

# Annales des Mines

DE BELGIQUE

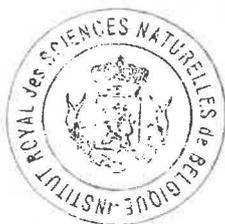


# Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

P 1273

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



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

LIEGE, 7, boulevard Frère-Orban — Tél. 32.21.98

Renseignements statistiques. — Fédéchar et Inichar : Commission de Valorisation du Charbon de la C.E.C.A., 6<sup>e</sup> session. — J. Fripiat : Rapport sur les travaux de l'Institut National des Mines en 1956. — L. Brison et P. Moiset : Etude critique du fonctionnement d'un séparateur magnétique tripolaire à bandes croisées. — Inichar : Revue de la littérature technique. — Bibliographie.

## COMITE DE PATRONAGE

- MM. H. ANCIAUX, Inspecteur général honoraire des Mines, à Wemmel.
- L. BRACONIER, Administrateur-Directeur-Gérant de la S. A. des Charbonnages de la Grande Bacnure, à Liège.
- L. CANIVET, Président de l'Association Charbonnière des Bassins de Charleroi et de la Basse-Sambre, à Bruxelles.
- P. CELIS, Président de la Fédération de l'Industrie du Gaz, à Bruxelles.
- E. CHAPEAUX, Président de la Fédération de l'Industrie des Carrières, à Bruxelles.
- P. CULOT, Délégué à l'Administration des Charbonnages de la Brufina, à Hautrage.
- P. DE GROOTE, Ancien Ministre, Président de l'Université Libre de Bruxelles, à Uccle.
- L. DEHASSE, Président de l'Association Houillère du Couchant de Mons, à Mons.
- A. DELATTRE, Ancien Ministre, à Paturages.
- A. DELMER, Secrétaire Général Honoraire du Ministère des Travaux Publics, à Bruxelles.
- L. DENOEL, Professeur à l'Université de Liège, à Liège.
- N. DESSARD, Président de l'Association Charbonnière de la Province de Liège, à Liège.
- P. FOURMARIER, Professeur à l'Université de Liège, à Liège.
- L. GREINER, Président d'Honneur du Groupement des Hauts Fourneaux et Aciéries Belges, à Bruxelles.
- M. GUERIN, Inspecteur général honoraire des Mines, à Liège.
- E. LEBLANC, Président de l'Association Charbonnière du Bassin de la Campine, à Bruxelles.
- P. MAMET, Président de la Fédération Professionnelle des Producteurs et Distributeurs d'Electricité de Belgique, à Bruxelles.
- A. MEILLEUR, Administrateur-Délégué de la S. A. des Charbonnages de Bonne Espérance, à Lambusart.
- A. MEYERS, Directeur Général Honoraire des Mines, à Bruxelles.
- I. ORBAN, Administrateur-Directeur Général de la S. A. des Charbonnages de Mariemont-Bascoup, à Bruxelles.
- O. SEUTIN, Directeur-Gérant honoraire de la S. A. des Charbonnages de Limbourg-Meuse, à Bruxelles.
- E. SOUPART, Administrateur-Délégué de la S. A. des Charbonnages de Tamines, à Tamines.
- E. STEIN, Président d'Honneur de la Fédération Charbonnière de Belgique, à Bruxelles.
- R. TOUBEAU, Professeur d'Exploitation des Mines à la Faculté Polytechnique de Mons, à Mons.
- 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.
- O. VERBOUWE, Directeur Général Honoraire des Mines, à Uccle.

## BESCHERMEND COMITE

- HH. H. ANCIAUX, Ere Inspecteur generaal der Mijnen, te Wemmel.
- L. BRACONIER, Administrateur-Directeur-Gerant van de N. V. « Charbonnages de la Grande Bacnure », te Luik.
- L. CANIVET, Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijnen van het Bekken van Charleroi en van de Beneden Samber, te Brussel.
- P. CELIS, Voorzitter van het Verbond der Gasnijverheid, te Brussel.
- E. CHAPEAUX, Voorzitter van het Verbond der Groeven, te Brussel.
- P. CULOT, Afgevaardigde bij het Beheer van de Steenkolenmijnen van de Brufina, te Hautrage.
- P. DE GROOTE, Oud-Minister, Voorzitter van de Vrije Universiteit Brussel, te Ukkel.
- L. DEHASSE, Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijnen van het Westen van Bergen, te Bergen.
- A. DELATTRE, Oud-Minister, te Paturages.
- A. DELMER, Ere Secretaris Generaal van het Ministerie van Openbare Werken, te Brussel.
- L. DENOEL, Hoogleraar aan de Universiteit Luik, te Luik.
- N. DESSARD, Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijnen van de Provincie Luik, te Luik.
- P. FOURMARIER, Hoogleraar aan de Universiteit Luik, te Luik.
- L. GREINER, Ere-Voorzitter van de « Groupement des Hauts-Fourneaux et Aciéries Belges », te Brussel.
- M. GUERIN, Ere Inspecteur generaal der Mijnen, te Luik.
- E. LEBLANC, Voorzitter van de Kolenmijn-Vereniging van het Kempisch Bekken, te Brussel.
- P. MAMET, Voorzitter van de Bedrijfsfederatie der Voortbrengers en Verdelers van Electriciteit in België, te Brussel.
- A. MEILLEUR, Afgevaardigde-Beheerder van de N. V. « Charbonnages de Bonne Espérance », te Lambusart.
- A. MEYERS, Ere Directeur Generaal der Mijnen, te Brussel.
- I. ORBAN, Administrateur-Directeur Generaal van de N. V. « Charbonnages de Mariemont-Bascoup », te Brussel.
- O. SEUTIN, Ere Directeur-Gerant van de N. V. der Kolenmijnen Limburg-Maas, te Brussel.
- E. SOUPART, Afgevaardigde-Beheerder van de N. V. « Charbonnages de Tamines », te Tamines.
- E. STEIN, Ere Voorzitter van de Belgische Steenkool Federatie, te Brussel.
- R. TOUBEAU, Hoogleraar in de Mijnbouwkunde aan de Polytechnische Faculteit van Bergen, te Bergen.
- 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.
- O. VERBOUWE, Ere Directeur Generaal der Mijnen, te Ukkel.

## COMITE DIRECTEUR

- MM. A. VANDENHEUVEL, Directeur Général des Mines, à Bruxelles, Président.
- J. VENTER, 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 LESPALU, Professeur d'Exploitation des Mines à l'Université Catholique de Louvain, à Sirault.
- H. FRESON, Directeur divisionnaire 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 Embourg.
- R. LEFEVRE, Directeur divisionnaire des Mines, à Jumet.
- G. LOGELAIN, Inspecteur Général des Mines, à Bruxelles.
- P. RENDERS, Directeur à la Société Générale de Belgique,

## BESTUURSCOMITE

- HH. A. VANDENHEUVEL, Directeur Generaal der Mijnen, te Brussel, Voorzitter.
- J. VENTER, Directeur van het Nationaal Instituut voor de Steenkolenmijnverheid, te Luik, Onder-Voorzitter.
- P. DELVILLE, Directeur Generaal van de Vennootschap « Evence Coppée et Cie », te Brussel.
- C. DEMEURE de LESPALU, Hoogleraar in de Mijnbouwkunde aan de Katholieke Universiteit Leuven, te Sirault.
- H. FRESON, Afdelingsdirecteur der Mijnen, te Brussel.
- P. GERARD, Afdelingsdirecteur der Mijnen, te Hasselt.
- H. LABASSE, Hoogleraar in de Mijnbouwkunde aan de Universiteit Luik, te Embourg.
- R. LEFEVRE, Afdelingsdirecteur 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 BELGIE

N° 7 — JUILLET 1957

# ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

Nr 7 — JULI 1957

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

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

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

## Sommaire — Inhoud

Renseignements statistiques belges et des pays limitrophes . . . . .	580
<b>FEDECHAR et INICHAR.</b> — Commission de Valcrisation du Charbon de la C. E. C. A. — 6 <sup>e</sup> session, mars 1957 . . . . .	585

## INSTITUT NATIONAL DES MINES

<b>J. FRIPIAT</b> — Rapport sur les travaux de l'Institut National des Mines en 1956 . . . . .	627
--	-----

## NOTES DIVERSES

<b>L. BRISON et P. MOISET</b> — Etude critique du fonctionnement d'un séparateur magnétique tripolaire à bandes croisées . . . . .	662
---	-----

## BIBLIOGRAPHIE

<b>INICHAR</b> — Revue de littérature technique . . . . .	670
Divers . . . . .	679

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

EDITION - ABONNEMENTS - PUBLICITE - UITGEVERIJ - ABONNEMENTEN - ADVERTENTIE  
**BRUXELLES • EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES • BRUSSEL**  
Rue Borrens, 37-39 - Borrensstraat — Tél. 48.27.84 - 47.38.52

MENSUEL - Abonnement annuel : Belgique : 450 F - Etranger : 500 F  
MAANDELIJKS - Jaarlijks abonnement : België : 450 F - Buitenland : 500 F

BASSINS MINIERES	Production totale (Tonnes)	Consommation propre et fournitures au personnel (tonnes) (1)	Stock (tonnes)	Jours ouvrés (2)	PERSONNEL													Grisou capté valorisé (6)	
					Nombre moyen d'ouvriers			Indice (3)				Rendement		Présences % (4)		Mouvement de la main-d'œuvre (5)			
					à veine	Fond	Fond et surface	Veine	Taille	Fond	Fond et surface	Fond	Fond et surface	Fond	Fond et surface	Belge	Etrangère		Totale
Borinage . . . . .	333.870	36.807	39 975	23,00	2.536	14 126	19.227	0,17	0,38	1,00	1,36	1.004	7,5	82,72	85,45	- 122	- 135	- 257	1 147.861
Centre . . . . .	303.501	27 737	40.859	23,38	1.681	11.813	16.140	0,13	0,37	0,92	1,27	1.083	789	85,44	87,31	80	- 129	- 209	1.929.804
Charleroi . . . . .	614.891	67.493	60.791	23,53	4.216	21.405	29.824	0,16	0,34	0,83	1,18	1.202	848	83,93	86,80	- 118	- 182	- 300	3.669.036
Liège . . . . .	376.920	37.347	46.399	23,67	2.730	16.694	22.524	0,17	0,43	1,06	1,43	946	670	82,34	84,73	- 86	+ 27	- 59	-
Campine . . . . .	839.814	59 845	44.148	23,00	3.712	24.579	33.285	0,10	0,26	0,68	0,93	1.466	1 078	88,17	90,17	+ 177	+ 51	+ 228	1.923.482
<b>Le Royaume . . . . .</b>	<b>2.468.996</b>	<b>229.229</b>	<b>232.172</b>	<b>23,30</b>	<b>14.885</b>	<b>88.627</b>	<b>121 181</b>	<b>0,14</b>	<b>0,34</b>	<b>0,85</b>	<b>1,17</b>	<b>1.178</b>	<b>857</b>	<b>84,74</b>	<b>87,00</b>	<b>- 229</b>	<b>- 468</b>	<b>- 697</b>	<b>8.670.233</b>
1957 Mars . . . . .	2.537.136	240.953	218.376	23,90	14.993	90 300	124.177	0,14	0,34	0,85	1 17	1.176	855	85,06	87,10	- 721	+ 616	- 105	8.642.396
Février . . . . .	2.393.082	294.189	209.357	22,58	15.054	89 756	122 338	0,14	0,34	0,86	1,18	1.166	849	85,35	87,22	- 15	+ 976	+ 961	7.648.164
1956 Avril . . . . .	2 543.192	277 132	316.377	23,10	15.676	92.065	124.771	0,14	0,34	0,85	1,16	1.176	859	85 98	86,03	- 987	- 1073	- 2060	8 122.651
Moy. mens. . . . .	2.462.927	290.314	179.157(7)	23,47	15.099	88.741	120.982	0,14	0,35	0,86	1 19	1.160	84	84 21	86,29	- 357	- 300	- 657	7.986.732
1955 Moy. mens. . . . .	2.498.151	281.480	370.699(7)	24,59	16.256	87.191	119.961	0,16	0,36	0,87	1,21	1.148	826	82,56	84,90	- 423	+ 721	+ 298	5.451.264
1954 Moy. mens. . . . .	2.437.393	270.012	2.806.020(7)	24,04	17.245	86.378	124.579	0,16	0,38	0,91	1,27	1.098	787	83,53	85,91	- 63	- 528	- 591	5.020.527
1953 Moy. mens. . . . .	2.505.024	196.883	3 063.210(7)	24,27	18.357	95.484	131.954	0,18	0,40	0,94	1,32	1 060	758	78	81	+ 10	- 450	- 440	4.595.867
1952 Moy. mens. . . . .	2.532.030	199.149	1.678.220(7)	24,26	18.796	98.254	135.696	0,18	0,40	0,96	1,34	1.042	745	78,7	81	- 97	- 7	- 104	3.702.887
1951 » » . . . . .	2.470.933	216.116	214.280(7)	24,20	18.272	94.926	133.893	0,18	0,39	0,95	1,36	1.054	738	79,6	82,4	- 503	+ 1235	+ 732	2.334.178
1950 » » . . . . .	2 276.735	220.630	1.041.520(7)	23,44	18.543	94.240	135.851	0,19	-	0,99	1,44	1.014	696	78	81	- 418	- 514	- 932	-
1949 » » . . . . .	2.321.167	232.463	1.804.770(7)	23,82	19.890	103.290	146.622	0,20	-	1,08	1,55	926	645	79	83	-	-	-	-
1948 » » . . . . .	2.224.261	229.373	840.340(7)	24,42	19.519	102.081	145.366	0,21	-	1,14	1,64	878	610	-	85,88	-	-	-	-
1938 » » . . . . .	2.465.404	205.234	2.227.260(7)	24,20	18.739	91.945	131.241	0,18	-	0,92	1,33	1.085	753	-	-	-	-	-	-
1913 » » . . . . .	1.903.466	187.143	955.890(7)	24,10	24.844	105 921	146 084	0,32	-	1,37	1,89	731	528	-	-	-	-	-	-

N. B. — (1) A partir de 1954, cette rubrique comporte : *d'une part*, tout le charbon utilisé pour le fonctionnement de la mine, y compris celui transformé en énergie électrique; *d'autre part*, tout le charbon distribué gratuitement ou vendu à prix réduit aux mineurs en activité ou retraités. Ce chiffre est donc supérieur aux chiffres correspondants des périodes antérieures.

(2) A partir de 1954, il est compté en jours ouvrés, les chiffres se rapportant aux périodes antérieures expriment toujours des jours d'extraction.

(3) Nombre de postes effectués divisés par la production correspondante.

(4) A partir de 1954, ne concerne plus que les absences individuelles, motivées ou non, les chiffres des périodes antérieures gardent leur portée plus étendue.

(5) Différence entre les nombres d'ouvriers inscrits au début et à la fin du mois.

(6) En m<sup>3</sup> à 8 500 Kcal, 0° C 760 mm de Hg.

(7) Stock fin décembre.

(8) Chiffres influencés par une réduction importante du personnel inscrit aux charbonnages du « Bois-du-Cazier ».

PERIODES	Secteur domestique	Administrations publiques	Cokeries	Usines à gaz	Fabriques d'agglomérés	Centrales électriques	Sidéurgie	Constructions métalliques	Métaux non ferreux	Produits chimiques	Chemins de fer et vicinaux	Textiles	Industries alimentaires	Carrières et industries dérivées	Cimenteries	Papeteries	Autres Industries	Exportations	Total du mois
1957 Avril . . . . .	394.013	8.688	636.567	339	144.846	254.965	16.472	9 674	44.899	40.781	81.323	11 479	31.632	58.819	78.942	23 347	35.303	354.050	2.264.391
Mars . . . . .	423.094	12.988	644.713	364	155.971	290.866	17.149	11.140	46.969	46.952	79.176	13.304	25.532	59.365	68.600	25.692	37.420	327.923	2.357.022
Février . . . . .	431.847	16.207	575.437	489	158.601	217 316	17.545	12.703	38.496	43.499	81.370	15.708	23.387	56.138	64.573	26.122	30 755	285.156	2.149.778
1956 Moy. mens. . . . .	420.304	15.619	599.722	476	139.111	21.973	20.769	12 197	40.601	41.216	91.661	13.082	30.868	64.446	71.683	20 835	31.852	97.048	1.913.243
1955 Moy. mens. . . . .	419.042	14.158	577.925	953	120.799	256.113	23.618	12.022	42 050	42.128	109.357	13.403	30.162	62 680	69 034	19.826	34.057	573.733	2.421.060
1954 Moy. mens. . . . .	415.609	14 360	485.878	1.733	109.037	240.372	24.211	12.299	40 485	46.952	114.348	14.500	30.707	61.361	62.818	19.898	30.012	465 071	2.189.610
1953 Moy. mens. . . . .	457.333	14 500	539.667	105 167	260.583	25.083	12 000	39 917	43.750	43.750	116.833	14.750	33.833	58.250	81.000	19.333	24.000	346.750	2.192.749
1952 » » . . . . .	480.657	14.102	708.921	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	2.196.669	
1951 » » . . . . .	573.174	12.603	665.427	322.894	42.288	19.392	36.949	49.365	125.216	22.251	33.064	76 840	87.054	21.389	82.814	143.093	2 319.813	2 319.813	

GENRE	Fours en activité		Charbon (t)			Huiles combustibles †	Production				COKE (t)										Ouvriers occupés
	Batteries	Fours	Reçu		Enfourmé		Gros coke de plus de 80 mm	Autres	Total	Consommation propre	Livraisons au personnel de la cokerie	Débit					Stock en fin de mois †				
PERIODE			Belge	Etranger												Secteur domestique		Administrations publiques	Sidérurgie	Centrales électriques	Usines à gaz
Minières . . .	7	271	152.488	3.244	148.690	—	97.348	22.109	119.452	44	232	—	—	—	—	—	—	—	—	26.050	938
Sidérurgiques . . .	27	986	404.023	189.071	509.979	—	328.810	66.582	395.392	3.655	2.964	—	—	—	—	—	—	—	—	53.058	2.533
Autres . . . . .	11	287	76.524	71.788	133.653	113	81.250	21.740	102.990	1.985	201	—	—	—	—	—	—	—	—	45.077	1.236
Le Royaume . . .	45	1.544	633.035	264.103	792.322	113	507.403	110.431	617.834	5.734	3.397	8.065	2.574	4.477	1.787	105	53.686	74.836	588.452	128.185	4.707
1957 Mars . . . .	45	1.545	639.656	230.216	869.902	238	522.850	115.258	638.108	6.524	5.161	10.041	3.705	450.912	1.570	941	60.843	73.166	601.178	105.934	4.688
1957 Février . . .	45	1.538	563.389	165.230	741.219	419	474.373	102.859	577.232	7.567	6.036	17.522	4.841	418.704	948	1.151	57.751	58.555	559.472	80.689	4.702
1956 Moy. mens. . .	44	1.530	602.025	196.730	784.875	536	494.239	111.632	605.871	12.057	5.150	15.372	5.003	433.510	1.918	69	52.754	76.498	587.325	87.208(2)	4.731(2)
1955 Moy. mens. . .	43(1)	1.440(1)	576.916	144.284	713.481	182	446.924	103.072	549.996	13.576	3.799	12.900	3.023	407.066	2.620	94	45.942	64.385	537.289	71.13(2)	4.409
1954 Moy. mens. . .	42(1)	1.444(1)	479.201	184.120	663.321	5.813(3)	407.062	105.173	512.235	15.639	2.093	14.177	3.327	359.227	3.437	385	42.611	73.859	498.608	127.14(2)	4.270
1953 Moy. mens. . .	41(1)	1.432(1)	514.257	101.536	645.793	1.793(3)	385.811	109.640	495.451	18.521	2.924	11.083	3.334	339.750	1.750	250	44.083	68.333	470.167	201.013(2)	3.930
1952 » » . . . . .	42(1)	1.471(1)	596.891	98.473	695.365	7.624(3)	421.329	112.605	533.934	12.937	3.215	12.266	4.127	368.336	1.039	279	48.331	80.250	515.980	100.825(2)	4.284
1951 » » . . . . .	40(1)	1.412(1)	459.724	201.122	660.846	14.297(3)	399.624	109.409	508.033	18.498	3.498	16.295	2.468	364.833	1.299	301	44.083	68.333	470.167	67.270(2)	4.147
1950 » » . . . . .	42(1)	1.497(1)	481.685	21.861	508.546	14.879(3)	297.005	86.167	383.172	19.179	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.169
1949 » » . . . . .	44(1)	1.532(1)	487.757	66.436	551.193	11.025(3)	315.740	103.825	419.565	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.635
1948 » » . . . . .	47(1)	1.510(1)	454.585	157.180	611.765	—	373.488	95.619	469.107	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.463
1938 » » . . . . .	56(1)	1.669(1)	399.063	158.763	557.826	—	—	—	346.543	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.120
1913 » » . . . . .	—	2.898	233.858	149.621	383.479	—	—	—	293.523	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.229

(1) Pendant toute ou partie de l'année. (2) Stock fin décembre. (3) En hl.

