROWN, P.L. WATERS.
- b) Textuurvorming bij cokes van kolen en teer bestudeerd langs de oplosbaarheid en met de mikroskoop door M. IHNATOWICZ, P. CHICHE, J. DEDUIT, S. PREGERMAIN, R. TOURNANT.
- c) Verschijnselen van samenpakken en zwellen bij het carboniseren van agglomeraten door R. BAYLEY, G.M. HABBERJAM, G.J. PITT, M.F. WOODS.
- d) De ontbinding van de kolen op hoge temperatuur door T. AUST, W.R. LADNER, G.I.T. Mc CONNEL.
- e) Voorafgaande theoretische en praktische studies over de ontgassing van kolen door K.H. VAN HEEK, H. JUENTGEN, W. PETERS.

Men weet nog niet veel over het mechanisme volgens hetwelk kolen week worden, zwellen en weer verharden. Een der meest betwiste vragen is of de stoffen die de kolen doen smelten aanvankelijk in de kolen aanwezig zijn of daar alleen in ontstaan onder invloed van de temperatuur ; de auteurs van de eerste voordracht, Brown en Waters, trachten hier een antwoord op te geven. Zij hebben talrijke extractieproeven uitgevoerd op Australische kolen van verschillende inkolingsgraad, die geleidelijk opgewormd werden tegen een snelheid van 3° C/min. Hun voordracht behelst de uitslagen van de scheikundige en petrografische ontleding op de verse kolen en talrijke bijzonderheden over de scheikundige en fysieke eigenschappen van de extracten.

Brown en Waters komen tot het besluit dat het geheel zonet het grootste gedeelte van het extract oorspronkelijk in de kolen aanwezig was. Zij komen hiertoe als volgt :

1. Het smelten van de kolen is een omkeerbaar proces.

2. Un broyage suffisamment poussé permet de recueillir sans préchauffage la presque totalité de l'extrait.
3. Les extraits obtenus à basse et à haute température de préchauffage possèdent des propriétés chimiques et physiques presque identiques.
4. Il existe une correspondance entre la quantité extraite et l'accessibilité du système de pores.

En s'appuyant sur la conception de Hirst, un modèle composé de trois éléments fondamentaux est proposé :

- un constituant huile-résine A, présent dans le charbon à raison de 20 % environ, fondant à 200° C et de poids moléculaire 350 à 600 ;
- un constituant humine B, représentant la majeure partie du charbon, de poids moléculaire supérieur à 600, soluble seulement dans les solvants fortement polaires et ne fondant pas à l'état isolé mais seulement vers 300° C, lorsqu'il est associé au constituant A ;
- enfin le constituant C, substance humique de poids moléculaire élevé.

Le constituant B se transforme le plus facilement par hydrogénation ou oxydation, A et B forment ensemble au-dessus de 300° C une masse fondue dispersée dans C. Les auteurs interprètent la fusion du charbon, ainsi que l'augmentation de la quantité extraite grâce au préchauffage, comme un phénomène de dissolution.

De tout le domaine de la fusion, la phase terminale qui comprend la resolidification présente un intérêt particulier.

Ihnatowicz, Chiche, Déduit, Prégermain et Tournant présentent les premiers résultats d'une étude sur la formation de la texture des cokes de houilles et de brais qui a lieu dans un intervalle de température précédant immédiatement la resolidification totale. Les différents stades de la carbonisation ont été suivis par mesure de la solubilité dans l'huile anthracénique et par observation microscopique. La solubilité, les propriétés rhéologiques et la formation de la texture présentent dans le domaine de resolidification des liens étroits de dépendance dont la raison profonde réside dans l'identité de la matière insoluble et des sphérules anisotropes observées au microscope.

Le rôle prépondérant de l'oxygène de la matière carbonée initiale dans le mécanisme de formation de la texture, et son influence sur la graphitisabilité du coke résultant sont confirmés. Au-dessous d'une teneur initiale de 4 à 5 %, les réactions de pyrolyse semblent peu perturbées relativement aux profondes modifications qui apparaissent au-delà de cette teneur.

Les conditions de formation de la texture « mosaïque » et de la texture fibreuse des cokes ont été déterminées. L'information nouvelle la plus impor-

2. Als de kolen fijn genoeg gemalen zijn kan men bijna gans het extract bekomen zonder voorverwarming.
3. Extracten bekomen op lage of hoge voorverwarmingstemperaturen hebben nagenoeg dezelfde fysieke en scheikundige eigenschappen.
4. Er bestaat een verband tussen de hoeveelheid extract en de toegankelijkheid van het poriënstelsel.

Zij baseren zich op de opvattingen van Hirst en stellen een model voor dat uit drie grondbestanddelen is samengesteld :

- een olie-harsachtig bestanddeel A, dat ongeveer 20 % van de kolen uitmaakt, op 200° C smelt en een molekulaair gewicht van 350 tot 600 heeft ;
- een humine bestanddeel B, dat het grootste gedeelte van de kolen uitmaakt, met een molekulaair gewicht boven de 600, dat enkel in sterk polaire oplosmiddelen oplosbaar is en op zichzelf niet smelt, maar wel, in verbinding met het bestanddeel A, op 300° C ;
- het laatste bestanddeel, C, een humusstof, met hoog molekulaair gewicht.

Het bestanddeel B transformeert het gemakkelijkst door hydrogenatie of oxydatie, terwijl A en B samen boven 300° C een vloeibare massa vormen die zich in C verspreidt. De auteurs verklaren het smelten van de kolen en het feit dat dank zij de voorverwarming een grotere hoeveelheid extract kan gewonnen worden als een oplossingsverschijnsel.

De eindfase met het opnieuw stollen is de belangrijkste in heel het smeltingsproces.

Ihnatowicz, Chiche, Déduit, Prégermain en Tournant geven de eerste uitslagen van een studie over de vorming der textuur van cokes uit kolen en teer, die tot stand komt in een temperatuurinterval gelegen onmiddellijk voor de volledige stolling. De verschillende stadiums van de carbonisatie werden gevolgd door middel van de oplosbaarheid in antraaceenolie en mikroskopische waarneming. De oplosbaarheid, de rheologische eigenschappen en de textuurvorming zijn in het stollingsdomein nauw met elkaar verbonden ; de diepere reden hiervan is dat de onoplosbare stof dezelfde is als de anisotrope bolletjes die met het mikroskoop worden waargenomen.

Het bewijs wordt geleverd dat de zuurstof van de oorspronkelijke gecarbonateerde stof een hoofdrol speelt in de vorming van de textuur, en een invloed heeft op de mogelijkheid de bekomen cokes in grafiet om te zetten. Met gehalten onder 4 à 5 % bij de aanvang schijnen de pyrolyse-reakties kalm te verlopen in tegenstelling met de grondige wijzigingen die boven dit gehalte optreden.

Er werd bestudeerd onder welke voorwaarden de mozaiekstructuur ontstaat en onder welke voorwaarden de vezelige. De belangrijkste nieuwe inlichting

tante est relative à la formation de la texture fibreuse des cokes de brais, dont le premier stade apparaît en effet comme une démixtion de sphérules anisotropes ; leur coalescence à l'état liquide conduit ensuite à la formation de grains qui se soudent et se solidifient progressivement. Le mécanisme de pyrolyse consiste alors essentiellement en une transformation progressive d'une phase isotrope liquide en une phase anisotrope également liquide, les propriétés de chacune des phases restant peu affectées tout au long de cette transformation. On établit enfin un lien entre la graphitisabilité du coke, l'étendue du domaine de formation de la texture et la fluidité du produit dans ce domaine.

Il a été envisagé de tirer parti du phénomène de ramollissement du charbon pour l'agglomération sans liant, car c'est là un procédé économiquement intéressant. L'expérience a révélé que, dans tous les procédés d'agglomération sans liant, la viscosité et l'élasticité des charbons jouaient un rôle important.

Bailey, Habberjam, Pitt et Woods apportent dans leur communication des précisions sur cette question extraordinairement complexe en établissant, pour divers agglomérés, des corrélations entre leur densité et leur résistance et certains paramètres visco-élastiques comme la pression d'agglomération et la viscosité du produit. Les influences des conditions de carbonisation et du rang des charbons sur les constantes visco-élastiques sont également prises en considération.

Puisqu'il est possible de fabriquer de l'acétylène à partir d'hydrocarbures par chauffage rapide dans l'arc électrique, on a tenté de faire de même avec le charbon. Dans ce but, des charbons ont été irradiés au moyen de rayons laser ou introduits à travers un jet de plasma, et on a étudié les produits réactionnels engendrés. Il est avantageux d'avoir recours à un arc électrique, méthode de chauffage très robuste applicable également à l'échelle industrielle. Aust, Ladner et McConnel rendent compte d'essais menés dans cette direction en utilisant un arc étiré dans certains cas, par un artifice technique, dans le sens de la largeur, de façon à élargir la zone chaude. Le charbon en poudre fine est soufflé à travers l'arc en même temps qu'un gaz porteur constitué d'argon seul ou en mélange avec de l'hydrogène ou de l'azote. Le temps de séjour est de quelques millièmes de seconde. Les charbons à haut indice de matières volatiles se sont montrés les plus appropriés pour ces essais.

Le charbon contient beaucoup de carbone et peu d'hydrogène ; il est par conséquent nécessaire d'introduire un appoint dans le gaz porteur. On arrive alors à transformer en acétylène 30 à 35 % du carbone contenu dans le charbon. D'autres hydrocarbures n'apparaissent qu'en très faibles quantités. L'importance du degré de transformation du car-

heeft betrekking op de vorming van de vezelstructuur bij teercokes, waarvan het eerste stadium niets anders schijnt te zijn dan een vermengen van anisotrope bolletjes ; in de vloeibare toestand komen ze samen tot korrels die aaneenkitten en geleidelijk in een vaste stof overgaan. Het mechanisme van de pyrolyse bestaat dan hoofdzakelijk uit de opeenvolgende overgang van een vloeibare isotrope fase in een andere niet-isotrope vloeibare fase, waarbij de eigenschappen van elk der fasen in de loop van deze transformatie weinig veranderen. Men stelt tenslotte ook een verband vast tussen de mogelijkheid de cokes in grafiet om te zetten, de uitgestrektheid van het vormingsdomein en de vloeibaarheid van het produkt in dit domein.

Men heeft er aan gedacht het week worden van de kolen te gebruiken voor het vormen van de agglomeraten ; dit zou een economisch procédé zijn. De ondervinding heeft geleerd dat de viscositeit en de elasticiteit van de kolen een grote rol spelen in alle procédés van agglomereren zonder bindmiddel.

Bayley, Habberjam, Pitt en Woods brengen in hun voordracht bijzonderheden over deze buitengewoon ingewikkelde kwestie en geven voor verschillende agglomeraten het verband tussen hun dichtheid en hun weerstand en zekere visco-elastische parameters zoals de druk bij het agglomereren en de viscositeit van het produkt. Ook de invloed van de omstandigheden der carbonisatie en de rang van de kolen op de visco-elastische konstanten worden beschreven.

Aangezien het mogelijk is uit koolwaterstoffen door snelle verwarming in een elektrische boog acetyleen te maken heeft men getracht hetzelfde te doen met kolen. Kolen werden met dit doel onderworpen aan lazer-stralen of in een straal plasma gebracht, terwijl de bekomen reactieproducten werden bestudeerd. Het beste is de elektrische boog, omdat deze warmtebron meer stevigheid biedt en ook industrieel kan worden aangewend. Aust, Ladner en McConnel spreken over de proeven die ze op dit gebied hebben gedaan met een boog, die in zekere gevallen door kunstgrepen werd uitgerokken in de breedte zodat de warme zone breder werd. De kolen worden onder de vorm van een fijn poeder doorheen de boog geblazen samen met een draaggas bestaande uit zuiver argon of een mengsel van argon met waterstof of stikstof. De kolen blijven enkele milliseconden in de vlam. Deze proef lukt het best met kolen met een hoog gehalte aan vluchtige bestanddelen.

De kolen bevatten veel koolstof en weinig waterstof ; er moet dus daarvan een toevoeging geschieden langs het draaggas. Op die manier slaagt men er in 30 tot 35 % van de in de kolen aanwezige koolstof om te zetten in acetyleen. Andere koolwaterstoffen komen maar in heel kleine hoeveelheid voor. Dat er zoveel koolstof wordt omgezet doet veronderstel-

bone donne à penser que l'attaque ne porte pas seulement sur le carbone des matières volatiles, mais aussi sur celui des systèmes aromatiques.

L'augmentation de l'énergie fournie à l'arc et l'addition d'azote au gaz de balayage permettent d'obtenir à partir du charbon de l'acide cyanhydrique, matière première également très appréciée dans le domaine de la chimie.

Dans la dernière communication consacrée à la pyrolyse, Van Heek, Jüntgen et Peters exposent les bases de la théorie des réactions de décomposition et étudient la relation existant entre la vitesse de dégagement gazeux et l'ordre de la réaction, l'énergie d'activation et le facteur de fréquence. Pour des raisons expérimentales, la vitesse de libération des gaz est mesurée à température régulièrement croissante. L'exploitation des résultats obtenus en appliquant l'équation d'Arrhénius rencontre des difficultés que les auteurs ont pu surmonter de façon élégante en faisant appel à une calculatrice électronique. L'équation d'Arrhénius a été établie pour des réactions en phase gazeuse et l'on ignore si l'énergie d'activation et le facteur de fréquence sont véritablement aussi indépendants de la température qu'on l'admet généralement. Les auteurs ont été ainsi amenés à étudier la libération de CO₂ provenant de la dissociation des carbonates de calcium et de magnésium. Les divergences entre les valeurs trouvées et celles qu'on relève dans la littérature peuvent s'expliquer et l'on peut espérer obtenir un jour par le procédé de Van Heek, Jüntgen et Peters des indications dignes de foi sur les phénomènes relatifs aux charbons.

B. Cokéfaction.

Rapporteur : Dr. W. SIMONIS.

- a) Thermogravimétrie de charbons oxydés à l'air par T. YAMAKAWA, H. HONDA, K. HOSHIMURA.
- b) L'influence de traitements chimiques sur la conductivité électrique du charbon pendant la carbonisation par M.I. POPE.
- c) Exploitation d'essais dérivatographiques lors de la carbonisation de charbons bitumineux par G.Y. IVANYI, T. FLORA.
- d) Examen microscopique de cokes de basse température oxydés par K.M. DAWSON.
- e) Résistance mécanique et comportement élastique du coke et du semi-coke par D. BILLYEALD, H.E. BLAYDEN, A.E. STACEY.

La cokéfaction à haute température revêt pour l'exploitation minière une importance particulière, car ce n'est pas sans grandes difficultés que le charbon utilisé à cet effet peut trouver d'autres débouchés. Aussi le but assigné à la recherche fondamentale dans le domaine de la cokéfaction à haute température consiste-t-il en :

len dat de transformatie niet alleen betrekking heeft op de vluchtige bestanddelen maar ook op de koolstof van het aromatische stelsel.

Door meer energie in de boog te brengen en meer stikstof in het draaggas kan men uit kolen cyaanwaterstof bekomen, eveneens een zeer gegeerd produkt in de scheikundige nijverheid.

In de laatste voordracht, gewijd aan de pyrolyse, hebben Van Heek, Jüntgen en Peters het over de basis van de theorie der ontbindingsreakties en bestuderen zij het verband tussen de snelheid van de gasontwikkeling en de orde van de reaktie, de aktiveringsenergie en de frekwentiefaktor. Wegens experimentele redenen wordt de snelheid van de gasontwikkeling gemeten bij regelmatige toenemende temperatuur. Bij het verwerken van de bekomen resultaten door middel van de vergelijking van Arrhenius stuit men op moeilijkheden die de auteurs handig hebben omzeild door gebruik te maken van een elektronische rekenmachine.

De vergelijking van Arrhenius werd opgesteld voor reakties in de gasfaze en met weet niet of de aktiveringsenergie en de frekwentiefaktor werkelijk zo onafhankelijk van de temperatuur zijn als men altijd gemeend heeft. Dit heeft er de auteurs toe gebracht het vrijkomen van CO₂ uit de ontbinding van de carbonaten van het calcium en magnesium te bestuderen. De afwijkingen die bestaan tussen hun waarden en die welke men in de literatuur aantreft kunnen verklaard worden en de gewettigde hoop bestaat dat men op zekere dag met het procédé van Van Heek, Jüntgen en Peters geloofwaardige aanduidingen zal bekomen omtrent de fenomenen die bij kolen optreden.

B. Verkooksing.

Verslaggever : Dr. W. SIMONIS.

- a) Thermogravimétrie van aan de lucht geoxydeerde kolen door T. YAMAKAWA, H. HONDA, K. HOSHIMURA.
- b) De invloed van scheikundige behandelingen op de elektrische geleidbaarheid van kolen tijdens de carbonisatie door M.I. POPE.
- c) Verwerking van de uitslagen van derivatografische proeven tijdens de carbonisatie van bitumineuze kolen door G.Y. IVANYI, T. FLORA.
- d) Mikroskopisch onderzoek van geoxydeerde lage temperatuur cokes door K.M. DAWSON.
- e) Mekanische weerstand en elasticiteit van cokes en half-cokes door D. BILLYEALD, H.E. BLAYDEN, A.E. STACEY.

Het verkooksen op hoge temperatuur heeft een uitzonderlijk belang voor de mijnbouw want de daarbij gebruikte kolen vinden slechts zeer moeilijk andere afzetgebieden. Daarom heeft het basis onderzoek in dit domein tot opdracht :

- 1°) La mise en œuvre rationnelle des procédés traditionnels de cokéfaction tout en conservant la qualité optimale des produits obtenus ;
- 2°) la recherche de nouveaux procédés de production de coke et l'obtention de produits intermédiaires prenant naissance à la cokéfaction et utilisables comme substances de départ pour les synthèses chimiques.

Les communications soumises à la discussion sur le thème de la cokéfaction concernent la structure et les propriétés du charbon, les modifications qui leur sont apportées par la cokéfaction et les propriétés des cokes de basse et de haute température.

L'exposé de Yamakawa, Honda et Hoshimura décrit une étude thermogravimétrique de charbons oxydés à l'air, de nature à contribuer à la connaissance de la structure. A partir de résultats fournis par la littérature, du bois, de la lignite et des charbons de degrés de houillification variés ont été décomposés à différentes températures.

Les essais ont été réalisés dans des conditions de référence, avec une bonne reproductibilité des résultats. Des courbes de thermogravimétrie différentielles sont présentées. Les pics principaux de ces courbes se déplacent vers les hautes températures lorsque la teneur en carbone augmente. Leur hauteur décroît jusqu'à une teneur voisine de 70 %, puis croît à nouveau pour retomber après passage par un maximum situé vers 85 % de carbone. Les courbes de thermogravimétrie différentielles des charbons bitumineux à 84,9 % de carbone oxydés à l'air à différentes températures et pendant des durées variées, indiquent que l'oxydation et la condensation polymérique des matières volatiles provenant des constituants goudronneux du charbon initial se produisent rapidement. Au cours de l'oxydation, la substance carbonée subit une déshydrogénation et une décarboxylation. Les pics intermédiaires qui apparaissent sont dus à des produits intermédiaires de différents degrés de stabilité.

Les courbes d'acides humiques naturels, d'acides humiques dérivés de lignites et d'acides humiques régénérés, sont semblables à celles du charbon initial et des charbons bitumineux oxydés. L'ensemble du travail amène à conclure que les acides humiques jouent un rôle important dans le processus de houillification et que les constitutions de l'acide humique de tourbe et du résidu sont différentes. Mais on n'a pu expliquer l'analogie entre les courbes des résidus de charbons bitumineux oxydés et du résidu de lignite. Les auteurs étudient actuellement cette question.

Dans son exposé, Pope examine l'influence des réactions chimiques sur la conductivité électrique du charbon et des produits de réaction au cours de la cokéfaction. Des travaux antérieurs avaient montré que les mesures de conductivité électrique pendant la cokéfaction fournissent des indications sur le type

- 1°) de traditionele procédés voor verkooksing op hoge temperatuur zoveel mogelijk te rationaliseren ;
- 2°) nieuwe procédés voor cokesbereiding uit te denken en uit de verkooksing tussenprodukten te winnen die bruikbaar zijn als grondstof voor de scheikundige nijverheid.

De voorgestelde mededelingen over de verkooksing handelen over de structuur en de eigenschappen van de kolen, de wijzigingen die ze tijdens de verkooksing ondergaan, en de eigenschappen van de cokes van lage en hoge temperatuur.

De voordracht van Yamakawa, Honda en Hoshimura gaat over een thermogravimetrische studie van aan de lucht geoxydeerde kolen met het doel iets meer te vernemen over de structuur. Voortgaande op de uitslagen die men in de literatuur vermeld vindt, werden hout, ligniet en kolen van verschillende inkolingsgraad op verschillende temperaturen ontbonden.

De proeven werden in geijkte omstandigheden uitgevoerd en zo dat de resultaten goed konden worden gereconstrueerd. Er worden krommen van differentiële thermogravimetrie weergegeven. De voornaamste pieken van deze krommen verschuiven in de richting van de hoge temperaturen wanneer het koolstofgehalte toeneemt. Hun hoogte neemt af tot een gehalte bij de 70 %, stijgt dan opnieuw en valt weer na een maximum gelegen bij 85 % koolstof. De krommen van de differentiële thermogravimetrie betreffende bitumineuze kolen van 84,9 % koolstof, geoxydeerd aan de lucht op verschillende temperaturen en gedurende een min of meer lange tijd, duiden er op dat de oxydatie en polymerische condensatie van de vluchtige bestanddelen voortkomend van de oorspronkelijke teerachtige bestanddelen van de kolen snel verlopen. Tijdens de oxydatie ondergaat de gecarbonateerde stof een deshydrogenatie en een decarboxylatie. De tussengelegen pieken zijn te wijten aan gemengde produkten met verschillende stabiliteitsgraad.

De krommen van natuurlijke huminezuren, van uit ligniet afgeleide huminezuren en van geregenereerde huminezuren gelijken op deze van de oorspronkelijke kolen en de geoxydeerde bitumineuze kolen. Het werk in zijn geheel leidt tot het besluit dat de huminezuren een belangrijke rol spelen in het inkolingsproces en de samenstelling van het huminezuur van turf en van het bezinksel niet dezelfde zijn. Men heeft echter geen uitleg kunnen verstrekken over de analogie tussen de krommen van het residu der geoxydeerde bitumineuze kolen en het residu van ligniet. De auteurs zijn bezig met deze vraag te bestuderen.

Pope bestudeert in zijn voordracht de invloed van de scheikundige reacties op de elektrische geleidbaarheid van de kolen en de reactieprodukten tijdens de verkooksing. Vroegere opzoekingen hadden

de décomposition. Le traitement chimique des charbons influe sur le mécanisme de la cokéfaction et cet effet se reflète dans les résultats expérimentaux. On a examiné des échantillons méthylés, déshydrogénés par le soufre et bromés. Les résultats de ce travail renseignent sur la composition chimique et la force relative des liaisons chimiques. On peut ainsi étudier, de façon très satisfaisante, la structure chimique et le mécanisme de décomposition de substances organiques complexes. Les résultats essentiels obtenus sont les suivants :

- la méthylation des groupes hydroxyles n'a qu'une faible influence sur le processus de cokéfaction ;
- la déshydrogénation par chauffage en présence de soufre semble, dans certains cas, provoquer une fixation directe du soufre sur des groupes aromatiques du charbon ;
- l'élimination d'acide bromhydrique par les échantillons bromés, produite par le chauffage, laisse un résidu riche en doubles liaisons aromatiques ; mais ce n'est pas là une preuve de la persistance de liaisons simples C—C.

Ivanyi et Flora décrivent l'exploitation d'essais dérivatographiques lors de la cokéfaction de charbons bitumineux flambants d'origine polonaise. L'association de la thermogravimétrie, de la thermogravimétrie différentielle et de l'analyse thermique différentielle a permis d'établir certains faits fondamentaux et de tirer des conclusions sur les phénomènes thermiques accompagnant les diverses réactions pendant le chauffage. Certaines réactions sont exothermiques, d'autres endothermiques. La cokéfaction est divisée en cinq étapes dont les principales caractéristiques sont résumées ci-dessous :

- 1) 120 - 250° C : libération de l'eau fixée ;
- 2) 300 - 400° C : libération de gaz et début du ramollissement vers 370° C ;
- 3) poursuite du ramollissement et resolidification de la masse plastique ;
- 4) 400 - 600° C : formation du semi-coke ;
- 5) au-dessus de 550° C : poursuite de la cokéfaction avec libération des derniers produits de la pyrolyse.

La communication de Dawson traite de l'examen microscopique de cokes de basse température oxydés. La cokéfaction de particules en atmosphère oxydante s'accompagne de la formation à leur surface d'une couche d'oxydation de pouvoir réflecteur plus élevé, dont l'épaisseur a été mesurée par microscopie. Les mesures ont porté sur des cokes de basse température, préparés en lit fluide à partir de charbons à haut indice de matières volatiles et en présence

reeds aangetoond dat het meten van de geleidbaarheid tijdens de verkooksing inlichtingen verschaften over het type van ontbinding. De scheikundige behandeling heeft een invloed op het mechanisme van de verkooksing en dit effect vindt weerspiegeling in de proefondervindelijke resultaten. Men heeft gemethyleerde, met zwavel gedeshydrogeneerde en gebromeerde monsters onderzocht. De resultaten geven inlichtingen over de scheikundige samenstelling en de betrekkelijke sterkte van de scheikundige bindingen. Men kan op die manier zeer geslaagde studies maken van de scheikundige structuur en het ontbindingsmechanisme van ingewikkelde organische stoffen. De voornaamste resultaten zijn de volgende :

- het methyleren van de hydroxylgroepen heeft slechts een geringe invloed op de verkooksing ;
- bij deshydrogeneren door verwarming in aanwezigheid van zwavel schijnt in bepaalde gevallen een rechtstreekse binding te ontstaan tussen de zwavel en de aromatische groepen van de kolen ;
- het verwijderen der broomwaterstof door de gebromeerde monsters, als gevolg van de verwarming, laat een residu achter dat rijk is aan dubbele aromatische bindingen ; dit is echter geen bewijs dat de eenvoudige bindingen C—C blijven bestaan.

Ivanyi en Flora beschrijven de verwerking van de resultaten van derivatografische proeven tijdens de verkooksing van bitumineuze vlamkolen van Poolse oorsprong. Dank zij het samen gebruiken van de thermogravimétrie, de differentiële thermogravimétrie en de differentiële thermische analyse heeft men sommige feiten van fundamenteel belang kunnen vaststellen en besluiten kunnen trekken over de thermische verschijnselen die met de verschillende reacties van de verwarming gepaard gaan. De verkooksing wordt onderverdeeld in vijf stadiums waarvan de voornaamste kenmerken kunnen samengevat worden als volgt :

- 1) 120 - 250° C : vrijlaten van het gebonden water ;
- 2) 300 - 400° C : vrijlaten van gas en begin van week worden rond 370° C ;
- 3) vervolg van het week worden en herstollen van de plastische massa ;
- 4) 400 - 600° C : vorming van half-cokes ;
- 5) boven 550° C : vordere verkooksing met vrijmaking van de laatste produkten der pyrolyse.

De voordracht van Dawson handelt over het mikroskopisch onderzoek van geoxydeerde lage-temperatuur-cokes. De verkooksing van deeltjes in een oxyderende atmosfeer gaat gepaard met de vorming, op hun oppervlakte, van een geoxydeerde laag met een groter reflekerend vermogen, waarvan de dikte mikroskopisch werd vastgesteld. De proeven werden uitgevoerd op cokes van lage temperatuur bereid in bewegend bed uit kolen met een hoog gehalte aan

d'une quantité limitée d'oxygène. Pour un temps de séjour donné, l'épaisseur de la couche d'oxydation passe par un maximum lorsque la température de cokéfaction s'élève. On propose deux explications de cet effet.

La première hypothèse rend compte des résultats obtenus dans le carboniseur rapide discontinu. Elle consiste à admettre que les particules ne subissent aucune transformation jusqu'à 400° C et que, par conséquent, l'oxydation reste essentiellement limitée à leur surface externe.

L'autre hypothèse ne fait pas intervenir l'influence de la surface des particules et suppose l'existence au cours de l'oxydation de deux phénomènes concurrentiels dont le premier entraîne la formation et le second l'élimination de la couche d'oxydation.

Le travail de Billyeald, Blayden et Stacey part de l'observation selon laquelle les essais au tambour actuellement utilisés dans la pratique, ne fournissent qu'une image globale de la résistance mécanique résultante du coke, mais ne traduisent pas sa dépendance à l'égard des divers facteurs physiques.

On cite, comme principaux facteurs influençant cette résistance : les propriétés élastiques et les limites de dilatation de morceaux de coke et, en conséquence, d'une part, la répartition des fissures et, d'autre part, la cohésion du coke non fissuré.

Deux méthodes expérimentales mises au point pour déterminer les propriétés élastiques du coke ou dérivées de méthodes déjà connues pour l'étude d'autres substances sont décrites. On a mesuré, d'une part, à l'aide de jauges de contrainte, la déformation jusqu'à la limite de rupture pour une charge définie et déterminé, d'autre part, par des mesures de résonance, la vitesse de propagation des ondes de tension dans le coke. Les deux méthodes ont conduit à des résultats comparables.

A partir d'échantillons de charbon comprimé et de coke industriel, il a été établi que les conditions de cokéfaction exercent une influence sur les propriétés élastiques et que la vitesse de propagation des ondes de tension dans le coke est en relation manifeste avec sa résistance mécanique.

C. — Goudrons de basse température.

Rapporteur : Dr. G. HUCK.

- a) Etude des goudrons primaires obtenus par pyrolyse rapide d'un charbon Faulquemont par R. DEELDER, R. CHAUVIN.

vluchtige bestanddelen en in aanwezigheid van een beperkte hoeveelheid zuurstof. Voor een bepaalde verblijfsduur gaat de dikte van de oxydatielaag door een maximum wanneer de temperatuur van de verkooksing toeneemt. Men stelt hiervoor twee verklaringen voor.

De eerste houdt rekening met de uitslagen bekomen bij het discontinu snel carboniseren. Deze verklaring veronderstelt dat de deeltjes hoegenaamd geen transformatie ondergaan tot 400° C en dat de oxydatie bijgevolg hoofdzakelijk beperkt blijft tot de buitenoppervlakte.