GENRE	GAZ (en 1.000 m³) (1)					SOUS-PRODUITS (t)					GENRE	Production (t)			Consommation propre †	Livraisons au personnel	Matières premières (t)		Ventes et cessions †	Stock (fin de mois) †	Ouvriers occupés
	Production	Consommation propre	Débit			Braï	Goudron brut	Ammoniaque (en sulfate)	Benzol	Huiles légères		PERIODE	Boulets	Briquettes			Totale	Charbon			
PERIODE			Synthèse	Sidérurgie	Autres industries						Distributions publiques										
Minières . . . .	48.824	24.394	23.016	—	533	12.237	—	3.893	1.401	1.231	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sidérurgie . . . .	171.911	83.542	38.217	57.143	5.473	43.426	—	13.873	4.733	3.444	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Autres . . . . .	46.893	20.583	14.893	—	4.834	13.688	—	3.861	1.109	1.174	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Le Royaume . . .	267.632	128.523	76.126	57.148	10.840	69.351	—	21.627	7.243	5.849	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mars 1957 . . . .	275.546	133.518	70.247	59.315	11.128	74.375	—	21.625	7.401	6.051	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1957 Février . . .	249.160	120.561	59.840	54.488	11.081	70.165	—	19.935	5.777	5.359	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1956 Moy. mens. . .	266.451	121.698	78.704	56.854	7.424	72.452	—	20.628	7.064	5.569	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1955 Moy. mens. . .	245.435	127.325	70.872	55.427	5.976	66.905	—	17.926	6.642	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1954 Moy. m. . . .	233.182	135.611	69.580	46.279	5.517	68.791	1.630	15.911	5.410	3.624	2.565	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1953 Moy. mens. . .	212.801	110.781	63.220	43.659	5.310	62.585	2.109	16.011	5.070	4.020	1.053	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1952 Moy. mens. . .	229.348	134.183	67.460	46.434	3.496	62.714	2.320	17.835	6.309	4.618	747	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1951 Moy. mens. . .	232.666	138.476	68.912	42.906	4.967	63.219	2.137	17.032	6.014	4.156	605	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1950 Moy. mens. . .	193.619	126.601	(2)	(2)	(2)	(2)	1.844	13.909	4.764	3.066	632	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1949 Moy. mens. . .	185.659	140.644	(2)	(2)	(2)	(2)	1.614	15.129	5.208	3.225	1.322	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1948 Moy. mens. . .	105.334(3)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	—	16.053	5.624	4.978	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1938 Moy. mens. . .	75.334(3)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	—	14.172	5.186	4.636	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Minières . . . .	17.991	30.646	148.637	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Indépend. . . . .	4.665	—	4.665	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Le Royaume . . .	22.656	30.646	153.302	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1957 Mars . . . .	7.160	35.084	172.244	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1957 Février . . .	179.332	34.020	173.352	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1956 Moy. mens. . .	116.195	35.489	151.683	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1955 Moy. mens. . .	91.175	38.272	129.447	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1954 M. m. . . . .	75.027	39.829	114.856	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1953 Moy. mens. . .	70.839	40.213	111.052	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1952 » » . . . . .	71.262	52.309	123.57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1951 » » . . . . .	86.399	64.475	150.844	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1950 » » . . . . .	38.898	46.079	84.977	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1949 » » . . . . .	2.574	44.702	65.276	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1948 » » . . . . .	27.014	53.834	80.848	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1938 » » . . . . .	39.742	102.948	142.691	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1913 » » . . . . .	—	—	217.288	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(1) A 4.250 kcal., 0°C et 76 mm Hg. (2) Non recensé (3) Non utilisé à la fabrication du coke.

(1) Stocks fin décembre.



IMPORTATIONS					EXPORTATIONS			
Pays d'origine Périodes Répartition	Charbons t	Cokes t (1)	Agglomérés t	Lignite t (2)	Destination	Charbons t	Cokes t	Agglomérés t
France . . . . .	44.489	251	7	—	France . . . . .	100.722	38.112	44.965
Pays-Bas . . . . .	27.481	3.437	3.463	435	Italie . . . . .	240	—	—
Pays de la CECA . .	221.049	9.730	8.505	8.898	Luxembourg . . . . .	9.049	13.870	640
Espagne . . . . .	—	2.964	—	—	Pays-Bas . . . . .	167.364	4.633	1.960
Irlande . . . . .	63	—	—	—	Pays de la CECA . .	290.837	61.893	48.566
Royaume-Uni . . . .	41.085	6.560	457	—	Danemark . . . . .	—	9.899	—
Etats-Unis d'Amérique	184.322	—	—	—	Finlande . . . . .	3.376	—	—
U.R.S.S. . . . .	2.000	—	—	—	Norvège . . . . .	10	2.136	—
Maroc . . . . .	546	—	—	—	Royaume-Uni . . . .	60.718	—	—
Pays tiers . . . . .	228.016	9.524	457	—	Suède . . . . .	4.104	—	—
Ensemble . . . . .	449.065	19.254	8.962	8.898	Suisse . . . . .	14.125	608	260
1957 Mars . . . . .	559.868	28.644	9.610	9.146	Autres pays . . . . .	—	300	—
Février . . . . .	493.617	21.716	7.692	7.652	Pays tiers . . . . .	2.333	12.943	260
Janvier . . . . .	539.434	15.159	8.067	8.454	Ensemble . . . . .	373.170	74.836	48.826
1956 Moyennes mens.	398.929	11.387	6.038	8.466	1957 Mars . . . . .	362.825	73.166	55.492
Avril . . . . .	319.111	10.506	4.959	7.627	Février . . . . .	312.373	58.555	57.144
Répartition :					Janvier . . . . .	275.755	72.975	53.276
1) Secteur domestique	85.584	1.528	8.643	7.918	1956 Moyennes mens.	371.895	77.133	53.467
2) Secteur industriel	336.596	20.149	—	—	Avril . . . . .	462.219	68.425	60.213
Réexportations . . .	19.132	—	—	—				
Mouvement des stocks	+ 7.753	- 151	- 133	—				

(1) Y compris le coke de gaz. (2) Y compris les briquettes de lignite.

## URGIE

AVRIL 1957

TION (t)									Ouvriers occupés
finis									
Tôles fortes 4,76 mm et plus	Tôles moyennes 3 à 4,75 mm	Large plats	Tôles fines noires (3)	Tôles galvanisées, plombées et étamées (4)	Feuillards, bandes à tubes, tubes sans soudure	Divers	Total	Tubes soudés (4)	
59.391	7.956	2.149	69.243	33.573	27.208	6.329	437.729	9.513	55.432
61.411	8.310	3.394	73.260	33.773	30.069	5.593	539.183	10.090	55.557
55.075	9.655	2.544	69.805	28.988	25.326	5.209	430.414	9.066	55.589
43.119	10.508	2.544	46.811	21.681	27.600	3.180	365.872	3.621	54.843
37.473	8.996	2.153	40.018	3.070	25.112	2.705	290.852	3.655 <sup>(2)</sup>	41.904
43.418	8.451	3.531	32.180	9.207	20.613	3.767	280.109	1.647	42.820
39.357	7.071	3.337	37.482	11.943	26.652	5.771	312.429	2.959	43.263
			Tôles minces tôles fines, tôles magnétiques						
36.489	5.890	2.628	42.520	15.343	32.476	8.650	323.207	3.570	43.640
24.476	6.456	2.109	22.857	11.096	20.949	2.878	249.859	1.981	36.415
30.714	5.831	3.184	23.449	9.154	23.096	3.526	247.347	—	40.506
Grosses tôles	Tôles moyennes		Tôles fines	Tôles galva- nisées	Feuillards et tubes en acier				
28.780	12.140	2.818	18.194	10.992	30.017	3.589	255.725	—	38.431
16.460	9.084	2.064	14.715	—	13.958	1.421	146.852	—	33.024
19.672	—	—	9.883	—	—	3.530	154.822	—	35.300

PRODUCTION	Unités	Mars 1957	Février 1957	Mars 1956	Moyenne mensuelle 1956	PRODUCTION	Unités	Mars 1957	Février 1957	Mars 1956	Moyenne mensuelle 1956
		(a)	(b)	(a)				(b)			
PORPHYRE :						PRODUITS DE DRA-					
Moëllons . . . . .	t	712	102	365		GAGE : Cravier	t	146 743	82.139	90.396	
Concassés . . . . .	t	339.034	211.271	318.822		Sable . . . . .	t	25.527	14.992	19.907	
Pavés et mosaïques.	t	2.034	1.425	2.401		CALCAIRES :	t	171.253	124.687	141.188	183.595
PETIT-GRANIT :						CHAUX :	t	171.161	153.723	157.523	154.375
Extrait . . . . .	m <sup>3</sup>	12.199	11.103	11.275		PHOSPHATES . . . . .	t	1.557	227	1.217	1.136
Scié . . . . .	m <sup>3</sup>	6.865	5.821	6.119		CARBONATES NATUR.					
Façonné . . . . .	m <sup>3</sup>	1.820	1.729	1.594		(Craie, marne, tuf- feau)	t	29.889	31.095	31.953	30.200
Sous-produits . . . . .	m <sup>3</sup>	15 697	12.888	15.401		CARBON. DE CHAUX PRECIPITES . . . . .	t	—	—	—	—
MARBRES :						CHAUX HYDRAULI- QUE ARTIFICIELLE	t	848	539	219	680
Blocs équarris . . . . .	m <sup>3</sup>	502	377	499		DOLOMIE : Crue . . . . .	t	17.591	21.667	20.040	24.217
Tranches ramenées à 20 mm . . . . .	m <sup>3</sup>	45.623	39.992	42.242		Frittée . . . . .	t	22.678	20.654	23.796	21.819
Moëllons et concas- sés . . . . .	t	2.323	1.824	1.772		PLATRE :	t	3.944	3.104	3 227	2.897
Bimbeloterie . . . . .	Kt	73.082	70.916	83.425		AGGLOM. PLATRE	t	108.090	98.759	94 223	103.036
GRES :											
Moëllons bruts . . . . .	t	27.134	14.858	12.113				1er trim. 1957	4e trim. 1956	Moy. m. 1955	
Concassés . . . . .	t	84.645	51.179	77 661		SILEX : Broyé . . . . .	t	399	1.314	1.931	—
Pavés et mosaïques.	t	3.080	1 694	15.145		Pavés. . . . .	t	1.047	843	879	—
Divers taillés . . . . .	t	8.061	5.943	5.834		FELDSPATH & GALETS	t	185	903	201	—
SABLE :						QUARTZ et QUARTZITES	t	27.837	41.992	431	—
pour métallurgie . . . . .	t	77 799	56.688	79.469		ARGILES :	t	73 388	85.960	97.282	—
pour verrerie . . . . .	t	80.171	82.845	103.423				Mars 57 (a)	Fév. 57 (b)	Mars 56	Moy. mens. 1956
pour construction . . . . .	t	156.603	115.752	129.440		Ouvriers occupés . . . . .		13.397	13 091	13.003	12.753
Divers . . . . .	t	69.213	57 664	61.856							
ARDOISE :											
pour toitures . . . . .	t	697	704	736							
Schiste ardoisier . . . . .	t	121	143	104							
Coticule (pierre à aiguiser) . . . . .	Kg	7.364	5.759	5.620							

(a) Chiffres provisoires. (b) Chiffres rectifiés. (c) Chiffres indisponibles.

## COMBUSTIBLES SOLIDES PAYS DE LA C.E.C.A. ET GRANDE-BRETAGNE

AVRIL 1957

PAYS	Houille produite (1000 t.)	Nombre d'ouvriers inscrits (1000)		Rendement par ouvrier et par poste Kg		Nombre de jours ouvriers	Absentéisme en %		Coke de four produit par 1000 t	Agglomérés produits 1000 t	Stocks (1000 t)	
		Fond	Fond et surface	Fond	Fond et surface		Fond	Fond et surface			Houille	Cokes
<b>Allemagne</b>												
1957 Avril (1)	11.099	340,8	495,7	1.583	1.206	21,00	16,13	14,21	3.715	609	713 (1)	196 (6)
1956 Moy. mens.	11.200 (1)	333,6	485,7	1.564 (1)	1.189	23,00	16,04	14,68	3.619	634	700 (2)	178 (2)
1956 Moy. mens.	10.836	334,9	489,3	1.578	1.171	24,00	15,44	13,63	3.505	637	776	130
<b>Belgique</b>												
1957 Avril . . . . .	2.452	101,4	144	1.170	857	23,30	15,21 (3)	13,00 (3)	609	153	221 (1)	124 (6)
1956 Moy. mens.	2.462	102,1	144,8	1.160	841	23,47	15,79 (3)	13,71 (3)	605	151,6	179 (2)	87 (2)
1956 Moy. mens.	2.543	103,9	147,5	1.176	859	23,10	16,02 (3)	1,397 (3)	590	155	316	47
<b>France</b>												
1957 Avril . . . . .	4.787	140,6	202,8	1.696	1.116	24,95	12,36	7,13 (4)	1.013	582	4.349 (1)	214 (6)
1956 Moy. mens.	4.594 (1)	140,2	211,3	1.645 (1)	1.075	24,72	13,30	7,76 (4)	1.016	640	4.652 (2)	175 (2)
1956 Moy. mens.	4.511	141,8	205,6	1.655	1.076	23,95	12,14	6,88 (4)	992	546	5.385	121
<b>Sarre</b>												
1957 Avril . . . . .	1.349	37,0	56,3	1.782	1.135	23,89	8,74	4,92 (4)	353	—	101 (1)	24 (6)
1956 Moy. mens.	1.424 (1)	36,9	57,2	1.819 (1)	1.158	24 72	8,73	4,98 (4)	352	—	102 (2)	20 (2)
1956 Moy. mens.	1.407	36,7	55,9	1.866	1.182	24,98	8,36	4,55 (4)	342	—	150	7,0
<b>Italie</b>												
1957 Avril . . . . .	90	4,6	—	950	—	—	—	—	298	2	5 (1)	72 (6)
1956 Moy. mens.	89 (1)	5 1	6,0	949 (1)	—	—	—	—	283	2	29 (2)	5,0 (2)
1956 Moy. mens.	81	4,8	—	925	—	—	—	—	276	0	34	38
<b>Pays-Bas</b>												
1957 Avril . . . . .	855	30,6	—	1.372	—	—	—	—	353	88	290 (1)	108 (6)
1956 Moy. mens.	986 (1)	30,7	54,6	1.496 (1)	—	—	—	—	352	86	259 (2)	68 (2)
1956 Moy. mens.	916	30,8	—	1.503	—	—	—	—	345	76	327	62
<b>Communauté</b>												
1957 Avril . . . . .	20.294	655,0	—	1.539	—	—	—	—	6.341	1.351	5.679 (1)	738 (6)
1956 Moy. mens.	20.757 (1)	648,3	951,2	1.525 (1)	—	—	—	—	6.232	1.515	5.924 (2)	578 (2)
1956 Moy. mens.	20.632	652,9	—	1.527	—	—	—	—	6.050	1.368	6 683	406
<b>Grande-Bretagne</b>												
1957 Sem. du 15 au 21 avril	4.164,5 (5)	—	711	à front 3.357	1.227	—	—	12,97	—	—	—	—
1956 Sem. du du 14 au 20 avril	4.721,8 (5)	—	706,3	3.369	1.254	—	—	11,89	—	—	—	—

(1) Chiffres provisoires. (2) Au 31 décembre. (3) Absences individuelles seulement. (4) Surface seulement. (5) Houille marchande. (6) Statistiques CECA.

# Commission technique internationale de la valorisation du charbon de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier

Sixième session du 20 au 22 mars 1957

## INTRODUCTION

*Le présent document constitue le rapport sur la sixième session de la Commission technique internationale de valorisation du charbon, organisée aux Pays-Bas, du 20 au 22 mars 1957.*

*Il a été rédigé par les délégués belges :*

*MM. BERX de la S.A. Cockerill-Ougrée à Seraing (\*).*

*GRAND'RY des S.A. Carbochimique et Carbonisation Centrale à Tertre, délégué de la Fédération Charbonnière de Belgique.*

*VENTER de l'Institut National de l'Industrie Charbonnière.*

*LEDENT de l'Institut National de l'Industrie Charbonnière.*

*Il est divisé en sept chapitres consacrés aux diverses installations visitées, à savoir :*

- I. Le laboratoire Central des Mines d'Etat à Geleen*
- II. Les usines chimiques des Mines d'Etat*
- III. La cokerie Maurits*
- IV. La cokerie Emma*
- V. Le Centre de recherches minières des Mines d'Etat à Treebeek*
- VI. La Station expérimentale d'étude des flammes à IJmuiden*
- VII. La cokerie de la Société Royale Néerlandaise des Hauts Fourneaux et Aciéries.*

*Chaque chapitre comporte l'exposé introductif présenté aux membres de la commission par les directeurs et chefs de service des différents départements visités et quelques renseignements complémentaires relatifs aux installations qui ont été montrées aux membres de la Commission.*

## LISTE DES PARTICIPANTS :

*Haute Autorité : MM. DELARGE, FACINI, SCHENSKY*

*Allemagne : MM. BERNEISEN, ENGEL, HOFMEISTER, KLEINGROTHAUS, LOH, LUEPKE, REERINK*

*Belgique : MM. BERX, GRAND'RY, LEDENT, VENTER*

*France : MM. LOISON, DERUELLE*

*Italie : MM. BOBBIO, COLLO, FERRARA, SCORTECCI*

*Pays-Bas : MM. van KREVELEN, VAN STEIN CALLENFELS*

*Sarre : MM. HOFFMANN, SCHROEDER, ZEWEN*

*Royaume-Uni : M. PATER*

*A leur arrivée aux Mines d'Etat, les participants ont été accueillis par le Dr. Ir. J. VAN ALKEN, Directeur aux Staatsmijnen, qui leur a souhaité la bienvenue et exposé le programme général de la session.*

\* M. BERX est décédé subitement en juin 1957, au cours d'une nouvelle visite à la cokerie Emma évoquée dans le présent rapport. Ses collègues belges garderont le meilleur souvenir de ce brillant ingénieur, intelligent et bon.

PREMIERE PARTIE  
COMpte RENDU DES VISITES

I. — LE LABORATOIRE CENTRAL DES MINES D'ETAT

RECHERCHES SUR LA HOUILLE

par le Prof. Dr. D. W. van KREVELEN

**Introduction.**

Un proverbe connu dit : « A cheval donné, on ne regarde pas la bride », sentence qui s'appliqua longtemps au don précieux que la houille constitue pour nous. Bien que le carbone soit au fond un élément peu abondant sur notre terre — puisque la quantité de carbone se trouvant dans l'écorce terrestre sous la forme dite « dynamique », c'est-à-dire capable de réagir avec l'oxygène, ne représente qu'une partie sur 10 millions — la nature nous a donné, dans les gisements de houille, des accumulations de carbone dynamique dont les stocks à des profondeurs exploitables sont toujours très grands, à savoir de quelques trillions de tonnes. Nous leur devons de nombreux avantages de notre société actuelle qui ne relèvent que de l'énergie disponible.

*Il est pourtant de fait que la répartition des espèces de charbon ne répond pas aux vœux de notre société et il en est de même pour la répartition granulométrique qui résulte de l'abattage.*

Chaque espèce de houille est, en principe, susceptible d'être brûlée et convertie en énergie et le chauffage au charbon pulvérisé, qui est largement appliqué dans les grandes chaudières, jouit d'une élasticité remarquable quant à sa base de matières premières.

Dans d'autres domaines spéciaux, la base de matières premières est pourtant peu flexible. Les combustibles naturels sans fumée de qualité supérieure et de grosseur appropriée (braisettes III) sont rares et les stocks de charbons à coke de bonne qualité sont loin d'être illimités.

*La tâche principale de la technologie et de la recherche au sujet de la houille réside actuellement dans la transformation des combustibles solides en des formes d'énergie valorisées dont, à part les combustibles solides sans fumée, font par-*

*tie le gaz et l'énergie électrique. A cela, il convient immédiatement d'ajouter l'autre forme de valorisation, à savoir celle du charbon et du gaz en matériaux de l'industrie chimique.*

**Carbonisation.**

La fabrication du coke et du gaz constitue la forme la plus ancienne de la transformation des combustibles. Longtemps encore, le charbon sera indispensable à la fabrication du coke parce que la carbonisation est une forme spécifique de la valorisation de la houille. *Le problème principal dans ce domaine consiste en l'élargissement de la base des matières premières.* A l'origine, le « charbon à coke » était un charbon d'une teneur en matières volatiles entre 20 et 25 %. Cette marge a été graduellement élargie et les recherches effectuées en Lorraine manifestent, entre autres, ce que les travaux systématiques permettent de réaliser. *C'est pourtant dans ce domaine que notre connaissance fondamentale se trouve en défaut.* Aussi le problème de la constitution de la houille et de sa plasticité, lors du chauffage, est-il un thème très important de nos recherches. J'espère revenir plus tard sur ce sujet.

**Charbons domestiques sans fumées.**

Le deuxième domaine d'application de la houille est celui des charbons domestiques sans fumée. Les stocks d'anhracite et de charbons maigres sont très limités et un tiers seulement est extrait dans les dimensions les mieux appropriées. Les agglomérés au brai ne constituent pas la vraie solution. C'est pourquoi on constate une tendance générale à fabriquer des charbons domestiques sans fumée.

La différence entre les prix des fines et des braisettes offre de multiples possibilités, à condition

*pourtant que le produit artificiel soit un vrai produit de qualité : il faut que sa grosseur soit très régulière, qu'il soit solide et résistant à l'usure et qu'il permette une combustion facile et sans fumée.* Nos recherches ont prêté beaucoup d'attention à ce sujet. Les Mines d'Etat produisent, en ce moment, de la *synthracite*, agglomérés au brai carbonisés, très résistants et suffisamment réactifs.

Ce procédé présente néanmoins le désavantage de n'utiliser que des fines maigres et d'exiger du brai. C'est pourquoi une étude est en cours en vue de l'emploi de charbon bitumineux ramolli comme liant, pour les combustibles à grains fins, pauvres en gaz (semi-coke, déchets de coke, etc.). Le ramollissement du charbon bitumineux s'effectue par un mélange très rapide du charbon froid avec le combustible maigre préalablement chauffé, mélange qui est immédiatement suivi du briquetage. Comme le combustible maigre peut être fabriqué par dégazage dans un lit fluidisé, à partir de n'importe quelle espèce de charbon, l'élasticité de ce procédé est très grande.

#### Gazéification.

Le troisième domaine de recherches intensives est celui de la fabrication de gaz. La fabrication classique du gaz est basée sur la carbonisation de la houille. Ceci pose le problème du rapport coke/gaz et celui des espèces de coke; en effet, le besoin de gaz augmente plus rapidement que le besoin de coke et la valeur des espèces de coke est déterminée par leurs granulométries. A ces problèmes, la gazéification intégrale apporte une solution. Cette gazéification totale a fait l'objet, dans ce laboratoire, d'une étude théorique et expérimentale très détaillée d'où il résulte que, *compte tenu des conditions des Mines d'Etat*, c'est la gazéification du coke et non celle de la houille qui présente le plus d'avantages, à condition qu'elle soit effectuée dans des gazogènes à fusion de cendres, à l'aide d'oxygène et de vapeur. Les conditions locales qui justifient cette conclusion sont :

1. La présence de grandes centrales électriques qui consomment déjà toute la quantité de houille à bon marché, si bien qu'on ne dispose pas de houille « bon marché » pour la gazéification.

2. Une très grande production de coke et la présence d'importantes quantités de coke dont les dimensions sont inférieures à celles du coke métallurgique.

3. Le besoin d'importantes quantités de gaz de synthèse et de gaz de chauffage de haute qualité.

4. La présence d'une vaste industrie d'azote où l'azote, qu'on obtient comme sous-produit de la préparation de l'oxygène, trouve un large emploi.

Les avantages du gazogène à fusion de cendres sont :

1. Son rendement très élevé (87 %, soit environ 20 % de plus que celui qu'on obtient par d'autres procédés de gazéification de la houille).

2. Le fait que l'oxygaz produit, qui contient 65 % de CO, a, par suite de la température élevée de sa flamme, un rendement de chauffage très élevé (15 à 20 % de plus que celui du gaz de gazogène) et qu'il est capable de chauffer les fours de type « non-compound ».

3. Le fait que le gazogène à fusion de cendres présente, par suite de sa température élevée, des possibilités très intéressantes pour les conversions chimiques simultanées, telles que la préparation thermique de carbure ou la production de ferrosilicium.

Toutes ces possibilités ont été réalisées dans nos usines pilotes.

#### Produits chimiques

préparés directement à partir de la houille.

Dans ce laboratoire, une étude détaillée a été faite de l'oxydation de la houille. Par oxydation prudente dans un lit fluidisé, la houille a été transformée en oxycharbon qui, après hydrolyse avec de la lessive caustique, produit un échangeur d'ions utile. Ce procédé n'a cependant pas eu de succès durable, du fait que les échangeurs d'ions entièrement synthétiques ont trouvé entretemps un débouché favorable. Une oxydation plus poussée, par des mélanges acide nitrique — acide sulfurique, a permis de développer un procédé pour la préparation d'acide mellitique et d'autres acides benzo-carboxyliques d'où résultait un excellent produit susceptible d'être transformé en plastifiants de bonne qualité. En ce moment, il semble pourtant que ces produits soient plus faciles à fabriquer à partir de fractions de pétrole.

Il est peu probable qu'une valorisation économique de la houille par conversion directe en produits chimiques, soit en perspective. L'hydrogénation, qui est la voie de réaction la plus douce et qui mène pourtant à des mélanges très compliqués, ne se présente pas non plus comme la solution voulue; nulle part dans le monde elle ne se révèle, en ce moment, économique.

Les résultats de nos recherches sur la structure de la houille ne donnent pas davantage d'espoir; ils portent à croire que la houille a une structure aussi compliquée que celle de l'huile minérale brute, alors qu'elle ne présente pas les avantages caractéristiques de l'huile minérale, à savoir : le caractère liquide et les possibilités illimitées de fractionnement.

Nous voilà donc de nouveau confronté avec la constitution de la houille au sujet de laquelle je me propose de vous faire un exposé plus détaillé.

### Constitution de la houille.

Les méthodes classiques de destruction chimique progressive ont échoué en ce qui concerne les recherches sur la structure de la houille. L'oxydation et l'hydrogénation ont seulement démontré que la houille est une substance riche en anneaux et particulièrement aromatique.

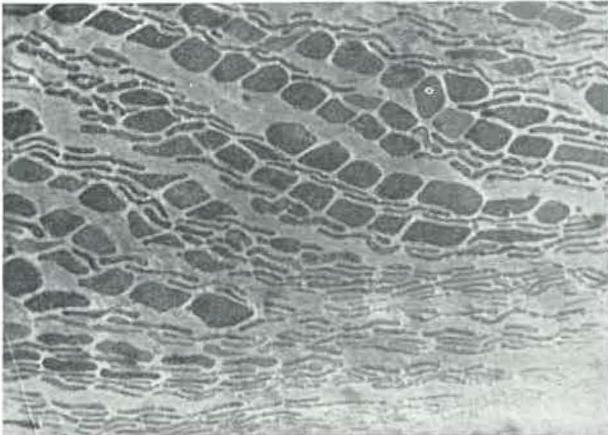


Fig. 1. — Houille brillante se composant principalement de vitrinite avec structure de bois (télinite).



Fig. 3. — Fusinite.



Fig. 5. — Houille brillante avec couches de micrinite granulaire.

La pétrographie avait révélé entretemps que la houille n'est pas du tout une substance naturelle homogène.

La houille polie observée au microscope en lumière réfléchiée et sous immersion d'huile, montre des images très variables.

Ses composants principaux sont :

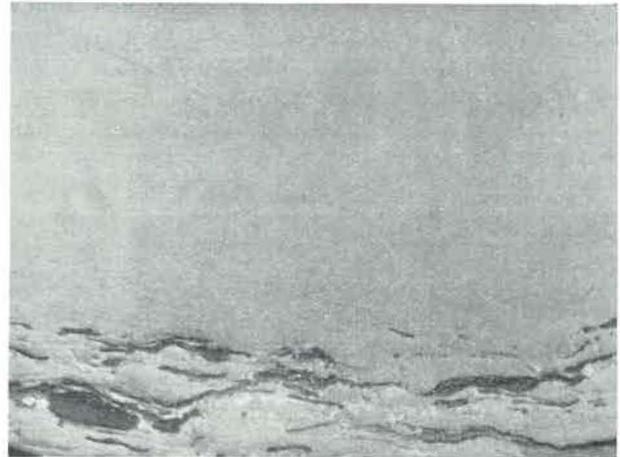


Fig. 2. — Houille brillante avec vitrinite sans structure (collinite).

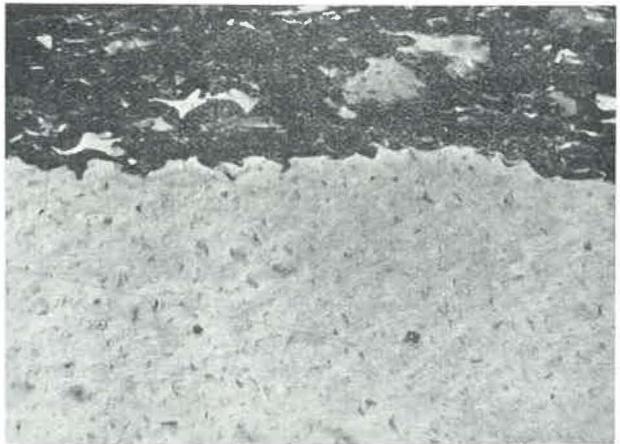


Fig. 4. — Semi-fusinite.

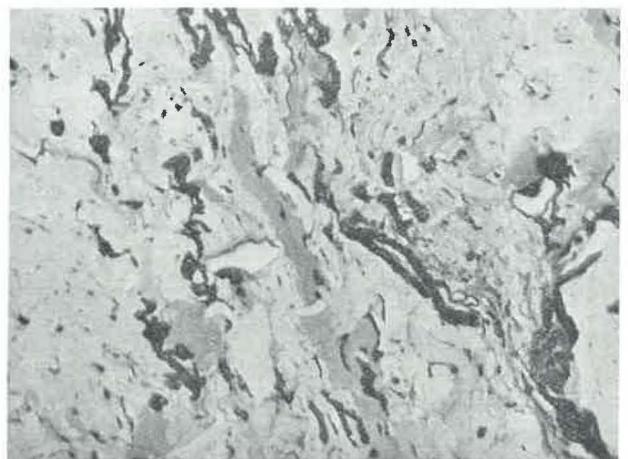


Fig. 6. — Durain avec beaucoup de micrinite massive.

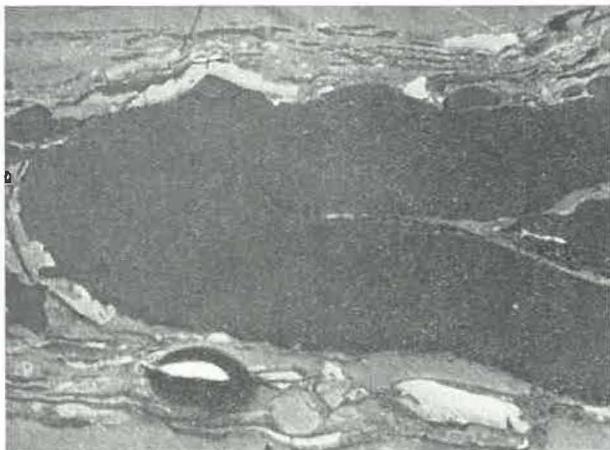


Fig. 7. — Exinite (mégaspores).



Fig. 8. — Exinite provenant de cuticules.

la vitrinite (fig. 1 et 2) provenant du bois et de l'écorce

la (semi) fusinite (fig. 3 et 4) provenant des mêmes matériaux, mais résultant d'une houillification spéciale

la micrinite (fig. 5 et 6) provenant des boues humiques

l'exinite (fig. 7 et 8) provenant des cuticules et des spores.

Chaque composant ou macéral de houille a, dans sa structure morphologique, conservé les réminiscences de sa matière d'origine. Du point de vue chimique, tous ces composants diffèrent et suivent leur propre trajet de houillification. Ceci a été représenté au diagramme de houillification (fig. 9) où le rapport atomique H/C et le rapport atomique O/C sont les coordonnées. Vous voyez

les trajets de houillification très caractéristiques des différents composants des plantes.

La houille n'est pas seulement non-homogène mais, de plus, la composition et les propriétés de chaque composant changent au cours de la houillification.

Il va sans dire que le chimiste doit, pour ses recherches, utiliser de la matière aussi homogène que possible, dont le degré de houillification est connu, afin d'obtenir des résultats sûrs et reproductibles. Ceci a toujours été la directive de nos recherches.

Je veux maintenant vous expliquer brièvement les méthodes que nous avons utilisées.

La première propriété fondamentale qui nous a fourni des données sur la structure était le volume caractéristique combiné avec la composition élémentaire.

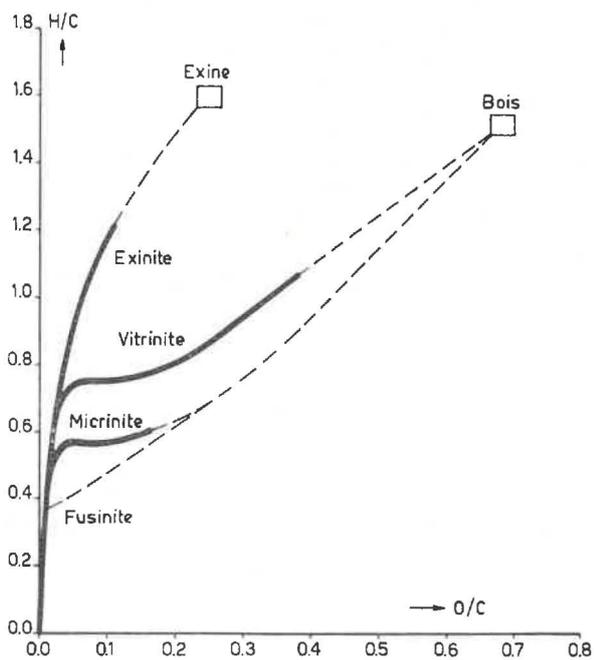


Fig. 9. — Trajets de houillification des différents macéraux.

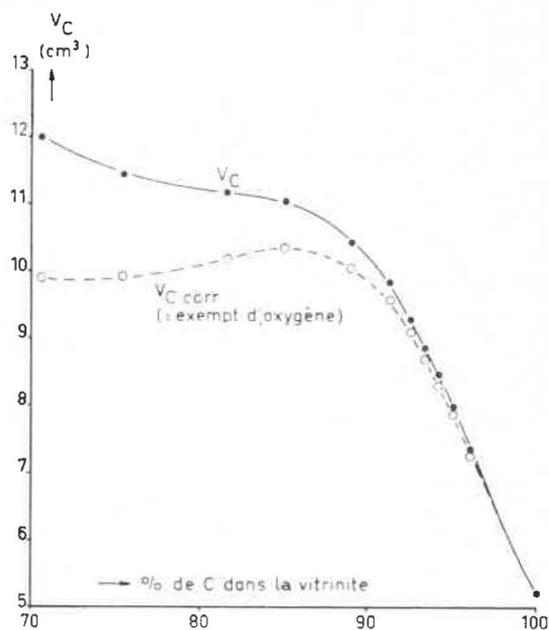


Fig. 10. — Le volume caractéristique comme fonction du degré de houillification.

Par volume caractéristique, nous entendons la grandeur  $V_C = 1200/C \times 1/d$  qui est le volume molaire par atome-gramme de carbone. La figure 10 représente l'allure de cette grandeur.

En portant le volume caractéristique d'hydrocarbures de structures connues en fonction du rapport atomique H/C, on trouve une relation intéressante qui est reproduite graphiquement à la figure 11.

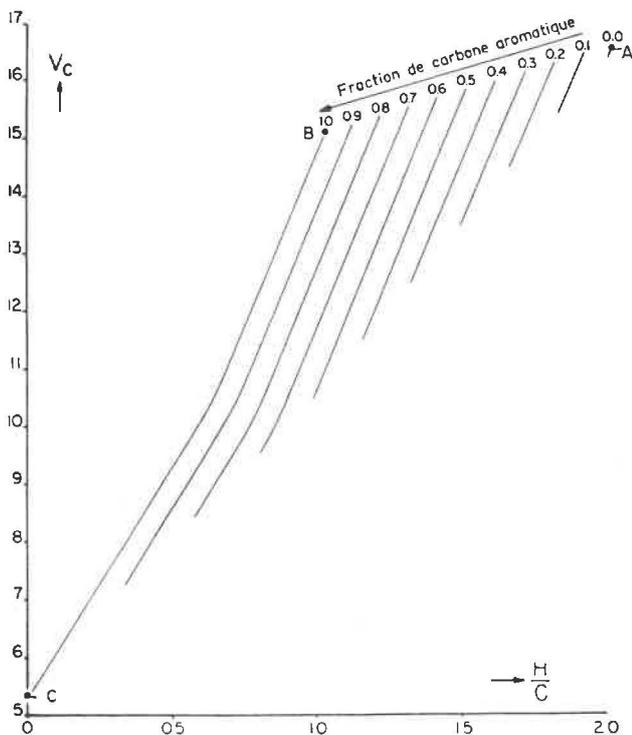


Fig. 11. — Méthode graphique de l'analyse structurale.

Le point B représente le volume caractéristique du benzène, C celui du graphite, A celui du groupement aliphatique  $CH_2$ . Sur la courbe BC se trouvent tous les volumes caractéristiques des hydrocarbures entièrement aromatiques. L'aromaticité de la courbe BC est donc de 100 % et celle du point A de 0 %. Une interpolation peut être appliquée entre A et BC et c'est dans cette région que se trouvent tous les hydrocarbures partiellement aromatiques.

La figure 11 a été confirmée par un grand nombre de mesures effectuées sur des matières très diverses, elle permet donc de nous renseigner avec précision sur le degré d'aromaticité ( $f_a$ ). Il est vrai que la houille n'est pas un hydrocarbure, mais comme le volume atomique de l'oxygène est connu, on peut facilement calculer quel serait le volume caractéristique de la houille si on éliminait l'oxygène, sans changer la structure du squelette.

L'aromaticité mesurée permet ensuite de calculer le degré de condensation des anneaux. On en

tend par là la grandeur  $i_R = 2(R - 1)/C$  qui pour le benzène a la valeur de 0 et pour le graphite la valeur de 1. En effet, entre l'aromaticité et l'indice de condensation des anneaux, il existe la relation :  $i_R = 2 - f_a - (H/C)$  qu'on peut déduire de façon purement théorique.

Les figures 12 et 13 représentent les résultats de la détermination de  $f_a$  et de  $i_R$  pour la vitrinite,

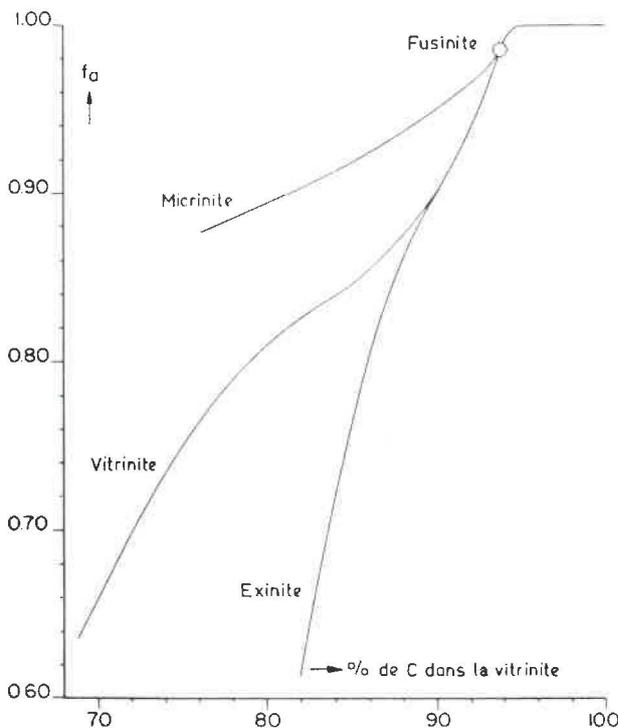


Fig. 12. — Aromaticité des différents composants de la houille.