De andere hypothese houdt geen rekening met de invloed van de buitenoppervlakte en veronderstelt het bestaan tijdens het oxyderen van twee samenwerkende fenomenen waarvan het ene de vorming en het andere de afbraak van de oxydatielaag betekent.

Billyeald, Blayden en Stacey gaan uit van de vaststelling dat de proeven in de trommel, die thans in de praktijk worden aangewend, slechts een algemeen beeld geven van de mekanische weerstand van de cokes maar niets leren over de afhankelijkheid daarvan van de verschillende fysieke factoren.

Onder de belangrijkste factoren die deze weerstand beïnvloeden worden aangehaald : de elastische eigenschappen en de uitzettingsgrenzen van stuken cokes en bijgevolg van de ene kant de verdeling van de spleten en van de andere kant de cohesie van de niet gespleten cokes.

Men beschrijft twee experimentele methoden uitgewerkt voor het bepalen van de elastische eigenschappen van de cokes of afgeleid van bekende methoden voor de studie van andere stoffen. Van de ene kant heeft men met behulp van meetstrippen de vervorming tot aan de breukgrens nagegaan voor een bepaalde belasting en van de andere kant door middel van resonantiemetingen de voortplantingssnelheid van de spanningsgolven in de cokes bepaald. Beide methoden hebben vergelijkbare resultaten opgeleverd.

Uitgaande van monsters bestaande uit samenge-drukte kolen en industriële cokes kon worden vastgesteld dat de omstandigheden van verkooksing een invloed uitoefenen op de elastische eigenschappen, en dat de voortplantingssnelheid van de spanningsgolven in de cokes klaarblijkelijk in verband staat met zijn mekanische weerstand.

C. — Teer van lage temperatuur.

Verslaggever : Dr. G. HUCK.

- a) Studie van de primaire teer uit snelle pyrolyse van kolen Falquemont door R. DEELDER, R. CHAUVIN.

- b) Pyrolyse contrôlée et spectres chromatographiques d'extraits et d'échantillons de charbons par J. ROMOVACEK, J. KUBAT.
- c) Cracking de goudrons et de composés aromatiques sur charbon actif par D.M.L. GRIFFITHS, J.S.R. MAINHOOD.
- d) Etude chromatographique de goudrons produits par carbonisation de divers charbons en présence d'additifs par R. HAQUE, G.J. LAWSON, S.G. WARD.
- e) Spectres de masse de quelques structures aromatiques pyrolysées ayant été identifiées dans des extraits de charbon par A.G. SHARKEY, J.L. SHULTZ, R.A. FRIEDEL.
- f) Etude du craquage thermique de goudron primaire par J. LAHOUSTE, P. PAYEN.
- g) Les hydrocarbures paraffiniques et cycloparaffiniques d'un goudron industriel de carbonisation à basse température par J. BRICTEUX, M. NEURAY.
- b) Gekontroleerde pyrolyse en chromatografische spectrums van extracten en monsters van kolen door J. ROMOVACEK, J. KUBAT.
- c) Cracking van teer en aromatische samenstellingen op actieve kolen door D.M.L. GRIFFITHS, J.S.R. MAINHOOD.
- d) Chromatografische studie van teer uit de carbonisatie van verschillende kolen in aanwezigheid van toevoegsels door R. HAQUE, G.J. LAWSON, S.G. WARD.
- e) Massaspectrums van enkele gepyrolyseerde aromatische structuren die in de kolenextracten werden geïdentificeerd door A.G. SHARKEY, J.L. SHULTZ, R.A. FRIEDEL.
- f) Studie van de thermische cracking van primaire teer door J. LAHOUSTE, P. PAYEN.
- g) Paraffinische en cycloparaffinische koolwaterstoffen van een industriële carbonisatieteer op lage temperatuur door J. BRICTEUX, M. NEURAY.

La carbonisation à basse température, en libérant des molécules de taille importante, peut fournir des indications sur la présence, dans les houilles, de certaines structures. Mais, si le traitement thermique est facile à mettre en œuvre, l'interprétation des résultats est délicate. En effet, d'une part, de nombreux paramètres, comme la température, la durée de la réaction, la granulométrie, l'épaisseur de la couche des grains, le mode de carbonisation, influencent les résultats et, d'autre part, avant d'établir des filiations, il est nécessaire de faire la distinction entre les composés qui pourraient dériver de la houille et ceux qui ont pu se former à l'occasion de réactions secondaires.

En passant brièvement en revue les communications présentées dans cette section, on constate que de très nombreux paramètres ont été pris en considération par les auteurs.

Deelder et Chauvin ont réalisé une pyrolyse en atmosphère d'azote de particules calibrées de charbon « Faulquemont » avec des vitesses de chauffage très élevées. Les rendements en goudron sont élevés et les rapports gaz/goudron et eau/goudron sont, en revanche, très faibles.

Les auteurs ont fait des analyses statistiques structurelles de ces goudrons fort complexes et une étude détaillée de certaines fractions a pu être effectuée directement par chromatographie en phase gazeuse. De plus, des renseignements supplémentaires ont pu être tirés de l'étude des produits obtenus par hydrogénation ménagée en présence de sulfure de molybdène.

Les goudrons ont un caractère « primaire » très accusé et il semble qu'on y retrouve, sans grande modification, les « unités structurelles » du charbon. Le pristane et le 2.6.10-triméthylpentadécane ont été identifiés.

De carbonisatie op lage temperatuur geeft molekulen van grote omvang vrij en kan aanduidingen verstrekken omtrent de aanwezigheid van sommige structuren in de kolen. De thermische behandeling is niet moeilijk uit te voeren doch het interpreteren van de resultaten is delikaat. Enerzijds zijn er immers een aantal parameters, zoals de temperatuur, de reaktieduur, de korrelgrootte, de dikte van de korrelaag, de wijze van carboniseren, die de resultaten beïnvloeden; anderzijds is het nodig vooraleer tussen een en ander een verband te leggen, een onderscheid te maken tussen de verbindingen die van de kolen zouden kunnen voortkomen en die welke tijdens secundaire reacties kunnen ontstaan zijn.

Als we de reeks voordrachten op dit gebied doorlopen zien we dat talrijke parameters door de auteurs in aanmerking zijn genomen.

Deelder en Chauvin hebben een pyrolyse in stikstofatmosfeer van gekalibreerde deeltjes van Faulquemont-kolen bewerkt met zeer hoge verwarmingssnelheden. Het rendement in teer is zeer hoog en de verhoudingen gas/teer en water/teer vanzelfsprekend zeer laag.

De auteurs hebben statistische analyses gewijd aan de structuur van deze zeer ingewikkelde teersoorten en sommige fracties rechtstreeks door chromatografie in de gasfase in alle bijzonderheden onderzocht. Daarenboven hebben ze bijkomende inlichtingen bekomen uit de studie van de produkten die door beperkte hydrogenering in aanwezigheid van molybdeen-zwavel bekomen werden.

De teer is klaarblijkelijk van « primair » karakter en het schijnt dat men er haast ongewijzigd de « structurele eenheden » van de kolen in terugvindt. Het pristane en het 2.6.10-trimethylpentadecaan werden geïdentificeerd.

Le but poursuivi par Romovacek et Kubat est de réduire autant que possible le temps de séjour. Ils ont mis au point un procédé permettant d'analyser les produits primaires sans pertes et presque sans réactions secondaires. La pyrolyse est réalisée dans un dispositif couplé directement à un appareil de chromatographie en phase gazeuse. L'interprétation des « pyrogrammes » obtenus dans ces conditions est qualitativement et quantitativement très difficile, mais les auteurs ont pu constater que l'augmentation du degré de houillification se traduit par une diminution de la production d'hexane, d'heptane et de cyclohexane, d'une part, et augmentation des fractions aromatiques, d'autre part.

Des essais sur des charbons oxydés à l'air et sur des macéraux ont également été réalisés.

L'influence de catalyseurs tels que le charbon actif, l'alumine ou la silice, a été étudiée par Griffiths et Mainhood. Les produits volatils, libérés par la carbonisation à basse température, traversent un lit de catalyseurs maintenu à une température située entre 300 et 900° C. Les quantités de benzène, toluène, xylène et éthylbenzène, passent par un maximum suivant la température du charbon actif, les températures optimales (environ 500° C) étant beaucoup plus basses dans le cas du charbon actif que dans le cas de la silice. Il faut noter qu'une grande partie du goudron est retenue sur le charbon actif.

Le passage d'hydrocarbures aromatiques à travers le charbon actif à 500° C se traduit par une déalkylation et une déshydroxylation partielles, une partie des hydrocarbures se déposant sur le charbon. Les effets sont d'autant plus marqués que le poids moléculaire augmente.

La conclusion des auteurs est que le charbon actif agit comme catalyseur de cracking pour les constituants du goudron les plus volatils, mais favorise la formation de coke dans le cas des constituants les moins volatils.

Pour étudier l'influence des cendres au cours de la pyrolyse, Haque, Lawson et Ward ont carbonisé une série de charbons bitumeux en présence d'additifs tels que le chlorure d'aluminium, l'oxyde de fer, l'oxyde de calcium, la poudre de fer ou encore le fluorure de bore. Les différents goudrons obtenus dans ces conditions ont été fractionnés en constituants acides, basiques et neutres et chaque fraction a été examinée en chromatographie en phase gazeuse. Les additifs entraînent presque toujours une réduction du rendement en goudron, phénomène qui se manifeste surtout dans le cas d'addition de trifluorure de bore. Suivant l'additif considéré, les quantités de constituants acides varient fortement : c'est surtout sur ce point que porte la discussion des nombreux résultats obtenus.

Romovacek en Kubat streven er naar de verblijfsduur zoveel mogelijk in te korten. Zij hebben een procédé uitgewerkt om de primaire produkten zonder verlies en haast zonder nevenreacties te ontleiden. Het apparaat voor de pyrolyse is rechtstreeks gekoppeld aan een toestel voor chromatografie in de gasfase. Het interpreteren van de aldus bekomen « pyrogrammen » is kwalitatief en kwantitatief zeer ingewikkeld, maar de auteurs hebben kunnen vaststellen dat een toeneming van de inkolingsgraad leidt tot een vermindering van de produktie van hexaan, heptaan en cyclohexaan van de ene kant, en een vermeerdering van de aromatische frakties van de andere kant.

Er werden eveneens proeven uitgevoerd op aan de lucht geoxydeerde kolen en op macerale bestanddelen.

De invloed van katalysatoren zoals actieve kool, aluminium of silicium werd bestudeerd door Griffiths en Mainhood. De vluchtige produkten die tijdens de carbonisatie op lage temperatuur vrijkomen gaan door een bed van katalysatoren op een temperatuur van 300 tot 900° C. De hoeveelheden benzene, toluene, xyleen en ethylbenzeen gaan door een maximum volgens de temperatuur van de actieve kool, waarbij de optimale temperatuur (ongeveer 500° C) veel lager ligt bij kolen dan silicium. Te noteren dat een grote hoeveelheid teer door de actieve kool wordt tegengehouden.

Bij de doorgang van aromatische koolwaterstoffen door actieve kool op 500° C ontstaat er een gedeeltelijke dealkylering en deshydroxylering waarbij een gedeelte van de koolwaterstoffen zich op de kool neerzet. Dit verschijnsel is meer uitgesproken naargelang het molekulair gewicht hoger ligt.

Het besluit van de auteurs luidt dat de actieve kool werkt als katalysator voor cracking van de meest vluchtige delen van de teer maar de vorming van cokes bevordert waar het de minst vluchtige delen betreft.

Om de invloed van de assen bij de pyrolyse na te gaan hebben Haque, Lawson en Ward een reeks bitumineuze kolen gecarboniseerd in aanwezigheid van toevoegsels zoals aluminiumchloride, ijzerpoeder of boorfluoride. De aldus bekomen teersoorten werden gefractionneerd in hun zure, basische en neutrale delen en elke fraktie werd chromatografisch onderzocht in de gasfase. De toevoegsels veroorzaken haast altijd een vermindering van het rendement in teer, vooral dan het boortrifluoride. De hoeveelheid der zure bestanddelen verandert sterk met het beschouwde toevoegsel : de bespreking van de talrijke resultaten heeft vooral hierop betrekking.

Par pyrolyse en phase liquide, Sharkey, Schultz et Friedel se proposent d'étudier le fait de savoir si les aromatiques à masse moléculaire peu élevée ayant 1 à 3 noyaux par molécule, que l'on obtient lors de l'extraction à la pyridine de la houille à température ambiante, peuvent servir de précurseurs pour la formation de composés aromatiques condensés ayant 4 à 7 noyaux par molécule.

Dans ce but, ils ont porté des extraits de charbon à une température de 450° C et les ont maintenus à cette température pendant 4 heures, à l'abri de l'air. Les gaz de cracking et les résidus de pyrolyse ont fait l'objet d'une étude par spectrométrie de masse.

Pour éclaircir les mécanismes des réactions, les auteurs ont étudié vingt composés aromatiques ayant de 1 à 4 noyaux qui pouvaient être considérés comme représentatifs de substances identifiées dans les extraits de charbon et dans les goudrons. En résumé, les auteurs pensent que les résultats prouvent que la carbonisation du charbon à basse température mène essentiellement à la formation de produits dont la masse moléculaire est inférieure à 400 et que les produits sont le résultat d'une réaction entre deux radicaux.

Les travaux de Lahouste et Payen portent sur le cracking d'un goudron primaire, goudron frais non condensé, issu de la carbonisation à basse température — 500 à 600° C — avec une vitesse de chauffage de quelques degrés par seconde. Le goudron primaire ainsi défini a été craqué dans diverses conditions en fonction des paramètres suivants : température, durée de cracking, dilution dans la phase gazeuse, nature de la phase gazeuse, nature du charbon.

Les résultats obtenus par les auteurs apportent des précisions sur la cinétique du cracking des goudrons, la nature et la quantité des produits formés, l'influence de la phase gazeuse accompagnant le goudron et l'influence du charbon d'origine. De l'analyse chromatographique des goudrons après traitement, il est possible de dégager un indice de désalcoylation (rapport naphthalène/alcoyl-naphthalène) qui donne une évaluation assez précise de l'importance du cracking qu'ils ont subi.

Bricteux et Neuray présentent une étude qualitative et quantitative des fractions paraffiniques isolées d'un goudron industriel de carbonisation à basse température. Le domaine d'ébullition des fractions examinées s'étend de 60 à 360° C.

Les fractions sont constituées principalement de paraffines normales, mais on y trouve également des paraffines ramifiées et des cycloparaffines. La plu-

Sharkey, Schultz en Friedel willen door pyrolyse in de gasfase de vraag bestuderen of aromatische stoffen met tamelijk laag moleculair gewicht, die twee of drie kernen per molekule bevatten en die men bekomt door extractie van kolen met pyridine op de omgevingstemperatuur, kunnen dienen als voorlopers voor de vorming van gekondenseerde aromatische verbindingen met 4 tot 7 kernen per molekule.

Hiertoe hebben ze kolenextrakten op een temperatuur van 450° C gebracht en ze daarop bewaard gedurende 4 uren afgezonderd van de lucht. De crackinggassen en het pyrolyseresidu werden door massaspektrometrie onderzocht.

Om een inzicht te krijgen in de mechanismen der reacties hebben de auteurs 20 aromatische verbindingen met 1 tot 4 kernen onderzocht, die konden beschouwd worden als representatief voor de stoffen die in de kolenextrakten en de teer worden aangehouden. Samenvattend menen de auteurs uit de resultaten te moeten afleiden dat de carbonisatie op lage temperatuur hoofdzakelijk produkten oplevert met een moleculair gewicht van minder dan 400 en dat de produkten het resultaat zijn van een reactie tussen twee radicalen.

De werken van Lahouste en Payen hebben betrekking op de cracking van een primaire teer, een verse en niet gecondenseerde teer, produkt van de carbonisatie op lage temperatuur — 550 à 600° C — tegen een verwarmingssnelheid van enkele graden per seconde. De aldus omschreven primaire teer werd gekraakt in verschillende omstandigheden geconditionneerd door de volgende parameters : temperatuur, duur van de cracking, verdunning van de gasfase, aard van de gasfase, aard van de kolen.

De door de auteurs bekomen resultaten geven aanduidingen omtrent de cinemata van de cracking van teer, de aard en de hoeveelheid van de gevormde produkten, de invloed van de gasfase die de teer vergezelt en de invloed van de oorspronkelijke kolen. Uit de chromatografische ontleding van de teer na de behandeling kan men een desalcoyleringsindex (verhouding naftaleen/alcoyl-naftaleen) opmaken die een tamelijk nauwkeurige beoordeling van het belang der cracking waaraan de teer is onderworpen geweest mogelijk maakt.

Bricteux en Neuray leveren een kwalitatieve en kwantitatieve studie van de paraffinische frakties afgezonderd uit een industriële teer uit carbonisatie op lage temperatuur. Het kookpunt van de bestudeerde frakties ligt tussen 60 en 360°.

Deze frakties bestaan hoofdzakelijk uit normale paraffinen, maar men vindt er ook vertakte en cyclo-

part des paraffines ramifiées appartiennent à des familles homologues 2-méthyl-, 3-méthyl-, 2.3-diméthyl-, 2.6-diméthyl-, 2.2'-diméthyl-paraffines, mais des hydrocarbures à squelette isoprénoïde — 2.6.10-triméthyl-paraffines et pristane — sont aussi présents.

Parmi les cycloparaffines, on rencontre, outre le cyclopentane et le cyclohexane, des alkylcyclopentanes et -hexanes et des dérivés mono-, di- et triméthylés.

Les auteurs envisagent la formation de certains de ces hydrocarbures au cours de la pyrolyse en faisant appel au mécanisme radicalaire qui se trouve à la base de la décomposition thermique des paraffines. L'application de ce mécanisme à la décomposition du pristane permet d'expliquer certaines particularités des courbes de distribution des hydrocarbures ramifiés.

paraffinen in. De meeste vertakte paraffinen behoren tot de homologe families — 2-methyl-, 3-methyl-, 2.3-dimethyl-, 2.6-dimethyl-, 2.2'-dimethyl-paraffinen, maar ook koolwaterstoffen met isoprenoïde-skelet - 2.6.10-trimethylparaffine en pristaan — zijn aanwezig.

Bij de cycloparaffinen vindt men behalve cyclopentane en cyclohexaan, alkylcyclopentanen en -hexanen en hun mono-, di- en trigemethyleerde derivaten.

De auteurs nemen aan dat sommige van deze koolwaterstoffen tijdens de pyrolyse gevormd worden en doen daartoe beroep op het radicalaire mechanisme dat aan de basis ligt van de thermische ontbinding van de paraffinen. De toepassing van dit mechanisme op de ontbinding van het pristaan verklaart sommige eigenaardigheden in de verspreidingskrommen van de vertakte koolwaterstoffen.

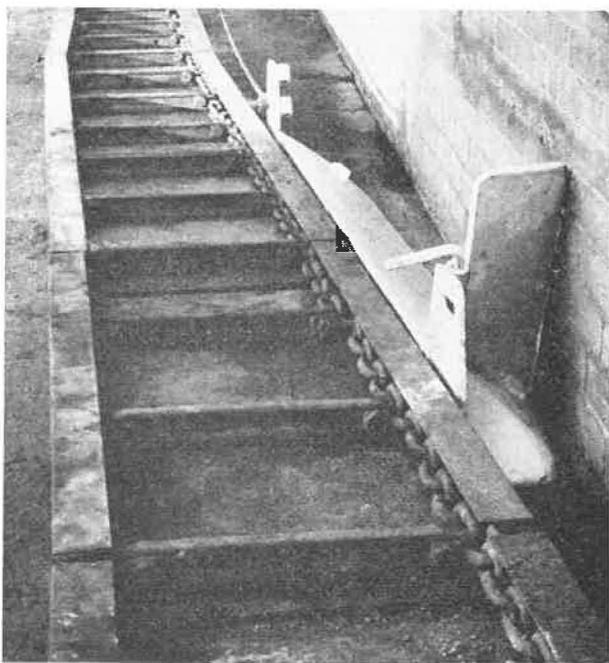


Matériel Minier

Notes rassemblées par INICHAR

SOC DE NETTOYAGE ASSOCIE A UNE ABATTEUSE CHARGEUSE (1)

M. Hopkins, directeur du charbonnage Swarwick, Division des East Midlands, a mis au point un soc de nettoyage destiné à fonctionner au point où le convoyeur blindé amorce son ripage (fig. 1).



Ce soc permet de supprimer le nettoyage du charbon derrière la machine, qu'il s'agisse du charbon abandonné par cette dernière ou qui tombe après le passage de l'abatteuse. En plus de son travail de balayage et de refoulement sur le convoyeur, il permet de riper le convoyeur blindé au maximum. Ce soc a une longueur totale de 2,55 m ; il dispose d'une tôle déflectrice solidarisée à l'extrémité arrière au moyen d'une broche. La longueur du soc est fonction de la quantité de charbon à refouler. En son

(1) Extrait de « Colliery Engineering », septembre 1965.

Mijnmaterieel

Nota's verzameld door INICHAR

RUIMSOKKEL HOREND BIJ EEN WIN- EN LAADMACHINE (1)

Hopkins, directeur van de kolenmijn Swarwick, East Midlands Division, heeft een ruimsokkel vervaardigd die bestemd is om te werken daar waar de pantsertransporteur begint om te schuiven (fig. 1).

Fig. 1.
Soc de nettoyage — Ruimsokkel.

Deze sokkel ruimt de kolen op achter de machine, of deze kolen nu door de machine werden achtergelaten of na de voorbijgang van de machine zijn afgevallen. Niet alleen maakt hij het pand zuiver en stuwt hij de kolen op de transporteur, maar bovendien maakt hij het mogelijk deze laatste tot het uiterste om te drukken. Zijn totale lengte bedraagt 2,55 m ; er hoort een deflectorplaat bij die met een pen aan het achterste uiteinde bevestigd wordt. De lengte van de sokkel hangt af van de hoeveelheid

(1) Uittreksel uit « Colliery Engineering » septembre 1965.

centre, on trouve un joint articulé qui facilite sa manutention et son déplacement.

Une plaque dite de remorquage est munie d'un certain nombre de trous pour adapter le soc à l'état du mur (tendre ou dur).

A titre indicatif, le soc est halé par un câble de remorquage de 3,60 m de longueur, lorsqu'on a affaire à un tambour d'arrachage de 50 cm de largeur. La longueur de ce câble passe à 4,50 m si le tambour d'arrachage a 67,5 cm de largeur.

DISPOSITIF DE SECURITE POUR L'ASSEMBLAGE DES CHAINES DE CONVOYEUR BLINDE OU DE RABOT (2)

1. Convoyeurs blindés.

11. Causes d'accidents.

Lors de l'assemblage des chaînes au cours d'une réparation ou après allongement ou raccourcissement du convoyeur, fréquemment la chaîne s'échappe et se détend brusquement, provoquant des accidents parfois graves. On observe que certaines causes reviennent toujours dans les compte rendus de ces accidents :

1^o) Après des démarrages répétés, le moteur déclenche. La chaîne fortement tendue par les tentatives précédentes se détend rapidement, entraînant la roue à empreintes en sens inverse, car la motrice n'offre plus de résistance (à moins d'y adapter un frein électromagnétique). L'extrémité libre de la chaîne fouette sur son passage.

2^o) Lorsqu'on utilise un palan pour assembler les chaînes, le crochet d'attache cède.

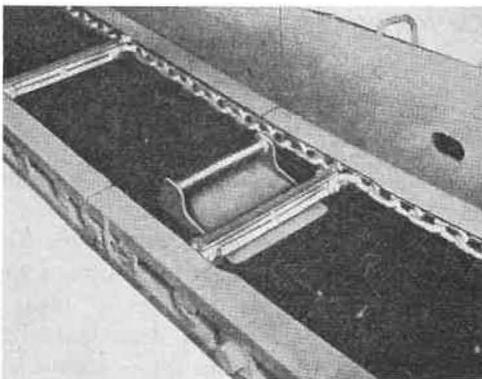


Fig. 2.

Pied de calage — Ankervoet.

kolen die opgeruimd moet worden. In het midden zit er een geleiding waardoor het behandelen en verplaatsen wordt vergemakkelijkt.

Een plaat, waaraan de sokkel wordt voortgetrokken, bevat verschillende openingen, zodat aanpassing aan de toestand van de vloer (zacht of hard) mogelijk is.

Heeft men bij voorbeeld te doen met een trommel met een breedte van 50 cm, dan wordt de sokkel voortgesleept door een kabel met een lengte van 3,60 m ; dit wordt 4,50 m voor een trommel met een breedte van 67,5 cm.

VEILIGHEIDSTOESTELLEN VOOR HET VERBINDEN VAN PANTSERTRANSSPORTEUR- EN SCHAAFKETTINGEN (2)

1. Pantsertransporteurs.

11. Ongevalsoorzaken.

Bij het verbinden van kettingen na het herstellen of het langer of korter maken van de transporteur gebeurt het dikwijls dat de ketting ontsnapt en zich plots ontspant, waarbij soms ernstige ongevallen gebeuren. In het relaas van deze ongevallen vindt men sommige gegevens regelmatig terug :

1^o) De motor slaat af na herhaald starten ; de ketting werd door de verschillende stroomstoten sterk gespannen en ontspant zich nu plots waarbij de nestenschijf in tegengestelde zin wordt meegesleept daar de motor geen weerstand meer biedt (tenzij er een elektromagnetische rem zou op staan). Het vrije uiteinde van de ketting verplaatst zich met zweepslagen.

2^o) Wanneer men een takel gebruikt voor het verbinden begeeft de bevestigingshaak het.

3^o) Om de ketting opnieuw te spannen maakt men gewoonlijk gebruik van een metalen voet die de ketting tegenhoudt doordat hij zich onder een meenemer vastklemt (fig. 2). Deze voet kan wegglijden wanneer hij vervormd is of wanneer de goot in kwestie versleten of gebogen is.

12. Toestellen Westfalia.

Tegen het teruglopen van de ketting bij het uitschakelen van de motor heeft de firma Westfalia een toestel met pal gemaakt. Het bestaat (fig. 3) uit een dwarsbalk met twee omklapbare delen elk eindigend in een pal. De dwarsbalk wordt aan de aandrijfkop bevestigd door middel van twee pennen.

(2) Extrait de « Der Kompass », mars et avril 1965.

(2) Uittreksel uit « Der Kompass », maart en april 1965.

3°) Pour pouvoir retendre la chaîne, on utilise généralement un pied métallique qui retient la chaîne en se coinçant sous une raclette (fig. 2). Ce pied peut glisser s'il est déformé ou si le couloir du blindé est usagé ou cabossé.

12. Dispositifs Westfalia.

Comme remède aux retours de chaîne par déclenchement du moteur, la firme Westfalia a conçu un dispositif anti-retour à cliquet. Il consiste (fig. 3) en une traverse munie de deux pièces rabattables terminées chacune par un cliquet. La traverse se fixe au châssis de la tête motrice au moyen de deux broches. Les pièces à cliquet, rabattues à la main, restent au contact de la chaîne par leur propre poids. Elles se laissent soulever par les maillons arrivant du brin inférieur en position verticale et retombent par leur cliquet dans l'ouverture du maillon horizontal suivant (fig. 4). La chaîne ne peut donc revenir

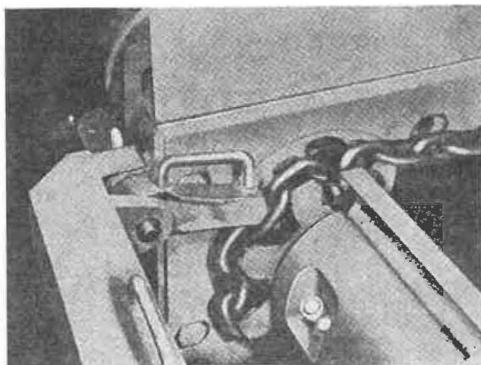


Fig. 4.

Dispositif anti-recul, avec cliquet engagé dans un maillon horizontal de la chaîne.

Terugslagveiligheid, met de pal in een horizontale kettingschakel.

en arrière que jusqu'à l'instant où le cliquet retombe dans le maillon horizontal voisin : tout recul devient alors impossible.

Avec ces cliquets anti-retour, on utilise, pour amarrer l'autre extrémité de la chaîne, les pieds de calage déjà décrits (fig. 2) ou un attelage spécial conçu par la firme Westfalia. Cet attelage (fig. 5) comporte sur une même traverse deux griffes épousant la section transversale de la raclette qu'elles agrippent, et reliées par chaînes et crochets à des œillets appropriés du châssis de la tête motrice (fig. 6).

A noter que la chaîne, une fois refermée, doit conserver un léger mou afin de pouvoir dégager le cliquet anti-recul, puis les crochets de l'attelage ou ce pied de calage.

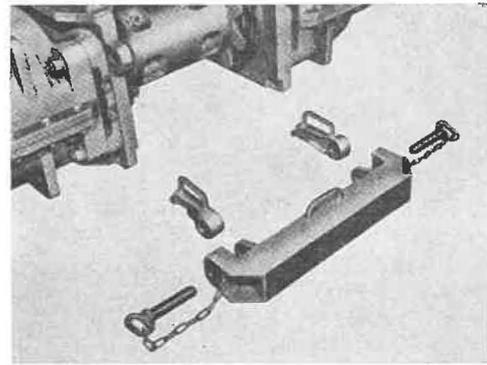


Fig. 3.

Dispositif anti-recul, à 2 cliquets, de la firme Westfalia (en pièces détachées).

Terugslagveiligheid met twee pallen van de firma Westfalia (in losse onderdelen).

De pallen worden met de hand neergelegd en blijven door hun eigen gewicht tegen de ketting gedrukt. De verticale schakels van de tegemoetkomende ketting lichten ze op en vallen met hun pal in de opening van de er op volgende horizontale schakel (fig. 4). De ketting kan maar net zo lang achteruit lopen tot de pal in de eerste horizontale schakel valt ; elk teruglopen is bijgevolg uitgesloten.