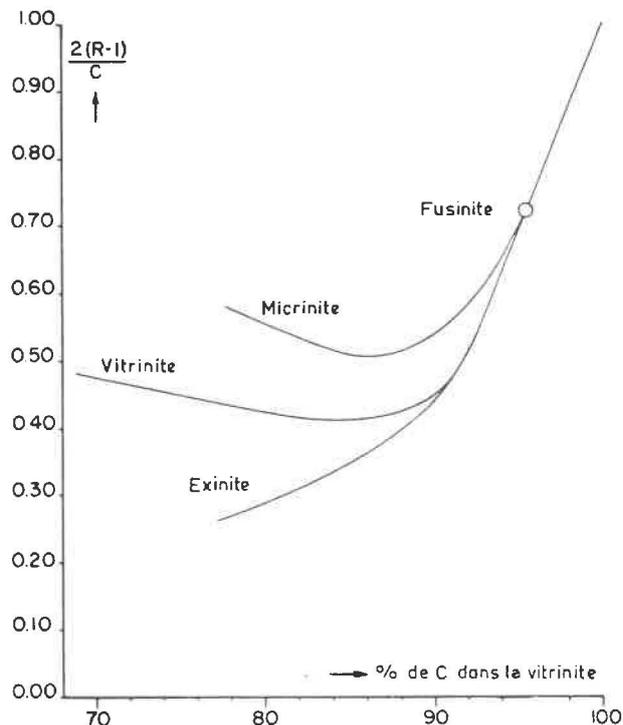


Fig. 13. — Degré de condensation des anneaux des différents composants de la houille.

l'exinite, la micrinite et la fusinite, comme fonction du degré de houillification. Dans ces diagrammes, nous prenons comme mesure du degré de houillification la teneur en carbone de la vitrinite dans le gisement de houille qui contient les différents composants.

Il est facile de dégager les conclusions intéressantes qui résultent de cet examen. L'exinite, qui provient de matière non-aromatique (cuticules de feuilles et spores), est pendant la houillification soumise à une aromatisation et une cyclisation régulières. La vitrinite qui a déjà dès l'origine un caractère aromatique (la lignine du bois est à 60 % aromatique) est pendant la houillification soumise à une aromatisation croissante : en ce qui concerne la condensation d'anneaux, elle montre d'abord une réduction puis une forte augmentation. La micrinite est, dès l'origine, plus aromatique que la vitrinite et que les autres constituants. La fusinite a une composition remarquablement constante durant toute la houillification, du lignite à l'anthracite, ce qui témoigne d'une formation particulière par suite d'une sorte de carbonisation. La fin logique de la houillification est le graphite, mais ce stade n'est presque jamais atteint.

Une autre grandeur importante liée à la structure est l'indice de réfraction, qui peut être calculé à partir de la réflexion de la lumière. A partir de l'indice de réfraction, de la densité et de la composition élémentaire, on peut calculer la *réfraction caractéristique*  $r_c$  qui se définit comme suit :

$$r_c = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{1200}{C}$$

Pour les matières non-aromatiques,  $r_c$  peut se calculer par voie additive à partir des valeurs obtenues pour les atomes constitutifs. Pour les composés aromatiques, on trouve une valeur plus élevée de  $r_c$  et il semble que la différence  $\Delta r_c$  soit une mesure du nombre d'atomes de C aromatiques qui se sont composés en un système d'anneaux condensés. Pour l'anneau de benzène,  $\Delta r_c$  est environ de 0,9. Pour un système de 5 anneaux condensés, cette valeur monte jusqu'à 1,6 environ, elle baisse ensuite jusqu'à 0 pour le graphite. Cette méthode optique nous permet de mesurer les dimensions des systèmes aromatiques sans nuire à la structure originale de la houille.

La figure 14 en représente les résultats. Pour l'exinite, le système condensé est, jusqu'à un degré assez élevé de la houillification, très petit (1 anneau) mais il s'accroît ensuite rapidement; pour la vitrinite d'un bas degré de houillification (75 % de C), le « cluster » aromatique (groupelement condensé) n'a que 14 atomes de C, c'est-à-dire 3 anneaux environ, dimension qui augmente constamment avec la houillification croissante;

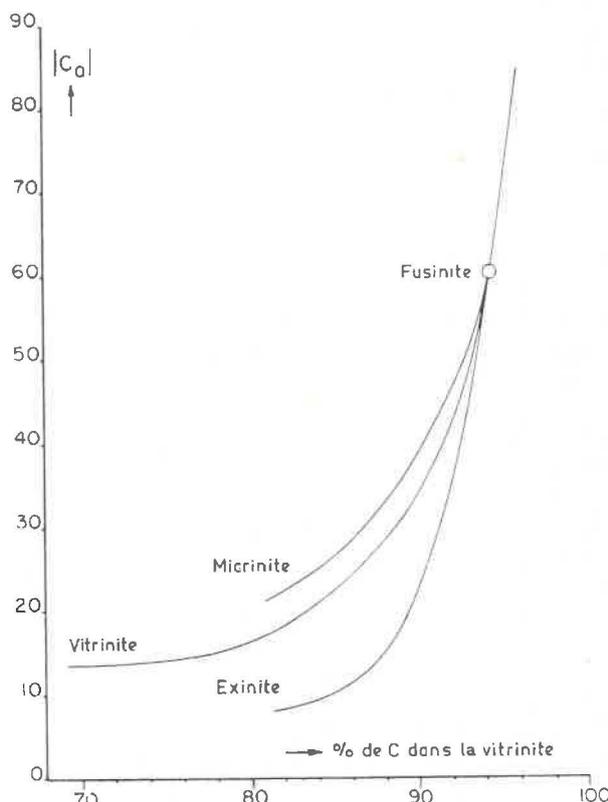


Fig. 14. — Dimensions des « clusters » aromatiques dans les différents composants de la houille.

quand le degré de houillification dépasse les 93 % de C, il se développe jusqu'à de très grandes dimensions. Pour la fusinite, le « cluster » aromatique est de 60 atomes de C environ.

Vous voyez que nous avons ainsi réalisé une image assez nette de la structure de la houille. De plus, il y a des symptômes qui révèlent que les « clusters » aromatiques de la houille se sont, par suite de structures en pont de  $-C-C-$  et de  $-C-O-$ , soudés l'un à l'autre et présentent une sorte de structure polymère, si bien que le poids moléculaire moyen probable est de 1 500 à 3 000.

#### Fabrication du coke.

L'image de la structure nous permet maintenant de comprendre la conduite différente des houilles en cas de chauffage. Le fait que les macéraux micrinite et fusinite ne ramollissent pas est dû à la grandeur de leurs « clusters » aromatiques, celle-ci engendre des forces de cohésion extrêmement fortes si bien qu'on ne constate pas de phénomènes de « fusion » pendant la pyrolyse. Indépendamment du stade de houillification, la micrinite et la fusinite se conduisent comme des matières inertes. L'exinite, par contre, a des « clusters » aromatiques très petits et est relativement riche en hydrogène.

Au cours de sa pyrolyse, elle passe toujours par un état plastique et les produits de sa décomposition ont un poids moléculaire tellement bas qu'ils s'éliminent par distillation. Telle quelle, l'exinite est trop volatile pour servir d'élément de cokéfaction mais, en mélange avec la vitrinite, elle peut, par solution mutuelle, fournir une meilleure plastification de la masse fondue.

*L'élément de cokéfaction par excellence est la vitrinite mais seulement dans un trajet limité de houillification, à savoir entre 17 et 36 % de matières volatiles. A l'intérieur de cette zone, les propriétés cokéfiantes sont très variées.*

La production du coke de bonne qualité dépend des paramètres suivants :

- le degré de plasticité qu'on réalise par le ramollissement (mesurable à partir de degré de gonflement)
- la longueur du trajet plastique (en °C)
- la position de la température de resolidification (en °C)
- la vitesse de contraction immédiatement après la resolidification (en %/°C).

Les études effectuées en France ont fortement accentué l'importance des deux dernières grandeurs, qui déterminent la formation des fissures dans le coke.

Le dilatomètre permet de suivre les quatre propriétés susdites. Un bon mélange de charbons à coke présente, en cas d'un trajet plastique de plus de 100° C, une dilatation de 50 % environ, une température de resolidification de plus de 480° C et un coefficient de contraction aussi petit que possible, après la resolidification ( $< 7 \times 10^{-4}$ ).

La figure 15 représente l'évolution de ces quatre paramètres principaux pour la série des vitrinites. Il est évident que lesdits critères ne sont pas concordants et qu'ils sont même dans une certaine mesure contradictoires. Un compromis conduit à la valeur optimum de 24 % de composants volatils; voilà le charbon à coke par excellence.

Cependant, un seul type de vitrinite n'a jamais une conduite optimum dans le four à coke. Quand les particules de houille ont toutes les mêmes températures de ramollissement et de resolidification, la pression de gonflement augmente dangereusement. C'est pourquoi il convient de mélanger les charbons.

*Il s'est avéré qu'il faut s'efforcer d'atteindre, par mélange, la courbe optimum de répartition des espèces de vitrinite selon leur degré de houillification.* La figure 16 représente les dilatations maxima d'un nombre de mélanges de vitrinite qui ont tous le même indice de matières volatiles, mais présentent une courbe de répartition différente selon l'espèce de houille. Il est visible que les dilatations sont très différentes. Les mélanges optima ont une dilatation  $b$  de 50 % environ.

*Il importe donc grandement de disposer d'une méthode d'analyse rapide pour les mélanges de charbons à coke selon leur degré de houillification.* Nous l'avons trouvée en appliquant des mesures de réflexion. La figure 17 représente les pouvoirs réflecteurs de la vitrinite immergée dans de la glycérine. Elle donne également le pouvoir réflecteur du brai qui est égal à celui de la houille contenant 21 % de matières volatiles. En enrobant un mélange de grains de houille dans du brai, on constate immédiatement quelles parties contiennent moins de 21 % de matières volatiles et quelles parties en contiennent plus (Celles-ci sont plus noires que le brai). On peut augmenter assez net-

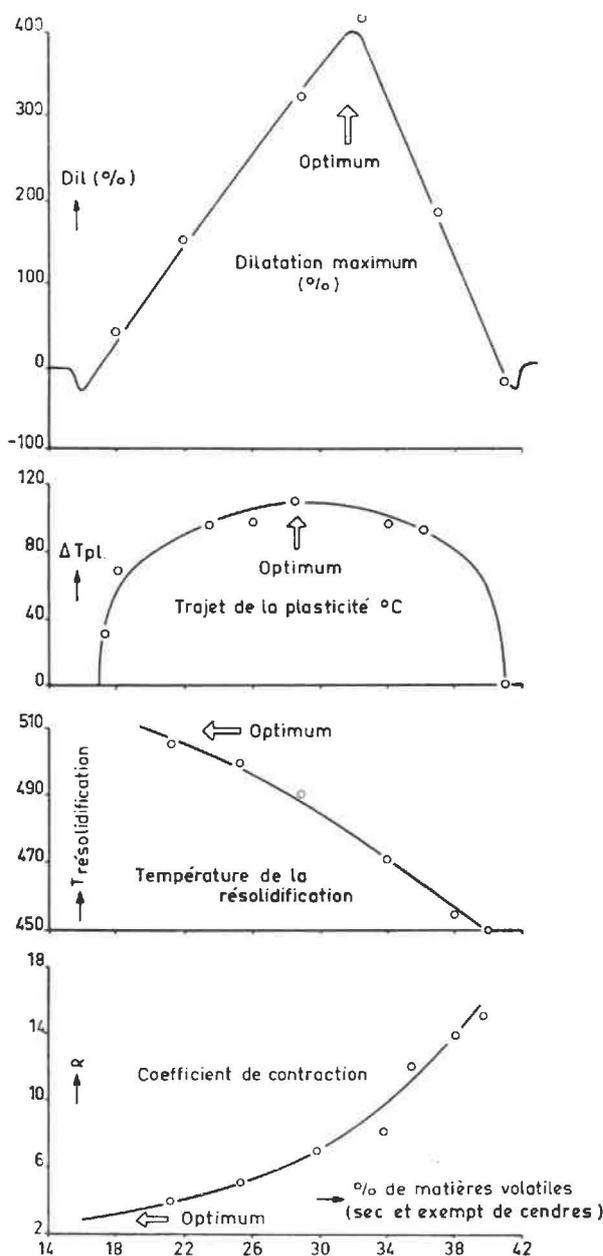


Fig. 15. — Les paramètres principaux pour la cokéfaction. Série des vitrinites.

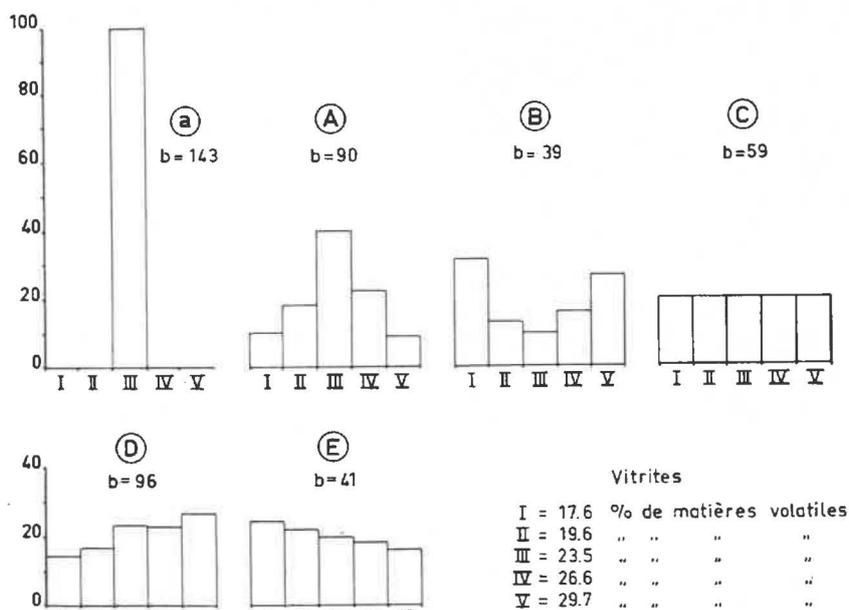


Fig. 16. — Dilatométrie de mélanges.

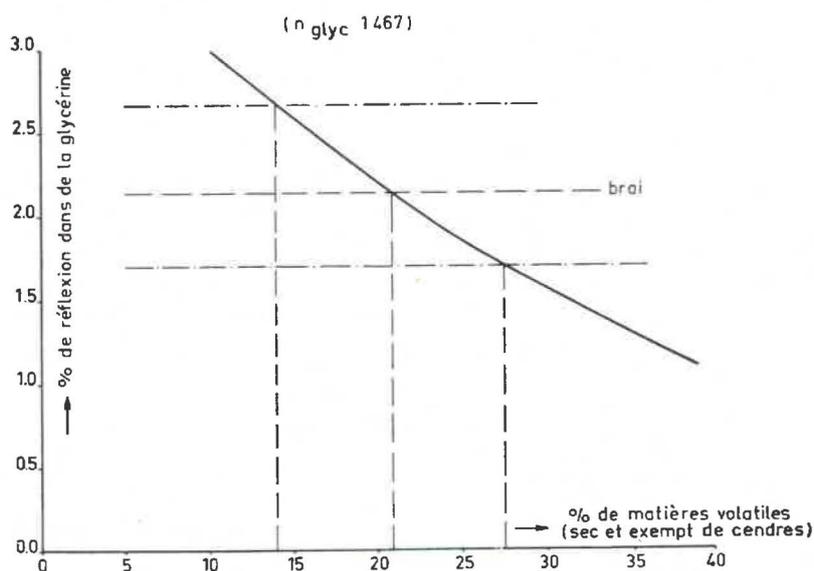


Fig. 17. — Pouvoir réflecteur dans la glycérine en fonction du degré de houillification.

tement les possibilités distinctives en mettant, dans le champ de l'image du microscope, une plaque de verre dont une moitié absorbe 20 % de lumière de plus que l'autre moitié. Quand la réflexion de lumière du brai baisse de 20 %, elle correspond à celle d'une houille de 28 % de matières volatiles. La situation est donc celle reproduite à la figure 18 a. Si une particule de houille se trouve dans la moitié I du champ visuel, on peut la comparer avec la masse de brai qui, en I, correspond à une vitrinite de 21 % de matières volatiles et, en II, à une vitrinite de 28 % de matières volatiles. En regardant par contre le grain de houille dans la moitié du champ visuel II (fig.

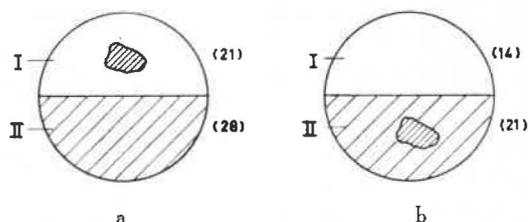
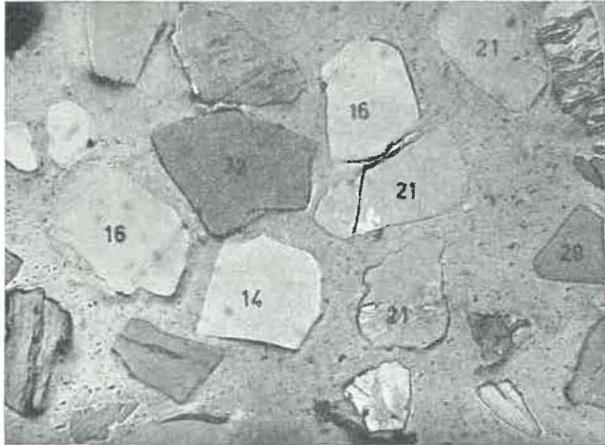


Fig. 18. — Méthode de détermination du degré de houillification au moyen du pouvoir réflecteur.

18 b), le brai en I et en II représente des matières de comparaison correspondant respectivement à des vitrinites de 14 et de 21 % de matières volatiles. En mettant la houille successivement en I et en II, on dispose donc effectivement de 3 matières



de comparaison correspondant à 14, 21 et 28 % de matières volatiles. Ceci permet de déterminer à quel degré de houillification appartient une particule de houille. C'est ainsi qu'on peut déterminer assez exactement la courbe de répartition selon le degré de houillification dans n'importe quel mélange de charbons à coke produit par une mine quelconque. La figure 19 représente une microphotographie d'un mélange de charbons à coke ainsi caractérisés, selon leurs degrés de houillification.

Fig. 19. — Grains de degrés de houillification différents dans un mélange de charbons à coke.

## VISITE DU LABORATOIRE CENTRAL

Après l'allocution du Dr. van Krevelen, les délégués de la Commission de Valorisation du Charbon ont effectué une visite rapide des principaux services du laboratoire central.

Ce laboratoire, dont les premiers locaux furent inaugurés en 1940, occupe une dizaine de bâtiments construits, pour la plupart, en béton armé et dont les plus importants comptent quatre étages; l'ensemble des constructions et des terre-pleins intercalaires s'étend sur une surface de plusieurs hectares.

Les services de recherches et les services auxiliaires occupent actuellement 650 personnes, dont 75 universitaires et environ 300 analystes, techniciens et laborants.

Le tableau I donne une idée de l'organisation de la recherche. A l'heure actuelle, environ 15 % de l'activité sont orientés vers le secteur des combustibles, 55 % vers le secteur des produits chimiques, les 30 % restants étant partagés entre la recherche fondamentale et le secteur Contrôle et Analyse.

Compte tenu des frais de fonctionnement des usines pilotes, le budget annuel consacré aux recherches atteint, dans le secteur chimique des Mines d'Etat, le total d'environ 5 % du chiffre d'affaires.