Samen met deze terugslagpallen gebruikt men voor het verankeren van de andere kant der ketting de hoger beschreven ankervoeten (fig. 2) of een andere speciaal ankertoestel van de firma Westfalia (fig. 5). Het bestaat uit twee klauwen die kun-

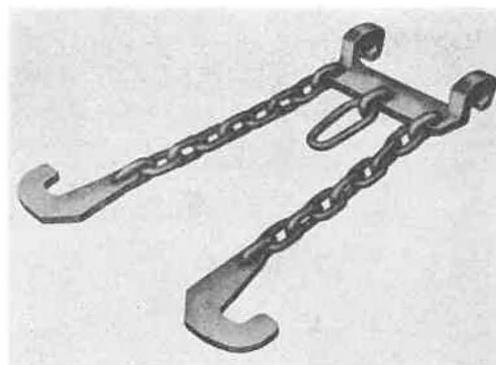


Fig. 5.

Attelage de sécurité Westfalia.

Veiligheidsketting Westfalia.

nen aangepast worden op de dwarsdoorsneden van eenzelfde meenemer, en die door middel van kettingen en haken worden bevestigd aan ogen daartoe speciaal in de aandrijfkop aangebracht (fig. 6).

Men notere dat de gesloten ketting nog een zekere loos moet vertonen zoniet kan men de pallen niet

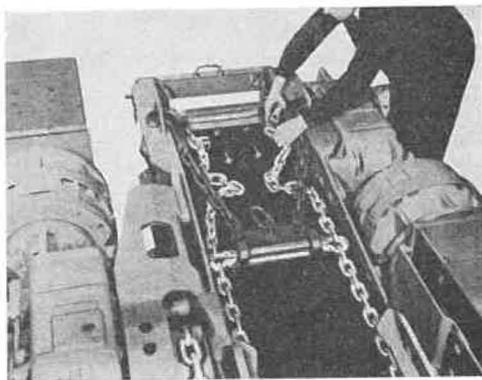


Fig. 6.

Attelage de la figure 5 en service.

Ketting van figuur 5 in dienst.

On conseille, avant d'assembler la chaîne, de remplacer les broches de cisaillement par des neuves.

13. Dispositif Neuhaus.

Pour assembler la chaîne, certains utilisent un palan à air comprimé au lieu du moteur électrique. Cependant, les crochets de palan ne sont pas conçus pour se fixer directement à la raclette ; cela crée des risques d'accident.

La firme Neuhaus, Witten (Ruhr), a conçu un attelage de sécurité pour palan (fig. 7). Les deux griffes sont en forme de U. On insère la branche libre de U dans le faux-maillon et on les solidarise par le boulon de raclette. L'autre branche est réunie par chaîne à un anneau conçu pour recevoir le crochet du palan.

Il faut avoir soin de serrer fortement le boulon de raclette, sinon les ailes du faux-maillon doivent reprendre la traction de la chaîne, pour laquelle elles ne sont pas prévues.

2. Rabots.

Les chaînes de rabots présentent les mêmes causes d'accident que celles de convoyeur blindé : déclenchement du moteur électrique, échappement d'huile échauffée du Voith, broche de cisaillement qui se rompt, amarrage des chaînes qui lâche.

Le dispositif de sécurité de la firme Westfalia (fig. 8) comporte une griffe de retenue (1) et un dispositif anti-retour (2) pour la roue à empreintes.

La griffe de retenue (fig. 9) se compose de 2 pièces en équerre (5) pour l'ancrage, et de la griffe proprement dite (13). Les équerres se fixent à la tôle latérale (2) du couloir de jonction, dans un trou oval par une sécurité à broche (7) et sont reliées

losmaken en evenmin de ankervoeten of -kettingen.

Het is aan te raden, vooraleer kettingen te spannen, de breekbouten door nieuwe te vervangen.

13. Toestellen Neuhaus.

Sommigen gebruiken een persluchtakel in plaats van de elektrische motoren voor het spannen van de ketting. De haken van de takels zijn echter niet gemaakt om rechtstreeks op de meenemers te worden bevestigd ; dit kan aanleiding geven tot ongevallen.

De firma Neuhaus, Witten (Ruhr), heeft een veiligheidsbevestiging gemaakt voor takel (fig. 7). De

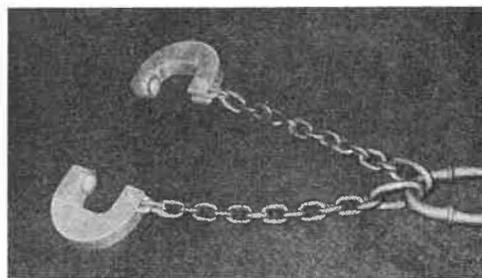


Fig. 7.

Attelage pour palan de la firme Neuhaus.

Bevestigingsketting voor takel, van de firma Neuhaus.

beide klauwen hebben een U-vorm. Men brengt het vrije been van de U in de beugel en verbindt beide door middel van een meenembout. Het andere been wordt door middel van een ketting vastgemaakt aan een ring waarin de haak van de takel moet komen.

Men moet er op letten de bout in de beugel sterk aan te spannen zoniét moeten de vleugels van de beugel de spanning van de ketting opnemen, en daarvoor zijn ze niet berekend.

2. Schaven.

De oorzaken van ongevallen zijn hier dezelfde als bij transportkettingen ; uitschakelen van de elektrische motoren, ontsnapping van de olie uit de Voith, breken van de bouten, loskomen van de verankering der kettingen.

Het veiligheidstoestel van de firma Westfalia (fig. 8) bestaat uit een weerhaak en een terugslagbeveiliging op de nestenschijf.

De weerhaak bestaat uit (fig. 9) twee hoekijzers (5) voor het verankeren en de eigenlijke klauw (13). De hoekijzers komen vast op de zijkant (2) van de verbindingsgoot in een ovale opening en worden geborgd met een pen (7) en aan de klauw zelf ver-

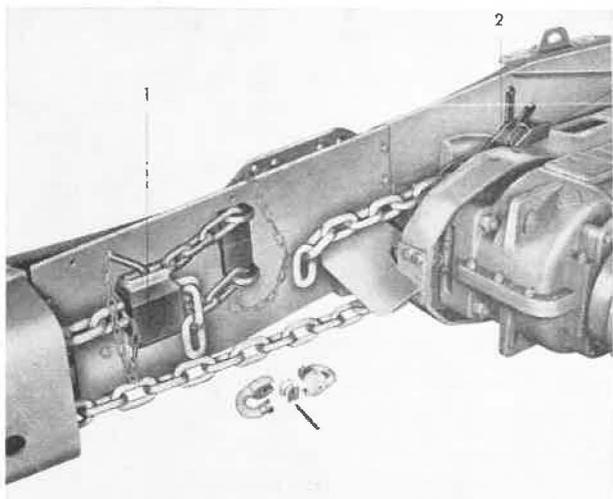


Fig. 8.

Dispositif de sécurité lors de travail à la chaîne du rabot.
Veiligheidstoestel voor het werk aan schaafkettingen.

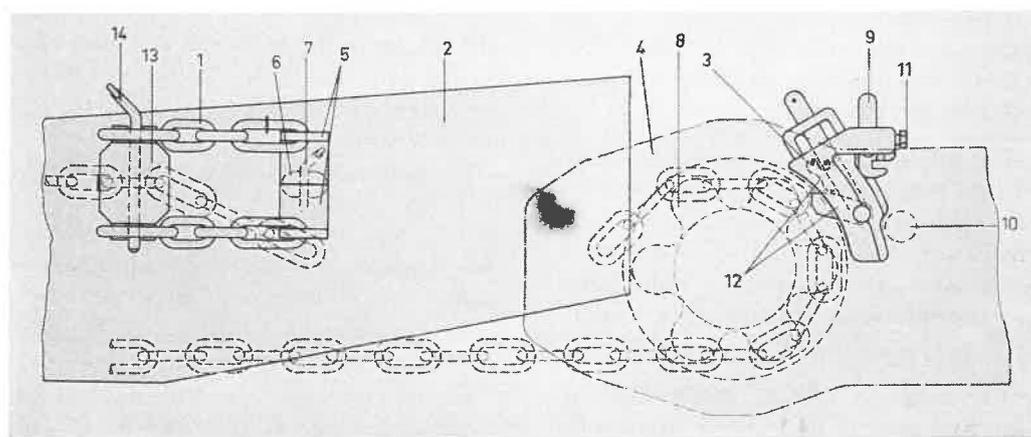


Fig. 9.

Détail du dispositif — Onderdeel ervan.

à la griffe même par deux chaînes. La griffe possède elle aussi une sécurité par broche (14).

Le dispositif anti-retour se fixe au réducteur (4) du rabot et se compose d'un support de cliquet muni d'un levier de blocage (9) et d'une vis de serrage (11) pour ce levier et d'un cliquet (12).

La griffe doit coiffer le deuxième ou le troisième maillon horizontal de la chaîne (ouverte) du rabot.

Le travail à la chaîne du rabot une fois terminé, il faut dégager le cliquet et cette opération donne parfois un violent choc au poignet de l'opérateur à cause de la tension de la chaîne. Un dispositif complémentaire, conçu par la Dortmunder Bergbau A.G., pallie ce danger (fig. 10). Une chaîne avec ressort relie le levier du cliquet à une équerre rattachée au couloir du blindé. En tirant sur la chaîne, le cliquet se libère sans danger.

bonden met twee kettingen. Ook de klauw wordt geborgd met een pen (14).

De terugslagveiligheid staat vast op de schaafreducteur (4) en bestaat uit een palhouder met een blokkeerhefboom (9) en een klemschroef (11) voor deze hefboom, en een pal (12).

De klauw moet om de tweede of derde horizontale schakel van de (open) schaafketting liggen.

Eenmaal het werk aan de ketting beëindigd moet men de pal losmaken en daarbij krijgt de operator soms een hevige slag op de pols wegens de spanning van de ketting. De Dortmunder Bergbau A.G. heeft tegen dit gevaar een bijkomend toestel vervaardigd (fig. 10). Een ketting met veer verbindt de hefboom van de pal aan een hoekijzer dat aan de goten van de pantsertransporteur is bevestigd. Trekt men op de ketting, dan komt de pal los zonder gevaar.

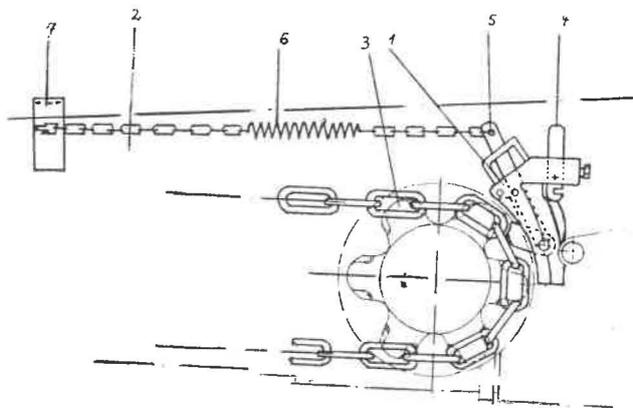


Fig. 10.

Sécurité pour le dégagement du cliquet.
Beveiliging bij het losmaken van de pal.

CONVOYEUR SILO DE CHANTIER DE FAIBLE CAPACITE (3)

La firme Sutcliffe Eng. Syst. Ltd de Horbury présente un nouveau convoyeur accumulateur de 30 tonnes de capacité. Son but est d'assurer une réserve-tampon des produits et de permettre l'absorption des pointes de production.

Le convoyeur est essentiellement formé d'une auge en acier de haute résistance dont le fond comporte un convoyeur blindé d'une largeur de 75 cm, pouvant fonctionner dans les deux sens. Ce convoyeur est lui-même entraîné par deux roues à empreintes, une à chaque extrémité, actionnées par deux moteurs hydrauliques à 7 cylindres de 65 ch.

L'infrastructure prolongée (fig. 11) soutient le bloc motopompe qui comporte un moteur électrique anti-déflagrant (25 ch, 1460 tr/min) directement couplé à une pompe hydraulique à 6 cylindres, à débit variable. Son débit varie de 0 à 63 litres/min et alimente les deux moteurs hydrauliques.

Deux réservoirs d'huile surmontent la pompe. La pression de travail atteint 150 bars pour un couple moteur de 1940 kgm. La vitesse du convoyeur accumulateur varie ainsi de 0 à 6,6 m/min ; le débit de l'accumulateur oscille alors entre 0 et 300 t/h si l'on suppose une densité de charge de 1,075 m³/t et une section transversale de 0,84 m².

L'accumulateur est alimenté par un convoyeur répartiteur blindé (75 cm de largeur) qui monte depuis le niveau du mur jusqu'à un point de vidange au-dessus de l'accumulateur. Suivant les besoins, ce dernier débite sur un convoyeur à bande dont la station de retour est située en dessous du silo.

Il existe deux types d'accumulateurs : l'un pour le charbon a 38 m de longueur, l'autre pour la pierre

BUNKERTRANSPORTEUR MET KLEINE CAPACITEIT VOOR WERKPLAATSEN (3)

De firma Sutcliffe Eng. Ltd te Horbury stelt een nieuwe bunkertransporteur met een capaciteit van 30 ton voor. De bedoeling is een vliegwiel voor de produkten te vormen en de produktiepieken te kunnen opnemen.

De transporteur bestaat hoofdzakelijk uit een trog in hoogwaardig staal met op de bodem een pantserketting van 75 cm breedte die in beide richtingen kan werken ; de ketting wordt aangedreven door twee nestenschijven, aan elk uiteinde één, die door twee hydraulische motoren van 65 pk, met zeven cilindres, worden in beweging gebracht.

Op de verlengde infrastructuur (fig. 11) staat het motor-pomp-aggregaat bestaande uit een ontplofingsvaste elektrische motor (25 pk, 1460 omw/min) die rechtstreeks gekoppeld is op een hydraulische pomp met zes cilindres en veranderlijk debiet. Dit debiet gaat van 0 tot 63 liter/min en voedt twee hydraulische motoren.

Boven de pomp staan twee oliereservoirs. De werkdruk loopt op tot 150 bars voor een motor-koppel van 1940 kgm. De snelheid van de transporteur varieert diensvolgens tussen 0 en 6,6 m/min ; het debiet dat daarmee overeenkomt is 0 tot 300 t/u wanneer men aan de lading een dwarsdoorsnede van 0,84 m² en een dichtheid van 1,075 m³/ton toekent.

De bunker wordt gevoed door een laadpantserketting (breedte 75 cm) die van de vloer opstijgt tot op de hoogte van het stortpunt boven de bunker. Deze laatste geeft naargelang van de behoeften uit op een bandtransporteur die zijn keerrol onder de bunker heeft.

Er zijn twee typen van bunkers : één voor kolen, met een lengte van 38 m, en één voor stenen, met

(3) Extrait de « Colliery Engineering », octobre 1965.

(3) Uittreksel uit « Colliery Engineering », oktober 1965.

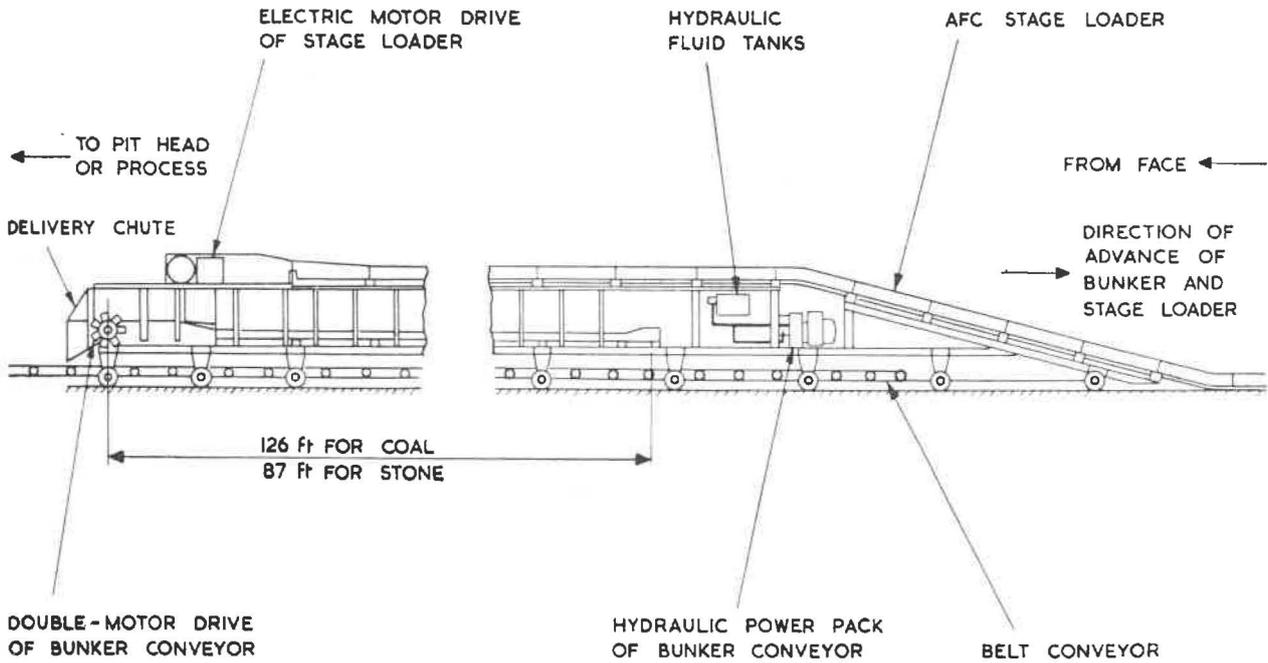


Fig. 11.

Représentation schématique en coupe de l'accumulateur de 30 t, en début de fonctionnement, lorsqu'il enjambe complètement le convoyeur à bande de déblocage.

Schematische voorstelling in zijzicht van een bunker van 30 t, bij de aanvang van de werking, wanneer hij volledig over de afvoerband heen staat.

To pit head or process : vers le puits - naar de schacht — Delivery chute : point de déversement - stortpunt — Double-motor drive of bunker conveyor : double tête motrice du convoyeur accumulateur - dubbele aandrijfkop van de bunker-transporteur — Electric motor drive of stage loader : tête motrice électrique du répartiteur - elektrische aandrijfkop van de laadpantserketting — 126 ft for coal : 37,8 m pour charbon - 37,8 m voor kolen — 87 ft for stone : 26,8 m pour pierres - 26,8 m voor stenen — Hydraulic fluid tanks : réservoirs de fluide hydraulique - reservoirs voor hydraulische vloeistof — Hydraulic power pack of bunker conveyor : bloc motopompe de l'accumulateur - motor-pomp-aggregaat van de bunker — AFC stage loader : convoyeur répartiteur - laadpantserketting — From face : de la talile - van uit de pijler — Direction of advance of bunker and stage loader : sens de progression de l'accumulateur et du répartiteur - richting waarin de bunker- en laadtransporteur vooruitgaan — Belt conveyor : convoyeur à bande - bandtransporteur

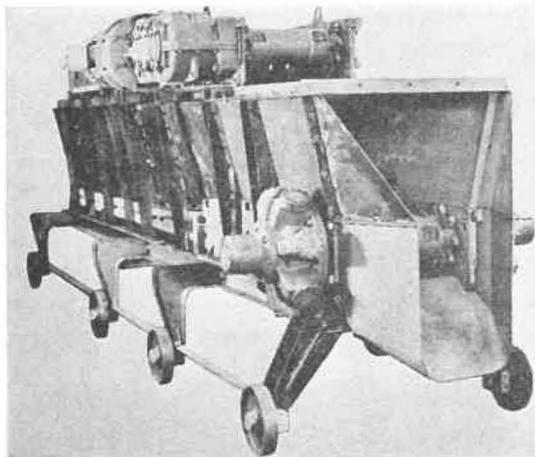


Fig. 12.

Section d'un accumulateur mobile de 30 tonnes ; on distingue la tête motrice du convoyeur répartiteur (sur l'accumulateur) et la double commande hydraulique du convoyeur d'accumulation (réversible).

Vorstuk van een beweegbare bunker van 30 ton ; men ziet de aandrijfkop van de laadtransporteur (op de bunker) en de dubbele (omkeerbare) hydraulische aandrijving van de transporteur.

een lengte van 26 m. Beide worden onder twee vormen gemaakt : vast of beweegbaar (fig. 12).

De vaste vorm is gebouwd op dwarsliggende walsprofielen.

De beweegbare staat schrijlings op van wielen voorziene voeten.

De aandrijfkop van de laadpantserketting is op de bunker aangebracht ; hij bevat een elektrische motor van 65 pk, 1470 omw/min en een hydraulische koppeling ; de ketting heeft een snelheid van 36 m/min, hetgeen overeenkomt met een maximum debiet van 315 t/u.

Wanneer de pijler vertrekt staat de bunker volledig over de vervoerband heen. Laad- en bunkertransporteur gaan samen met de pijler vooruit zolang het stortpunt van de bunker nog boven de vervoerband blijft. Vervolgens wordt de band onder de bunker verlengd, en begint de cyclus opnieuw. Het verlengen gebeurt dus zelden en is eenvoudig uit te voeren.

Wegens de eenvoud van de konstruktie en de hydraulische aandrijving is de kans op storingen

a 26 m de longueur. Ces deux types sont fournis en deux versions : l'une fixe, l'autre mobile (fig. 12).

La version fixe repose sur entretoises en laminé.

La version mobile possède des jambes écartées munies de roues.

La tête motrice du répartiteur est montée sur l'accumulateur ; elle dispose d'un moteur électrique de 65 ch, à 1470 tr/min avec coupleur hydraulique ; la vitesse de la chaîne atteint ainsi 36 m/min, ce qui donne une alimentation maximale de 315 t/h.

En principe, au démarrage, l'accumulateur chevauche entièrement le convoyeur à bande. Répartiteur et accumulateur progressent avec la taille avançante tant que le point de vidange de l'accumulateur peut débiter sur la courroie. On allonge alors la courroie sous l'accumulateur et le cycle reprend. Les allongements sont donc peu fréquents et rapidement exécutés.

La simplicité de construction et la commande hydraulique réduisent le risque de pannes. Par ailleurs, on a prévu de nombreux dispositifs de sécurité. L'assemblage en sections facilite les opérations de montage ou de démontage et de transport d'un chantier à l'autre.

APPLICATIONS MINIERES DU MATERIEL DE DETECTION PAR ULTRA-SONS SONAC (4)

La pénurie de main-d'œuvre et surtout son coût élevé, les exigences vers des rendements de plus en plus forts, ont amené une profonde évolution dans l'industrie charbonnière, celle-ci ayant, entre autres, pour effet de modifier profondément les anciennes méthodes d'exploitation et de favoriser dans la mesure du possible l'introduction de l'automatisation depuis la taille jusque et au-delà du chargement en berlines. Le succès de la commande automatique ou par « pousse-bouton » est entièrement fonction de la qualité du signal émis au moment opportun et, jusqu'à présent, la plupart des opérations automatiques se fondaient sur l'emploi d'interrupteurs limites de sonde à capacitance ou à conductance, d'interrupteurs de proximité à induction, l'utilisation des rayons gamma et des cellules photo-électriques.

Tous ces appareils ont des limites d'emploi très étroites, dues à la fois à leur prix, à l'entretien considérable qu'ils nécessitent et en général à leur inaptitude à fonctionner dans des conditions ambiantes de malpropreté ou d'humidité. Depuis à peu près deux ans, un nouveau système de détection, connu sous le nom de Sonac et basé sur l'énergie acoustique, a été utilisé dans des applications très diverses, industrielles en général et minières en particulier.

klein. Bovendien heeft men verschillende veiligheidsmaatregelen getroffen. Het monteren en demonteren, en het vervoer van de ene werkplaats naar de andere worden vergemakkelijkt door het feit dat alles in onderdelen kan worden uiteengenomen.

SONAC, DETECTIEMATERIEEL MET ULTRA-GELUID TOEGEPAST IN DE MIJN (4)

Het gebrek aan arbeidskrachten en vooral de hoge lonen, het streven naar steeds hogere rendementen, hebben in de mijnindustrie een ingrijpende verandering teweeggebracht ; een gevolg hiervan is onder meer een grondige wijziging van de oude ontginningsmethoden en het zoeken, waar mogelijk, naar automatisering van in de pijler tot voorbij het laadpunt der wagens. Of een automatische of drukknopbediening goed werkt hangt enkel af van de kwaliteit van het signaal dat op het gepaste ogenblik wordt uitgezonden, en tot nu toe waren de meeste automatische handelingen gebaseerd op grensschakelaars met peiling door capacitantie of conductantie, nabijheidsschakelaars door inductie, gammastralen en foto-elektrische cellen.

Al deze toestellen kunnen slechts in zeer bepaalde gevallen gebruikt worden, omwille van hun prijs, het omvangrijk onderhoud dat ze vereisen en in het algemeen omwille van hun ongeschiktheid om te werken in een vuile en vochtige omgeving. Sinds ongeveer twee jaar wordt een nieuw detectiesysteem, gekend onder de naam Sonac en gebaseerd op de geluidsenergie, gebruikt in talrijke, meestal industriële toepassingen, en vooral in mijnen. Vermits deze uitrusting ongeveer op dezelfde wijze werkt als de beter gekende foto-elektrische cel, is het goed enige fundamentele kennis te hebben omtrent de algemene principes over detectie door ultrageluid.

Men heeft bijgevolg de volgende punten naar voor gebracht die bij het in dienst stellen van een Sonac-systeem voor de regelmatige werking vereist zijn :

- 1) het geluidstraject zal zo direct en kort mogelijk zijn, rekening gehouden met de beperkingen opgelegd door de mechanische constructie ;
- 2) de z.g. « terugkaatsings »-trajecten moeten door aangepaste maatregelen tot een minimum worden herleid ;
- 3) de detector-ontvanger moet zo dicht mogelijk bij het te detecteren voorwerp staan ;
- 4) het geluidstraject wordt zo gekozen dat het te detecteren voorwerp zijn grootste dwarsdoorsneden loodrecht op het traject heeft staan ;

(4) Extrait de « Colliery Engineering », janvier 1965.

(4) Uittreksel uit « Colliery Engineering », januari 1965.

Cet équipement ayant un fonctionnement analogue à celui des cellules photo-électriques mieux connues, il est bon d'avoir une connaissance de base des principes généraux de la détection par ultra-sons.

On a donc mis en évidence les points suivants et le respect de ces règles de base favorisera grandement la mise en place et le fonctionnement sûr d'un système Sonac :

1) le trajet acoustique sera aussi direct et aussi court que possible compte tenu des limitations inhérentes au montage mécanique ;

2) des dispositions seront prises pour réduire à un minimum les trajets dits de « réflexion » ;

3) le détecteur-récepteur sera placé aussi près que possible de l'objet à détecter ;

4) le trajet acoustique sera choisi de manière que l'objet détecté présente sa section transversale maximale, perpendiculairement au trajet ;

5) le gain électrique dû à l'amplificateur de commande peut être réglé de telle sorte que le trajet acoustique soit constamment maintenu, même dans des conditions de milieu défavorables. L'objet à repérer doit provoquer un affaiblissement du trajet acoustique égal ou supérieur à l'amplification acquise en vue de compenser les conditions de milieu défavorables.

Actuellement, c'est le contrôle du niveau des trémies qui constitue le plus large champ d'application du matériel Sonac dans l'industrie charbonnière, mais la prochaine agrégation de l'équipement — agrégation de sécurité intrinsèque — permettra de résoudre de nombreux autres problèmes relatifs aux exploitations du fond.

Dans la mine, la première qualité des appareils de contrôle est la robustesse qui doit permettre de résister aux chocs et aux manipulations brutales ; en second lieu, l'équipement doit pouvoir opérer avec succès dans des conditions d'empoussièrement et d'encrassement élevé, avec un minimum d'entretien. C'est pourquoi la Firma Westool a conçu diverses méthodes d'ajustage de ses détecteurs.

1. Applications.

11. Indicateurs de niveau dans les trémies.

Dans les trémies où l'on entrepose uniquement un matériau assez léger, comme par exemple du charbon de granulométrie inférieure à 2,5 cm, et pour autant que le diamètre de ces trémies ne dépasse pas 3 m, on peut utiliser un trajet direct avec montage des détecteurs, comme l'indique la figure 13.

Si l'utilisateur préfère disposer lui-même ses détecteurs, la figure 14 donne une indication de la position la plus favorable ; avec des matériaux plus lourds et un trajet acoustique direct, il est indispen-

5) de elektrische versterking van het signaal kan zo gekozen worden dat het geluidstrajekt altijd blijft bestaan, zelfs in de minst gunstige omstandigheden. Het waar te nemen voorwerp moet een verzwakking van het geluidstrajekt voortbrengen die gelijk is aan of groter dan de versterking die men oplegt om de gevolgen van ongunstige omstandigheden te compenseren.

Tot nu toe wordt het materieel Sonac in de mijnen hoofdzakelijk gebruikt voor bepaling van het peil in trechters, doch binnenkort wordt het materieel als intrinsiek veilig aangenomen en dan zullen talrijke andere problemen in de ondergrondse ontginningwerken een oplossing kunnen krijgen.

De eerste voorwaarde waaraan controle-apparaten in de mijn moeten voldoen is hun stevigheid waardoor ze weerstaan aan schokken en brutale behandeling ; vervolgens moet de uitrusting in staat zijn ongestoord te werken bij hoge stof- en vervuilinggraad, en dat met een minimum van onderhoud. Daarom heeft de firma Westool verschillende methoden uitgedacht om haar detectors aan te wenden.

1. Toepassingen.

11. Hoogteaanduiding in trechters.

In trechters waar enkel een tamelijk licht materiaal wordt opgeslagen, zoals kolen met een korrelgrootte van minder dan 2,5 cm, en voor zover de doormeter van de trechters niet hoger ligt dan 3 m, kan men een rechtstreeks traject aanwenden met opstelling van detectors zoals op fig. 13.

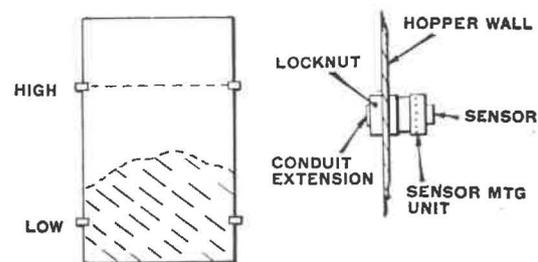


Fig. 13.

Montage simple du détecteur.

Eenvoudige opstelling van de detector.

Locknut : contre-écrou - tegenmoer — Hopper wall : paroi de trémie - wand van de trechter

Wil de gebruiker zijn detectors zelf opstellen dan geeft fig. 14 een aanduiding omtrent de gunstigste schikking ; met zwaarder materiaal en een rechtstreeks traject moet men de detectors in de wand van de trechter terugtrekken zoals fig. 15 aanduidt. Het diafragma wordt beschermd zonder dat de straal daar hinder van ondervindt. Stagnatie kan onder andere voorkomen worden door de wand vlak onder

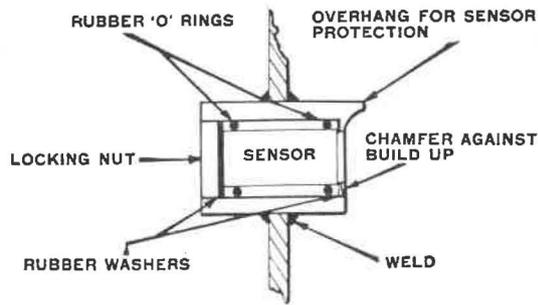


Fig. 14.

Détails du montage du détecteur.

Bijzonderheden bij het monteren van de detector.

Rubber 'O' rings: joints 'O' en caoutchouc - gummi 'O' dichtingen — Locking nut: écrou de blocage - borgmoer — Rubber washers: rondelles en caoutchouc - gummi rondellen — Overhang for sensor protection: surplomb pour protection du détecteur - luifel voor bescherming van de detector — Chamfer against build up: biseau anti-ancrages - anti-blokkeerhelling — Weld: soudure - las

sable de disposer les détecteurs en retrait de la paroi de la trémie, comme le montre la figure 15. Le diaphragme est mis à l'abri sans que le faisceau en soit affecté. On évite en outre la formation d'ancrages en prévoyant à la paroi inférieure, immédiatement sous l'ensemble détecteur, une pente suffisamment forte. Dans les trémies dont le diamètre dépasse 3 m, il est possible de tirer parti d'une tôle ou couvercle de visite, avec montage des détecteurs comme l'indique la figure 16. Ce montage a l'avantage d'être très simple à entretenir, son installation est très rapide dans une trémie déjà existante qui comporte un couvercle d'inspection.

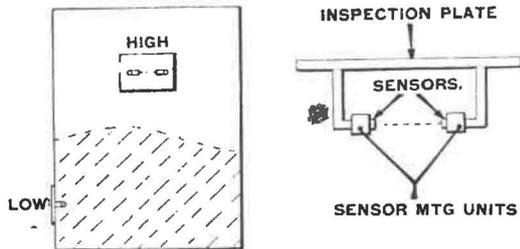


Fig. 16.

Montage du détecteur sur le couvercle de visite.

Monteren van detector op schouwingsdeksel.

Inspection plate: couvercle de visite - schouwingsdeksel

Une autre méthode consiste à tirer parti d'un trajet acoustique plus réduit en disposant les détecteurs de part et d'autre d'un coin de l'accumulateur ou encore selon la corde d'une trémie cylindrique. La figure 17 résume ces possibilités.

Dans les accumulateurs où les possibilités d'accès sont très réduites et spécialement lorsque de nom-

het geheel van de detector voldoende helling te geven. In trechters met meer dan 3 m doormeter kan men gebruik maken van een schouwingsplaat of -deksel en de detectors opstellen zoals op fig. 16. Voordeel van deze opstelling is het gemak van onderhoud terwijl het monteren zeer vlug gaat in een bestaande trechter met schouwopening.

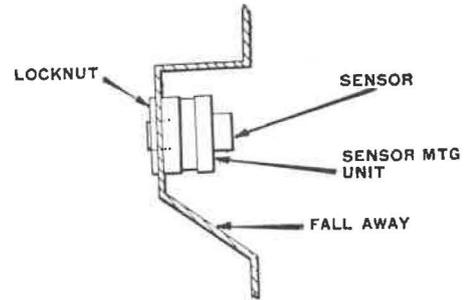


Fig. 15.

Disposition en retrait du détecteur.

Teruggetrokken opstelling van de detector.

Fall away: déflecteur - deflector

Men kan ook een korter traject aanwenden door de detectors aan beide zijden van een hoekribbe te plaatsen, of aan de uiteinden van een koorde wanneer het om een cilindrische trechter gaat. Dit wordt voorgesteld in fig. 17.

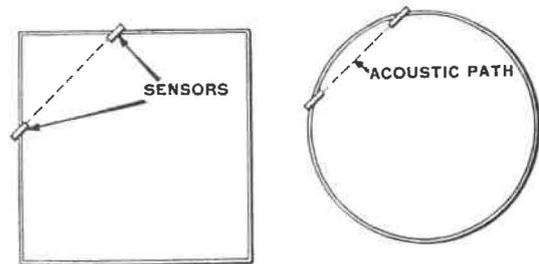


Fig. 17.

Réduction du trajet acoustique.

Verkorting van het geluidstraject.

Acoustic path: trajet acoustique - geluidstraject

In bunkers met slechte toegankelijkheid en vooral wanneer men verschillende peilen wil meten, kan men het best gebruik maken van een ladder zoals voorgesteld in fig. 18. De sporten beschermen het diafragma tegen vallend materieel. De stijlen bevatten de ketens van de detector en om elk vals contact te vermijden kan men best de geleiders van de zender in de ene stijl en die van de ontvanger in de andere onder brengen. Men heeft zekere moeilijkheden ondervonden om verschillende peilen te controleren in cirkelvormige bunkers met wentelgoten om de valhoogte van de produkten te verminderen.

breuses positions de niveau sont demandées, la meilleure méthode consiste à utiliser un système à échelle schématisé à la figure 18. Les échelons protègent le diaphragme contre la chute des matériaux. Quant

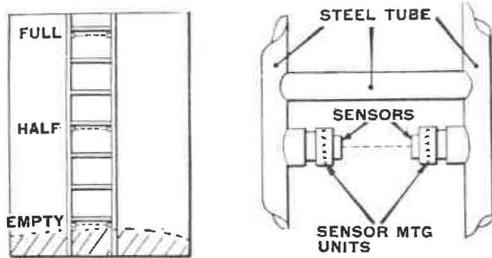


Fig. 18.

Disposition du détecteur sur échelle.
Opstelling van de deflector op een ladder.

Steel tube : tube en acier - stalen buis

aux montants, ils jouent le rôle de conduites pour les circuits du détecteur ; mais, en vue d'éviter tout faux contact entre circuits, il est bon de loger les circuits du transmetteur dans un montant et les circuits du récepteur dans l'autre. Une application qui a causé certains soucis consistait à contrôler différents niveaux dans des accumulateurs circulaires, munis de descentes hélicoïdales, destinées à diminuer la dégradation des produits. Si le jeu entre les hélices et la paroi de l'accumulateur est suffisant, on peut employer le système à échelle, tout en prévoyant des boucliers supplémentaires pour parer aux arrivées latérales de matériaux. Cependant au cas où cette méthode ne serait pas possible, on peut monter des détecteurs à la partie inférieure des hélices comme l'indique la figure 19.

Dans des accumulateurs du type normal, mais où le matériau a tendance à s'ancrer sur les parois et à former un genre de pont (principalement du charbon broyé et humide), il est essentiel de déporter les détecteurs par rapport aux parois, ce qui se réalise assez aisément en les montant dans un bout de tuyau faisant saillie au-delà de la zone d'ancrage (fig. 20).

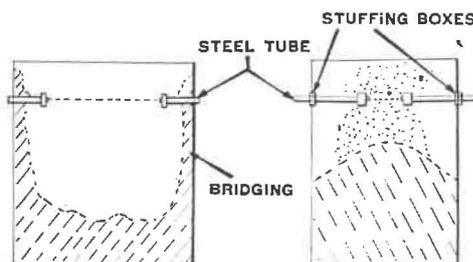


Fig. 20.

Montage en saillie des détecteurs.
Vooruitstekende opstelling der detectors.

Stuffing boxes : boîtes à étoupe - stofkasten — Steel tube : tube en acier - stalen buis — Bridging : pontage - brugvorming

Indien er voldoende opening is tussen de wentelgoot en de wand kan men het ladderstelsel aanwenden en bijkomende schilden plaatsen tegen zijdelingse stoten van het materiaal. Gaat dit echter niet dan kan men de detectoren aan de onderkant van de wentelgoot aanbrengen zoals aangeduid op fig. 19.

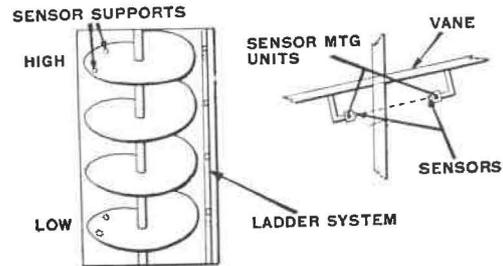


Fig. 19.

Disposition du détecteur en descenseur hélicoïdal.
Opstelling van deflector in wentelgoot.

Sensor supports : supports de détecteur - steunpunten voor deflector — Vane : palette - schub — Ladder system : système d'échelle - laddersysteem

In gewone bunkers waarin materialen komen die gemakkelijk aan de wanden kleven of bruggen vormen (vooral gebroken en vochtige kolen) is het van groot belang dat de detectors niet tegen de wand blijven ; men kan ze het best aanbrengen in het uiteinde van een buis die verder steekt dan de zone waarin het materiaal blijft kleven (fig. 20).

Wanneer men zeer poedervormige materialen moet controleren kan het ten andere onmogelijk worden een normaal geluidstraject tot stand te brengen wegens de aanwezigheid in grote dichtheid van deeltjes in het vrije gedeelte van de bunker, stofdeeltjes die zo talrijk zijn dat ze de geluidsstraal te zeer verzwakken. Men kan hieraan verhelpen, zoals fig. 20 toont, door de lengte van het traject te verminderen, dus de detectors dicht bij elkaar te brengen.

Een andere belangrijke toepassing is een schuddende voedingstrechter waarvan het stortpunt steeds met kolen moet bedekt zijn (fig. 21). In dat geval moest het peil van de kolen tussen twee met elkaar

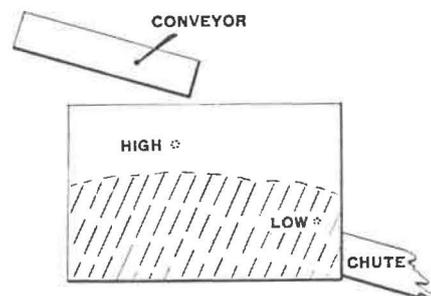


Fig. 21.

Détecteur pour trémie d'alimentation vibrante.
Detector voor voedingstrilzeef.

Par ailleurs, lorsqu'on a à contrôler des matières particulièrement pulvérulentes, il peut arriver que la densité des particules, dans la zone encore libre de l'accumulateur, soit telle qu'il est impossible, avec un trajet acoustique normal, de conserver un faisceau du fait de l'affaiblissement excessif causé par des particules poussiéreuses en grande masse. On peut y remédier, comme le montre la figure 20, en réduisant la longueur du trajet par déplacement des détecteurs, l'un vers l'autre.

Autre cas d'application particulièrement intéressant : une trémie d'alimentation vibrante dont le point d'évacuation doit constamment rester couvert par le charbon (fig. 21). Dans ce cas, il s'agissait de maintenir le charbon entre deux faisceaux acoustiques dirigés ; si le détecteur inférieur était couvert et le détecteur supérieur dégagé, le vibreur travaillait à vitesse normale ; si le détecteur inférieur venait à être découvert, le vibreur s'arrêtait. Par contre, en cas de recouvrement du détecteur supérieur, le vibreur doublait sa vitesse et ainsi accélérât la baisse du niveau de charbon.

12. Positionnement correct des berlines dans la cage.

Une application particulière a causé quelques soucis : la vérification de positionnement correct de berlines dans la cage en vue d'éliminer les possibilités de dégâts et d'accidents aux personnes. Au premier essai, on décide de monter des détecteurs focalisateurs (fig. 22). Ainsi donc toute berline insuffisamment entrée dans la cage, coupe le faisceau et, par le jeu d'un relais, empêche l'accrocheur de donner le signal de départ. La même protection joue d'ailleurs si un ouvrier est occupé dans les parages immédiats de la cage ; son corps, à ce moment, interrompt le faisceau.

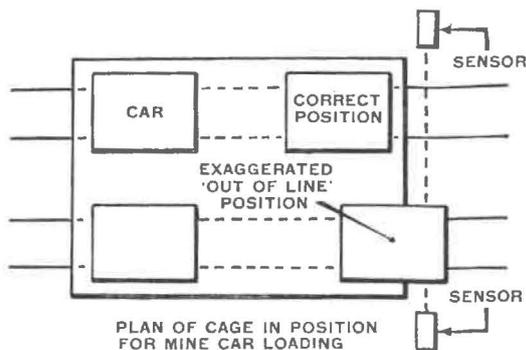


Fig. 22.

Détection de la position correcte des berlines en cage.
Het detecteren van de juiste stand van de wagens in de kooi.

Correct position : position correcte - juiste stand — Exaggerated « out of line » position : position incorrecte (exagérée) - onjuiste stand — Plan of cage in position for mine car loading : plan de la cage en position d'encagement de berlines - plan van de kooi in de stelling voor het inkooien van wagens

verbonden detectors gehouden worden ; wanneer de onderste overdekt was en de bovenste vrij, werkte de trilzeef normaal ; zohaast de onderste detector bloot kwam viel de zeef stiel. Werd de bovenste detector integendeel bedekt dan verdubbelde de zeef haar snelheid zodat het peil van de kolen sneller ging dalen.

12. Juiste stand van de wagen in de kooi.

Een speciaal geval waarmee men moeilijkheden gehad heeft is de bepaling van de juiste stand van wagens in de kooi, met het oog op het vermijden van materiële schade en persoonlijke ongevallen. Bij een eerste proef beslist men detectors met brandpunt aan te wenden (fig. 22). Een slecht ingekooide wagen onderbreekt de straal hetgeen langs een relais om de seingever belet het vertreksein te geven. Dezelfde bescherming geldt ten andere ook wanneer een arbeider in de onmiddellijke omgeving van de kooi vertoeft ; op dat ogenblik wordt de straal door zijn lichaam onderbroken.

De eerste moeilijkheden bij de installatie werden veroorzaakt door het feit dat de vereiste straal te lang was en dat het zelfs met de versterking niet mogelijk was een constante straal te behouden in de tijd. Dit werd nog vergergerd door de hete luchtstoten op het ogenblik dat de kooi bovenkwam. De straal moest toen wel twee kooien bestrijken. Beperkte men zich tot een kooi, dan was het resultaat voldoende. Het was ten andere principieel beter de stand van de wagens in de kooi zelf te controleren ; de enige moeilijkheid bestond dan in het overbrengen van het signaal van uit de kooi. Met de medewerking van de N.C.B. werden nochtans talrijke proeven uitgevoerd en waarschijnlijk gaat men naar nieuwe methoden die dit stelsel binnenkort zullen vervangen. In andere methoden regelt men het zo dat de wagens, eenmaal op hun plaats, twee eindjes spoorstaaf indrukken, waardoor het luik geopend

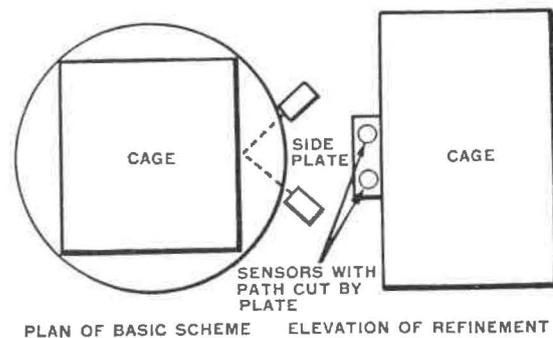


Fig. 23.

Positionnement correct de la cage

Juiste plaatsbepaling van de kooi.

Side plate : plaque latérale - zijdelingsplaat — Sensors with path cut by plate : détecteur dont le trajet est interrompu par la plaque - detectors waarvan de bundel door de plaat onderbroken wordt

Les premiers ennuis de l'installation vinrent du fait que la longueur du faisceau nécessaire était trop longue et, même avec l'amplification, il était impossible de conserver un faisceau constant dans le temps. Les conditions empirèrent encore avec les venues d'air chaud qui se produisaient au moment de la montée de la cage. A cette époque, le trajet du faisceau balayait les deux cages. Lorsqu'on réduisit le balayage à une seule cage, on obtint des résultats satisfaisants. A priori par ailleurs, il eut été meilleur de contrôler la position des berlines à l'intérieur de la cage même ; le seul ennui pouvait provenir de la transmission du signal à partir de la cage. Pourtant, avec le concours du N.C.B., de multiples essais ont été tentés et on va probablement vers de nouvelles méthodes qui remplaceront ce système très prochainement. D'autres méthodes prévoient que les berlines, une fois en position correcte dans la cage, enfoncent deux courtes sections de rail permettant ainsi l'ouverture de volet dans un tube en acier qui couvre la largeur de la cage ; dans le cas où une berline est en position incorrecte, le volet arrête la transmission du faisceau. Cette méthode, essayée avec succès en laboratoire, n'a pu être appliquée jusqu'à présent, car elle nécessite une construction spéciale de la cage ; elle est schématisée en figure 24.

13. Positionnement de la cage.

Une autre application, destinée à accroître le nombre de traits par jour, est celle qui a trait au positionnement de la cage dès qu'elle arrive à son niveau d'encagement. Dans ce cas, il est pratiquement impossible de recourir à la méthode du trajet acoustique direct ; en effet, la largeur du puits est trop grande pour permettre une amplification suffisante ; on en vint à créer un trajet de réflexion qui utilise les châssis de base de la cage comme réflecteur. La figure 23 schématise cette application. Sur la même figure, on montre un montage destiné à maintenir automatiquement la cage au même niveau au moment du chargement ; une tôle est fixée laté-

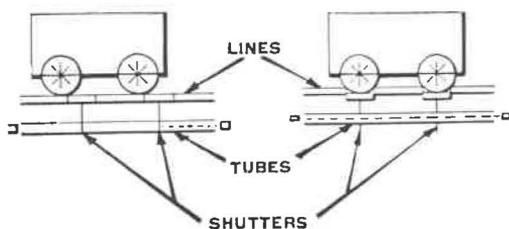


Fig. 24.

Position correcte des berlines en cage.
Juiste stand van de wagens in de kooi.

Lines : rails - sporen — Shutters : volets - luiken

ralement à la cage de telle manière que les deux faisceaux sont interrompus au moment où la cage est au repos. Si la cage descend au moment du

wordt in een buis die door gans de breedte van de kooi loopt ; staat één der wagens niet juist dan belet het luike de overbrenging van de bundel. Deze methode werd met goed gevolg beproefd in het laboratorium maar kon nog niet worden toegepast in de praktijk omdat ze een wijziging van de kooi vergt. Ze wordt schematisch voorgesteld op fig. 24.

13. De juiste plaats van de kooi.

Een ander geval van toepassing, waarin men een verhoging van het aantal reizen per dag beoogt, is de bepaling van de juiste plaats der kooi zohaast het punt waarop ingekoooid wordt bereikt is. Hier kan men praktisch niet werken met rechtstreeks traject ; de schacht is te breed en een voldoende versterking onmogelijk ; men vormt een weerkaatsings-traject met de basis van de kooi als spiegel. Fig. 23 stelt dit schematisch voor. Dezelfde figuur toont hoe men de kooi automatisch op hetzelfde peil kan houden tijdens het inkooien. Een plaat wordt bezijden aan de kooi bevestigd zo dat beide bundels onderbroken worden wanneer de kooi in rust is ; wanneer de kooi zakt bij het laden of stijgt bij het ontladen wordt de bundel van één der detectors terug tot stand gebracht, hetgeen dan aanleiding geeft tot een correctie in de gepaste zin tot het juiste peil terug verkregen is.

14. Controle van de signalisatie in het spoorwegverkeer.

Het Sonac-materieel wordt ook op velerlei manieren toegepast in het domein van de controle in het vervoer. Fig. 25 heeft betrekking op de controle over een verbindingsspoor waarop wagens geladen worden ; dit verbindingsspoor heeft twee toegangen tot het hoofdspoor. Een trein die van het hoofdspoor op het verbindingsspoor rijdt veroorzaakt geen onderbreking van de Sonac-bundel omdat de detectors voorbij de wissel staan. Maar een sleep die over het hoofdspoor gaat onderbreekt hem wel en zet langs een relais om het signaal op rood op het verbindingsspoor ; dit blijft zo tot de sleep de bundel heeft onderbroken voorbij de tweede wissel ; op dat ogenblik wordt het signaal terug groen in de verbinding.

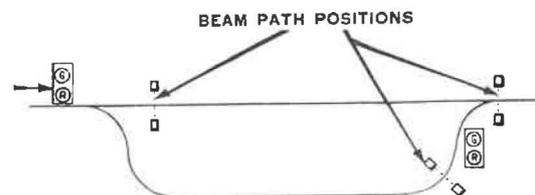


Fig. 25.

Contrôle d'une voie de raccordement.
Controle van een verbindingsspoor.

Beam path positions : positions du trajet de faisceau - opstellingen van het straaltraject

chargement ou monte au moment du déchargement, un des détecteurs voit son faisceau rétabli et de ce fait peut être à l'origine d'une correction dans le sens déterminé jusqu'à ce que le niveau idéal soit de nouveau atteint.

14. Contrôle de la signalisation dans le trafic ferroviaire.

Le matériel Sonac connaît également de nombreuses applications dans le domaine du contrôle du transport. La figure 25 montre le contrôle d'une voie de raccordement, voie où s'effectue un chargement ; cette voie de raccordement possède deux entrées sur la voie principale. Un train quittant la ligne principale pour entrer dans le raccordement n'interrompt pas le faisceau Sonac, car les détecteurs sont placés au-delà de l'aiguillage. Mais un convoi qui progresse sur la voie principale interrompt le faisceau et, par le jeu d'un relais, fait virer au rouge les signaux lumineux de la voie de raccordement. Cette situation se maintient jusqu'à ce que le convoi ait interrompu le faisceau au-delà du second aiguillage ; à ce moment, les lumières reviennent au vert dans le raccordement. Inversement, si un convoi qui vient d'être chargé dans le raccordement veut reprendre la voie principale, il interrompt le faisceau Sonac et fait passer au rouge les lumières qui commandent la voie principale avant le premier aiguillage ; il empêche ainsi un convoi de franchir cette section avant que lui-même n'ait dépassé complètement le faisceau postérieur au second aiguillage.

15. Contrôle du déplacement et du chargement des berlines.

Une autre application concerne le dégagement des berlines, après leur départ de la cage. Elles sont poussées sur une voie inclinée, à ergots, comme le montre la figure 26, et reprennent la voie normale

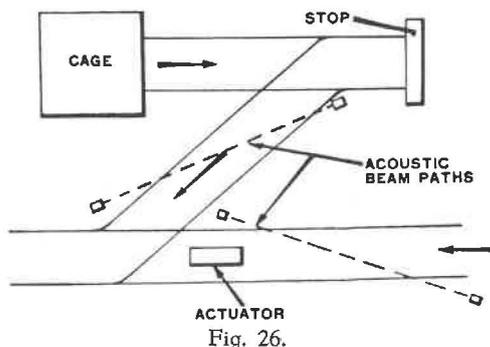


Fig. 26. Contrôle du départ des berlines après déchargement.

Controle van het vertrek der wagens na het uitkooien.

Acoustic beam paths: trajets de faisceaux acoustiques - geluidsbundeltrajecten — Actuator: commande - bediening

par le jeu d'un rebroussement. Lorsque les deux systèmes de détecteurs ont leur faisceau interrompu en même temps, le dispositif d'arrêt prévu sur la voie principale se lève de façon à permettre aux ber-

Wanneer een sleep die op het verbindingsspoor geladen werd op het hoofdspoor wil komen wordt de bundel Sonac onderbroken en het signaal op rood gezet op het hoofdspoor, voor de eerste wissel ; er kan dus geen trein in de sectie binnen rijden zolang de eerste niet volledig voorbij de bundel aan de tweede wissel gereden is.

15. Controle op het verplaatsen en laden van de wagens.

Een andere toepassing heeft betrekking op het verwijderen van de wagens na het uitkooien ; ze worden door een opdrukking langs een hellend vlak verwijderd zoals fig. 26 aantoont en komen terug op het normale spoor door terug te lopen. Wanneer van beide detectorsystemen de bundels onderbroken zijn op hetzelfde ogenblik, gaat de stuit op het hoofdspoor open zodat de wagens komend uit de kooi weg kunnen lopen. Komt één der bundels terug door, dan wordt de stuit door middel van een tijdrelais neergehaald zodat de gewone loop der wagens terug open komt. Dit systeem schijnt talrijke toepassingen te hebben.

Ook de gehele of gedeeltelijke automatisering van het laden uit een bewegelijke trechter leidt tot personeelbesparing en wordt daarom tamelijk veel toegepast. In het basisschema is de toegangsweg voorzien van een onderste eindloopschakelaar waarmee men kan vaststellen dat de wagen vertrokken is, en een bovenste eindloopschakelaar die de trechter wegneemt wanneer de wagen vol is.

Fig. 27 toont de detectors onder de laadschuif en op een bepaalde afstand in de toevoergoot.

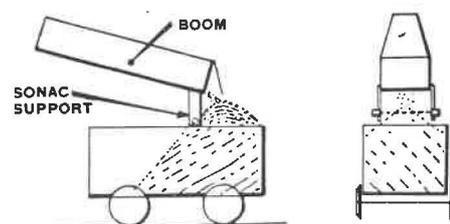


Fig. 27.

Chargement automatique des berlines.

Automatisch laden van wagens.

Boom: trémie - schuif

Naargelang de wagen gevuld wordt wordt de straal onderbroken, en de trechter via het relais Sonac in beweging gebracht. De beweging wordt door een horlogewerk beperkt tot 9/12" zodat het laden verder gaat tot de wagen gans vol is. Het systeem wordt gebruikt door de Co. Coaling and

lines sorties de la cage de se dégager. Si l'un des deux faisceaux reprend sa continuité, un relais à action déphasée abaisse le toc d'arrêt, permettant à nouveau le passage normal des berlines. Les applications de ce système paraissent assez nombreuses.

Une automatisation partielle ou totale du chargement par trémie mobile permet aussi d'épargner du personnel et, pour cette raison, les applications de ce type sont assez nombreuses ; dans le schéma de base, l'estacade est munie d'un interrupteur fin de course inférieur, qui permet de s'assurer que le fond de la berline est dégagé, et un interrupteur fin de course supérieur, qui écarte la trémie du wagon au moment où celui-ci est plein.

La figure 27 montre les détecteurs fixés sous l'arête de déchargement et à une distance prédéterminée de l'estacade.

Au fur et à mesure que le charbon remplit la berline, le faisceau est brisé, mettant en mouvement la trémie via le relais Sonac. Le mouvement est limité par une minuterie à $9/12''$, et ainsi le remplissage se poursuit jusqu'à ce que la berline soit pleine. Ce dispositif est en service à la Co. Coaling and Chemical, pour le chargement de wagons avec du coke sortant du four à coke. Ce coke est extrêmement chaud et fumeux ; il est également très poussiéreux et des particules viennent s'agglomérer sur le diaphragme des détecteurs ; on a remédié à cet inconvénient par une arrivée judicieuse d'air sur les diaphragmes. La figure 28 schématise un dispositif complètement automatique de chargement de berlines sous l'estacade, avec coupure automatique adaptée à trois types de wagons. Ce dispositif est en fonctionnement dans les mines de la Division Northumberland, Durham et South-Western.

Lorsqu'il n'y a pas de wagons disponibles, la trémie se trouve en position limite supérieure et dirige son charbon dans un accumulateur de réserve. A leur arrivée, les berlines sont tirées par un treuil ; l'arête antérieure de la première berline interrompt le faisceau Sonac A. Grâce à un système déphasé, le wagon est amené en position correcte. Le type du wagon est déterminé en se basant sur la rupture ou la continuité des faisceaux C et D. L'interruption du faisceau A aura pour conséquence de démarrer l'abaissement de l'estacade ; cet abaissement continuera et sera stoppé par l'interrupteur fin de course inférieur. Le charbon continuera à couler dans la berline et son niveau montera jusqu'au moment où le faisceau Sonac B sera interrompu. A ce moment la trémie sera relevée automatiquement de $9/12''$ et on pourra poursuivre le chargement jusqu'à ce que le cône de charbon interrompe les faisceaux, soit C, soit D, soit E suivant le type de berline. Au moment où ce dernier faisceau est interrompu, le treuil se met en mouvement pour une période très limitée équivalent approximativement à un quart de longueur du wagon, le déplaçant ainsi vers sa nouvelle

Chemical, voor het laden van wagens met cokes van de cokesovens. Deze cokes is zeer heet en rokerig ; hij bevat zeer veel stof en deeltjes daarvan komen zich vastzetten op de diafragma's der detectors ; men heeft hieraan verholpen door een goedgerichte luchtstroom op de diafragma's te zetten. Fig. 28 geeft het schema van een volledig automatische inrichting voor het laden van wagens onder een schuif, met automatische onderbreking aangepast voor drie typen van wagens. Deze inrichting werkt in mijnen van de afdeling Northumberland, Durham en South-Western.

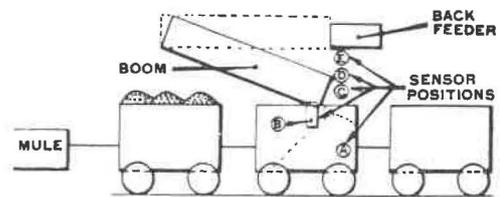


Fig. 28.

Chargement automatique d'un convoi.

Automatisch laden van een sleep.