Au cours de leur visite, les délégués ont pu se rendre compte de l'importance de l'équipement

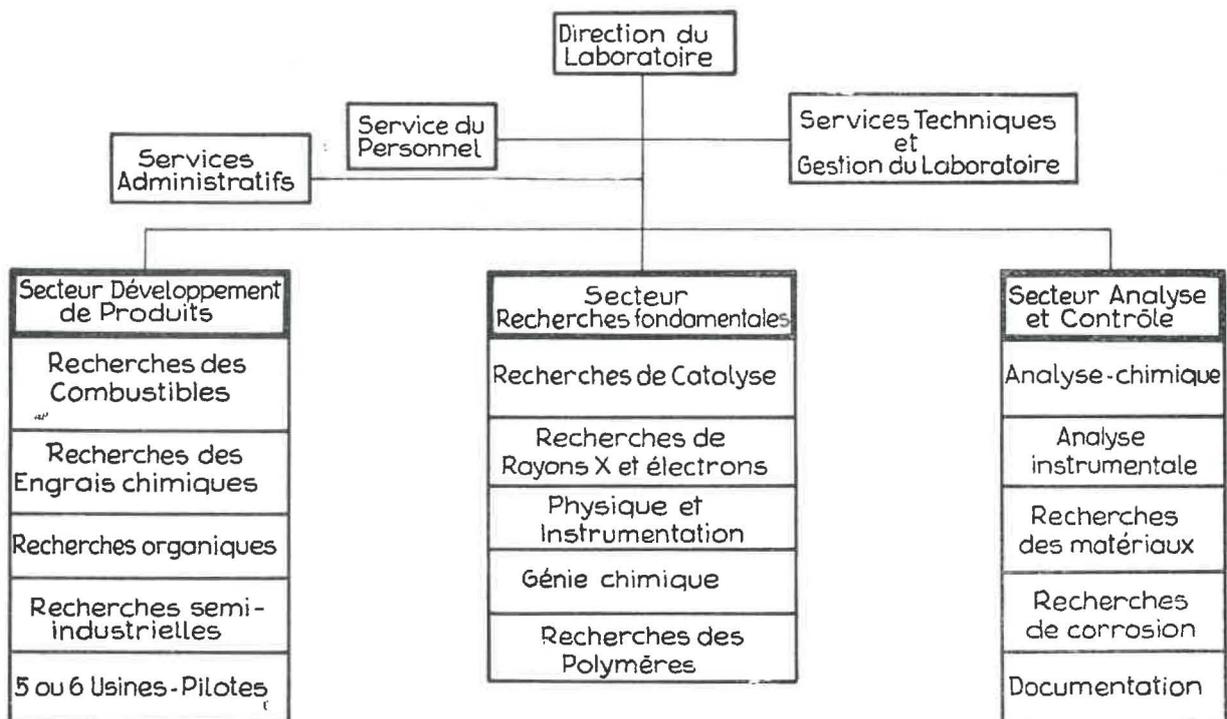


TABLEAU I.

technique et scientifique des différentes sections du laboratoire. Parmi celles-ci on peut citer :

- la section des rayons X avec son microscope électronique et ses appareils d'étude radiocristallographique par diffraction des rayons X et par diffraction d'électrons;
- la section des recherches de catalyse avec ses thermobalances, ses balances à fils de quartz et son appareillage d'étude des isothermes d'adsorption;
- le hall d'essais et de contrôle des matériaux avec ses diverses machines d'essais de traction, de flexion ou de compression;
- le hall des recherches semi-industrielles où s'effectuent les études chimiques qui ont dépassé le stade du travail « in vitro »;
- le laboratoire d'étude et de contrôle des charbons avec ses équipements d'analyse élémentaire et immédiate, ses plastomètres, ses appareils de distillation et d'étude des sous-produits et son petit four de carbonisation à l'échelle de 5 kg;
- le laboratoire de pétrographie avec son équipement de microscopes et de polisseuses;
- le hall pour l'étude des hautes pressions;
- l'atelier de mécanique et toute sa variété de machines-outils;
- le laboratoire d'étude des flammes de gaz avec ses photomètres;
- la bibliothèque, l'atelier de soufflage de verre et l'atelier de fine mécanique chargé de la fabrication des instruments de contrôle et de mesure.

## II. — LES USINES CHIMIQUES DES MINES D'ETAT

### L'INDUSTRIE CHIMIQUE DES MINES D'ETAT

par Ir. J. P. M. van WAES

L'historique de la création et du développement de l'industrie chimique des Mines d'Etat a fait l'objet d'un article, publié en juin 1955, dans le *Journal of the Institute of Fuel* (\*). Cet historique s'arrête en automne 1954, époque de la mise en marche de la nouvelle cokerie Emma.

Comme il n'y a pas eu d'arrêt dans le développement, nous examinerons plus particulièrement, dans ce qui suit, l'évolution qui s'est produite au cours des deux dernières années, afin d'arriver à une idée exacte de la situation actuelle.

#### *Fabrication de coke.*

Fin 1954, la quantité de charbons traitée dans les deux cokeries des Mines d'Etat se montait à un total de 10 000 tonnes par jour : 2 300 tonnes dans les deux batteries de la nouvelle Cokerie Emma et 7 700 tonnes dans les huit batteries de la Cokerie Maurits.

A la suite de l'extension de la Cokerie Emma, dont nous parlerons tout à l'heure, la quantité de charbons traitée s'élève actuellement à 10 900 tonnes par jour, dont 4 600 tonnes à la Cokerie Emma.

Par contre, la quantité traitée à la Cokerie Maurits a été graduellement diminuée jusqu'au niveau

de 6 300 tonnes par jour, cette quantité étant actuellement traitée dans six batteries.

Les deux plus vieilles batteries, système Coppée, datant de 1929, ont été arrêtées et démolies au cours des années 1955-1956.

Des six batteries encore en service, deux sont du type Coppée datant de 1929, deux du type Otto de 1934, une du type Koppers de 1938 et une du type Wilputte de 1949. Dans le courant de l'année prochaine, deux nouvelles batteries du type Otto seront construites à l'endroit où se trouvaient les anciennes batteries Coppée; ensuite, les deux plus anciennes batteries, encore actuellement en service, seront également arrêtées.

L'exploitation de la nouvelle Cokerie Emma a été commencée en automne 1954 avec deux batteries Wilputte. Fin 1954, la quantité totale de charbon traitée dans ces deux unités était de 2 300 tonnes par jour; dans le courant de 1955, elle a été augmentée jusqu'à environ 3 100 tonnes. Dans la période 1955/1956, une troisième batterie Wilputte a été livrée, laquelle a été mise en marche en octobre 1956.

Depuis lors, la quantité de charbon traitée a été augmentée graduellement jusqu'à 4 600 tonnes par jour.

A raison d'une production de coke d'environ 760 kg par tonne de charbon traité, la production

(\*) The Chemical Industry of the Dutch State Mines, par J.P.M. van WAES.

journalière de coke est donc voisine de 8 300 tonnes, soit plus de 3 millions de tonnes par an.

La production comprend 60 % de coke métallurgique (> 90 mm), 35 % de classés de moindre dimension, répartis en cinq catégories et 5 % de déchets.

En 1956, la production totale de 2,95 millions de tonnes a été écoulee comme suit :

consommé dans notre propre entreprise	8,7 %
vendu à l'intérieur du pays	49,6 %
exporté dans les pays de la C.E.C.A.	25,1 %
exporté dans des pays tiers	23,6 %

#### Fabrication et vente de gaz.

A un enfournement de 10 900 tonnes par jour correspond une production de gaz de four à coke de 145 000 m<sup>3</sup> par heure. Les installations de production de gaz de chauffage ont une capacité suffisante pour permettre d'éviter complètement l'emploi du gaz de distillation pour le chauffage des fours. Ainsi, le gaz de four à coke est entière-

ment disponible pour la préparation d'engrais azotés et pour les usages domestiques et industriels.

Une quantité d'environ 60 000 m<sup>3</sup>/h est traitée dans nos propres usines, presque entièrement pour la préparation d'engrais azotés. Le reste, soit 85 000 m<sup>3</sup>/h, est disponible pour la vente.

Pendant la période de forte gelée de février 1956, plus de 60 000 m<sup>3</sup>/h de gaz de four à coke ont été livrés, en moyenne, pendant plusieurs jours, au réseau de transport de gaz de la Hollande méridionale, tandis qu'une quantité supplémentaire de 10 000 m<sup>3</sup>/h était livrée à l'Allemagne.

En fait, par suite des fluctuations des besoins, au cours des 24 heures, les charges horaires maximales ont été encore beaucoup plus élevées.

Fin 1954, la capacité du réseau de transport, avec la suppression de 7 atm appliquée jusqu'alors, était complètement utilisée en période d'hiver. Depuis lors, il est devenu nécessaire de relever les pressions afin de pouvoir satisfaire à la demande.

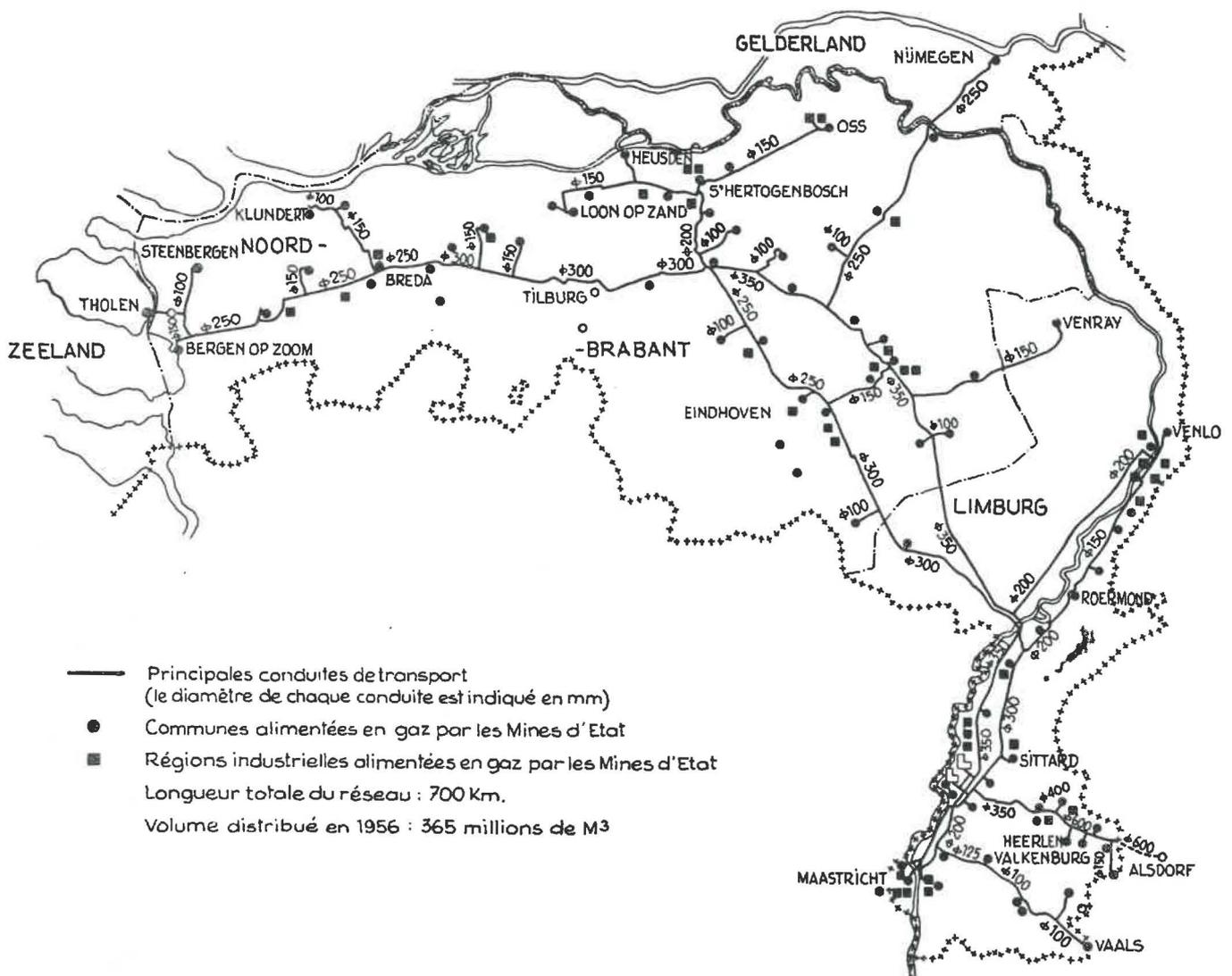


Fig. 20. — Plan du réseau de distribution de gaz à longue distance.

En prévision de cette situation, les conduites principales posées après 1945 avaient été conçues pour l'application de pressions pouvant atteindre 32 atm en sorte qu'il a suffi de renforcer les compresseurs. Durant la saison de 1954/55, deux de ces machines ont été mises en marche, chacune d'une capacité de 25 000 Nm<sup>3</sup>/h pour des surpressions allant de 7 à 24 atm; fin 1956, une troisième unité du même type a été mise en service et une quatrième est actuellement en construction.

Les quantités de gaz livrées annuellement pour les usages domestiques et industriels ont varié comme suit :

1954	311 millions de m <sup>3</sup>
1955	333 millions de m <sup>3</sup>
1956	365 millions de m <sup>3</sup>

La figure 20 montre l'extension du réseau à haute pression dont la longueur totale atteint actuellement 750 km.

#### Traitement du goudron et du benzol.

Dans le cadre des renouvellements à réaliser à la cokerie Maurits, il a été décidé, il y a quelques années, de construire une nouvelle installation de distillation pour le traitement du goudron des deux cokeries.

Cette installation, du type Wilton, sera mise en marche d'ici quelques mois. Elle pourra traiter 300 tonnes de goudron brut par jour et décomposer celui-ci en un grand nombre de fractions de haute pureté.

L'usine de distillation et de raffinage du benzol, achevée en 1954 à la cokerie Emma, a une capacité d'environ 100 tonnes par jour; elle traite le benzol des deux cokeries et donne entière satisfaction.

Nous mentionnerons encore l'introduction d'une nouvelle méthode de désulfuration du benzène, qui nous permettra à l'avenir de livrer, suivant la spécification « Benzène-H », un produit ne contenant plus que des traces de soufre.

#### Préparation d'engrais azotés.

La préparation d'ammoniaque partant du gaz de four à coke a été maintenue pendant les dernières années à un niveau constant de 80 000 à 90 000 tonnes d'azote par an.

A côté de cette méthode classique, nous avons introduit depuis 1949 un procédé continu de gazéification de coke par un mélange de vapeur, d'air et d'oxygène dans des générateurs à grille rotative.

Ce procédé a entièrement répondu à notre attente et nous lui avons donné, au cours des deux dernières années, une extension importante. La capacité de production annuelle a été augmentée

jusqu'à environ 90 000 tonnes d'azote combiné de sorte qu'il nous est maintenant possible de produire au total environ 180 000 tonnes d'azote par an.

En ce qui concerne les méthodes appliquées, mentionnons encore ce qui suit.

Depuis 1952, les Mines d'Etat disposent, sur le carreau de la nouvelle Cokerie Emma, d'une usine d'oxygène fonctionnant suivant le principe Linde-Fränk, une capacité de 450 tonnes d'oxygène brut par jour.

Cet oxygène est en partie utilisé comme indiqué ci-dessus pour la production de gaz de synthèse en vue de la fabrication d'ammoniaque; le reste sert à la gazéification de coke dans des générateurs à fusion de cendres, pour l'approvisionnement en gaz de chauffage des fours à coke.

Depuis peu, on utilise aussi l'azote brut venant de l'usine d'oxygène. Celui-ci est transporté par des conduites à l'usine d'azote, où il subit une épuration chimique, qui le rend propre à la fabrication d'ammoniaque. On réalise ainsi une importante économie d'énergie par rapport aux méthodes usuelles d'extraction de l'azote de l'air par voie physique.

Le supplément d'ammoniaque produit sera utilisé principalement pour la fabrication d'urée; à cet effet, une usine d'une capacité de 55 000 tonnes d'urée par an a été construite au cours des deux dernières années.

Notre capacité annuelle de production pour les différents produits finis est actuellement la suivante :

nitrate d'ammonium amendé de chaux	500 000 t
phosphate-ammono-salpêtre	120 000 t
nitrate de chaux	60 000 t
urée	55 000 t
sulfate d'ammoniaque	grande capacité; mais production actuellement limitée à environ 100 000 t

#### Fabrication de produits organiques.

La fabrication de caprolactame, matière première pour la préparation de fils et de fibres synthétiques, est en ce moment l'élément le plus important et le plus marquant de ce secteur. Après qu'en 1952 on eut entamé la fabrication de ce produit, on a pu réaliser encore différentes améliorations relatives tant à l'emploi des matières premières et auxiliaires qu'à la qualité du produit. En même temps, on a réalisé des augmentations de capacité à différents stades du processus. Grâce à ces mesures, la capacité de production a été graduellement augmentée jusqu'au niveau actuel de 20 tonnes par jour.

Les différentes matières premières et auxiliaires qui sont nécessaires à la fabrication de caprolactame, telles que : hydrogène, ammoniaque, acide

nitrique, bioxyde de soufre et oléum, sont toutes livrées par l'usine d'azote.

A part la fabrication de caprolactame, nous avons entamé dans nos usines pilotes la préparation du sel de nylon qui est également une matière première pour les fils et les fibres synthétiques.

Comme le caprolactame, le sel de nylon compte parmi les polyamides. Pour ce produit aussi, le phénol sert de matière première ainsi que différents produits chimiques provenant de l'usine d'azote.

La capacité de l'usine d'anhydride phtalique est maintenue au niveau de 1954, à savoir à 2 000 tonnes par an.

L'alcool éthylique et l'éther éthylique, qui sont fabriqués à partir de la fraction d'éthylène à 45 %, fraction que l'on obtient pendant la préparation de l'ammoniaque à partir des gaz de fours à coke, trouvent un débouché tel que l'usine d'alcool marche continuellement à pleine capacité.

Actuellement, des préparatifs sont en cours pour la préparation d'un nouveau produit : le polyéthylène, à base d'éthylène. Sous peu, une usine pilote sera achevée pour la préparation de ce produit, suivant le procédé du Prof. Ziegler (procédé à basse pression). Une installation technique est déjà en voie de construction et sera achevée vers la fin de 1958.

\* \* \*

L'exposé de M. van Waes a été accompagné de la projection de nombreuses figures et diagrammes relatifs à l'évolution de la production des produits chimiques dans les usines dépendant des « Staatsmijnen ». Deux de ces diagrammes, reproduits aux figures 21 et 22, illustrent particulièrement bien le magnifique essor de cette industrie dérivée de la houille.

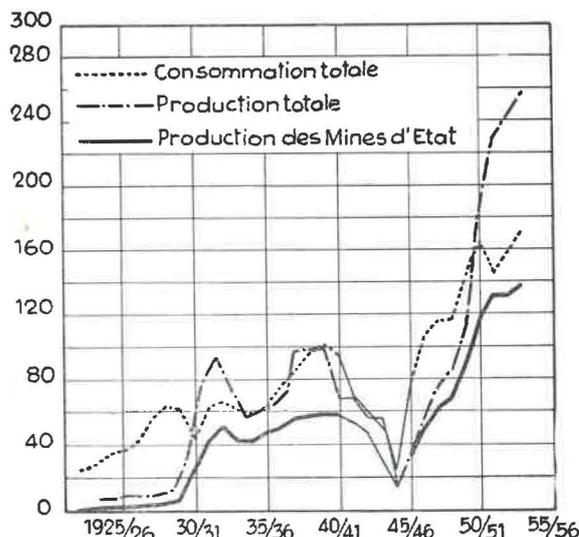


Fig. 21. — Production et consommation d'engrais azotés aux Pays-Bas (en milliers de tonnes d'azote par an).



Fig. 22. — Main-d'œuvre totale du département chimique des Mines d'Etat.

### VISITE DES USINES CHIMIQUES ET DE L'USINE PILOTE DE PRODUCTION DE CARBURE DE CALCIUM

Les délégués de la commission internationale ont eu le loisir d'apprécier l'ampleur des réalisations des Mines d'Etat Néerlandaises, dans le domaine de la valorisation chimique de la houille, au cours d'une promenade en autocar sur le territoire des usines chimiques. Ces usines s'étendent sur une superficie de près de 80 hectares, découpée par un quadrillage d'avenues. Tout le long de celles-ci, des rangées de poteaux en béton armé de modèles standardisés servent de support aux innombrables conduites qui relient entre elles les différentes unités.