Back feeder : accumulateur de réserve - reserve bunker —
Mule : treuil - lier

Wanneer er geen wagens voorhanden zijn staat de schuif in haar bovenste positie en gaan de kolen naar een reservebunker. De wagens worden aangevoerd door middel van een lier. De voorkant van de eerste wagen onderbreekt de bundel Sonac A. Dank zij een tijdrelais wordt de wagen in zijn juiste stand gebracht. Het type van wagen wordt gekend dank zij de onderbreking of het voortbestaan van de bundels C en D. Bij het onderbreken van bundel A begint de schuif te dalen ; deze dalende beweging loopt door en wordt pas stilgelegd door de eindkoersschakelaar beneden. De kolen lopen verder in de wagen en hun peil stijgt tot de bundel B onderbroken wordt. Op dat ogenblik wordt de schuif over $9/12''$ opgeheven en het laden kan verder gaan tot de bundels C, D of E, naargelang van het type van wagen, door de kolenkegel onderbroken worden. Op dat ogenblik wordt de lier in beweging gebracht gedurende een zeer korte tijd die ongeveer overeenkomt met het vierde van de lengte van een wagen, die dus een nieuwe laadpositie gaat innemen. De schuif komt weer naar beneden en wel tot haar onderste eindloopschakelaar of de straal B worden in werking gezet en de laadoperatie begint opnieuw. Dit duurt ten andere tot gans de wagen gevuld is en de bundel A opnieuw tot stand komt. Op dat ogenblik gaat de schuif omhoog tot haar bovenste eindloopschakelaar in werking treedt en de kolen weer naar de reserve lopen. Ondertussen brengt de lier

ou des haveuses, le contrôle des berlines, etc... Enfin, le système Sonac peut être aussi utilisé pour vérifier le niveau du liquide ; à cet effet, il est particulièrement précieux de l'associer aux pompes immergées. Il est en effet assez fréquent que de telles pompes continuent à tourner, même en l'absence d'eau, ce qui donne lieu à des frais d'entretien et de réparation très élevés. En utilisant des indications de niveau maximal et minimal dans le puisard, on sera certain que la pompe ne fonctionne qu'au moment où cela est nécessaire.

CONCASSEUR CYLINDRIQUE A CHOC (5)

Les Staatsmijnen ont mis au point un concasseur de chantier qui tend à se substituer au concasseur classique du type Beien. On reprochait en effet à ce dernier concasseur (à dents) de ne pouvoir fracturer les blocs de pierre dure. Le nouveau type se monte

mum peil in de put is men zeker dat de pomp enkel dan zal werken wanneer het nodig is.

SLAGWALSBREKER (5)

De Staatsmijnen hebben een verplaatsbare breker uitgewerkt die de klassieke breker Beien wel eens zou kunnen vervangen. Deze laatste, die met tanden voorzien is, vertoont het gebrek dat hij geen harde stenen kan breken. Het nieuw type van breker wordt gemonteerd op hetzelfde onderstel als het oude ; het bestaat hoofdzakelijk uit een zware cylinder met één breeklijst (fig. 29) opgehangen door middel van veerbladpakketten tussen twee ronde zijschilden ; deze rusten op een horizontale as die aangedreven

(5) Extrait de « Geologie en Mijnbouw », septembre 1965.

(5) Uittreksel uit « Geologie en Mijnbouw », september 1965.

AANZICHT TEGEN ZIJSCHILD

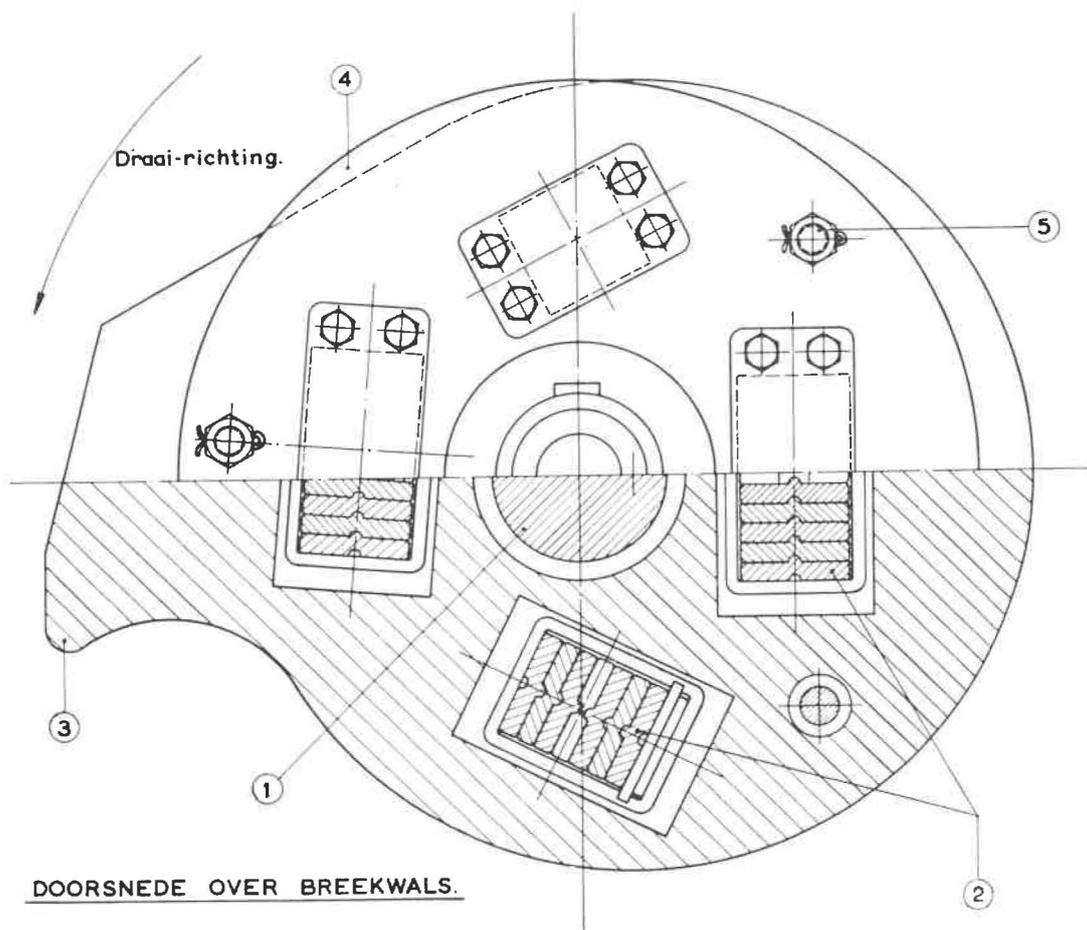


Fig. 29.

Détails du concasseur — Bijzonderheden van de breker.

Aanzicht tegen zijschild : vue contre le bouclier latéral — Doorsnede over breekwals : coupe à travers le cylindre
1. Doorlopende as - axe passant — 2. Doorlopende axiale bladveerpakketten - empilage de ressorts à lames, axiaux, con-
tenus — 3. Breeklijst op walsrol - arête de fracturation sur le cylindre — 4. Zijschild - bouclier latéral — 5. Verbindings-
bouten tussen zijschilden - boulons de liaison entre boucliers

sur le même châssis que le concasseur existant ; il comporte essentiellement un lourd cylindre muni d'une arête de fracturation (fig. 29) et est suspendu excentriquement au moyen d'empilage de ressorts à lames entre 2 disques circulaires supportés par un arbre horizontal qui est entraîné à une vitesse de 240 tr/min. La masse et la vitesse du cylindre procurent une énergie cinétique suffisante pour fracturer les matériaux résistants sans ralentissement notable.

L'intervalle entre l'arête de fracturation en position inférieure et la tôle de fond du convoyeur détermine la hauteur maximale des blocs subsistants, tandis que la combinaison des vitesses du concasseur et du convoyeur en limite la longueur. Par ailleurs, un concasseur de chantier actuel, du type Beien par exemple, peut se transformer en concasseur dynamique sans de notables modifications. Celles-ci se résument au remplacement du moteur à 1500 tr par un moteur à 3000 tr avec coupleur hydraulique à l'intercalation d'une pièce de raccordement valable pour la fixation du moteur et à la disparition du premier étage de réduction. Il suffit alors de substituer au concasseur à dents, le cylindre décrit plus haut, qui se déplace à une vitesse de 240 tr/min.

De part et d'autre de l'engin, on prévoit des rideaux de chaînes suspendues afin de contrôler les projections de pierre. La tôle de fond du convoyeur est renforcée sous le point de fracturation et les parties latérales sur toute la longueur du bac.

Des essais ont eu lieu en surface à une installation de criblage de la mine Maurits. Il est apparu que le concasseur peut traiter avec succès un flux d'environ 620 t/h de tout-venant, ce qui correspond à une capacité maximale d'un convoyeur blindé. Au cours de cette expérience, toutes les pierres ont pu être concassées ; cependant le tout-venant comportait une quantité plus importante de fin charbon que celle que l'on rencontre ordinairement dans le flux normal d'une production de taille.

Des essais exécutés exclusivement avec des pierres dures, parmi lesquelles du grès d'une résistance à la compression de 2000 kg/cm², ont montré que la majeure partie des matériaux avait subi le concassage.

Il apparaît que l'effort de broyage est optimal avec un convoyeur bien rempli ; les pierres qui ne dépassent pas 28 cm au-dessus de la tôle de fond ne sont pas affectées par l'engin. Un essai souterrain à la même mine, d'une durée de 5 mois en voie de pied de taille, a permis de constater une notable diminution des débordements et des arrêts dans les courroies de déblocage. L'ouverture de la couche comportait pourtant environ 20 % de stérile et de faux-toit schisteux. Les blocs de taille avaient une longueur maximale de ± 100 cm, une largeur de ± 50 cm, une épaisseur de ± 40 cm ; la dureté atteignait environ 375 kg par cm². Le succès fut complet.

wordt met 240 tr/min. De massa en de kinetische energie van de cylinder zijn voldoende om harde materialen te breken zonder noemenswaardige vertraging.

De afstand tussen de breeklijst in laagste stand en de bodem van de transporteur bepaalt de grootste hoogte van de blokken die doorgelaten worden, de combinatie van toerental en transportsnelheid bepaalt de lengte. Een breker zoals nu bestaat, een Beien bij voorbeeld, kan ten andere zonder veel veranderingen tot slagbreker worden omgebouwd. Men moet de motor van 1500 omwentelingen vervangen door één van 3000 omwentelingen met hydraulische koppeling en aangepast lantaarnstuk, en de eerste reductietrap afschaffen. Vervolgens moet men enkel nog de tandenbreker vervangen door de hoger beschreven cylinder die een rotatiesnelheid van 240 toeren per minuut ontwikkelt.

Voor en achter de breker wordt een kettinggordijn opgehangen dat de wegvliegende stenen opvangt. De bodemplaat van de transporteur wordt onder het breekpunt plaatselijk verzwaaard en de opzetplaten over de gehele gootlengte.

Er werden proeven gedaan op de bovengrond in de zeverij van de mijn Maurits. Het bleek dat de breker een stroom kolen van ongeveer 620 t/u, overeenkomend met de maximale capaciteit van de transporteur, goed verwerkte. Tijdens de proef werden alle stenen gebroken ; de schachtkolen bevatten een grotere hoeveelheid fijnkolen dan men gewoonlijk aantreft in de produktie aan de voet van een pijler.

Tijdens een proef uitgevoerd met enkel losse stenen in harde zandsteen met een drukvastheid van 2000 kg/cm² werd het grootste gedeelte van het materiaal gebroken.

Het breken gaat best met een volle transporteur. Stenen die niet meer dan 28 cm boven de bodemplaat uitsteken komen niet met het toestel in aanraking. Een ondergrondse bedrijfsproef, uitgevoerd gedurende vijf maanden in dezelfde mijn, eindigde met een duidelijke vermindering van de vervuiling en de storingen in het bandvervoer. De laag bevatte nochtans een steenmiddel van 20 % en een slecht leisteendak. De steenblokken hadden een lengte van ± 100 cm, een breedte van ± 50 cm, een dikte van ± 40 cm ; hun weerstand bedroeg ongeveer 375 kg/cm². De proef werd een volledig succes.

Momenteel zijn drie brekers omgebouwd en worden met de firma Beien besprekingen gevoerd met het oog op het gebruiken van het brevet der Staatsmijnen. Men schat de kostprijs van de breker zonder motor op ongeveer 500.000 BF.

Trois concasseurs de ce type sont actuellement en construction et des pourparlers avec la firme Beien se poursuivent en vue de l'exploitation du brevet des Staatsmijnen. On estime que le prix de revient de ce concasseur atteindra, sans moteur, environ 500.000 FB.

LEVE-TOLE OU PROFILE
« TOUTES POSITIONS » STAS (Fig 30).

Le principe de fonctionnement du lève-tôle Stas (*) est particulièrement simple. Le serrage automatique et proportionnel à la charge est obtenu par une came entraînée par une chaîne de levage passant sur un galet de retour (galet carré, spécial). Un effort de traction sur la chaîne de levage provoque toujours une rotation de la came dans le sens du serrage. Une inversion du sens d'entraînement de la came est rigoureusement impossible.

De plus, la chaîne de levage s'enroule autour de la came ; de ce fait, elle procure un effort de serrage constant quelle que soit l'épaisseur de la tôle levée. C'est ainsi que le lève-tôle peut effectuer le retournement d'une tôle face pour face sans risque de décrochage ; la sécurité de l'opération est toujours indépendante de la capacité de prise de l'appareil choisi et de l'épaisseur de la tôle à retourner.

La capacité de prise des appareils mis sur le marché varie de 0 - 20 mm à 0 - 125 mm et de 50 - 100 mm à 50 - 175 mm. Les charges reprises peuvent aller jusque 15 tonnes.

Les figures 31 et 32 donnent quelques exemples d'utilisation de ce matériel.

(*) 46, rue de la Comète à Asnières (France).

PLATEN- OF PROFIELENHEFFER
« ALLE MOGELIJKHEDEN » STAS (Fig 30).

Het werkingsprincipe van de platenheffer Stas (*) is bijzonder eenvoudig. De klemkracht is automatisch en evenredig met de belasting en wordt verkregen door middel van een nok die aangedreven wordt door een hijsketting die over een rol loopt (speciale rol met vierkante doorsnede). Elke trekkracht op de hijsketting veroorzaakt een wentelen van de nok in de zin van het klemmen. Een omkering van de beweging van de nok is absoluut uitgesloten.

Bovendien rolt de ketting zich op rondom de nok ; de klemkracht is bijgevolg constant en onafhankelijk van de dikte van de plaat. Zo kan men met behulp van de platenheffer een plaat volledig omdraaien van de ene kant op de andere zonder dat er gevaar bestaat dat ze loskomt. Het succes van de operatie is verzekerd welke ook het grijpbereik van het gekozen apparaat is of de dikte van de om te keren plaat.

Het grijpbereik van de op de markt verkrijgbare toestellen is 0 - 20 mm tot 0 - 125 mm en 50 - 100 mm tot 50 - 175 mm. De belasting mag gaan tot 15 ton.

De figuren 31 en 32 geven enkele voorbeelden van de manier waarop het apparaat kan worden gebruikt.

(*) 46, rue de la Comète, te Asnières (Frankrijk).

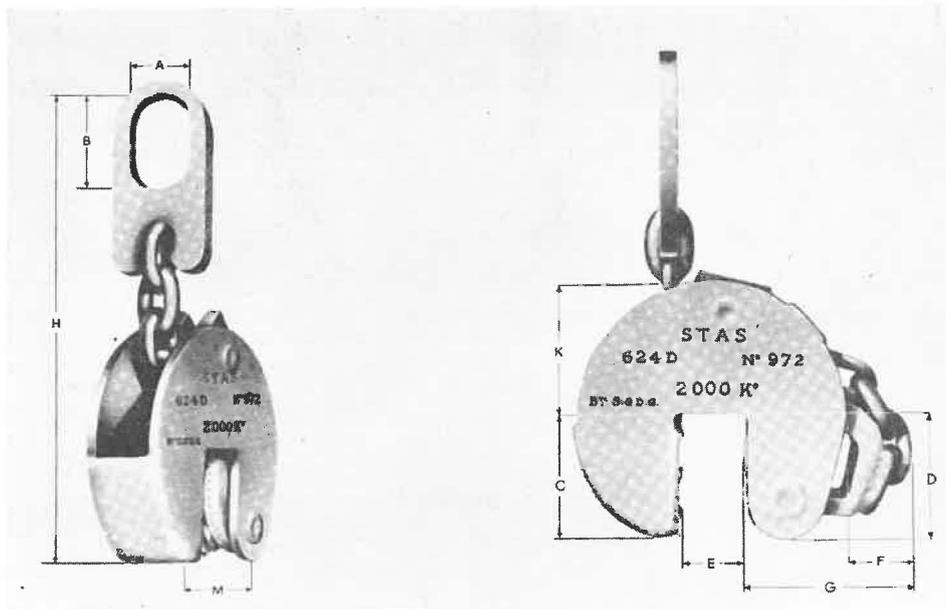


Fig. 30.

Lève-tôle ou profilé Stas — Platen- of profiellenheffer Stas.

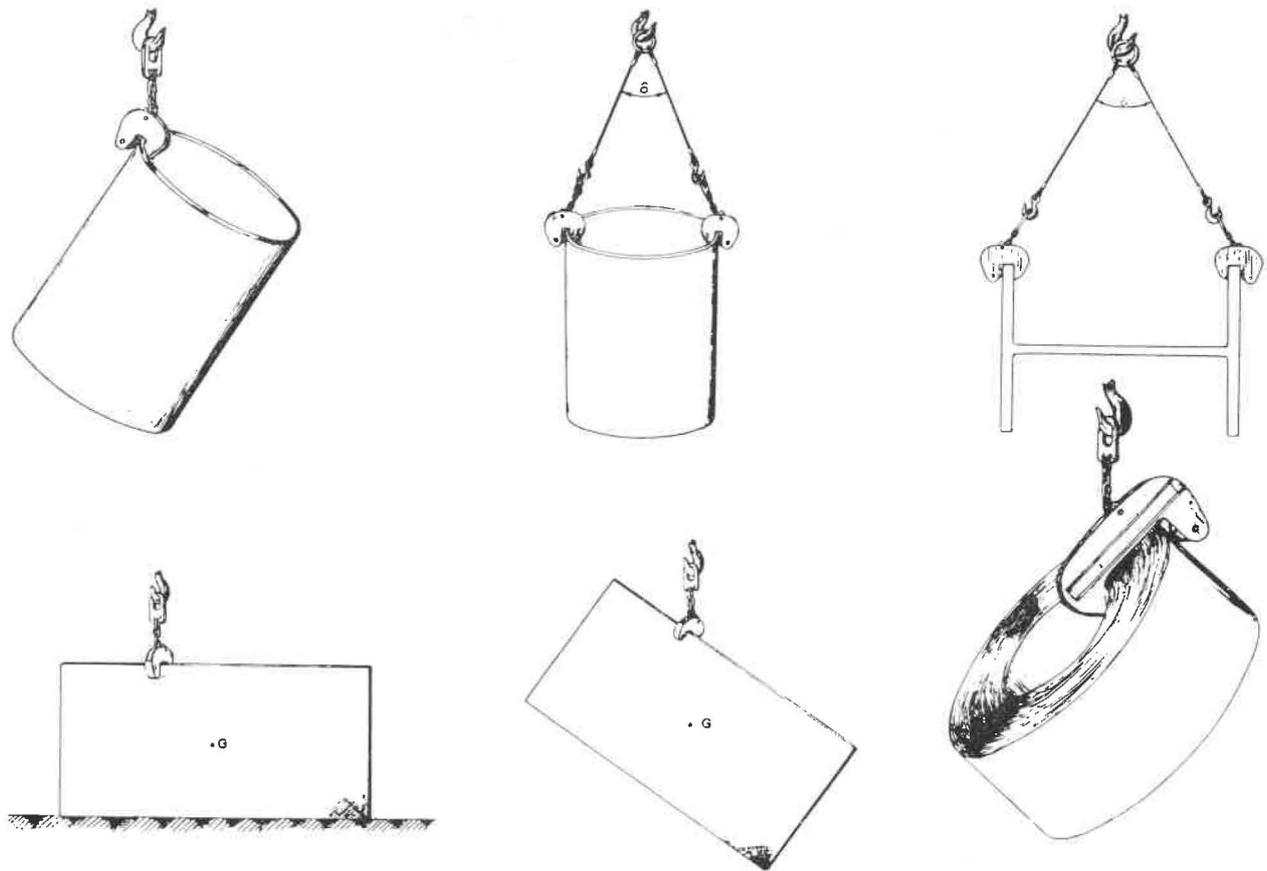


Fig. 31.

Utilisations particulières — Speciale gevallen van toepassing.

Levage d'une tôle mal prise.

Het opheffen van een verkeerd gegrepen plaat.

Levage de rouleaux de feuillards et de bobines de tôle.

Het opheffen van bladrollen en plaatrollen.

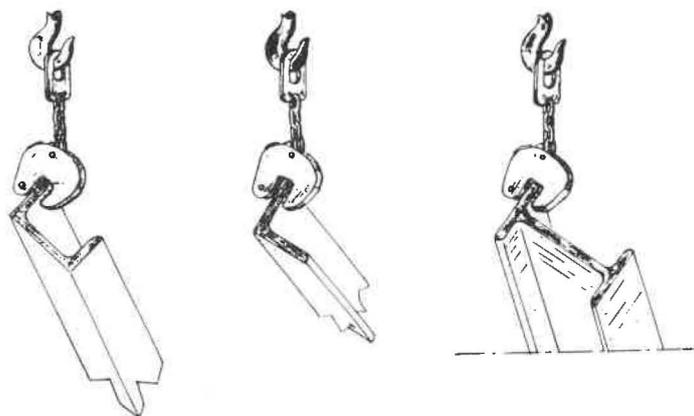
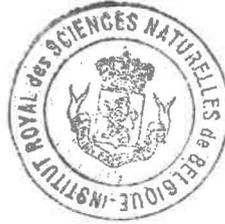


Fig. 32.

Levage de profilés divers.

Het opheffen van verschillende profielen.



Sélection des fiches d'Inichar

Inichar publie régulièrement des fiches de documentation classées, relatives à l'industrie charbonnière et qui sont adressées notamment aux charbonnages belges. Une sélection de ces fiches paraît dans chaque livraison des Annales des Mines de Belgique.

Cette double parution répond à deux objectifs distincts :

- a) *Constituer une documentation de fiches classées par objet*, à consulter uniquement lors d'une recherche déterminée. Il importe que les fiches proprement dites ne circulent pas ; elles risqueraient de s'égarer, de se souiller et de n'être plus disponibles en cas de besoin. Il convient de les conserver dans un meuble ad hoc et de ne pas les diffuser.
- b) *Apporter régulièrement des informations groupées par objet*, donnant des vues sur toutes les nouveautés. C'est à cet objectif que répond la sélection publiée dans chaque livraison.

A. GEOLOGIE. GISEMENTS. PROSPECTIONS. SONDAGES

IND. A 34

Fiche n° 40.633

H. PORTH. Die Erdöl- und Erdgasexploration in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1964. *L'exploration du pétrole et du gaz naturel dans la République fédérale d'Allemagne en 1964.* — Erdöl und Kohle, Erdgas, Petrochemie, 1965, mai, p. 341/349, 4 fig., 3 tabl.

Le ralentissement de l'activité de la reconnaissance constaté au cours des dernières années s'est vu brusquement stoppé dès 1964, par la mise en œuvre d'une intense campagne de recherches ; celle-ci fut couronnée par la découverte de 6 nouveaux gisements de gaz naturel, dont certains semblent promis à un brillant avenir. Avec les 17 sondages d'extension forés avec succès au cours de 1964, ces nouvelles découvertes justifient une considérable augmentation de l'estimation des réserves prouvées de gaz naturel en Allemagne de l'Ouest.

B. ACCES AUX GISEMENTS. METHODES D'EXPLOITATION.

IND. B 24

Fiche n° 40.751

W. SPRENGER, A. MUELLER et E. SCHWAN. Herstellung eines 2 m Bohrloches im Untertagebetrieb einer Steinkohlenzeche. *Creusement d'un trou de sonde de 2 m de ϕ dans les travaux du fond d'un charbonnage.* — Bergfreiheit, 1965, juin, p. 169/174, 10 fig.

C'est dans les travaux du fond du Puits Anna de l'« Eschweiler Bergwerk-Verein » que fut réussi, pour la première fois, le recarrage descendant, opéré en une phase unique, d'un trou de sonde initialement foré à 1.200 mm de diamètre et ce, à l'aide d'une foreuse P 30 de la firme Turmag. Le trou de sonde originel, incliné à 82°7 sur l'horizontale, mesurait 48 m de développement. L'outil de réalésage était constitué par des molettes (Söding und Hallbach) étalées à 4 niveaux différents, portées à l'extrémité de bras radiaux, et permettant de réaliser simultanément les 4 passes d'alésage finales de 1.400, 1.600, 1.800 et 2.000 mm. Les vitesses moyennes d'avancement ci-après furent réalisées : en schiste 1,26 m/h ; en schiste gréseux, 1,05 m/h ; en grès 0,3 m/h.

IND. B 35

Fiche n° 40.553

F. KEIENBURG. Mechanisierung der Senkarbeit (Nachreissarbeit). *Mécanisation du rabasnage*. — *Montan-Rundschau*, 1965, mai, p. 147/151, 5 fig.

Une étude portant sur 21 puits de la Ruhr a montré que le travail de rabasnage des galeries du fond exigeait en moyenne 0,85 homme/poste aux 100 t; ce chiffre montre tout l'intérêt économique d'une mécanisation de ces travaux auxiliaires. L'article décrit deux types de chargeuses mécaniques, sur chenilles, couramment usitées à cette fin, en R.F.A., à savoir : 1) la Salzgitte HL 280. Types RS et RK, le premier étant à déversement du godet vers l'arrière, le second à déversement latéral. 2) la Hausherr. Type Viktoria G.S.R.I. L'auteur reproduit les caractéristiques techniques fondamentales de ces engins; tous présentent la particularité que le bord d'attaque du godet est activé par des « pointes » de pénétration mues à l'air comprimé. L'article illustre par quelques exemples, le bénéfice du rabasnage mécanisé par rapport à celui effectué manuellement. C'est ainsi que dans un bouveau avec roches dures, on réalise avec une Salzgitte en moyenne 5,5 m³/hp contre 1,4 m³/hp à la main; dans certains cas de roches plus favorables, on atteint couramment 10 m³/hp. Les économies de postes main-d'œuvre réalisées (1 poste main-d'œuvre avec charges sociales sur salaires bruts coûte en moyenne à l'exploitant plus de 165.000 FB par an) permettent, dans le cas d'un taux d'utilisation normal de la machine, d'en amortir les dépenses d'achat en moins d'une année.

IND. B 4211

Fiche n° 40.730

BASSIN DE LORRAINE. La concentration en veines puissantes prises par attaques multiples en semi-dressants. — *Revue de l'Industrie Minérale*, 1965, mai, p. 329/344, 16 fig.

La méthode des attaques multiples, mise au point depuis longtemps, semblait avoir atteint son maximum de développement avec des veines de 2 à 2,5 m et des rendements taille de 9 à 10 t pour des tailles de 130 à 150 m de longueur. L'adaptation de cette méthode à des veines plus puissantes a été imposée par les circonstances et par des considérations de prix de revient. La nécessité d'améliorer coûte que coûte des résultats déjà très élevés a conduit à augmenter la longueur des tailles, longueur qui était limitée à 130 - 150 m par l'engin de déblocage. Les problèmes nombreux relatifs à la sécurité, au matériel et aux conditions de travail du personnel, ont été résolus progressivement au cours de l'exploitation de veines de

plus en plus puissantes. En veine Wohlwerth, on a essayé de plus d'allonger la taille jusqu'à une longueur de 200 m. Les résultats enregistrés en Wohlwerth, où la moyenne de rendement de panneau dépasse 12 t avec des pointes mensuelles de 14 t, sont la conséquence d'un long et patient effort d'une équipe à travers les vicissitudes d'un changement de méthode. La comparaison avec les solutions timides (prise en deux tranches), apportées autrefois au problème des veines puissantes, montre que ces efforts et cette persévérance n'ont pas été vains, d'ores et déjà toutes les veines puissantes sont prises en une seule tranche et toutes les tailles ont été allongées à 200 m, certaines jusqu'à 250 m; l'évolution du prix de revient du champ montre que ce travail d'équipe a été payant.

C. ABATTAGE ET CHARGEMENT.

IND. C 2211

Fiche n° 40.556

O. MUELLER. Der Stand der Bohrtechnik mit Versenkhammern. *L'état de la technique de sondage à injection*. — *Schlägel und Eisen*, 1965, mai, p. 291/296, 15 fig.

Après un bref exposé des particularités du mode de travail des appareils de forage percutant (mar-teaux perforateurs, perforatrices sur affût et sondeuses) et une rétrospective de l'historique de leur développement, l'auteur passe en revue les principaux types construits en Allemagne occidentale et à l'étranger : il en donne les caractéristiques techniques fondamentales ainsi que les conditions d'application de chacun d'eux. Il cite notamment : 1) Pour la République fédérale : le perforateur type LH 74, pour trou profond, de la firme Böhler; le perforateur à tiges Demag, type STH 50; la sondeuse Flottman G.B./3 b pour trous de grand diamètre; la sondeuse Turmag Unidril type TSH-K 50-II; la machine à forer des trous de grand diamètre F. Zimmerman type HFZ 2 et les perforateurs types ZASS, ZAS et THZ. 2) Pour l'étranger : les équipements des firmes américaines Gardner Denver Company (types AM 4A, AM 5A et AM 6A), Holman Brothers Ltd (type Voletrac), Ingersoll-Rand (type DHD - séries Drillmaster, Crawlmaster, Quarry-master, Tandematic, Gangamatic etc.), Mission Mfg. Co. (série Oilfield Hammerdrill). Pour la Belgique, il cite la firme Stenuick Frères qui construit le marteau à fond de trou de forage (type V.56); pour l'U.R.S.S., les foreuses du type BMN-3 a.

IND. C 2213

Fiche n° 40.569

E. ROBINSON et R. POTTER. New thermal drill bit melts its way in rock. *Un nouvel outil de forage thermique pénètre dans la roche par fusion.* — *Engineering and Mining Journal*, 1965, mai, p. 104/105, 6 fig.

Au laboratoire de l'Université de Californie, on met au point un prototype de foreuse qui utilise un outil chauffé par l'électricité et construit en métal réfractaire, qui fond la roche et s'y enfonce. Jusqu'ici on n'a pas dépassé le diamètre de 50 millimètres, mais le système est susceptible de développement et ses applications paraissent prometteuses pour les sondages à grande profondeur. On a pu forer 15 m par jour en basalte en utilisant un courant de 295 ampères et une température de 1.200°C. On escompte une amélioration très sensible du procédé. L'outil de forage, ou bit, pressé sur le fond du trou, est en tungstène et molybdène avec du nitrite de bore, produit qui allie la conductibilité calorifique à la résistance électrique. Un conduit central évacue les débris de roches fondus au fond du trou.

IND. C 222

Fiche n° 40.675

O. FITZ. Bohrwagen für universellen Einsatz im Bergbau, Steinbruch und Stollenbau. *Chariot de forage pour utilisation universelle dans les mines, les carrières et creusement de tunnel.* — *Montan-Rundschau*, n° spécial « Forage, minage et chargement », 1965, p. 106/114, 11 fig.

Article publicitaire en faveur du matériel de forage construit par la firme Böhler de Vienne. Y sont présentées les caractéristiques techniques et les performances des principaux équipements de forage du type « Universel » utilisés dans les mines, carrières et creusement de tunnels, à savoir : chariot de forage sur châssis fixe ou mobile, perforateurs, fleurets, taillants du type « Böhlerit » en métal dur, etc... A titre accessoire, on trouve exposées dans le texte : 1) comparaison entre les perforateurs à fleurets du type traditionnel et les perforateurs à front du trou; 2) qualités exigées d'un bon chariot de forage; 3) tendances qui se dessinent actuellement dans l'utilisation et la construction des équipements de forage.

IND. C 241

Fiche n° 40.480

R. HILLER. Untersuchungen über die Staubverminderung beim Sprengen mit Wasserbesatz mit Netzmittelzusatz und Magnesium-Chloridsol sowie bei Nebelrohreinsatz. *Recherches sur la diminution des poussières lors du tir avec bourrage à l'eau additionnée de produits tensio-actifs et d'eaux-mères de chlorure de magnésium, ainsi qu'avec pulvérisation d'eau.* — *Bergakademie*, 1965, janvier, p. 30/35, 7 fig., 3 tabl.

Les recherches décrites se rattachent à un programme d'études sur les moyens de provoquer la diminution de poussières nocives mises en suspension dans l'air par le tir. L'article décrit les essais faits avec addition de divers produits (essais groupés en trois séries). Comme résultats, on a pu enregistrer au maximum une diminution de 10 à 15 % des poussières en suspension par rapport à ce qu'on obtient avec bourrage à l'eau pure. D'autres essais sont considérés comme nécessaires pour une meilleure appréciation de la valeur de la méthode. Biblio : 11 réf.

Résumé Cerchar Paris.

IND. C 4220

Fiche n° 40.549

H. LE CLERCQ. Aandrijvingen voor kolenschaafinstallaties. *Têtes motrices pour installations de rabotage du charbon.* — *Geologie en Mijnbouw*, 1965, mai, p. 159/167, 4 fig.

I. Introduction — Généralités — Schémas de montage. — II. Définition de la tête de commande; points communs et différences entre têtes motrices à courant continu, à courant alternatif et hydraulique. — III. Analyse des propriétés des engins conduits — Analyse des 4 cas suivants : 1) démarrage; 2) marche normale de service; 3) marche avec surcharge; 4) blocage — Définition et étude de l'effort de traction : a) du rabot, b) du convoyeur. — IV. Exigences fonctionnelles concernant les têtes de commande. — V. Spécification plus détaillée des exigences à formuler pour une tête motrice : a) exigences fonctionnelles, b) exigences économiques, c) exigences générales.

IND. C 4220

Fiche n° 40.552

H.L. OMERS. Aanbouwplöeg met gelijkstrooaaandrijving voor snelheidsregeling. *Rabot d'abattage commandé par moteur à courant continu permettant le réglage de la vitesse.* — *Geologie en Mijnbouw*, 1965, mai, p. 184/192, 16 fig.

Description d'une installation de rabotage en service à la mine Orange-Nassau II, dans une taille en plateure (6°) de 220 m de longueur, dans une couche de 0,60 m d'ouverture. Les données techniques relatives aux différentes machines électriques à courant continu, couplées selon le schéma Ward Leonard, utilisées dans l'installation, sont les suivantes : groupe convertisseur alimenté à 3.000 V courant alternatif triphasé; moteur d'entraînement de l'installation : 150 ch, 1.500 tours/min; générateur de courant continu : 90 kW, 1.500 tours/min, 440 V, 205 A; excitatrice courant continu : 3 kW, 1.500 tours/min, 110 V. Le moteur de rabot alimenté sous 220 V, tournant à 1500 tours/min développe, lorsqu'il consomme 205 A, une puis-

sance effective de ± 40 kW. Pour une consommation de 150 A, l'effort de traction transmis à la chaîne de rabot est de 8,2 t. L'article donne successivement : 1) les détails relatifs aux sections de câbles électriques, aux couplages et aux connexions inter-machines; 2) le diagramme de consommation de courant continu au cours d'un cycle de rabotage. L'auteur établit ensuite une étude comparative de la commande des installations de rabotage, d'une part, par moteurs à courant continu (schéma Ward, réalisé par les A.C.E.C.) et, d'autre part, par moteurs asynchrones; la comparaison portant sur les aspects techniques (souplesse de marche, taux d'utilisation des machines et rendement de rabotage) et sur les aspects économiques (dépenses de premier établissement, frais directs d'exploitation, consommation d'énergie, entretien et prix de revient du rabotage rapporté à la t). Pour terminer, analyse des avantages et des inconvénients propres à chacun des deux systèmes de commande.

IND. C 4222

Fiche n° 40.546

WESTFALIA-LUENEN. Exploitation d'une veine par un ensemble rabot-ancrage et haveuse dans une mine de la Sarre. — *Bulletin Westfalia*, 1965, avril, 15 p., 12 fig.

Problème posé. Taille montante biaise dans une veine en partie « décomprimée ». Ouverture moyenne : 2,05 m. Charbon dur. Convergence importante des épontes. Toit tendre et fissuré. Conditions supplémentaires. Recourir, dans tous les cas, à la mécanisation. Supprimer le travail des abatteurs à front pour des raisons de sécurité, dans une taille montante, de grande puissance, avec mauvais toit. Les conditions géologiques réclament en outre : une profondeur de coupe variable pour les machines d'abattage, la pose rapide du soutènement, une vitesse d'avancement importante. Décision. Utilisation d'un rabot-ancrage combiné à une haveuse de 1 m de profondeur de coupe. Résultats. Rendements taille, malgré des conditions difficiles, atteignant 13,4/hp. Utilisation optimum de l'ensemble des engins de desserte.

IND. C 5

Fiche n° 40.494

K. STEPHAN. Strömungstechnische Untersuchungen an Düsen und Freistrahlen für den hydraulischen Abbau von Kohle. *Etudes sur l'écoulement des jets d'eau et les éjecteurs d'eau utilisés pour l'abattage hydraulique du charbon.* — *Glückauf Forschungshefte* n° 2, 1965, avril, p. 105/115, 16 fig.

Considérations théoriques sur les pertes de puissance dans un écoulement accéléré. Possibilité de calculer la forme optimum de l'éjecteur. Indica-

tion de la diminution de la puissance de l'eau en fonction de l'augmentation de la distance de l'éjecteur. Dépendance de la pression du jet de la distance de l'éjecteur ainsi que dépendance de la réduction de la pression et de la portée du jet de la construction de la lance-moniteur et de son éjecteur. Calcul de la réduction de la puissance et, partant, du débit de la pompe selon une relation simple.

D. PRESSIONS ET MOUVEMENTS DE TERRAINS. SOUTÈNEMENT.

IND. D 1

Fiche n° 40.485

D. SCHOENE. Die Bedeutung und die Definition der Begriffe « Bohrbarkeit » und « Bohrwiderstand » und die grundsätzlichen Verfahren zur Ermittlung der bohrtechnischen Eigenschaften der Gesteine. *Importance et définition des concepts : « Forabilité » et « Résistance au forage » ; procédés fondamentaux pour la détermination des propriétés des roches concernant la technique du forage.* — *Bergakademie*, 1965, mars, p. 146/151.

La divergence des opinions sur les concepts considérés nécessite des recherches plus précises concernant leur définition; distinction entre « résistance passive » et « résistance active » au forage. Nécessité de mieux définir les conditions des essais entrepris et de grouper par familles les résultats obtenus. Exigences à satisfaire pour parvenir à des procédés rationnels d'essais. Appréciations sur les divers procédés actuels; propositions pour un procédé commode et rationnel.

Biblio : 15 réf. (Résumé Cerchar, Paris).

IND. D 2222

Fiche n° 40.687

H. ZORYCHTA et G.S. MERRILL. Loads on friction props on a longwall face. *Les charges sur les étaçons à frottement dans une taille chassante.* — *The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, 1965, février, p. 175/181, 10 fig.

Compte rendu d'opérations de mesures souterraines réalisées aux charbonnages de la Nova Scotia de la Dominion Coal Company pour comparer la résistance des piles de bois et celle des étaçons à frottement dans le soutènement des tailles chassantes. Les piles sont formées de bois durs de 15 cm de côté et de 75 à 90 cm de longueur. La couche a 1,50 m d'ouverture et 12° de pente, havage de 1,80 m de profondeur, abattage à l'explosif, foudroyage du toit. Profondeur d'exploitation 750 m. Mesurage des charges par dynamomètres hydrauliques et enregistreurs de

convergence Davis. Pour la mesure des charges sur les étançons, on emploie des cellules de charge comportant un cylindre déformable et un piston, avec dispositif de mesure des déformations par résistances électriques. Les résultats des mesures sont enregistrés sur graphiques. Leur interprétation permet différentes conclusions concernant la répartition de la charge sur le soutènement. Les essais ont en tout cas démontré que les étançons à frottement sont plus efficaces que les piles de bois pour le soutènement de la taille.

IND. D 47

Fiche n° 40.497

E. ENNEPER. Schreitender Ausbau beim Abbau mächtiger Flöze im Kohlengbiet an der Loire (Frankreich). *Soutènement marchant pour l'exploitation de couches puissantes dans le bassin de la Loire.* — *Bergbauwissenschaften*, 1965, mai, p. 197/200, 9 fig.

Des essais d'abattage des veines puissantes à l'aide de soutènement marchant ont été entrepris dans les dernières années dans le bassin de la Loire. Les veines sont exploitées par tranches. Pour maîtriser le toit friable on utilise un mailage en fils de fer. La maison Marrel-Hydro-SO.ME.MI. a développé à partir des données de l'expérience un soutènement particulièrement adapté aux demandes de cette méthode d'abattage. Le succès obtenu amena à mettre en service d'autres piles marchantes et à faire en plus des essais de mécanisation du soutènement celui de l'abattage.

IND. D 47

Fiche n° 40.641

H. IRRESBERGER. Die Automatisierung des Strebenausbaus in Grossbritannien. *L'automatisation du soutènement de taille en Grande-Bretagne.* — *Anlage 1. zur Niederschrift über die 5. Sitzung des Ausschusses Grubenausbau*, Essen-Kray, 14-1-1965, 20 p., 15 fig. — *Glückauf*, 1965, 9 juin, p. 715/720, 7 fig.

Possibilités et éléments de l'automatisation ainsi que différents types de commande des opérations en tailles (Adjacent chock - control, Isaac, Bank-control, Rebecca, Rolf 1 et 2). Description des tailles Rolf (Remotely Operated Longwall Faces). Etudes de l'application de l'ensemble ou d'éléments isolés en vue de l'automatisation dans les conditions existant dans les charbonnages allemands. Etudes de la rentabilité des différents types de commande des opérations en tailles. A titre comparatif, l'auteur donne, pour ces différents types, les dépenses de premier établissement rapportées au m de taille ci-après : 1) soutènement par étançons à friction et bèles articulées :

1.440 DM/m; 2) soutènement marchant non automatisé, commandé à la main, 4.350 DM/m; 3) soutènement marchant avec « bank-control » 6.250 DM/m; 4) taille système Rolf : 12.000 DM/m.

IND. D 53

Fiche n° 40.640

C. HEISING. Staubbekämpfung beim Blasversatz. *La lutte contre les poussières lors du remblayage pneumatique.* — *Glückauf*, 1965, 9 juin, p. 712/714, 4 fig.

Exposé des résultats les plus importants récoltés lors des études effectuées à la station expérimentale du remblayage pneumatique (influence de la consommation d'air sur la concentration en fines poussières de l'air soufflé; charge en poussières à la sortie du jet de remblayage, en fonction du % — en poids — de grains de remblais > 10 mm; concentration en fines particules de poussières dans l'air chargé, pour différents teneurs en eau du remblai). Communication des mesures recommandées par le groupe de travail du comité pour la lutte contre les poussières et la silicose, dans le cas du remblayage pneumatique. En conclusion, l'empoussièrement peut être réduit au minimum à condition : 1) d'utiliser la remblayeuse à son taux maximal, c'est-à-dire d'arrêter le moins possible la marche de la machine; 2) d'utiliser des produits de composition granulométrique adéquate et suffisamment humidifiés.

E. TRANSPORTS SOUTERRAINS.

IND. E 1311

Fiche n° 40.492

H. MAIER. Die Bedeutung der Schlagbiegearbeit für die Beaufschlagungsfestigkeit von Fördergurten mit Gewebeeinlagen. *L'intérêt de la flexion au choc pour la résistance au choc des convoyeurs à bande à plis de textile.* — *Glückauf-Forschungshefte* n° 2, 1965, avril, p. 83/87, 3 fig.

Description de l'essai de flexion au choc. Comportement de la bande au moment de l'impact dû à une masse tombant entre deux rouleaux porteurs de bande. Résistance au choc et dégâts causés par le choc : les grands allongements naissent toujours dans la direction de la trame du tissu incorporé dans l'âme de la bande; avec les modes de fabrications courantes des bandes actuelles, ce sont toujours les fils de trames qui se rompent d'abord. La confrontation du travail de flexion au choc et des données résultant du travail de chute critique fait apparaître qu'il existe une dépendance linéaire entre ces deux espèces de travail.

IND. E 1311

Fiche n° 40.522

CHAMBERLIN, MEEK, KEWELL et FINLAY. Microbiological breakdown of conveyor belting in coal mines. *La maladie microbienne des courroies de convoyeurs dans les charbonnages.* — *Colliery Guardian*, 1965, 14 mai, p. 653/660, 4 fig.

Les textiles naturels sont sujets à l'attaque par la pourriture ou la moisissure dans les conditions habituelles du fond de la mine. On distingue l'attaque par les bactéries et par les champignons et aussi par les agents chimiques tels que les eaux acides. Les courroies transporteuses sont naturellement sujettes à ces attaques par les tissus de cellulose qui les composent. Ceux-ci renferment d'ailleurs des traces de produits qui favorisent la pourriture (sucres, protéines, etc.). L'humidité, l'obscurité, la température, la ventilation limitée la favorisent également. Les phénomènes de pourriture par les différents agents précités ont été systématiquement étudiés dans leur action sur les courroies de convoyeurs, tant celles qui sont en caoutchouc naturel et textiles en coton, que celles qui sont en caoutchouc synthétique et fibres synthétiques. Celles-ci sont moins sujettes à dégradation mais il est cependant possible qu'elles n'en soient pas indemnes. Les recherches ont conduit à une diminution importante des frais d'entretien des courroies de convoyeurs et elles se poursuivent dans les charbonnages anglais.

IND. E 21

Fiche n° 40.448

G. GAUGLITZ. Die induktive Grubenfahrzeugkennzeichnung. *Le marquage individuel des wagonnets de mine par induction.* — *Bergfreiheit*, 1965, mai, p. 125/129, 9 fig.

Description technique et mode de fonctionnement de l'appareil Siemens et Halske qui permet, au départ d'un point donné du circuit de roulage (un point de chargement en l'occurrence), d'effectuer, par voie inductive, un marquage caractérisant chacun des wagonnets et de restituer cette marque en l'interprétant, à un autre point du circuit (station de destination). L'équipement comporte les organes élémentaires ci-après : a) un appareil placé sur le wagonnet, qui travaille comme porteur d'information; b) la bobine d'apposition de la marque caractéristique sur le wagonnet; c) la bobine de restitution de la marque à un point de destination; d) la bobine d'effacement de la marque sur le wagonnet. L'article décrit le rôle et le fonctionnement de chacune des parties élémentaires de l'appareillage, le schéma des couplages, les fréquences utilisées pour le codage, la façon de travailler du « transfluxor ». L'auteur souligne les possibilités offertes par cet équipement pour l'automatisation des opérations d'un cycle de production quelconque.

IND. E 22

Fiche n° 40.529

R. GRONEBAUM. Reibradantriebe für Grubenförderwagen. *Dispositifs d'entraînement à roues de friction pour berlines.* — *Fördern und Heben*, 1965, mai, p. 371/376, 15 fig.

Des dispositifs d'entraînement à roues de friction, de conception différente, ont été mis en œuvre, séparément ou en groupes, dans les roulages de berlines. Leur puissance d'entraînement est faible, elle varie entre 0,6 et 2 kW. L'auteur la calcule en se basant sur la pression d'application. Pour appliquer les roues entraîneuses, on se sert généralement d'un système hydraulique qui, contrairement aux ressorts mécaniques, convient aussi pour berlines de largeur différente. Les dispositifs d'entraînement à roues de friction sont utilisés sur des voies ferrées au fond et au jour; cinq cas d'application appropriés sont décrits dans le présent article.

IND. E 40

Fiche n° 40.418

M. MATERNE et G. MEIRSSCHAUT. Nouvelles installations d'extraction à Winterslag. — *Revue ACEC*, n° 1, 1965, p. 23/42, 33 fig.

Afin d'augmenter sa capacité d'extraction, la Division Charbonnage de Winterslag de la S.A. Métallurgique d'Espérance Longdoz a mis en service récemment de nouvelles installations d'extraction doubles à skips. En fait, la modernisation s'est étendue non seulement à l'extraction proprement dite, par augmentation de la puissance des moteurs dont la ventilation a été renforcée et par leur alimentation par groupes transfo-redresseurs ignitrons en remplacement des groupes Ward-Léonard devenus insuffisants, mais encore aux postes de culbutage et de chargement du fond et à la recette de surface. Après un exposé sommaire de l'ensemble du problème qui se posait, les auteurs décrivent successivement les équipements électriques du fond, les machines d'extraction et leurs alimentations par redresseurs, leur régulation, leurs auxiliaires, leur mode de fonctionnement et enfin les équipements électriques de la recette. Ils terminent par un aperçu sur les rendements obtenus.

IND. E 412

Fiche n° 40.650

D.A. HOUSTON. Applications of magnetic amplifiers to mine winders. *Les applications des amplificateurs magnétiques aux machines d'extraction.* — *The Mining Electrical and Mechanical Engineer*, 1965, mai, p. 415/423, 11 fig.

L'article traite des propriétés et caractéristiques des amplificateurs magnétiques bistables, à auto-excitation et connectés en séries, dans leurs emplois aux circuits des machines d'extraction

électriques à courant alternatif. On décrit un projet de contrôle de la vitesse d'un moteur de machine utilisant une résistance liquide pour faire varier le couple moteur. Il utilise des amplificateurs à auto-excitation, reliés en séries pour le contrôle du couple et la fourniture de l'excitation de freinage dynamique. On donne des diagrammes enregistrés sur une machine appliquant ce système. Un autre système utilisant pour la machine des résistances métalliques intercalées dans le circuit du rotor au lieu du contrôleur liquide, est également décrit. Ce système applique les amplificateurs magnétiques bistables non seulement pour la détection du signe de l'erreur de vitesse mais aussi pour le contrôle de séquence des pièces de contact qui connectent les résistances du rotor. On montre des diagrammes enregistrés d'un modèle de laboratoire du système projeté. Les amplificateurs magnétiques resteront encore d'un emploi pratique assez étendu malgré la vogue croissante des transistors et thyristors.

IND. E 414

Fiche n° 40.688

D.J. MURRAY. Multirope friction hoisting. *L'extraction Koepe par multicâbles*. — *The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, 1965, février, p. 206/215, 10 fig.

L'article expose les principes de l'extraction du système Koepe et l'historique de son application. Il décrit une machine du type Koepe et ses différents éléments : moteurs électriques, généralement à courant continu, poulie à gorge avec garniture spécialement appropriée, câbles de préférence clos et antigiratoires, dispositifs égalisateurs de tension et mesureurs de pression des câbles, systèmes de guidonnage et de freinage. On donne ensuite une méthode de calcul d'une machine Koepe déterminant ses différents éléments d'après le tonnage horaire prévu. On étudie également les limitations du système et on expose les avantages et les inconvénients, comparés à ceux de l'extraction avec machines classiques à tambours. Cette étude, relativement élémentaire, vise à documenter sur l'extraction Koepe, les exploitants du Canada, où le système est encore assez peu appliqué.

IND. E 415

Fiche n° 40.722

S. SCHULZ. Freins pour machines d'extraction dans l'industrie minière. A propos de la question freins à tambour ou à disques. — *Gutehoffnungshütte (G.H.H.)*, Technische Berichte, 4/64, p. 10/13, 5 fig.

Après avoir décrit les particularités de chacun des modes de freinage à tambour et à disque,

l'article souligne qu'une amélioration des systèmes de freinage sur les machines d'extraction ne peut être considérée comme telle que si elle apporte une simplification effective du système complet et si, en même temps, elle satisfait à toutes les exigences relatives à leur bon fonctionnement et à leur sécurité en service. Les freins à disque offrent la possibilité d'utiliser des appareils de freinage modernes, à commande hydraulique, sans tringlage encombrant. L'utilisation des disques de freinage massifs avec des appareils de freins usuels ne représente en soi aucune amélioration pour la machine d'extraction. L'avenir appartient sans doute à des équipements de freins agissant par l'intermédiaire de plusieurs unités sur des disques à ventilation centrifuge. Le niveau actuel du progrès est caractérisé par le fait que les éléments de freins hydrauliques à action directe, qui d'ailleurs ont déjà fait leurs preuves sur des machines d'extraction, ont reçu l'agrément des autorités minières allemandes pour leur installation sur les puits à cordées de personnel puisqu'ils offrent effectivement le maximum de sécurité en service.

IND. E 416

Fiche n° 40.753

L. HAUSSLER. Automatische Gestellförderung im Schacht II der Grube Emil Mayrisch. *Extraction automatique par cages au puits II du siège Emil Mayrisch*. — *Bergfreiheit*, 1965, juin, p. 182/187, 5 fig.

Description des installations exécutées par la firme Demag, réalisant l'automatisation de l'extraction, c'est-à-dire de l'encagement et décapement des wagonnets, la manœuvre des cages, le service des wagonnets au niveau de la recette (éclusage, freinage et aiguillage vers la destination qui convient à la nature de leur charge). Au stade final de l'aménagement, le puits sera capable d'une extraction journalière de 10.000 t nettes/jour. Les installations d'extraction desservant l'étage actuel de 860 m sont caractérisées par les données techniques suivantes : cages à 6 étages, un wagonnet de 3.620 litres par étage; poids de la cage à vide 19,5 t; charge utile de la cage 25,2 t; personnel par cage 120 hommes; accélération 1 m/s^2 ; 4 câbles ronds d'extraction 44 mm de diamètre; 2 câbles d'équilibre $2 \times 185 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$; charge de rupture d'un câble rond 85 t; diamètre de la poulie Koepe de commande : 5,4 m; vitesse de rotation de celle-ci : 56,6 tr/min; vitesse de translation de la cage, pour extraction : 16 m/s; pour personnel : 12 m/s. L'article décrit en outre les équipements électriques transistorisés qui permettent l'automatisation des manœuvres de cages.

IND. E 47

Fiche n° 40.469

NORTON-HARTY ENGINEERING C^o Ltd. Winding and decking plants. *Installations d'extraction et de recette.* — *Colliery Engineering*, 1965, mai, p. 183/189, 9 fig.

Description d'installations françaises d'extraction par skips et d'un équipement de recette au puits Marienau des Charbonnages de Lorraine occupant un espace particulièrement restreint. Les skips de la compagnie Venot comportent 3 sections : une supérieure avec un ou deux paliers pour les translations de personnel, le palier supérieur se levant sur charnière pour les transports de pierre ou de charbon; une pour contenir ceux-ci et enfin une section inférieure contenant le dispositif de manœuvre du fond mobile de déchargement et le cylindre dash-pot anti-bris. Le fonctionnement de ces mécanismes est exposé. La méthode de chargement des skips comporte un convoyeur à deux vitesses et un contrôleur automatique de charge. La description de la recette du puits de Marienau présente la particularité de concentrer tous les services auxiliaires d'une vaste concession avec plusieurs puits d'extraction du charbon, dans un seul puits : grande cage à 3 paliers contenant 50 hommes chacun, et, sur le palier supérieur 2 wagonnets de 3.000 litres. Le puits de 6,90 m de diamètre sert en outre de retour d'air, transport des pierres et du matériel, remblayage hydraulique, secours. L'équipement de recette est automatique, avec traverseur et appareillage approprié dont on expose le fonctionnement.

F. AERAGE. ECLAIRAGE. HYGIENE DU FOND.

IND. F 123

Fiche n° 40.728

E. KEMPF. Zum Lüftereinsatz in Sonderbewetterungsanlagen. *Emplacement des ventilateurs dans les installations de ventilation auxiliaire.* — *Bergakademie*, 1965, avril, p. 219/223, 3 fig.

Afin de réaliser des conditions d'aéragage conformes aux prescriptions de la police des mines, il est souvent requis, dans les longs tronçons en antenne des creusements de galeries, de recourir soit à un ventilateur unique, à haute pression de refoulement, soit à plusieurs ventilateurs, de type traditionnel, installés en série dans la ligne de canars. Dans ce dernier cas, la distance entre deux ventilateurs consécutifs ou la distance à laquelle s'impose l'installation d'un deuxième ventilateur est déterminée au jugé, sans souci de l'obtention des conditions optimales de fonctionnement de

l'installation; aussi déplore-t-on souvent des anomalies de marche (court-circuit, recyclage, rentrées d'air, etc...) aux ventilateurs individuels. L'auteur montre que, pour éviter de créer des conditions de pression équivoques dans la colonne de canars, il faut installer le deuxième ventilateur à la distance l du premier ventilateur, telle que l soit égal ou inférieur à $0,5L$, L étant la distance maximale calculée par approximations successives sur les courbes caractéristiques du ventilateur et des canars, selon le processus décrit par l'auteur.

IND. F 123

Fiche n° 40.493

K. GRAUMANN. Ueberwachung von Sonderbewetterungsanlagen. *Contrôle de l'aéragage secondaire.* — *Glückauf Forschungshefte* n° 2, 1965, avril, p. 89/104, 22 fig.

Comparaison des différentes possibilités de mesurer le débit d'air dans les canars. Le débit d'air au front peut au mieux être déterminé moyennant un diaphragme tandis que le débit d'air et la pression existant au niveau du ventilateur sont susceptibles d'être contrôlés à l'aide d'une courte trompe de Venturi. Précisions données au sujet du planning et de la méthode de contrôle par une application numérique.

IND. F 21

Fiche n° 40.761

D.C. JOLLY. Emission of firedamp in longwall working. *Les émissions de grisou dans les tailles chassantes.* — *Colliery Guardian*, 1965, 11 juin, p. 771/774.

L'article rappelle les notions connues sur la nature du grisou et sur son mode de gisement dans les couches de charbon et dans les roches encaissantes : adsorption et compression dans les pores et fissures. Il envisage ensuite les modifications du gisement de grisou à la suite de l'exploitation. Un des principaux effets est l'émission du grisou dans l'atmosphère de la mine, dans les dislocations des bancs de roches au-dessus des excavations et en dessous. On étudie plus particulièrement le cas d'une taille chassante et la zone en arrière du front de taille, remblayée ou foudroyée, constitue un réservoir de grisou qui peut se mélanger à l'air de circulation par la compression des épontes ou par baisse de la pression atmosphérique. On étudie ensuite les effets de la mécanisation qui peut poser des problèmes difficiles par suite de l'avancement rapide des fronts de taille avec les dégagements importants de grisou qui en sont la conséquence. On mentionne finalement les émissions de grisou du mur, moins régulières, moins prévisibles, mais plus localisées et plus dangereuses que celles du toit des couches.

IND. F 22

Fiche n° 40.662

M. BROCHE. Dispositif de contrôle à distance des atmosphères grisouteuses. — *Charbonnages de France - Documents techniques n° 5*, 1965, p. 287/288, 2 fig.

Courte note, avec schéma et photo, d'un dispositif permettant le contrôle d'atmosphères grisouteuses dans des régions inaccessibles (par exemple foudroyage). Ce dispositif a été mis au point par le Bassin de Lorraine, en collaboration avec le Cerchar. Les divers points de prélèvement, installés au fond pendant la période où ils sont encore accessibles, sont reliés par des tubes de matière plastique au poste central de mesure, qui est équipé pour pouvoir purger le flexible, aspirer un nouveau mélange et mesurer la teneur de ce mélange en CH_4 .

(Résumé Cerchar, Paris.)

IND. F 24

Fiche n° 40.420

J. JANAS. Recherche sur les paramètres des trous de sonde de captage du grisou forés préalablement au passage du front de taille. — *Vedekovyzkumny Uhelny Ustav Ostrava-Radvanice*, 1964, Rapport n° 14, 25 p., 11 fig. (texte en tchèque).

Conditions nécessaires pour un drainage efficace des tailles rabattantes au moyen de forages inclinés forés dans les terrains du toit et dirigés dans le sens opposé de la progression du front de taille. Analyse du débit en gaz des trous de sonde et efficacité des forages de drainage. Paramètres de l'efficacité optimale du captage du gaz et conditions sous lesquelles les trous de sonde dirigés à la rencontre du front de taille peuvent être appliqués, avec succès lorsqu'on procède au déhouillement de couches d'épaisseur différente, par la méthode retraitante.

IND. F 25

Fiche n° 40.726

G. DURCHROW. Grubensicherheitliche Auswertung eines Massenunglücks durch CO_2 Gase. *Catastrophe due au CO_2 évaluée au point de vue de la sécurité minière*. — *Bergakademie*, 1965, avril, p. 208/214, 20 fig.