Au cours d'une halte, les délégués ont visité l'usine pilote de production de carbure de cal-

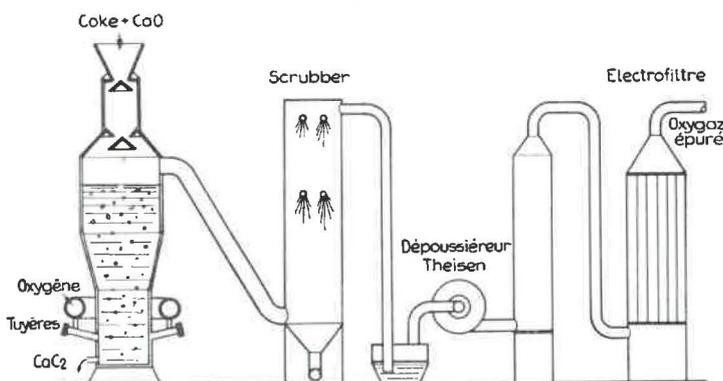


Fig. 23. — Schéma de principe de l'usine pilote de production de carbure de calcium.

cium. Cette installation, schématisée à la figure 23, comporte essentiellement un gazogène à fusion de cendres avec les divers accessoires nécessaires à l'épuration du gaz.

Un mélange de coke et de chaux en proportions convenables est introduit au sommet du gazogène par un dispositif de sas de type classique.

La gazéification est réalisée par insufflation d'oxygène à travers une couronne de tuyères disposées à la base de l'appareil; vis-à-vis de ces tuyères, la combustion partielle de la charge porte la température au niveau de 3 000° C. Dans cette zone à très haute température se produit la réduction de l'oxyde de calcium par l'excédent de carbone de la charge, tandis que dans le haut de la cuve se déroulent les réactions classiques de ga-

zéification. Le carbure formé est coulé de façon intermittente par un trou de coulée situé à la base de l'appareil.

Aucun réfractaire n'est prévu dans la zone à très haute température, la scorie figée, au contact d'un water-jacket, tenant lieu de réfractaire.

Le développement du procédé permettrait d'obtenir une grande quantité de carbure impur d'un prix de revient remarquablement bas et pourrait donner naissance à une nouvelle industrie chimique basée sur l'acétylène.

La même installation peut d'ailleurs être utilisée à d'autres fins et servir à la production jumelée d'oxygaz et de ferro-silicium, moyennant une modification adéquate de l'alimentation du gazogène.

### III. — LA COKERIE MAURITS

#### EXPOSE SUR LE FOUR A PAROI MOBILE

par Ir. J. EX

L'expérience acquise par différentes cokeries a démontré que les parois des fours à coke peuvent être gravement détériorées par suite des pressions de gonflement qui se produisent durant la carbonisation.

En 1930 et 1931 déjà, nous avons constaté nous aussi des déformations de parois dues au gonflement des charbons. Plusieurs fours qui n'avaient fonctionné que pendant une année durent être mis hors service, tandis que d'autres ne se laissaient défourner qu'à un ampérage très élevé.

Après défournement, nous constatons une flexion des parois. La qualité des charbons et leur densité de chargement y jouaient un rôle prépondérant.

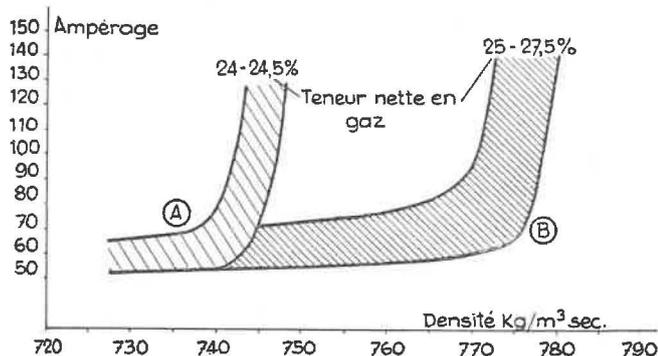


Fig. 24. — Influence de la densité de chargement sur l'ampérage nécessaire au défournement.

La figure 24 montre en premier lieu quelles grandes variations de densité de chargement étaient possibles à l'époque; conséquence du fait que les charbons étaient traités tels quels, sans homogénéisation ni broyage. Il apparaît ensuite que l'influence de la densité sur l'ampérage de défournement est faible, tant qu'une certaine valeur critique n'est pas dépassée. Par contre, au-dessus de cette valeur critique se manifeste une rapide augmentation.

La valeur critique de la densité ne dépend que peu de la teneur en matières volatiles, à condition qu'elle soit supérieure à 25 % (Voir B). Si l'indice de matières volatiles diminue jusqu'en dessous de 25 %, la densité admissible est tout au plus de 740 kg/m<sup>3</sup>/sec (Voir A). Il est intéressant de noter que « the Pontypridd Test Plant Committee » a conclu lui aussi que les charbons anglais d'une teneur en matières volatiles inférieure à 25 % sont considérablement plus dangereux que ceux d'une teneur supérieure à 25 %.

La figure indique en plus que la densité à laquelle l'ampérage augmente par suite d'une déformation de la paroi est assez exactement définie. Ces données nous permettaient de fixer le remède exact, à savoir : « maintenir la densité en dessous de la valeur critique, c'est-à-dire en dessous de 740 kg/m<sup>3</sup> sec ».

Ceci nécessitait le broyage des charbons, mais les broyeurs n'étaient pas immédiatement dispo-

nibles, en sorte que l'application de cette mesure demandait de longs délais. Suivant le schéma de défournement et de remplissage utilisé, à l'époque, à la cokerie Maurits, les fours juxtaposés se trouvaient dans une phase de carbonisation tout à fait différente; il y avait des différences de phase de 9 et de 15 h et les parois des fours montraient une convexité toujours dans le même sens.

C'est pourquoi nous avons établi un schéma de remplissage et de défournement dans lequel ladite différence était réduite à 1 1/2 h au maximum, en sorte que les pressions de gonflement se produisent à la fois des deux côtés de la paroi.

L'application de ce schéma eut un effet remarquable. Lors du passage au nouveau schéma, l'ampérage moyen nécessaire au défournement diminua rapidement (fig. 25). Il fut même possible de remettre en service les fours déjà arrêtés.

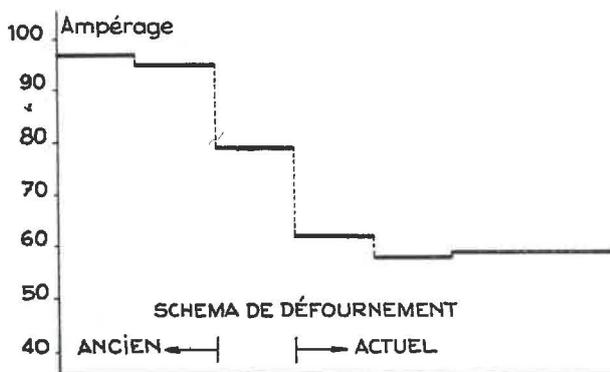


Fig. 25. — Réduction de l'ampérage à la suite de la modification du schéma de défournement.

Au moment où les broyeurs furent disponibles, nous avons pu réduire la densité jusqu'en dessous de la valeur critique en assurant ainsi une sécurité supplémentaire (fig. 26). Les données de cette figure sont relatives à des charbons d'une teneur en matières volatiles de 24 — 24,5 %.

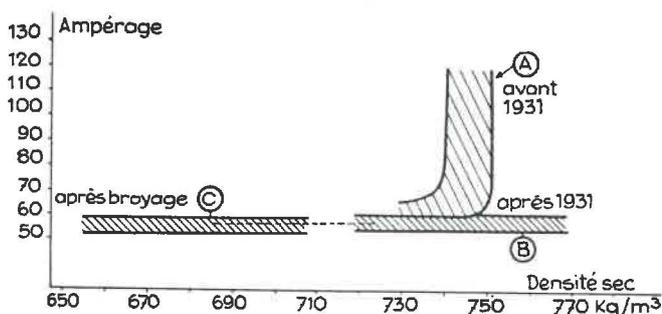


Fig. 26. — Evolution de l'ampérage de défournement avec les conditions d'exploitation pour un charbon à 24-24,5 % M.V.

Le groupe A des données a été obtenu pendant la période durant laquelle l'ancien schéma de défournement était encore en vigueur et le groupe B après l'application du nouveau schéma. Après la mise en marche des broyeurs, la densité se trouva

ramenée dans la région C. Depuis cette époque, nous avons traité des charbons d'une densité de  $\pm 700 \text{ kg/m}^3$  sec et les difficultés résultant de pressions dangereuses ne se sont plus manifestées.

Néanmoins, il nous faudra tenir compte du fait que des modifications dans la composition des mélanges de charbons s'annoncent par suite de l'exploitation de gisements plus profonds, par suite de la création de nouvelles houillères dans le cadre des Mines d'Etat et en raison de l'augmentation relative des quantités de charbons de provenance extérieure, par exemple dans le cadre de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier.

Il est évident qu'un choix optimum des conditions de marche n'est réalisable que par l'étude du pouvoir gonflant des divers types de charbons et de leurs mélanges.

Comme aucun appareil de laboratoire développé jusqu'à présent ne donne une idée exacte de ce pouvoir gonflant, nous sommes, à l'exemple des Etats-Unis et de l'Angleterre, passés à l'examen du gonflement à échelle semi-industrielle dans un four à paroi mobile (fig. 27).

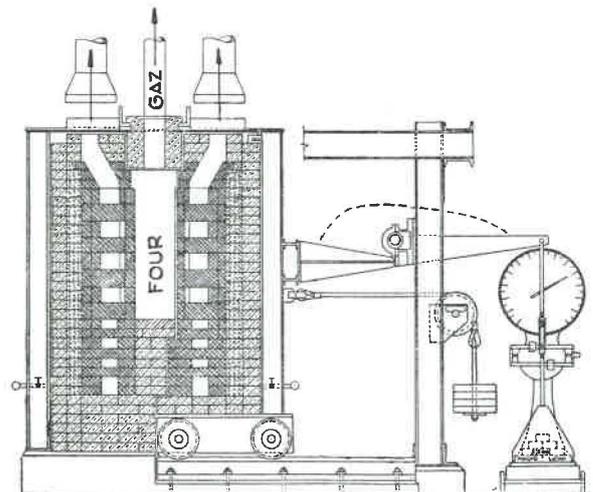


Fig. 27. — Schéma du four à paroi mobile.

La capacité du four est de  $\pm 300 \text{ kg}$ . La chambre a une largeur de 45 cm, une longueur de 77 cm et une hauteur de 95 cm. Une paroi est solidaire d'un châssis métallique équipé de roues et monté sur rails (la paroi mobile). La poussée exercée sur cette paroi est transmise à une balance, par un jeu de leviers.

Comme je viens de le dire, le facteur qui exerce une influence prédominante sur la poussée, est la densité. La figure 28 montre la corrélation entre la densité et la poussée dans le four d'essai, telle qu'elle a été déterminée pour diverses sortes de charbons. Connaissant cette influence, on voit qu'il est de grande importance d'étudier de plus près les détails de la répartition de la densité dans un four technique. C'est pourquoi nous avons con-

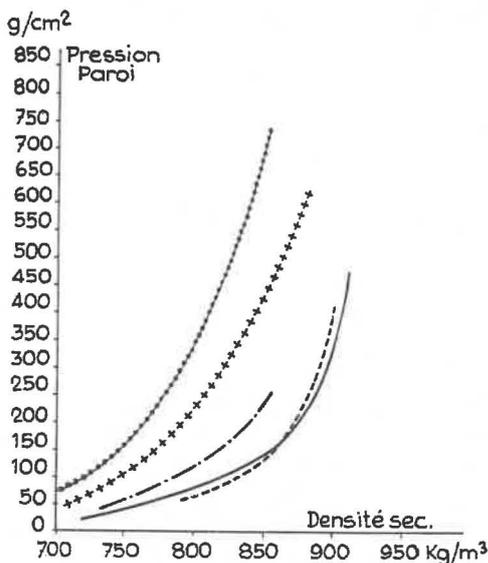


Fig. 28. — Résultats de l'essai de différents charbons au four à paroi mobile.

struit un four en bois que l'on peut remplir de façon normale à l'aide d'une enfourneuse. Les parois latérales sont pourvues d'ouvertures permettant de prendre des échantillons pour déterminer les densités locales.

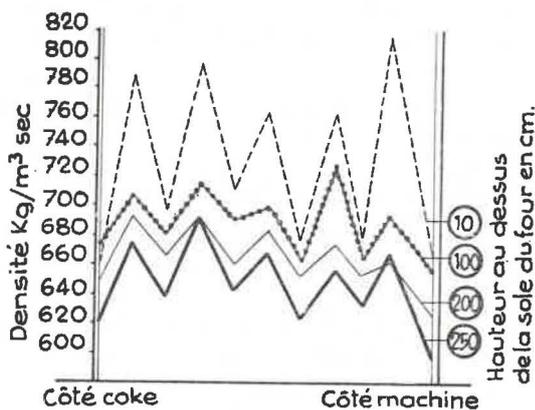


Fig. 29. — Etude de la variation des densités de chargement dans le four en bois.

La figure 29 montre le résultat de quelques mesures. Les courbes indiquent la répartition de la densité de chargement à diverses hauteurs. Nous constatons qu'en dessous des ouvertures de chargement, la densité est considérablement plus élevée qu'ailleurs et que la densité va croissant de haut en bas.

Les densités maxima dépassent parfois de 20 % la moyenne.

Une amélioration de la répartition de la densité implique que l'on peut choisir une densité moyenne plus élevée et augmenter, en conséquence, la capacité de la batterie. Dans le four en bois, nous avons étudié, en outre, différents facteurs qui permettent d'améliorer la répartition de la densité.

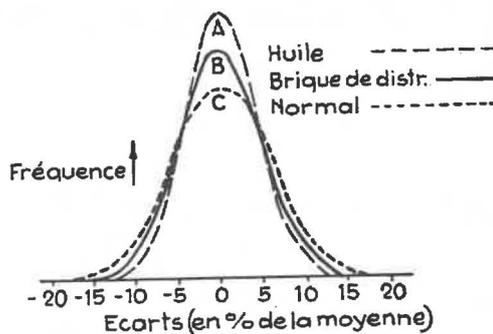


Fig. 30. — Influence de la brique de distribution et de l'addition d'huile sur la répartition des densités dans le four en bois.

La figure 30 montre l'influence des briques de distribution dont les trous de chargement de deux de nos batteries sont équipés, ainsi que l'effet d'une addition d'huile, aux charbons. Les déviations maxima, qui au départ sont de  $\pm 20\%$ , sont réduites à  $\pm 15\%$  par l'emploi de briques de distribution et à  $\pm 13\%$  par l'addition d'huile.

Restait à savoir quelle pression moyenne de paroi est admissible dans un four technique. En profitant de la nécessité de remplacer quelques batteries, il nous a été possible de remplir des fours, vieux de 30 ans, avec des charbons fortement gonflants. Ainsi nous avons pu constater qu'une pression moyenne de paroi de  $\pm 100\text{ g/cm}^2$  suffit déjà à amorcer une déformation de la paroi.

Il est curieux de constater que les composants de nos charbons à coke donnent le plus souvent une pression dangereuse, alors que les mélanges sont normalement sans danger.

Ni la teneur nette en gaz, ni l'allure du gonflement libre, ni la plasticité ou l'allure du dégagement de gaz n'ont pu donner une corrélation utilisable avec la poussée mesurée dans le four à paroi mobile. Peut-être, l'analyse du degré de houillification des composants du mélange, que nous venons d'entamer, nous permettra-t-elle d'obtenir des résultats pratiques ?

Il semble en effet que, dans un cas isolé, l'analyse de ce degré de houillification nous ait donné l'explication de la conduite d'une espèce de charbon qui, malgré sa plasticité élevée, provoquait des déformations dans un four technique.

Pour terminer, signalons encore que nous avons, en ce qui concerne le four à paroi mobile, ajusté les densités à celles que l'on trouve dans un four industriel. Cependant, en faisant cet ajustement au moyen d'un séchage plus ou moins poussé, on change le caractère de la charge, en sorte que la cuisson ne se poursuit plus d'une façon identique à celle que l'on réalise dans un four technique. Les résultats obtenus ne sont donc pas directement comparables à ceux d'une installation industrielle.

## ESSAIS DE FABRICATION D'ANTHRACITE SYNTHETIQUE AUX MINES D'ETAT

par Ir. G. KARDAUN

Depuis des années déjà, les Mines d'Etat s'occupent de la fabrication d'un anthracite synthétique. Ces recherches ont pour causes : le manque croissant de charbons domestiques en Europe occidentale et le désir de trouver un procédé de traitement des fines maigres meilleur que l'agglomération au brai, les boulets obtenus par cette dernière méthode n'ayant pas grand succès, en raison de leur dégagement de fumée.

Nous cherchons également à traiter par ce procédé, non seulement nos fines maigres, mais aussi nos charbons semi-bitumineux et nos charbons gras afin d'élargir la base de notre production, actuellement limitée à 500 000 t de fines maigres par an.

Dans notre pays, les logements sont généralement chauffés à l'aide de poêles à feu continu alimentés une ou deux fois par jour. Les noisettes d'anthracite et de charbons maigres, en particulier les braisettes III, constituent un combustible idéal pour ces poêles et, dans un appareil relativement simple, elles peuvent être brûlées avec un rendement assez élevé (70 — 80 %). Les agglomérés au brai ne sont guère utilisés, à cause de leur production de suies et de fumée qui encrassent les plaques de mica et les cheminées.

Bien que les poêles à combustibles liquides soient devenus, ces derniers temps, d'un usage courant (25 % environ des poêles vendus sont des poêles à combustible liquide), nous croyons qu'un marché assez large reste ouvert pour l'anthracite.

Le problème est donc de fabriquer, à partir de charbons donnés, un anthracite synthétique d'une grosseur voisine de celle des braisettes III.

A défaut d'un bon liant sans fumée, relativement bon marché, la seule possibilité de traitement des fines maigres réside dans l'agglomération au brai, suivie de la pyrogénéation à basse température des briquettes ainsi obtenues.

Nous avons appliqué ce procédé dans des fours Disticoke à chambres inclinées, semblables à ceux qui sont utilisés en France et en Angleterre. Notre usine pilote a un rendement de plus de 100 t par jour; elle comporte 4 groupes de 3 fours et est en service depuis la fin de 1953.

Les principaux résultats obtenus sont résumés ci-dessous. A partir de 100 t d'agglomérés au brai (à 1 % d'eau), on obtient :

	87 t de boulets carbonisés
	3 t de morceaux
et	5 t de débris

Soit au total 95 t (à 5 % d'eau).

Les caractéristiques du produit fini sont les suivantes :

poids (la pièce)	25 g
résistance à l'écrasement	250 kg
matières volatiles	5 %
teneur en cendres	5 %

Ces résultats correspondent sensiblement à ceux qui ont été signalés à la Commission lors de sa visite de l'année dernière aux grandes installations de « Phurnacite » d'Aberaman.

En traitant des charbons faiblement collants, on se heurte à de grandes difficultés, les boulets ont tendance à coller en grappes et le produit fini est fortement fissuré. En traitant des charbons semi-bitumineux contenant 14 à 16 % de matières volatiles et ayant un indice de gonflement de 1, ces difficultés deviennent insurmontables.

Nous espérons pourtant que l'utilisation d'un liant modifié permettra la valorisation des charbons de ce type. L'application d'un gaz de rinçage pendant une partie de la période de pyrogénéation s'est avérée favorable pour éviter le collage.

En suivant exactement les prescriptions, l'usine fournit un produit excellent. Cependant les possibilités des fours sont limitées, en ce qui concerne les variations de régime, et les frais de cokéfaction sont relativement élevés.

Nous avons essayé, par l'emploi d'autres types de fours, d'améliorer tant les investissements de capitaux que les frais totaux et les conditions de travail. La cokéfaction sur grille mobile nous semblait une méthode élégante permettant de carboniser les agglomérés en lit fixe et par un processus continu. Nous avons étudié plusieurs possibilités de chauffage, tant le chauffage autogène selon le procédé Shawinigan que le chauffage par radiation et par transmission de chaleur au moyen de gaz chauds. Au début, nous nous sommes heurtés à de grandes difficultés du fait qu'un chauffage trop rapide des agglomérés dans leur domaine de plasticité entraîne souvent de graves déformations (fissuration).