1) Mode d'action du CO_2 sur l'organisme humain, évaluation des risques, taux de fréquence et taux de gravité des accidents. — 2) Accident minier survenu, le 17 avril 1953, à la mine de sel Werra dû au dégagement intempestif du CO_2 et qui causa la mort de 6 personnes. — 3) Considérations relatives à l'intensité des dégagements intempestifs de CO_2 (soufflards). — 4) Considérations concernant la nécessité d'un accroissement de la sécurité dans les mines sujettes à de telles

manifestations. — 5) Mesures à prendre : installations de signalisation et d'avertissement du fond. — 6) Masque auto-sauveteur, à circuit indépendant, type SR 221 de Dräger, ses caractéristiques. — 7) Chambres-abris et refuges, isolés de l'atmosphère de la mise et alimentés par des conduites d'air pur prélevé en surface. — 8) Exécution des opérations de sauvetage — Schéma de l'organisation préalable et du plan de la prévention.

IND. F 411

Fiche n° 40.481

H. VEKENY. Die Weiterentwicklung des Stosstränkverfahrens im Streb. *Extension du procédé d'infusion au chantier*. — *Bergakademie*, 1965, février, p. 85/89, 7 fig., 1 tabl.

Différentes méthodes d'infusion d'eau dans le charbon à abattre (variables : direction des trous, pression, longueur des trous, etc.) ; les raisons pour lesquelles ce procédé se répand toujours davantage. Etude menée par l'auteur (préparation, exécution, dépouillement des résultats). La pénétration dans le massif de l'eau d'infusion a été décelée au moyen d'addition de phtaléine du phénol dans l'eau. Influence du réseau des fissures sur les résultats, ainsi que sur le choix de la méthode d'infusion. Détails techniques sur les meilleurs moyens et « tours de main » pour réussir au mieux l'infusion.

(Résumé Cerchar, Paris.)

IND. F 416

Fiche n° 40.756

M. LANDWEHR. Staubbekämpfung bei Walzenschrämladern. *La lutte contre les poussières sur les abatteuses-chargeuses à tambour*. — *Glückauf*, 1965, 23 juin, p. 789/796, 19 fig.

L'article décrit les sources de poussières qui se présentent au cours de l'abattage du charbon à l'aide de machines par saignées multiples ainsi que les possibilités offertes aux abatteuses-chargeuses à tambour, pour la réduction des concentrations en poussières, par une utilisation rationnelle des jets d'eau tant en face des outils de coupe qu'à l'extérieur de la machine. Par ailleurs, l'injection d'eau en veine apporte une contribution substantielle à la diminution des empoussièrages. L'auteur souligne toute l'importance : 1) d'une exécution correcte du réseau fixe de distribution d'eau ; 2) des tuyaux souples d'adduction à la machine ; 3) du genre et de la disposition des tuyères à eau ; 4) de la vitesse de rotation des tambours, tant initiale qu'en régime ; 5) de l'arrangement des pics sur le tambour. L'article met en relief le fait que les mesures prises à ce jour ont déjà diminué d'une façon sensible, la formation des poussières inhérente à l'utilisation des abatteuses intégrales.

IND. F 411

Fiche n° 40.663

J. CHARBONNIER, R. NULLUY, L. LE BOUFFANT, A. SCHWARTZMANN, P. COURBON et M. DAVELU. Etudes de l'injection d'eau dans le massif de charbon par longs trous parallèles au front de taille. — *Charbonnages de France, Publication Cerchar n° 1537, Documents Techniques n° 5, 1965, p. 289/300, 4 fig.*

Compte tenu de deux campagnes d'essais effectuées par le Bassin et le Cerchar dans une taille de 1 m de puissance, longueur 15 à 120 m, en veine Coecilia du Groupe de Lens-Liévin, charbon gras moyennement dur. L'injection d'eau se faisait par longs trous de 30 à 60 m parallèles au front, creusés à partir de la voie de tête seulement dans la 2^e campagne. Des tableaux donnent les résultats des mesures de prélèvements. La méthode des 2 voies est la meilleure. Son efficacité exprimée par la proportion en poids et en nombre des poussières < 5 microns abattues a été de 85 % (poids) et de 73 % (nombre). Des annexes donnent des renseignements sur le matériel utilisé pour la foration des longs trous, la réalisation du joint cimenté, l'injection proprement dite.

(Résumé Cerchar, Paris.)

IND. F 441

Fiche n° 40.652

R.P. ABRAHAM. Air sampling instruments in mining. *Instruments d'échantillonnage d'air dans les mines.* — *Mining and Minerals Engineering, 1965, juin, p. 391/393, 6 fig.*

Après quelques généralités sur les poussières nocives en suspension dans l'air des mines, l'auteur rappelle que, pour la silice et le charbon, la nocivité n'existe guère que pour les particules en dessous de 5 microns. Parmi les appareils construits pour recueillir des échantillons de l'air, les plus pratiques sont les précipitateurs thermiques dans lesquels l'air est aspiré lentement dans une boîte où un fil chauffé électriquement pousse les grains de poussière vers une plaque de verre où elles viennent se déposer. Sur ce principe sont construits plusieurs types d'appareils qui diffèrent par le débit d'air qui peut les traverser, le temps de fonctionnement, le mode d'aspiration, le calibre des poussières captées. D'autres méthodes d'échantillonnage utilisent la précipitation électrostatique, la centrifugation. Ces instruments ne sont pas sans présenter des inconvénients pour les échantillonnages de routine à cause de la lenteur des opérations. L'appareil gravimétrique Hexhlet est avantageux à ce point de vue : il analyse 50 litres d'air par minute. Les particules au-dessus de 7 microns sont retenues par un élutriateur, longue boîte rectangulaire dans laquelle l'air passe d'abord; puis les particules plus petites sont rete-

nues en vue d'une pesée subséquente dans un dé filtrant de Soxhlet après avoir passé par un orifice spécial qui régularise la pression.

IND. F 61

Fiche n° 40.746

B.R. PURSALL et S.K. GHOSH. Early detection of spontaneous heatings using chromatographic gas analysis. *Détection, dès leur début, d'échauffements spontanés en recourant à l'analyse chromatographique gazeuse.* — *The Mining Engineer, 1965, juin, p. 511/526 (y compris discussion), 4 fig.*

L'article discute de l'importance de la détection des échauffements spontanés au premier stade de leur développement et procède simultanément à une revue des moyens de détection, à la fois physiques et chimiques, en se référant particulièrement à la valeur du rapport déficitaire CO/O₂ et à la présence de traces d'hydrocarbures non saturés. Le caractère de convenance de l'analyse chromatographique pour l'analyse des hydrocarbures en traces est également discuté, de même qu'est mis en évidence le développement d'un appareil efficace qui permet l'analyse de ces traces avec précision et rapidité. L'usage d'un amplificateur à intégrateur est décrit et son mode d'emploi illustré par des exemples réels. Finalement, l'auteur donne une description des investigations in situ opérées pour étudier la nature des gaz issus de mines sujettes aux combustions spontanées. Les résultats de ces investigations sont commentés et illustrés par chromatogrammes. Les principales conclusions qui se dégagent des investigations effectuées sur place sont les suivantes : 1) les hydrocarbures non saturés sont produits dans l'ordre ci-après : éthylène, propylène et acétylène, et ce, à mesure que l'échauffement progresse en intensité; 2) l'apparition de chacun de ces gaz peut être en corrélation avec l'augmentation du rapport déficitaire CO/O₂ par rapport à la normale.

H. ENERGIE.

IND. H 0

Fiche n° 40.532

COMMISSIONS DE LA C.E.E. ET DE LA C.E.C.A. La conjoncture énergétique dans la Communauté : Situation à la fin de 1964. Perspectives 1965. — *Bulletin de la C.E.C.A., Haute Autorité, n° 2, 1965, 131 p., 2 fig.*

Au sommaire : I. Le cadre économique et institutionnel : 1) Evolution de l'économie dans son ensemble. 2) Evolution de l'industrie sidérurgique. 3) Température et hydraulité. 4) Facteurs institutionnels. 5) Le marché du travail. II. L'évo-

lution de la demande d'énergie : 1) Introduction. 2) Caractéristiques générales de l'évolution en 1964. 3) Perspectives de consommation par secteur. 4) La consommation totale par pays et par produit. 5) Le passage de la consommation intérieure à la demande globale. 6) Récapitulation et incertitudes. III. Conditions de l'offre de charbon : 1) Production. 2) Prix de vente du charbon communautaire. IV. Conditions de l'offre d'hydrocarbures : 1) La recherche, les réserves et les découvertes. 2) La production de pétrole dans le monde. 3) Les transports maritimes. 4) L'approvisionnement de la Communauté en pétrole. 5) Les prix. 6) Les prévisions de production et de commercialisation.

IND. H 11

Fiche n° 40.489

M. ISLIC. Etude objective et prospective d'un réseau d'air comprimé. — *Association Amicale des Anciens Elèves de l'Ecole Nationale Technique des Mines de Douai*, n° 2, 1965, mars/avril, p. 15/21, une feuille annexe avec figures, n° 3, 1965, mai/juin, p. 22/33, 3 pl.

Après avoir décrit le réseau d'air comprimé du secteur à étudier, avec toutes ses caractéristiques, à savoir : 1) situation géographique et caractéristiques des compresseurs; 2) conditions en marche normale avec, en particulier, les liaisons entre les différents groupes de compresseurs, l'auteur retrouve par le calcul la répartition normale de l'air comprimé dans les différents blocs d'exploitation qui lui permettra ainsi de prévoir la consommation pour les chantiers futurs pour une production donnée. Il confronte alors ces résultats avec ceux déterminés par des mesures réalisées au fond. De même, il peut calculer les consommations dans chaque chantier. L'examen des chutes de pression met en évidence les zones où la tuyauterie est surdimensionnée donc mal utilisée et il peut étudier son remplacement par une tuyauterie de plus faible diamètre et les zones où la canalisation est surchargée et il étudie son remplacement par une tuyauterie de plus fort diamètre. Dans une seconde partie, il voit ce qui se passe lorsqu'un « gros » compresseur est en cours de réparation ou en révision. Il voit également si les tuyauteries de liaison jouent correctement leur rôle. Enfin dans la troisième partie, il fait des calculs de rentabilité afin de définir une installation possible de compression.

IND. H 5342

Fiche n° 40.649

D.R. JONES. Frame grounding D.C. mining machines with silicon diodes. *La mise à la terre des bâtis de machines de mines à courant continu avec les diodes au silicium*. — *Mining Congress Journal*, 1965, mai, p. 58/61, 4 fig.

Le Bureau of Mines a admis en 1963 l'emploi des diodes au silicium pour la mise à la terre des châssis des navettes (shuttle cars) à courant continu. Le système présente des avantages pratiques importants sur l'emploi des câbles traînants contenant deux conducteurs pour le courant et un pour la mise à la terre. En cas d'épissure du câble notamment, ce troisième conducteur risque de causer des ennuis par mise à la terre défectueuse. L'emploi des diodes au silicium supprime l'inconvénient; il nécessite certaines conditions à respecter, dont l'article fournit la stipulation. Quant au prix de revient de la méthode, il est devenu économique. L'application se fait aussi à des haveuses : le système de mise à la terre par diodes est, au besoin, enfermé dans un carter antidéflagrant. La mise à la terre est réalisée par un des deux conducteurs de la force motrice.

IND. H 541

Fiche n° 40.550

J.J. ZEEGERS. Directe aandrijving met draaistroommotoren voor kolenschaafinstallaties. *Commande directe par moteurs électriques asynchrones des installations de rabotage du charbon*. — *Geologie en Mijnbouw*, 1965, mai, p. 168/175, 19 fig.

1. Dimensionnement des têtes motrices. — 2. Schéma de tête motrice — 21. Moteur électrique à courant alternatif — 22. Accouplement hydraulique — 23. Réducteur à engrenages — 24. Sécurité dans le cas : a) d'une surcharge égale à 1,8 à 2 fois le couple des moteurs ou des coupleurs hydrauliques; b) d'une surcharge par blocage par l'énergie cinétique de la commande. — 3. Types de têtes motrices construites. — 4. Coût global d'achat d'une tête motrice, coût d'exploitation rapporté à la tonne.

IND. H 7

Fiche n° 40.551

M.E. STALMAN. Hydrostatische aandrijvingen bij ondergrondse pijlerinstallaties. *Commandes hydrostatiques des installations de tailles au fond*. — *Geologie en Mijnbouw*, 1965, mai, p. 176/183, 14 fig.

Description d'une installation combinée rabot-convoyeur blindé, commandée par moteurs hydrauliques à couple variable, dans une taille de la mine Laura et Vereeniging. La taille en plateau caractérisée par une longueur de 260 m progresse à la vitesse moyenne de 1,9 m par jour, ouverture de la couche 1 à 1,25 m. Convoyeur blindé Westfalia PFO et rabot Mega de la firme Beien. La tête motrice de l'installation de taille comporte deux moteurs hydrauliques identiques du type AM. 560 à pistons axiaux, développant une cylindrée de 560 cm³ et alimentés à la pres-

sion maximale de 250 kg/cm²; l'un deux, par l'intermédiaire d'un réducteur à engrenages planétaires (Type P-1205), permet d'obtenir des vitesses de rabot respectivement de 82-68-54-40 et 26 cm/s; l'autre avec un réducteur identique permet de faire marcher le convoyeur blindé aux vitesses ci-après : 120, 99, 79, 58 et 38 cm/s en marche avant et 58 et 38 cm/s en marche arrière.

L'article décrit successivement : le schéma du circuit fermé du fluide hydraulique, le schéma de connexion du groupe moto-pompe et du régulateur de puissance, les principaux organes mécaniques de la tête motrice proprement dite et du bloc moto-pompe. Comme fluide hydraulique, on utilise un mélange d'Ucon-Hydrolube C.P. 275 et d'eau (35 %).

I. PREPARATION ET AGGLOMERATION DES COMBUSTIBLES.

IND. I 07

Fiche n° 40.503

W. SCHNEIDER. Kunststoffe in der Steinkohlenerzeugung. *Utilisation de matières synthétiques dans la préparation du charbon.* — *Glückauf*, 1965, 26 mai, p. 666/670, 12 fig.

Conditions d'utilisation et mode de travail des tuyaux, coudes et raccords. Description d'une nouvelle méthode de fabrication et de la technique de réparation, de rebouchage de trous au moyen du même matériau que celui des tuyaux c'est-à-dire le P.V.C. Confection d'infrastructure de transporteurs à bande et de rouleaux porteurs ainsi que le revêtement avec feuilles de P.V.C. de rigoles, chenaux, couloirs, récipients... et le rechargement de la matière plastique sous forme liquide.

IND. I 12

Fiche n° 40.500

F. MELSHEIMER. Brecher zum Vorzerkleinern der Kohle in der Abbaustrecke. *Concasseurs pour le pré-concassage du charbon dans les voies d'exploitation.* — *Glückauf*, 1965, 26 mai, p. 643/653, 11 fig.

Les divers types de concasseurs à charbon se différencient entre eux tant par leur construction que par leur mode de travail. L'article décrit la construction, le fonctionnement et les dispositions d'une dizaine de concasseurs de fabrication allemande. Il donne les caractéristiques en débit et au point de vue composition granulométrique du charbon brut à l'entrée et à la sortie de la machine. Sur la base des essais effectués, on peut affirmer que les effets du concassage sur la composition granulométrique du produit final vendable sont sans importance. Comparativement à

l'opération de la réduction de volume des gros blocs de charbon tout-venant opérée manuellement au pied des tailles, le préconcassage mécanisé accroît le rendement en débit de l'opération dans le rapport de 2,9 à un de l'économie réalisée s'élève à 0,18 DM/t.

IND. I 330

Fiche n° 40.208

W. SCHWALBACH. Ueber die Vorgänge bei der Sedimentations- und Fließbettklassierung. *Sur le mécanisme de la classification par sédimentation et par lit fluidisé.* — *Aufbereitungs-Technik*, n° 4, 1965, avril, p. 209/212, 2 fig.

Le classement des matières premières solides peut être divisé en deux méthodes pratiquement utilisables. Il s'agit du criblage pour les fractions plutôt grossières et de la sédimentation pour les tranches granulométriques plus fines. Le classement par sédimentation est traité dans tous ses détails dans le présent ouvrage. Partant des appareils classiques de classement, l'auteur relate notamment des phénomènes se présentant avec le classement par courant ascendant, un procédé qui s'impose de plus en plus. Dans tous les cas, la vitesse de sédimentation des particules est déterminante pour le dimensionnement. Mais la forme des grains doit aussi être prise en considération. La vitesse de sédimentation des particules de forme irrégulière peut différer fortement de celle des particules sphériques. Il est donné une formule pour déterminer le coefficient de forme. Pour les cas d'une sédimentation libre à débit connu, il permet de dimensionner l'appareil à prévoir pour une maille de partage déterminée. La séparation imprécise, notamment pour la grosse fraction, est provoquée par les grains de dimensions critiques lorsqu'il s'agit du classement par sédimentation proprement dit. L'effet de la séparation est considérablement amélioré par la méthode de classement par courant ascendant dans un lit fluidisé fixe, traitée dans le texte qui suit. Pour l'appréciation de la précision de séparation, on juge d'après l'absence des particules dites « criticals » dont la définition est donnée. Le diagramme montre l'influence du courant d'eau ascendant introduit sur l'élimination des dites « criticals ». Pour un cas spécifique, un tableau donne la comparaison des résultats obtenus avec différents appareils de classement. (Résumé de l'auteur.)

IND. I 331

Fiche n° 40.499

E. HOFFMANN et B. MICHOLOWSKI. Neuartige Setzmaschinen für grosse Aufgabeleistungen. *Nouveaux bacs pulsateurs pour des débits importants.* — *Glückauf*, 1965, 26 mai, p. 637/643, 14 fig.

L'article passe en revue, en les caractérisant au double point de vue de la conception et de la

construction technique ainsi que des performances, les nouveaux types de bacs à pulsations récemment mis en service dans les ateliers de traitement moderne du charbon. Parmi ceux-ci, les auteurs citent : 1) les bacs jumelés disposés aux deux côtés d'une chambre d'aération commune; 2) les bacs du genre du type japonais Tacul où l'alimentation en air comprimé se fait par le bas; 3) les bacs du type Betrac spécialement étudiés pour débits horaires importants. Pour chacun de ces types, l'article reproduit les résultats d'études effectuées en vue de déterminer les courbes caractéristiques de leur fonctionnement.

IND. I 35

Fiche n° 40.704

P. IOHN. Das Gegenstrom-Flotationsverfahren. *Le procédé de flottation à contre-courant*. — *Aufbereitungs-Technik*, 1965, juin, p. 322/325, 3 fig.

Pour supprimer la formation d'égarés qui jusqu'à maintenant ne pouvait être complètement évitée avec n'importe quel procédé de flottation, on dirige maintenant, suite à la proposition de Boutin et Trembley, un courant d'eau claire contre les particules qui montent avec les bulles. Ainsi sont enlevées par rinçage les particules éventuellement retenues mécaniquement par les bulles et non par forces superficielles, ces particules passant autrement dans la fraction granulométrique évacuée avec l'écume. Cette méthode peut être appliquée également à la flottation inverse (flottation des résidus). Le procédé a lieu dans un récipient de flottation tubulaire vertical comportant une surverse d'écume, une arrivée d'eau claire coaxiale orientée vers le bas, une entrée radiale de pulpe au milieu de la colonne, une entrée d'air avec diffuseur poreux pour la formation des bulles et une purge au fond pour l'évacuation des résidus. (Résumé de l'auteur.)

IND. I 44

Fiche n° 40.733

G. DRU. Etude de quelques facteurs intervenant dans la floculation des eaux schisteuses de lavoir à charbon. — *Revue de l'Industrie Minérale*, 1965, mai, p. 374/383 (y compris discussion), 17 fig.

L'éclaircissement des eaux contenant les stériles de flottation pose aux Houillères nationales un problème important. En effet, on ne peut envoyer de l'eau polluée dans les cours d'eau; par ailleurs, l'établissement de digues à stériles, du type utilisé dans les mines métalliques, demande une place importante, difficile à trouver dans des zones à forte densité de population. Au sommaire de l'article : 1) Introduction. 2) Matériau à utiliser. 3) Choix de l'échantillon de solide. 4) Modification du schiste en fonction du temps. 5) Modifi-

cation de l'eau en fonction du temps. 6) Modification du flocculant en fonction du temps. 7) Influence de la température de la pulpe. 8) Influence du pH de la pulpe. 9) Description de l'appareillage utilisé. 10) Mode opératoire. 11) Reproductibilité des essais. 12) Conclusion.

IND. I 61

Fiche n° 40.627

W. FINZE. Anwendung statistischer Verfahren bei der Probenahme und bei der Auswertung von Untersuchungen an grob- und feinkörnigen Stoffen, z.B. Kohle. *Application de méthodes statistiques lors de l'échantillonnage et de l'évaluation des essais sur des matériaux à grains gros et fins, par exemple le charbon*. — *Materialprüfung*, vol. 6 (1964), n° 11, p. 427/431, 8 fig. — *Technik und Forschung*, Heft 2, 1965, p. 1/5, 8 fig.

Les résultats d'analyse obtenus tous les jours en grand nombre lors du contrôle des opérations des ateliers de préparation mécanique des houilles font l'objet d'interprétation statistique dans de nombreux charbonnages. Cependant, il n'existait que de vagues idées de l'exactitude que l'on peut attribuer aux résultats d'analyse en ce qui concerne les véritables propriétés des produits étudiés. C'est pourquoi on a procédé à des recherches destinées à déterminer les erreurs se présentant lors du prélèvement et de la préparation de l'échantillon. Ces résultats ont été évalués statistiquement, ceci permettant de fixer, pour une précision voulue, les prescriptions relatives à l'échantillonnage. Une méthode qui permet le contrôle du nombre d'échantillons pour les contrôles courants des opérations est l'échantillonnage en double. A l'aide du calcul des erreurs selon Gauss, on peut déterminer le rendement « le plus probable » lors de la séparation de produits.

IND. I 62

Fiche n° 40.501

L. HARDT. Erfahrungen mit einem Isotopengerät zum kontinuierlichen und schnellen Ermitteln des Aschegehaltes von Koks-kohle. *Expériences acquises avec un appareil utilisant les isotopes en vue de la détermination continue et rapide de la teneur en cendres des charbons à coke*. — *Glückauf*, 1965, 26 mai, p. 653/660, 5 fig.

Les isotopes habituellement usités comme source de rayonnement γ dans l'équipement décrit sont soit le thullium-170, soit l'américium-241. L'article expose les principes physiques à la base de

l'appareil ainsi que les deux phénomènes susceptibles d'être mis à profit pour l'exécution des mesures de la teneur en cendres des charbons, à savoir : l'absorption des rayons γ et la diffusion du rayonnement réfléchi. A l'aide de courbes, l'auteur montre l'influence des différents facteurs et paramètres exerçant une influence sur les résultats des mesures; parmi ceux-ci, il cite l'épaisseur de la couche de charbon, la densité du matériau, sa teneur en eau, la distance de la source émettrice et du compteur scintillomètre de la surface du lit de charbon etc. En pratique, la précision de la mesure caractérisée par l'écart standard par rapport à la courbe moyenne compensée varie de $\pm 0,28\%$ de cendres à $\pm 0,2$ selon le laps de temps pendant lequel s'opère la mesure.

IND. I 62

Fiche n° 40.502

S. HORNIG. Ein Messgerät zum kontinuierlichen Ermitteln des Wassergehaltes von Koks- und Kohle. *Appareil de mesure destiné à déterminer d'une façon continue la teneur en eau de charbons à coke.* — Glückauf, 1965, 26 mai, p. 660/666, 11 fig.

Principe, fonctionnement et construction de l'appareil de mesure continue de la teneur en eau, de la firme « Brabender Messtechnik G.m.b.H. ». Il est basé sur la mesure de la variation de la constante diélectrique du champ électrique qui s'établit au sein du matériau — en l'occurrence le charbon se déplaçant linéairement et parallèlement au plateau d'un condensateur alimenté par un courant à haute fréquence; cette variation est une fonction de la teneur en humidité du matériau transporté. L'auteur rapporte les expériences pratiques effectuées; il discute les conditions d'application et les résultats d'essais obtenus. Il compare les teneurs en H₂O déterminées par analyse et celles données par l'appareil et caractérise ainsi la précision de celui-ci. Il analyse les différents facteurs exerçant une influence perturbatrice sur la précision de la mesure; il signale les moyens aptes à réduire ou à supprimer les causes de perturbation, de même que les dispositions propres à diminuer la dispersion des résultats. Le coût d'une installation automatique avec émetteur de signal s'élève à environ 16.000 DM (non compris les dépenses de montage).

IND. I 64

Fiche n° 40.734

P. BLANQUET et R. CAPITANT. L'analyse automatique appliquée aux laveries de minerais. — *Revue de l'Industrie Minérale*, 1965, mai, p. 384/392 (y compris discussion).

Il est à peu près certain qu'une automatisation des laveries françaises serait rentable. On peut l'introduire d'abord pour l'information des teneurs. Les principales méthodes d'analyse chimique utilisables sont la colorimétrie automatisée, la fluorescence X sur poudre ou sur pulpe circulante, la fluorescence X avec excitation par source radioactive γ . Les travaux sont en cours dans ces 3 genres de techniques. Dans le courant de 1965, elles pourront être essayées sur un même circuit de pulpe. Dès maintenant il semble que : 1°) au point de vue du prix de revient des installations, c'est la colorimétrie automatisée qui serait la plus économique; 2°) la brièveté des délais de réponse serait la plus grande pour les appareils à fluorescence X. Ces derniers donneraient de meilleurs résultats pour le dosage d'éléments lourds ou d'éléments de poids atomiques moyens si l'élément n'est pas accompagné d'un autre de poids atomique voisin. La colorimétrie s'avère déficiente dans le cas de minéraux trop difficiles à attaquer; la fluorescence X l'est pour le dosage sur pulpe d'éléments légers.

(Résumé de la revue.)

Y. CONSTITUTION, PROPRIETES ET ANALYSE DES COMBUSTIBLES SOLIDES FOSSILES.

IND. Y 220

Fiche n° 40.628

M.T. MACKOWSKY. Warum die Praxis ein kohlenpetrographisches Laboratorium braucht. *Pourquoi dans la pratique est-il nécessaire de disposer d'un laboratoire de pétrographie du charbon.* — *Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen*, n° 12, 1964, décembre, p. 589/606, 1 pl., 2 tabl. - *Technik und Forschung*, Heft 2, 1965.

A la lumière de quelques exemples choisis, la nécessité et l'utilité de la pétrographie des charbons pour l'industrie minière sont démontrées. D'abord, on examine et analyse les possibilités d'identifier et de comparer, à l'aide de la pétrographie, les couches de charbon. Après, on passe en revue les analyses microscopiques ayant pour but de déterminer quantitativement des groupes de macéraux et les macéraux individuels, les microlithotypes et la répartition de minéraux. Il s'y ajoute la démonstration de l'importance des mesures de réflexion pour la détermination du rang du charbon et pour l'analyse des différents types de charbon. Le troisième chapitre traite les possibilités de mettre à profit la pétrographie du charbon pour caractériser les charbons à coke et les propriétés cokéfiantes des différents types ou mélanges de charbons en fonction de la granulométrie et la densité en vrac de la pâte. La dernière

partie de l'exposé mentionne plusieurs études minéralo-pétrographiques sur la nature des éponges et de la substance minérale du charbon qui font également partie de la pétrographie appliquée du charbon, études qui sont importantes pour l'exploitation minière et la lutte contre la silicose.

J. AUTRES DEPENDANCES DE SURFACE

IND. J 12

Fiche n° 40.685

Z.F. OSZTER. Cold weather problems in belt conveyor design. *Problèmes posés par le temps froid dans la construction des convoyeurs à courroie.* — *The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, 1965, février, p. 60/65, 9 fig.

Dans certaines exploitations à ciel ouvert notamment dans le nord du Canada, l'utilisation de convoyeurs à courroie est rendue difficile par le froid hivernal. L'article expose les inconvénients rencontrés, les mesures de précaution à prendre dans la conception et la construction de l'équipement, le choix du matériel etc... Les difficultés proviennent des intempéries, du gel, de la réduction de flexibilité du caoutchouc, de la viscosité des lubrifiants etc... Les mesures de précaution consistent en installations d'abris et de couvertures, utilisation de radiateurs, élargissement des orifices de chutes; les matériaux de courroies et les lubrifiants doivent être choisis en conséquence, ainsi que les méthodes de confectionner les épissures des courroies. On fournit à cet égard des données d'expérience acquise dans le Nord Canadien.

IND. J 14

Fiche n° 40.642

A. KLUEH. Wirkungsweise und Betriebsergebnisse einer Dosierbandwaage im Kokereibetrieb. *Fonctionnement et résultats d'exploitation d'une bande de pesage doseuse installée dans une cokerie.* — *Glückauf*, 1965, 9 juin, p. 721/726, 14 fig.

Le rôle de la bande de pesage doseuse est d'assurer une alimentation constante en fines à coke et ainsi obtenir d'une manière permanente un coke de résistance déterminée. Par rapport à la situation antérieure où l'alimentation en fines s'effectuait d'une manière plus ou moins contrôlée, il est ainsi possible de réaliser de sérieuses économies. L'auteur expose le principe de la construction et du fonctionnement de la nouvelle installation de pesage. Il discute la précision de la mesure; celle-ci, satisfaisante lorsque la mesure porte sur un laps de temps assez long, laisse néanmoins à

désirer lorsque ce temps se réduit à la seconde. Il signale comment il est possible, même dans ce cas, d'améliorer la précision par l'intégration d'amplificateurs magnétiques dans le circuit de réglage. L'article mentionne les facteurs parasites qui nuisent à la précision et les règles à observer pour un réglage précis. La sécurité de fonctionnement fait également l'objet de discussion.

K. CARBONISATION.

IND. K 36

Fiche n° 40.631

H. BERTLING et W. PETERS. Ueber die Konstitution von Teeren aus der Schnellschwelung. *La constitution des goudrons produits par action rapide d'une carbonisation à basse température.* — *Erdöl und Kohle, Erdgas, Petrochemie*, 1965, avril, p. 286/294, 9 fig. - *Technik und Forschung*, Heft 2, 1965.