Par des mesures déterminées et avant tout par un réglage exact de la vitesse de chauffage, nous avons réussi à diminuer la tension du gaz dans les agglomérés pendant leur état plastique, de façon telle qu'aucune déformation ne se présentât. Les essais ont été effectués dans une petite installation expérimentale de 300 kg/h que vous allez visiter tout à l'heure, et aussi à plus grande échelle, dans un four à grille mobile qu'on a modifié dans ce but. Quant à la qualité du produit, elle

correspond à peu près à celle obtenue au four à chambres.

Dans cette installation, la cokéfaction de noisettes faiblement collantes est possible.

Nous nous efforçons aussi, depuis quelques années, de fabriquer un anthracite synthétique à partir de fines, par un procédé d'agglomération sans liant, susceptible de réduire le prix de revient par la suppression des frais de carbonisation des boulets.

Nous avons appliqué de nouveau la vieille méthode d'agglomération de mélanges chauds contenant des charbons ramollissants. On sait que les conditions de chauffage jouent un rôle très important dans ce procédé.

Par un chauffage ultra rapide des charbons ramollissants, obtenu en les mélangeant, en suspension, avec les charbons maigres, préalablement chauffés, nous avons réussi à obtenir de bons résultats.

A partir du mélange chaud, à 400° C environ, nous avons pu fabriquer des agglomérés de très

bonne qualité, tout d'abord au moyen d'une petite presse à bras, puis dans une installation expérimentale d'un rendement de 1 à 3 t/h où nous avons essayé successivement plusieurs presses jusqu'à 1 t/h.

Cette installation sera équipée prochainement de quelques presses plus grandes.

Comme charbons ramollissants, on peut utiliser des charbons gras ou demi-gras (14 à 15 % M.V.); une addition de 20 à 40 % suffit pour obtenir des agglomérés de bonne qualité. A l'aide d'un microscope, on peut constater que les charbons demi-gras manifestent eux aussi un large ramollissement par suite de la grande vitesse de chauffage.

Il va sans dire que les propriétés des agglomérés dépendent de leur composition. Généralement, on peut dire qu'ils égalent les noisettes maigres en ce qui concerne les propriétés de combustion et le dégagement de fumée, et leur résistance est au moins aussi bonne que celle des agglomérés au brai.

## VISITE DU FOUR A PAROI MOBILE ET DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'ANTHRACITE ARTIFICIEL

Comme suite aux exposés de MM. Ex et Kar-daun, les membres de la Commission ont visité l'installation de four à paroi mobile et les installations expérimentales de production d'anthracite artificiel.

Le four à paroi mobile ne diffère pas notablement de celui qui a été installé en Grande-Bretagne à la station de Pontypridd.

Les deux parois sont chauffantes, l'arrivée des gaz à la paroi mobile étant assurée par des flexibles en caoutchouc.

Le four est chargé par le haut et ne comporte qu'une seule porte latérale de défournement.

En vue d'obtenir des poussées nettement mesurables, le four travaille avec des charges sèches de densité élevée (de l'ordre de 850 kg/m<sup>3</sup>); ces conditions sont évidemment très différentes de celles des fours industriels et, de ce fait, les caractéristiques des cokes obtenus sont peu comparables.

L'installation de production de synthracite comporte 12 fours de 20 cm de largeur, identiques aux fours qui fonctionnent en Grande-Bretagne à l'installation d'Aberaman (\*).

Les boulets destinés à l'alimentation des fours sont préparés à la mine Emma et arrivent par chemin de fer; une courroie transporteuse et un élévateur à godets les amènent dans 4 trémies fixes situées au-dessus des fours.

Le chargement et le déchargement s'effectuent par gravité. La cuisson dure 4 heures et demie, à une température de parois de l'ordre de 800° C.

Les boulets carbonisés tombent dans un bac d'extinction, dans lequel ils sont abondamment arrosés; puis ils sont étalés sur une aire inclinée d'égouttage, avant d'être repris par un transporteur et rechargés sur wagons.

Le gaz de distillation rejoint les collecteurs des gaz de fours à coke de la cokerie, ce qui simplifie notablement l'installation.

L'installation d'essai de carbonisation sur grille mobile est schématisée à la figure 31.

Elle comprend essentiellement un four horizontal de 5 à 6 m de longueur et de 50 à 60 cm de largeur. La grille est constituée de petits éléments rectangulaires comportant chacun deux hauses latérales et coulissant sur deux rails fixes disposés parallèlement à l'axe du four. Un vérin à air comprimé est utilisé pour assurer la progression de la grille. Le chargement des boulets s'effectue du côté de ce vérin; à l'extrémité opposée, les éléments de grille arrivés à bout de course basculent en déversant leur chargement dans un

(\*) Le fonctionnement et la disposition de ces fours ont été décrits dans le rapport sur la 5<sup>me</sup> session de la Commission internationale de Valorisation du Charbon de la C.E.C.A. (Voir *Annales des Mines de Belgique*, mars 1956, p. 179-200).

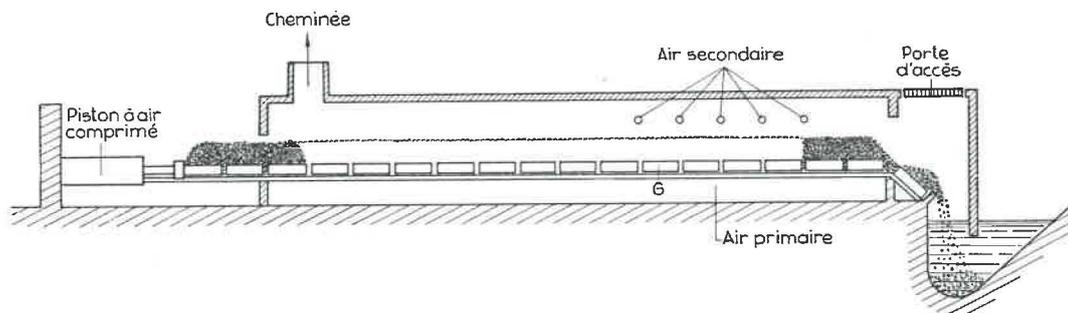


Fig. 31. — Schéma de principe de l'installation expérimentale de carbonisation sur grille mobile.

bain d'eau qui joue le rôle de joint hydraulique. Une porte d'accès permet de reprendre chaque élément de grille et de le reporter au début de l'installation.

Le chauffage du four est réalisé par la combustion des matières volatiles de la charge. La quantité d'air utilisée à cet effet est de l'ordre de  $0,7 \text{ m}^3$  par kg de boulets traités; une partie de cet air est introduit sous la grille et le restant au-dessus de la charge, pour parfaire la combustion des gaz de distillation.

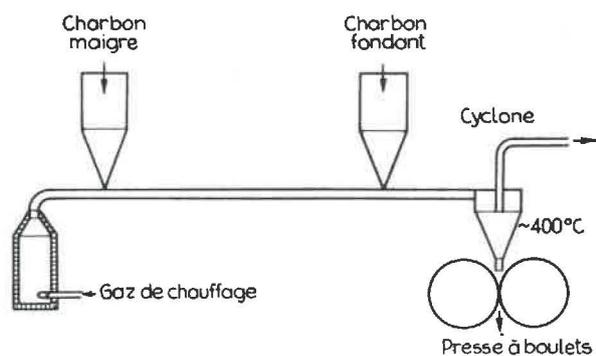


Fig. 32. — Schéma de principe de l'installation d'agglomération sans liant pour fines maigres.

*L'installation d'agglomération sans liant* actuellement en service est représentée à la figure 32.

Elle comporte essentiellement un brûleur à gaz qui fournit la chaleur nécessaire à l'échauffement du charbon, une conduite de transport pneumatique dans laquelle débouchent un alimentateur de charbon maigre et un alimentateur de charbon gras, et un cyclone qui sépare le mélange de char-

bon du gaz porteur et le déverse dans la presse d'agglomération.

Le réglage des différents débits présente une grande importance et est réalisé en utilisant des distributeurs à réglage automatique; l'installation permet d'agglomérer à volonté des fines maigres ou des déchets de coke réduits à la finesse voulue.

Une seconde installation sert à la production d'agglomérés à partir de charbons bitumineux.

La figure 33 montre le schéma de principe de cette installation.

Le charbon bitumineux est introduit dans une cuve de prétraitement où il est converti en semi-coke par une fluidisation à l'air; le semi-coke chaud ainsi obtenu est transporté pneumatiquement vers la presse à boulets. Cette fois encore, l'addition de charbon fondant est réalisée juste avant la presse et le même dispositif de cyclone est utilisé pour séparer le charbon du gaz porteur.

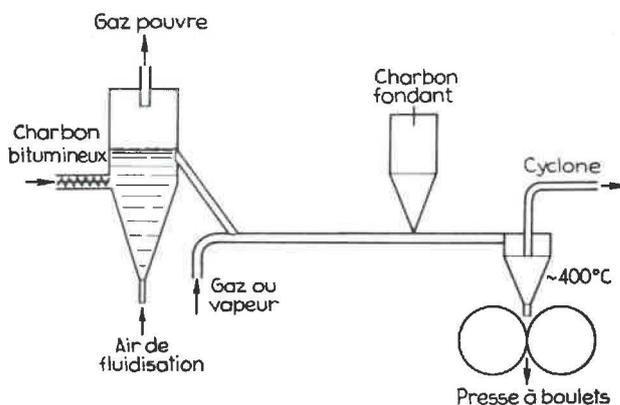


Fig. 33. — Schéma de principe de l'installation d'agglomération sans liant pour charbons bitumineux.

## IV. — LA COKERIE EMMA

Exposé par M. SAUTER

L'actuelle cokerie Emma a été mise en service en 1954; elle remplace la cokerie du même nom, qui se trouvait précédemment à Treebeek, à proximité de la mine Emma. C'est par la construc-

tion de cette dernière cokerie, mise en service peu après la première guerre mondiale, que les Mines d'Etat se sont, pour la première fois, engagées dans la voie de la valorisation des charbons.

L'installation initiale avait une capacité de traitement journalière de 800 tonnes, mais elle fut bientôt développée jusqu'à une capacité de 3 200 tonnes. En 1929 on créa, près de la mine Maurits, une seconde cokerie qui devait s'étendre considérablement au cours des années suivantes. Au début de la deuxième guerre mondiale, les deux cokeries avaient une capacité totale d'enfournement de 10 000 t/jour.

A la suite des dégâts subis durant la guerre et aussi par suite de son âge, la vieille cokerie Emma avait grand besoin d'une restauration complète. En même temps, le manque de place pour le développement des installations de surface de la mine Emma rendait très souhaitable de reconstruire la cokerie dans un autre site plus favorable. On a trouvé ce site à Beek et, de cette façon, toutes les activités des Mines d'Etat, dans le domaine de la valorisation du charbon, se trouvent concentrées à Geleen et dans ses environs immédiats (fig. 34).

quelles la place manquait ailleurs, ou encore d'installations liées aux cokeries par leur nature ou leur schéma de production.

C'est ainsi qu'une centrale thermique moderne fut construite sur le même territoire. Cette centrale est prévue pour l'alimentation en vapeur des deux cokeries, tandis que le courant produit est livré au réseau des Mines d'Etat.

Plus loin, on a construit une usine d'oxygène. Une partie de l'oxygène produit est utilisée à la préparation de gaz de chauffage et une autre partie livrée à l'usine d'azote où elle sert à la préparation de gaz de synthèse. La plus grande partie de l'azote résiduaire est également mise à la disposition de cette usine pour la préparation de l'ammoniaque.

Ce ne sont là que quelques exemples des avantages qui résultent de l'intégration des usines dans un vaste complexe. Le benzol brut est amené en conduite depuis la cokerie Maurits et raffiné en

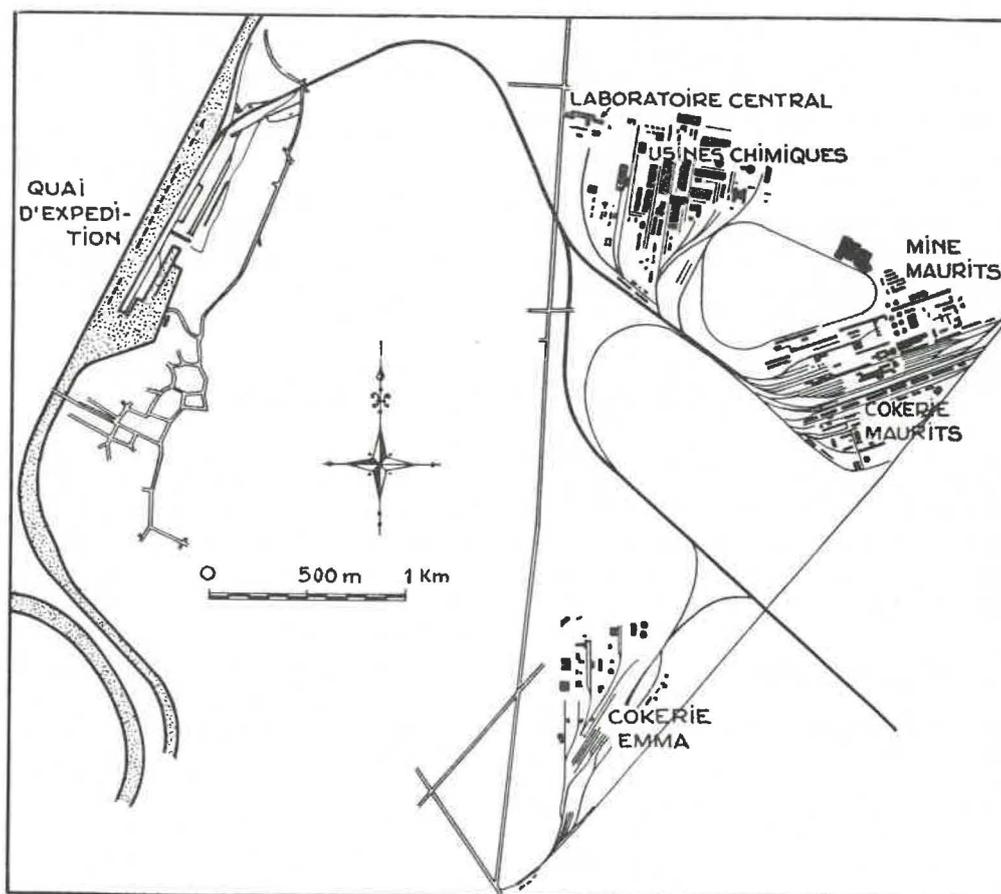


Fig. 34. — Plan d'implantation des cokeries Emma et Maurits et des usines chimiques des Mines d'Etat.

La situation choisie, au voisinage de la cokerie Maurits et de l'usine d'azote, offrait également la possibilité d'utiliser ce nouveau site pour la construction d'installations auxiliaires pour les-

même temps que celui de la cokerie Emma; réciproquement, l'acide sulfhydrique et l'acide cyanhydrique sont envoyés de la cokerie Emma à la cokerie Maurits pour la préparation d'acide sulfu-

rique concentré et de cyanure de potassium. En retour, les usines chimiques livrent à la cokerie l'acide sulfurique à 60° Baumé utilisé pour la préparation du sulfate ammonique. Cette livraison se fait encore actuellement par wagons, mais sera réalisée ultérieurement par une conduite.

Un alignement de poteaux en béton relie la cokerie Emma à la cokerie Maurits et à l'usine d'azote et sert de support à toutes les conduites qui permettent les échanges de gaz et de liquide.

L'aspect général ne rappelle guère celui d'une cokerie conventionnelle. Tous les bâtiments sont en béton et sont séparés par de larges avenues qui découpent le terrain en un grand damier.

Les installations les plus dangereuses, au point de vue de l'incendie : épuration du gaz et raffinage du benzol, sont situées dans deux compartiments voisins et on a pris soin de les séparer par un espace libre suffisant.

Une grande attention a été apportée aux installations sociales. En différents endroits sont installés des bains-douches et des salles de détente, de manière que les ouvriers n'aient qu'une courte distance à parcourir pour atteindre ces locaux. Dans une salle de réunion centrale, les ouvriers peuvent se procurer des tartines et du café et, le dimanche, ils peuvent y obtenir un dîner chaud à très bon marché.

Toute blessure est immédiatement soignée dans une infirmerie dirigée par un médecin. C'est également là que se font les examens d'embauchages

et les examens périodiques des personnes occupées à des travaux peu salubres.

En conclusion de cet exposé, je citerai encore quelques renseignements techniques.

Les premiers travaux de terrassement ont débuté le 2 avril 1950 et en octobre 1954 la cokerie entrainé en service avec deux batteries de 75 fours totalisant une capacité journalière d'enfournement de 3 000 tonnes. En octobre 1956, une troisième batterie de mêmes dimensions était terminée. Les fours sont de type Wilputte et peuvent être chauffés indifféremment au gaz riche ou au gaz pauvre.

Contrairement à la pratique habituelle, le gaz refroidi est comprimé après la récupération de l'ammoniac et avant son épuration finale. Ceci entraîne une amélioration de rendement des installations de lavage du benzol du H<sub>2</sub>S et du HCN. Ce procédé a pu être choisi, du fait que tout le gaz produit par la cokerie doit être comprimé avant d'être livré au réseau de distribution ou à l'usine d'azote.

Le chauffage des fours est assuré, durant l'été, par du gaz de distillation, à basse pression, provenant de la cokerie Maurits et durant l'hiver, à l'époque des plus grandes demandes de gaz, par de l'oxygaz obtenu en gazéifiant du coke au moyen d'oxygène et de vapeur, dans des gazogènes à fusion de cendres.

Le goudron produit à la cokerie Emma est chargé en wagons-citernes et envoyé à l'installation de distillation de la cokerie Maurits.

### Exposé par le Dr. G. G. H. HAMM

Dans l'exposé, que j'ai le plaisir de vous présenter, je me propose d'insister particulièrement sur la manière dont les Mines d'État ont cru devoir aménager une cokerie moderne, compte tenu des conditions locales.

#### Principes généraux.

Les idées qui sont à la base de la construction de cette cokerie sont les suivantes :

1. — La cokerie doit être capable de traiter des charbons de composition différente, provenant de différentes houillères, mais il importe que le mélange de charbons à coke ait une composition aussi constante que possible. Pour cela, nous avons établi un grand bâtiment destiné à stocker les charbons et comprenant 36 silos d'une capacité totale de 11 500 t, en sorte qu'il est possible de diviser les fines selon l'espèce et la qualité et d'obtenir, par dosage et par mélange, une qualité aussi constante qu'on le désire.

Comme les charbons sont acheminés par voie ferrée, il était utile d'enterrer les silos.

La cokerie Emma traite en ce moment des charbons provenant des mines Emma, Hendrik et Maurits. 86 % environ des charbons reçus sont des charbons à coke de bonne qualité, 7 % sont des charbons demi-gras ayant de mauvaises propriétés cokéfiantes et la qualité du reste est intermédiaire. 15 % en moyenne de la quantité amenée sont des braisettes qui sont stockées dans 8 silos séparés et qui sont, après broyage dans des broyeurs à marteaux, dosées et ajoutées au mélange de fines à coke. Les charbons demi-gras peuvent être eux aussi rebroyés à l'aide de broyeurs à marteaux.

L'effet des installations de stockage et de mélange peut être illustré comme suit.

Alors que la teneur en cendres des charbons amenés varie de 6 à 11 % et que 35 % des charbons ont une teneur supérieure à 7,8 %, la variation de la teneur en cendres des mélanges traités dans les fours, n'est pas supérieure à 1 % et 3 %

seulement ont une teneur en cendres supérieure à 7,8 %.

2. — Une très petite partie seulement du coke produit est utilisée à l'intérieur de l'entreprise. La majeure partie est vendue sur les marchés hollandais ou européens. Ceci n'implique pas seulement que la qualité du coke doit être très bonne, pour faire concurrence au coke d'autres provenances, mais encore qu'il faut veiller à ce que les possibilités de concassage et de criblage du coke soient telles qu'on puisse toujours satisfaire à la demande des différents marchés.

Le gros coke est criblé sur des tamis vibrants, alors qu'une grille à 12 rouleaux d'une largeur de fente de  $65 \times 80$  mm se trouve en réserve. Le remplacement des tôles des tamis permet de satisfaire aux exigences variées relatives au calibre du gros coke.

Ensuite, il est possible de concasser le coke métallurgique au moyen de concasseurs à cylindres dentés et de concasser sélectivement certaines catégories, même entre certaines limites, puisqu'une grille à 4 rouleaux se trouve montée devant chaque concasseur à cylindres dentés.