Par exécution rapide de la carbonisation à basse température selon le procédé Peters ou par le procédé de carbonisation à basse température selon la méthode Fischer, on produit, au départ de charbon à gaz à longue flamme, des goudrons dont les résultats d'analyse permirent de jeter quelque lumière sur les phénomènes qui surviennent au cours de la pyrolyse des charbons durs. L'objectif visé était d'obtenir un aperçu concernant le mélange complexe des goudrons plutôt que d'identifier le plus possible de substances individuelles. Les résultats recueillis confirmèrent que les produits de carbonisation à basse température ne sont pas des constituants de la substance charbonneuse originelle mais un bitume originel développé au cours de la dégazéification primaire. Ce bitume originel n'avait pas subi de changements subséquents résultats de réactions secondaires, du fait que celles-ci se trouvèrent stoppées dès leur origine par élimination rapide des produits.

Q. ETUDES D'ENSEMBLE.

IND. Q 1103

Fiche n° 40.466

J. GODFROID. Application de la recherche opérationnelle à une étude de maximalisation de recette. — *Annales des Mines de Belgique*, 1965, mai, p. 551/560.

La présente étude montre comment une méthode de programmation linéaire, l'algorithme du Simplex, a pu être utilisée pour résoudre un problème d'optimisation, à savoir la maximalisa-

tion de la recette qu'un charbonnage peut retirer de ses fournitures à une centrale électrique. Un charbonnage qui alimente une centrale thermique dispose de différentes sortes de produits dont les prix sont fixés de commun accord par application d'une formule conventionnelle. Les prix calculés suivant cette formule diffèrent de ceux que l'on obtiendrait par application du barème officiel et cette différence varie en fonction des caractéristiques du produit fourni (sorte, % en cendres et en eau) et du coût de son transport à la centrale. Dans un tableau, l'auteur a dressé un inventaire des sortes de charbons disponibles pour la centrale avec leurs caractéristiques (% en cendres et en eau, % en MV, pouvoir calorifique inférieur, tonnage mensuel produit); pour chaque sorte, il a calculé la valeur de la tonne au barème « conventionnel » et sa valeur au barème « officiel » et il en a déduit la grandeur de la différence en faveur de la valorisation au barème « conventionnel ». Le but de l'étude est donc la recherche du profit maximal que le charbonnage peut retirer de ses fournitures à la centrale, celles-ci devant, bien entendu, satisfaire aux contraintes imposées par cette centrale. Le profit maximal sera obtenu en maximalisant la différence en faveur de la valorisation au barème « conventionnel » par rapport au barème « officiel ».

IND. Q 1132

Fiche n° 40.565

W. CHALMERS. Advanced shearing techniques at Bogside mine. *Progrès en techniques d'abattage à la mine de Bogside*. — *Colliery Guardian*, 1965, 28 mai, p. 709/715, 8 fig.

Bogside, district d'Alloa, Ecosse, extrait par deux galeries inclinées une de 731 m, l'autre de 548 m, pente 15 %. Début en 1959. Production visée 500 tonnes par poste. L'article décrit le projet d'établissement, l'équipement et l'organisation d'un front de taille avec les techniques d'exploitation les plus modernes : machine haveuse à deux directions munie de châssis directionnels (c'est-à-dire maintenant la machine dans la couche) à contrôle hydraulique; soutènement à progression mécanique, manipulation de câbles, plaques de rampe nettoyant le mur etc. Un burquin de 250 t de capacité enmagasine le charbon. Des convoyeurs à courroie de 0,90 m de largeur le conduisent à ce bunker avec tous les dispositifs d'automatisation permettant l'économie de personnel. Au pied du burquin le charbon est déversé dans des wagonnets de 4 t qui l'amènent à la surface. La taille a 174 m de longueur, son personnel comporte trois équipes dont deux de 28 hommes et une de 22. Les particularités de l'équipement sont détaillées, notamment un mécanisme hydraulique de tension de la chaîne de halage de la machine

d'abattage. La mise en service de tout le matériel décrit a conduit à de nombreuses mises au point et modifications dont on donne le compte rendu.

IND. Q 1141

Fiche n° 40.308

X. Der Braunkohlenbergbau in Bayern ist krisenfest. Die Kohle wird weitgehend verstromt. *L'industrie du lignite en Bavière résiste à la crise. Le charbon alimenterait dorénavant les centrales thermiques*. — *Gewerkschaftliche Rundschau*, 1965, avril, p. 242/246, 7 fig.

A côté de l'industrie extractive de charbon à haute teneur en matières volatiles (Pechkohle) dans la région de Peissenberg, l'exploitation des lignites constitue le rameau le plus important de l'industrie minière de la Bavière. La production bavaroise en lignites est presque exclusivement liée à des gisements tertiaires qui s'intègrent dans le système fluvial de la Naab et de ses vallées secondaires, entre Nabburg et Regensburg. L'article, après avoir donné une esquisse d'ensemble du gisement et caractérisé le développement actuel de l'exploitation, cite quelques-uns des moyens techniques modernes utilisés dans les exploitations à ciel ouvert. Moyennant quoi les grosses unités ainsi équipées pourront réduire le coût de leur production et, en approvisionnant, simultanément avec le charbon, les centrales thermiques de la région, résister efficacement à la crise de l'écoulement actuel.

IND. Q 1142

Fiche n° 40.750

D.H. KRANEFUSS et H. SOMMER. Ergebnisse von Rationalisierungsmaßnahmen in den Untertagebetrieben der Gewerkschaft Sophia-Jacoba. *Résultats des mesures de rationalisation prises dans les exploitations du fond à la « Gewerkschaft Sophia-Jacoba »*. — *Bergfreiheit*, 1965, juin, p. 158/169, 23 fig.

Les résultats favorables enregistrés après la mise en service en 1959 du Puits n° 4 des charbonnages Sophia-Jacoba incitèrent la direction à équiper un nouveau puits central et à généraliser la rationalisation du fond qui avait été alors entamée. Les mesures appliquées dans ce sens avaient eu comme objectif essentiel l'accroissement de la production au chantier et ce, par une augmentation de l'avancement d'exploitation. La voie d'accès à ce but conduisit à la mécanisation de l'abattage par rabotage de tous les fronts de tailles, à l'élimination de tous les goulots d'étranglement des transports et à l'augmentation de la capacité d'extraction de l'ensemble des installations. Par ailleurs, l'adoption d'une politique de traçage préalable des voies de tailles, indépendamment de l'exploitation, exerça un rôle décisif. Sans l'introduction planifiée de la méthode retraitante, l'aug-

mentation de la vitesse d'exploitation n'eut pas été possible; celle-ci, de la moyenne annuelle de 3,17 m/jour pour 1964 passait en effet à 3,63 m/jour pour le 1^{er} trimestre 1965. En ce qui concerne le traitement des produits bruts, une attention toute particulière fut accordée à la qualité des catégories d'antracite offertes à la vente; la résolution de ce problème avait d'ailleurs été rendue plus difficile par le salissement du brut, consécutivement à une mécanisation généralisée de l'abattage. Néanmoins, on nota l'amélioration de la granulométrie qui résulta, d'une part, d'une construction plus adéquate des couteaux de rabot et, d'autre part, de l'augmentation de la profondeur de coupe. Comme résultats de la concentration d'exploitation et de la capacité accrue des moyens de transport et d'extraction, on enregistra de sensibles améliorations de la plupart des postes du coût de la production. On constata avec satisfaction que la hausse des salaires et des prix des matières premières exerçait une moindre influence sur le prix de revient global du fond.

IND. Q 117

Fiche n° 40.740

C.L. O'BRIAN. Some comments on the Japanese coal industry. *Quelques commentaires sur l'industrie charbonnière japonaise.* — *The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, 1965, mai, p. 539/546.

L'auteur expose les principaux aspects de l'industrie charbonnière, tels qu'il les a observés au cours d'un séjour au Japon en octobre 1963. Il donne d'abord un aperçu de l'économie générale du pays, en particulier sur le plan énergétique et, pour ce qui concerne les utilisations, énumère les exigences requises d'un charbon à coke. Il fournit ensuite : 1) des statistiques et des commentaires sur la production et la consommation du charbon; 2) des chiffres sur les coûts moyens de la production (qu'il compare à ceux du Canada); 3) les caractéristiques essentielles de l'industrie charbonnière (dimensions des mines, personnel occupé, productivité). Des chapitres spéciaux sont consacrés à l'exposé des méthodes d'exploitation appliquées — avec mention spéciale à l'exploitation sous-marine — aux conditions d'exploitation (aspect géologique et comportement des terrains), modes d'abattage, à la mécanisation, l'organisation

des transports au fond et pour finir à la concentration réalisée au chantier au fond et au siège, au traitement du charbon en surface, aux résultats techniques et financiers de l'exploitation. Pour terminer, il relate les observations qu'il a faites au cours d'une visite à la mine de Miike de la Mitsui Mining Co. Ltd. à Omuda, une des plus importantes et des plus modernes du Japon.

R. RECHERCHES. DOCUMENTATIONS.

IND. R 10

Fiche n° 40.760

R.F. LANSDOWN. Mining research and development. A vital investment. *La recherche minière et le progrès en exploitation. Un investissement d'importance vitale.* — *Colliery Guardian*, 1965, 11 juin, p. 763/769, 4 fig.

Les dépenses consacrées à la recherche en matière d'exploitation des mines ne sont généralement rémunérées qu'à plus ou moins long terme et leur rendement est difficile à évaluer. Elles constituent cependant des investissements d'importance vitale; avant d'engager une dépense, il y a lieu de se poser les trois questions suivantes : Combien faut-il dépenser ? Sur quoi ? et enfin le rendement sera-t-il suffisant ? Chacune de ces trois questions est traitée successivement, du point de vue de l'industrie minière en Grande-Bretagne. Les deux organismes principaux de recherches sont : le N.C.B. (englobant le M.R.E. et le C.E.E.) et le C.U.M.M. (Council of Underground Machinery Manufacturers) qui occupent respectivement 480 et 989 personnes. En ce qui concerne la deuxième question, les trois objectifs principaux des recherches concernent : la mécanisation de l'exploitation manuelle, l'automatisation de la mécanisation, et enfin la réduction des éléments du prix de revient autres que la main-d'œuvre. Quant à la troisième question, on peut évaluer le rendement de la recherche en chiffrant, pour chacun des appareils qui ont été élaborés ou mis au point par les organismes de recherches, d'une part le nombre de ces appareils en service dans l'industrie minière et d'autre part l'économie que leur emploi a permis de réaliser. Les chiffres fournis à cet égard paraissent éloquentes.

Bibliographie

P. SPORN. *Energy. Its production, conversion and use in the service of man.* L'énergie. Sa production, sa conversion et son usage au service de l'homme. — *The Commonwealth and International Library of Science Technology, Engineering and Liberal Studies.* Pergamon Press, Oxford, 1963, février-mars, 69 p. Prix : 7 s 6 d.

L'auteur est un brillant ingénieur dont les travaux transcendants et d'avant-garde sur la génération et la transmission de l'électricité furent couronnés, l'an dernier, par son élection à l'Académie Américaine des Sciences. Dans les trois communications sur l'énergie au service de l'homme qu'il exposa devant la « Graduate School of Business » de l'Université de Columbia dont il est diplômé, l'auteur esquisse à grands traits la philosophie à la base de la dévotion que, durant toute sa vie, il consacra à la cause de l'énergie. En termes simples, absents de notions techniques, accessibles au profane ou au non-initié, il retrace le rôle qu'a joué l'énergie dans l'avancement de la civilisation, à la fois en substituant la puissance mécanique contrôlée au faible effort musculaire de l'homme et en contribuant si largement aux facilités de la vie journalière actuelle.

Au cours de ses exposés, l'auteur met le grand public en garde contre certaines assertions fallacieuses et contre de nombreuses exagérations, en ce qui concerne le rôle de l'énergie, par exemple l'épouvantail d'une pénurie mondiale de l'énergie, l'optimisme exagéré relativement au proche remplacement des combustibles fossiles par l'énergie nucléaire et l'idée que l'énergie est une panacée à la solution des problèmes des pays en voie de développement.

Mr Sporn démontre que, compte tenu des importantes réserves de charbon, de la découverte continue de nouveaux gisements de pétrole et de gaz naturel et de la promesse ultime d'une énergie nucléaire économique, l'avenir de l'énergie pour ce siècle se trouve assuré par les possibilités de récents moyens de conversion d'énergie primaire en électricité, à savoir thermo-ionique, thermo-électrique, magnétodynamique et piles à combustible, prêtes à être exploitées.

L'énergie, explique l'auteur, constitue un des facteurs, sinon le seul, qui limite le développement du monde, puisqu'il s'avère essentiel pour l'accroissement du volume de la production et de la producti-

tivité. Il se peut que, dans l'effort qu'il fait pour montrer que la possession de sources nationales d'énergie ne constitue pas en elle-même la clé de la prospérité, l'auteur est plutôt enclin à fermer les yeux sur le handicap de pays voisins moins bien favorisés à cet égard que son propre pays, les U.S.A.

Mr Sporn expose, à grands traits, les problèmes énergétiques de cette gigantesque nation et son intérêt personnel se centre clairement sur l'électricité, la forme la plus sophistiquée d'énergie avec ses multiples usages. Il met en relief l'importance de celle-ci dans le développement économique des U.S.A. qui, avec 6 % seulement de la population du globe, ne consomment pas moins de 35 % de l'énergie électrique produite dans le monde. Néanmoins tout bien présenté que soit le tableau de la situation énergétique, il ne laisse aucun doute au lecteur quant au rôle futur que doivent jouer encore le charbon, le pétrole et le gaz naturel.

Dans son dernier exposé, l'auteur établit une prévision des plus intéressante de la consommation probable d'énergie aux U.S.A., pour les années comprises entre 1975 et 2000, et des sources qui la fourniront. Il estime qu'à la fin du siècle, la proportion d'énergie primaire convertie en électricité passera de 20 à 40 %, dont la moitié sera produite par voie nucléaire, laissant 80 % des besoins énergétiques de son pays à combler par le charbon, le pétrole et le gaz naturel. Mr Sporn insiste à cet effet sur l'importance qu'il y a d'encourager le développement continu d'une fourniture adéquate en combustibles fossiles. L'auteur conclut par cette pensée profonde : « L'avenir de notre monde troublé dépend essentiellement du sage usage que l'homme fera de l'énergie ».

H.G. WENZEL. *Die Erholungsdauer nach Hitzearbeit als Mass der Belastung.* La durée du repos réparateur après un travail en ambiance chaude, comme mesure de l'effort. — *Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 1544.* Edité par Westdeutscher Verlag Köln und Opladen, 1965, 79 p., 38 fig., 8 tableaux. Prix : 39,80 DM.

Si l'on veut réaliser un rapport équilibré entre la durée du travail effectif et les pauses de repos, assurer une rémunération équitable des prestations, procéder à une attelée correcte des ouvriers de diverses

catégories, éviter les normes de travail qui dépassent les possibilités physiques de chacun, il est souhaitable et même nécessaire de posséder une connaissance précise et détaillée des temps de repos exigés par le corps humain pour une récupération et une régénération après l'effort efficace et harmonieuse.

La nature et la durée des temps de repos, si elles sont fonction de la grandeur de l'effort et de son rythme (c'est-à-dire en fait de l'énergie dépensée pendant l'unité de temps), dépendent également des conditions d'ambiance et, en particulier, de la température et du degré hygrométrique de l'air environnant. Il est en outre essentiel de savoir quelles sont les modifications du comportement physiologique du corps humain œuvrant en atmosphère chaude et

humide et qui devraient être prises en considération comme critères pour la fixation du niveau de charge de la prestation, c'est-à-dire intensité et rythme de l'effort.

La présente étude apporte les éléments de réponse à pareille question. L'auteur expose les résultats d'essais effectués au laboratoire de « Physiologie du travail » de l'Institut Max-Planck de Dortmund sur un homme jeune et sain accomplissant un lourd travail physique sous certaines conditions d'ambiance. Les variations des principales grandeurs physiologiques sous l'effet de la température et du degré d'humidité de l'air respirable y sont étudiées d'une manière méthodique et systématique.

Communiqué

JOURNEES D'ETUDE — ERGONOMIE

Liège, les 26 janvier, 9 et 23 février, 2 mars 1966

Rechercher par le dialogue direct entre spécialistes d'une part, dirigeants, cadres et représentants des travailleurs d'autre part, *les conditions et les moyens pratiques pour développer l'« Adaptation du travail à l'homme »* dont dépend de plus en plus, l'efficacité des moyens techniques de production est le but de ces journées d'étude.

Des études, expériences et réalisations faites dans l'industrie constitueront la base de l'étude commune dont *les principaux thèmes sont* :

- *Le poste de travail* : aspects biométriques, types d'efforts, informations...
- *Les facteurs d'ambiance* : éclairage, bruit, trépidations, chaleur, poussière, gaz toxiques...
- *L'organisation du travail* : équipes alternantes, processus de fabrication.
- *La pratique de l'ergonomie* : propositions d'action.

Ces journées sont organisées par le Centre Liégeois pour l'Accroissement de la Productivité en collaboration avec la Haute Autorité de la C.E.C.A. et sous le patronage

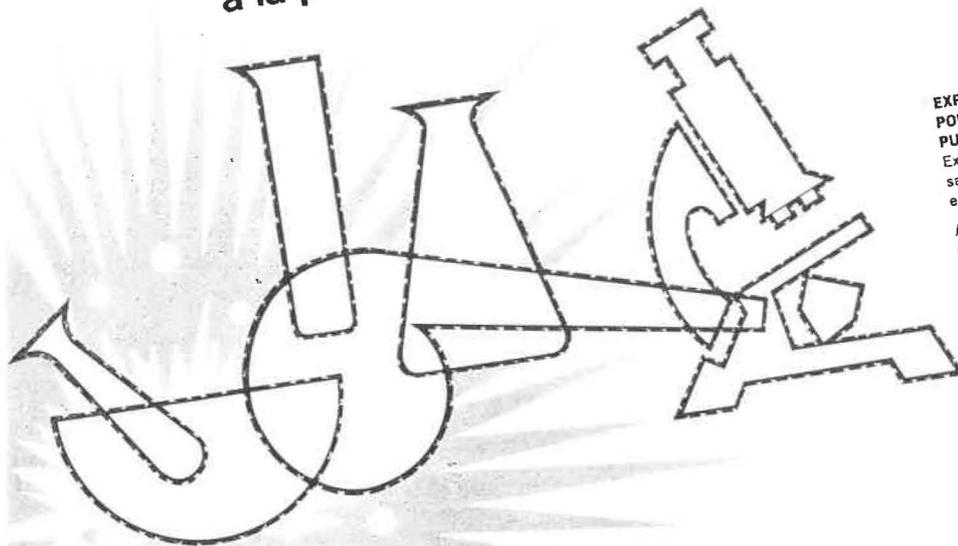
- du « Groupe Ergonomie » de l'Office Belge pour l'Accroissement de la Productivité,
- de l'Association Professionnelle Belge des Médecins du Travail.

Elles seront animées par

- le Dr. Andlauer - Inspecteur Divisionnaire du Travail et de la Main-d'œuvre - Lyon,
- M. le Professeur Brison et M. l'Ingénieur Saucez - Faculté Polytechnique de Mons,
- M. l'Ingénieur Chaudoir - S.A. Philips,
- M. le Professeur Coppée - Service de Physiologie du Travail, Université de Liège,
- M. le Professeur Favergue - Laboratoire de Psychologie, Université Libre de Bruxelles,
- M. le Professeur Lavenne, MM. les Ingénieurs Degueudre et Patigny - Institut d'Hygiène des Mines - Hasselt,
- M. le Professeur Leplat - Centre d'Etudes et de Recherches Psychotechniques - Paris,
- M. le Professeur Metz - Direction du Laboratoire de Physiologie Appliquée - Université de Strasbourg,
- et par le Dr. Wisner - Centre National de la Recherche Scientifique - Paris.

Le programme et tous renseignements peuvent être obtenus au C.L.A.P. 46, Quai de Rome, Liège. Tél. 04/52.15.93 - 52.53.37.

à la pointe du progrès par ses recherches constantes



**EXPLOSIFS ET ACCESSOIRES
POUR MINES, CARRIERES, TRAVAUX
PUBLICS ET AGRICULTURE**
Explosifs à la nitroglycérine,
sans nitroglycérine, de sécurité
et sismographiques

Accessoires de minage :
cordeau détonant, mèche de sûreté,
détonateurs, exploseurs,
câbles à miner, appareils de contrôle

POUDRES DE CHASSE

**EXPLOSIFS MILITAIRES
ET MUNITIONS**

T.N.T. / Hexogène / Mines
Grenades / Roquettes
Coups complets d'artillerie
Poudres d'artillerie et d'infanterie
Ball powder type OTAN

MISSILES

**PRODUITS PHYTOPHARMA-
CEUTIQUES**

POUDRERIES REUNIES DE BELGIQUE
145, RUE ROYALE, BRUXELLES 1 (BELGIQUE)



BAILEY

LES EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES, S.p.r.l.

sont à la disposition des auteurs pour
l'édition, à des conditions très intéressantes
de leurs mémoires et ouvrages divers.

rue Borrens, 37 - 41, Bruxelles 5
Téléphones : 48.27.84 - 47.38.52

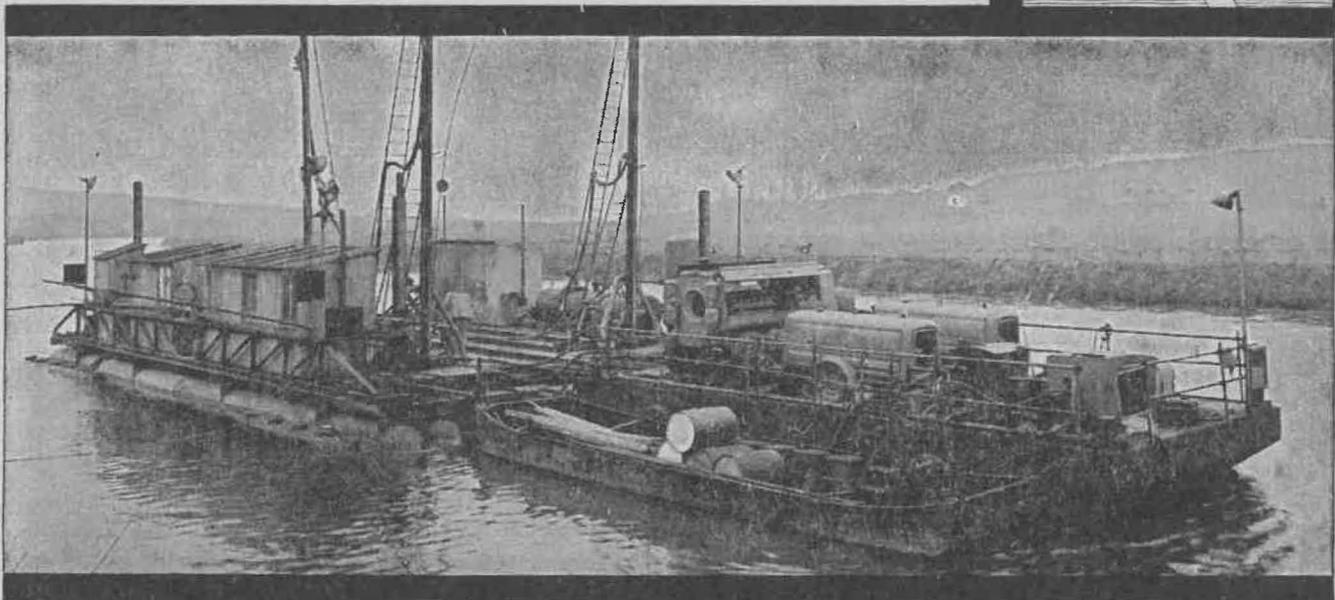
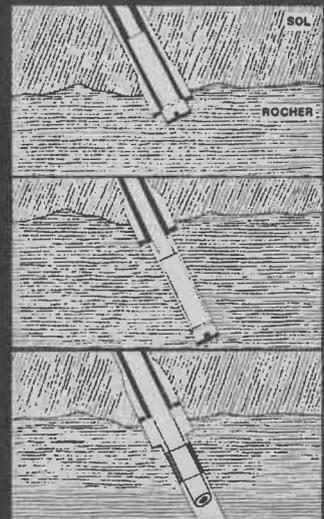
MÉTHODE DE PERFORATION OD *Atlas Copco*

Perforation et minage du rocher à travers les terrains de recouvrement ou sous eau, grâce au perforateur ATLAS COPCO à rotation indépendante et à l'équipement spécial Sandvik-COROMANT.

Cette nouvelle technique est appliquée à l'approfondissement de la Sambre en Belgique.

Trois machines du type OD "Atlas Copco" sont équipées du perforateur BBE-41 et de glissières spéciales de 10 m, permettant le forage avec un train de tiges de 9 m, sans désassemblage.

Le tout est placé sur un ponton de perforation qui remorque le ponton de la station de compression. La perforation s'exécute avec injection centrale d'eau fournie par 2 pompes donnant 80 lit./min. à 12 kg/cm². La moyenne de 100 forages par jour est réalisée.



Programme de vente de notre département "Mines et carrières" :

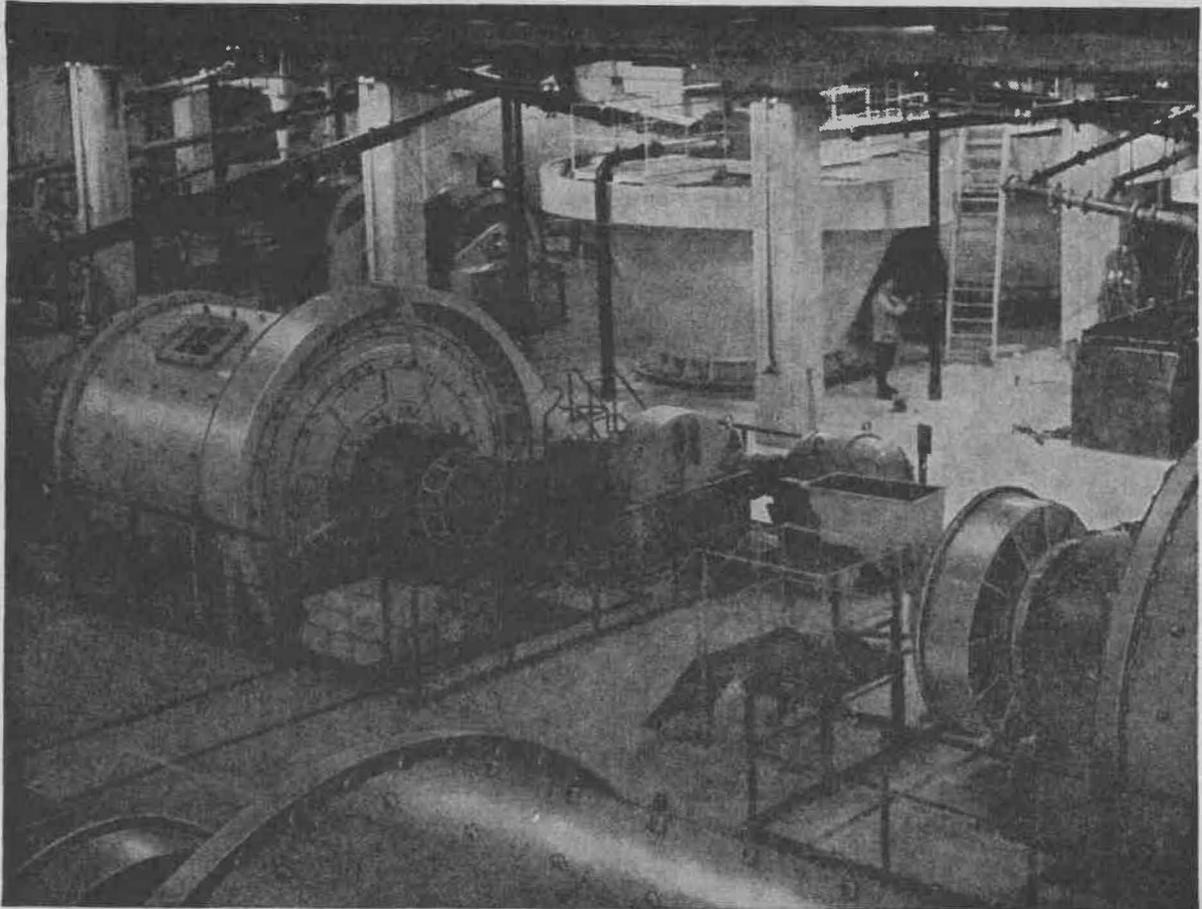
- Matériel de perforation
- Chargeuses pneumatiques
- Fleurets Sandvik-COROMANT
- Machines rotatives pour carottage
- Tuyauteries Alvenius.

Atlas Copco Spécialistes de l'air comprimé.

ATLAS COPCO BELGIUM s.a.
346, Chaussée de Bruxelles - Overijse
Tél. 02/57.76.40 (10 l.)

Agences régionales :
Antwerpen, Charleroi, Gent, Liège, Luxembourg





Revêtement en caoutchouc des broyeurs

C'est un développement logique des applications du caoutchouc antiabrasion Trellex. En collaboration avec les sociétés minières des essais sont menées depuis de nombreuses années; la gravure représente l'extrémité de déchargement d'un broyeur à boulets revêtu de caoutchouc.

Il n'y a pas de différence notable de broyage entre un broyeur à blindage métallique et un broyeur à blindage caoutchouc; comme le broyage n'est pas affecté par la composition du revêtement, la capacité du broyeur reste inchangée. De l'emploi du caoutchouc il résulte: Une réduction du coût du

revêtement par tonne de matériau broyé. Une longévité accrue. Une économie d'entretien. Un Temps de montage réduit. Une diminution de 75% du poids. Une absorption efficace des bruits.

Les revêtements en caoutchouc pour broyeurs sont une production Trelleborg pour l'industrie minière.



Pour le progrès technique de l'équipement de l'industrie minière dans le monde.

TRELLEBORG

TRELLEBORGS GUMMIFABRIKS AB • TRELLEBORG • SUEDE

-principal spécialiste en caoutchouc pour les mines et carrières

HUSQVARNA PRODUITS SUEDOIS S.A. - 13, RUE DE CANAL - BRUXELLES 1