Le petit coke est criblé sur deux grands tamis dont le premier fournit les catégories 0-40, 40-60, 60-85 et  $> 85$  mm. Sur le second, le coke 0-40 est séparé en : 0-10, 10-20, 20-30 et 30-40 mm. Le coke calibré est déversé dans les trémies; avant chargement, il passe sur un tamis, afin d'éliminer les sous-classés.

Aujourd'hui encore, les installations usuelles de tamisage sont équipées de tamis vibrants. A la cokerie Emma, ceux-ci ont été remplacés par des tamis à résonance qui sont jusqu'à présent principalement utilisés pour le criblage des charbons.

Dans ces tamis, les roulements et la lourde commande des tamis vibrants sont supprimés. Les forces exercées sur le cadre sont plus faibles et ceci entraîne une importante réduction des frais d'entretien. Le réglage en est plus simple et la consommation d'énergie n'est que de 30 à 50 % de celle des tamis vibrants.

3. — Comme M. Sauter vient de le dire, la production totale du gaz de la cokerie Emma est destinée aux usages domestique et industriel, ainsi qu'à l'usine d'azote. Ceci entraîne une double conséquence :

a. Etant donné que tout le gaz doit être livré sous pression, on pouvait effectuer l'épuration du gaz, autant que possible, sous pression.

On a constaté qu'une pression de  $8 \text{ kg/cm}^2$  était la plus économique. Une partie du gaz destiné aux usages domestique et industriel doit être livrée sous cette pression et l'on a calculé que le compromis le plus favorable entre le prix de revient des installations d'épuration et le rendement se trouvait également à ce niveau. La production

totale est traitée par trois compresseurs à deux étages, d'une capacité de  $25\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  chacun. Ils ont été fabriqués par Siemag. Un quatrième compresseur est en réserve. Pour éviter les risques d'un encrassement excessif, on a décidé de monter, devant le compresseur, l'appareillage destiné à enlever l'ammoniaque. Le débenzolage, l'enlèvement de l'hydrogène sulfuré et de l'acide cyanhydrique (par un lavage humide avec une solution de sel de soude à 6 %) et l'épuration par voie sèche, à l'aide d'oxyde de fer, s'effectuent sous pression.

b. Etant donné que toute la quantité de gaz produite est épurée et vendue, il faut prendre des mesures spéciales pour assurer le chauffage des batteries.

En été, on peut utiliser dans ce but un mélange de gaz résiduaire de l'usine d'azote et un reste du gaz de fours à coke de la cokerie Maurits.

Pour ne pas être entièrement subordonnée aux autres entreprises et pour assurer la distribution du gaz en hiver, la cokerie Emma est équipée d'une installation de gazéification projetée par Lurgi et dans laquelle le coke peut être gazéifié dans trois gazogènes à l'aide d'oxygène et de vapeur.

Chaque gazogène peut fournir  $25\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  d'oxygaz d'une puissance calorifique nette de plus de  $2\,550 \text{ kcal/m}^3$ .

Ce gaz, qu'on brûle comme gaz riche sous les batteries, a, en cas d'emploi d'oxygène à 91 %, la composition moyenne suivante :

67	% de CO
26	% de H <sub>2</sub>
2,5	% de CO <sub>2</sub>
4,5	% de N <sub>2</sub>

La température dans la zone de réaction relativement petite du gazogène est de l'ordre de  $1\,800^\circ \text{C}$ . Le laitier est évacué à l'état liquide à une température de  $\pm 1\,500^\circ \text{C}$ , il est éteint avec de l'eau et ensuite granulé. Pour augmenter la fluidité du laitier on ajoute, au coke, du calcaire et éventuellement de la scorie de hauts fourneaux.

Le rendement de gazéification de cette installation est très élevé, calculé à partir du coke, il est de plus de 89 %.

Le gaz qui sort du gazogène à une température de  $500^\circ \text{C}$ , est dépoussiéré dans un cyclone et ensuite lavé à l'eau. Etant donné la teneur très élevée en CO, il brûle dans les carneaux de combustion des batteries avec une longue flamme, qui donne un chauffage très régulier de la paroi des fours.

#### Caractéristiques des fours.

Comme M. Sauter vient de le dire, la cokerie a trois batteries de 75 fours chacune qui peuvent en

ce moment, avec une durée de cuisson de 18 h, carboniser 4 650 t/jour de charbons à 8 % d'humidité. Nous avons choisi les fours du type Wilputte underjet compound équipés d'un régénérateur tripartite et de 29 carneaux de combustion verticaux.

Ces batteries ont les particularités suivantes :

1. Un barillet double (côté coke et côté machine). Ceci permet une meilleure aspiration du gaz, entraîne un plus faible cracking des composants et facilite la réalisation d'un enfournement sans fumée, par injection de vapeur pendant le remplissage.

2. Chaque four a trois ouvertures de remplissage. Bien que des soins particuliers soient nécessaires, il paraît, par la pratique, que trois ouvertures suffisent.

3. La répartition de l'air et du gaz brûlé entre les régénérateurs est réalisée au moyen d'un système d'orifices Venturi calibrés situés entre les régénérateurs et les carneaux horizontaux supérieurs et inférieurs.

Cette répartition, qui se distingue par sa simplicité, donne entière satisfaction.

4. Les portes automatiques sont du type à contact «fer sur fer». Les arrache-portes à commande hydraulique sont partiellement automatiques. Un travail minimum permet d'obtenir un joint parfait.

A la cokerie Maurits, on utilisait déjà, depuis plusieurs années, une batterie de ce type, au moment où l'on a décidé de l'appliquer à la cokerie Emma.

#### Raffinerie de benzol.

Les plans de cette usine ont été projetés par les Mines d'Etat et élaborés par la firme Disticoke.

Bien que l'on ait envisagé, à l'époque, l'application du raffinage du benzol brut par hydrogénation sous pression, on ne l'a pas appliqué, en particulier, pour ne pas être contraint à vendre une partie du benzol épuré comme benzol moteur. Les Mines d'Etat disposaient d'un procédé permettant d'obtenir une qualité de benzène qui pouvait soutenir la concurrence.

Après un mélange du benzol brut des cokeries Maurits et Emma, le liquide est d'abord soumis à une prédistillation continue pendant laquelle on sépare des fractions qui pourraient, pendant le lavage suivant avec de l'acide sulfurique fort, entraîner des pertes considérables. C'est ainsi qu'une fraction riche en cyclopentadiène et une fraction riche en indène sont disponibles pour un traitement ultérieur. En même temps, on obtient de l'huile de lavage pauvre en naphthaline qui est recyclée aux scrubbers pour assurer le dénaphthalinage du gaz.

Quelques colonnes qui produisent de l'huile de naphthaline et de l'huile de coumarone sont chauffées à l'aide de dowtherms et deux installations à dowtherms chauffées au gaz ont été établies, dans ce but, à quelque distance de l'usine à benzol.

Après la prédistillation, on obtient une fraction de benzol léger et un mélange, composé principalement de toluol et de xylols. Ces deux liquides sont lavés séparément avec de l'acide sulfurique et de la lessive de soude caustique, dans un appareil à fonctionnement continu. Les distillations suivantes avec désulfuration en phase vapeur permettent de fournir des produits finis qui remplissent des conditions très sévères.

#### Laboratoire.

Au cours de la visite de notre laboratoire, on vous montrera spécialement l'appareillage destiné à l'analyse chromatographique des gaz et des huiles.

Cette méthode, très moderne, qui a été élaborée pour nous avec le concours du Laboratoire Central des Mines d'Etat, permet une analyse rapide et très exacte de très petits échantillons de gaz ou d'huile.

Dans une colonne chromatographique remplie de briques réfractaires ou de Kieselguhr imprégnés, on obtient une séparation très nette des composants du gaz ou de l'huile. La différence de conductibilité thermique du gaz porteur pur et du gaz porteur mélangé avec les composants séparés du gaz à examiner fournit une mesure précise de la teneur de ces composants.

En ce qui concerne les huiles, les composants qui sont séparés par la colonne sont brûlés. On passe ensuite à la détermination du pouvoir conducteur thermique des produits de combustion. L'ensemble du dispositif est schématisé à la figure 35.

Quelques cm<sup>3</sup> de gaz ou quelques mg d'huile suffisent déjà pour effectuer une analyse. Le pou-

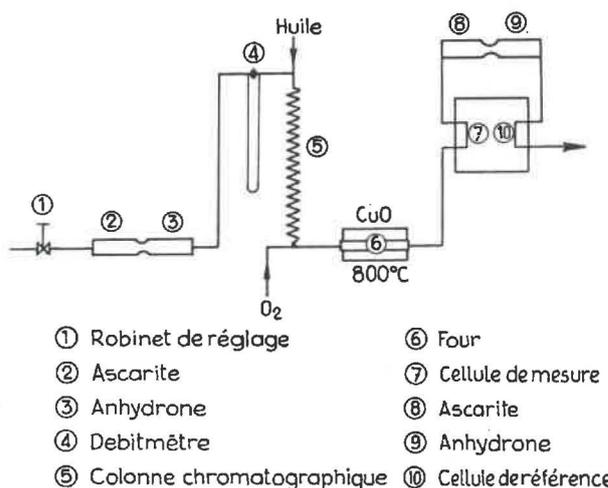


Fig. 35. — Schéma du dispositif de chromatographie des huiles.

voir séparateur de la colonne chromatographique correspond à  $\pm 1\ 000$  plateaux théoriques.

Les composants sortent l'un après l'autre de la colonne, à une vitesse qui dépend de la quantité du gaz porteur. On obtient donc un diagramme qui représente la déviation du catharomètre en MV, en fonction du temps.

Je vous signalerai pour terminer que les détails des différentes installations se trouvent décrits dans un article de MM. van Waes et Quanjel pu-

blié dans « Coke and Gas » en mars et avril 1956 (\*).

\* \* \*

Les deux exposés ont été suivis d'une visite détaillée de la cokerie et de ses annexes, au cours de laquelle les délégués de la commission ont pu voir les batteries de fours à coke, l'installation de raffinage du benzol, la station centrale de commande et de réglage de la distribution de gaz à longue distance, l'installation de production d'oxy-gaz, le laboratoire et les vastes installations sociales de bains-douches, de réfectoires et d'infirmerie.

## V. — LE CENTRE DE RECHERCHES MINIERES DES MINES D'ETAT

Exposé par le Dr. C. KRIJGSMAN

Chef du Département des Lavoirs.

Je me fais un honneur de vous souhaiter la bienvenue à notre laboratoire, en mon nom et en celui de mon collègue, le Dr. de Braaf.

Le caractère des travaux de votre Commission porte plus spécialement votre intérêt sur le travail effectué au département des lavoirs du Centre de Recherches. Aussi me suis-je proposé de vous donner, après une courte introduction générale, quelques détails sur les travaux effectués dans ce domaine.

### Organisation générale du Centre de Recherches.

Depuis plus de 25 ans, le Centre de Recherches s'occupe des recherches dans le domaine de l'exploitation et du traitement du charbon. Le laboratoire modeste du début, avec un effectif de quelques personnes seulement, est devenu un institut qui occupe actuellement environ 280 personnes.

(\*) The New « Emma » Coking Plant of the Netherlands State Mines par J.P.M. van Waes et H.E. Quanjel.

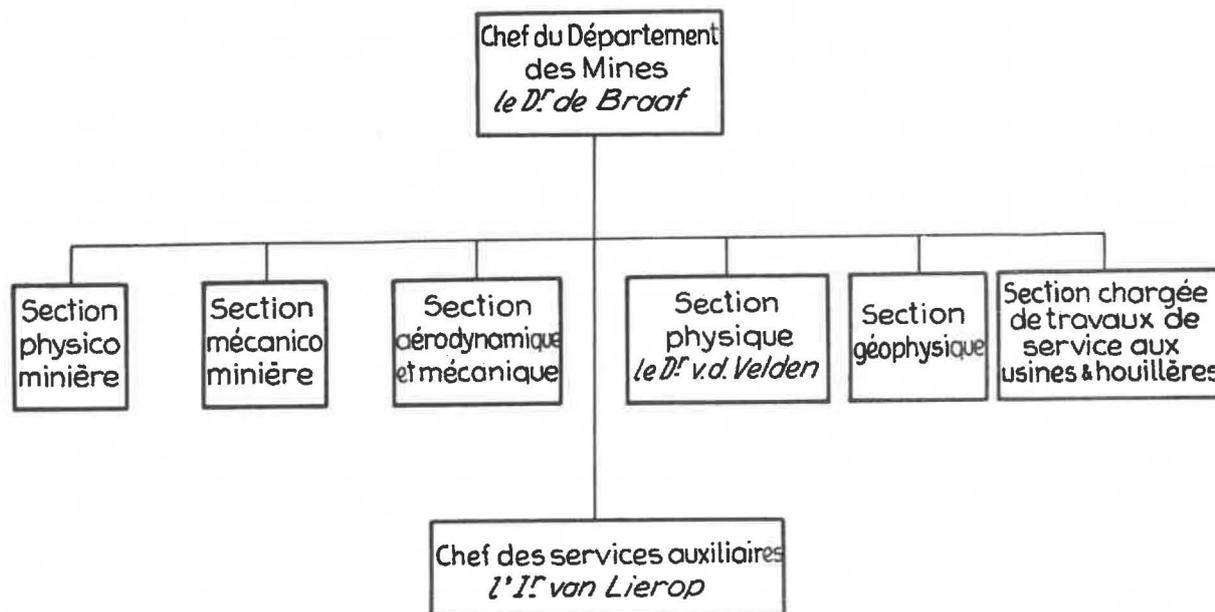


TABLEAU II.

Non seulement le nombre de problèmes s'est multiplié, mais encore le caractère de nos activités s'est diversifié au cours des années. Si la tâche du centre fut à l'origine d'aider à la solution de difficultés d'exploitation aiguës, aujourd'hui une part essentielle de nos travaux est consacrée à l'étude des causes des difficultés et des mesures propres à les prévenir, à l'avenir. Une autre part importante de notre programme est réservée à l'étude des difficultés auxquelles il faut s'attendre dans les temps futurs, par suite des nouveaux développements de l'exploitation du charbon et spécialement du travail à plus grande profondeur; la recherche de nouvelles voies en est la conséquence. Nous consacrons environ 50 % de notre temps au service direct des houillères, 25 % aux développements techniques ultérieurs et 25 % à l'approfondissement des conceptions fondamentales, ce que nous pouvons appeler recherche appliquée.

Nous apprécions beaucoup l'étroite collaboration qui existe entre le laboratoire et les houillères. Cette collaboration est stimulée par le stage

partement des lavoirs comprend les sections mécano-physique, physico-chimique et la section chargée de travaux pour le service des lavoirs.

La S.A. Stamicarbon est chargée spécialement de l'exploitation des inventions en dehors des « Staatsmijnen ».

Cet exposé des différentes sections du Centre ne doit pas vous donner l'impression que ces sections travaillent indépendamment les unes des autres. Au contraire, nous pouvons constater que la collaboration des sections à la solution des problèmes principaux devient de plus en plus intime.

La création de groupes de travail s'est trouvée être particulièrement fructueuse parce qu'elle favorise la collaboration entre les experts dans le domaine de la physique, de la mécanique, de la chimie et de la technique minière.

L'effectif total est de 282 personnes, dont 158 sont occupées directement à la solution des problèmes et dont 124 travaillent dans les services auxiliaires. Le personnel des diverses sections de recherches se compose de 19 diplômés d'université

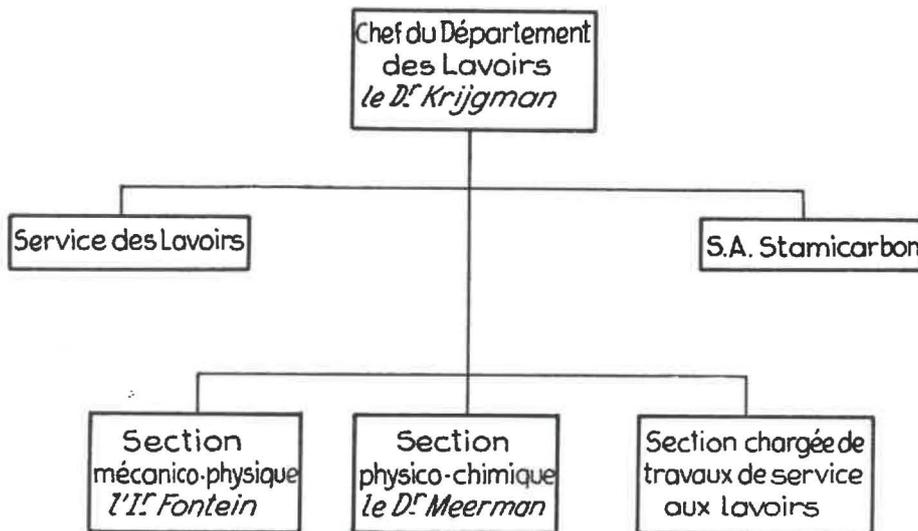


TABLEAU III.

de jeunes ingénieurs du Centre aux usines ou réciproquement par le stage d'ingénieurs d'exploitation, au centre de recherches. En outre, les chefs de service du jour et du fond peuvent faire connaître leurs désirs lors de la discussion annuelle de notre programme de recherches.

Le schéma de l'organisation du Centre est indiqué aux tableaux II et III.

Le centre est divisé en deux départements : le département des mines, sous la direction de mon collègue le Dr. de Braaf, et le département des lavoirs.

Le département des mines comprend les sections mécano-minière, physico-minière, aérodynamique et mécanique, physique, géophysique, ainsi qu'une section spéciale chargée de travaux pour le service des usines et des houillères. Le dé-

(dont 7 physiciens, 10 ingénieurs mécaniciens, 1 physico-chimiste et 1 ingénieur des mines) de 42 anciens élèves des Ecoles Polytechniques et de 97 techniciens de mesure. La formation d'aides-techniciens a été entreprise par nous-mêmes.

A côté de l'étude des problèmes physiques et mécaniques de l'exploitation du fond, à savoir : aérage, soutènement, mécanisation, nous nous occupons activement du fonçage des puits. Les Mines d'Etat comptent pour le moment cinq nouveaux puits en différents stades de forage et de construction. Les puits les plus profonds sont foncés pour la nouvelle mine Beatrix. Le Carbonifère commence ici à 500 m environ. Ces puits sont foncés par le système Honigman-de Vooy qui consiste à forer à l'aide d'un large trépan, dans un puits rempli d'une suspension d'argile. Pendant la visite, on vous donnera quelques détails sur les exi-

gences rhéologiques spécifiques imposées aux boues de forage et sur les méthodes modernes de mesure qui constituent un guide précieux pour le maître sondeur.

#### La recherche dans le Département des Lavoirs.

Je voudrais maintenant entrer dans le détail de quelques travaux effectués au département des lavoirs. Les problèmes rencontrés actuellement diffèrent bien de ceux d'il y a 20 ans. Permettez-moi de vous citer quelques chiffres à ce sujet.

La quantité de grosses pierres ( $> 80$  mm) s'est montée (p.ex. à la mine Wilhelmina) de 10 kg par berline à 100 kg par berline.

A ce fait, s'ajoute encore le peu d'attrait que présente le travail de triage, ce qui a nécessité le lavage mécanique des gros.

La teneur en humidité du charbon brut a augmenté de 3 % à 6 %. Il n'est plus ou presque plus possible de le cribler à 8 mm, par exemple par voie sèche. C'est pourquoi nous nous intéressons de plus en plus au criblage par voie humide.

C'est vers 1935 que le développement des lavoirs à liqueur dense a commencé, mais il a pris un grand essor surtout après la guerre. Les « Staatsmijnen » ont développé leur propre procédé de séparation. Tout d'abord on utilisa comme agent alourdissant des schistes de flottation, présentant l'avantage d'être peu coûteux et d'exister en quantité suffisante sur place. Par contre, ils présentaient l'inconvénient de ne permettre que des séparations à faible poids spécifique (1,6 au maximum). La séparation mixtes-schistes était assurée par un courant ascendant et dépendait de la vitesse de chute des particules.

La séparation s'opérant dans de tels appareils dépend des dimensions des particules, elle est par conséquent moins nette qu'une séparation purement statique. La séparation schistes-mixtes devenant de plus en plus importante en raison de l'augmentation de la quantité de schistes, résultant de la mécanisation de l'abattage, cette séparation est actuellement réalisée de façon statique dans une suspension de magnétite. Cette solution permet d'atteindre une densité de partage de 2,0, qui ne sera peut-être pas assez élevée non plus. En effet, le perfectionnement des centrales électriques modernes a pour résultat que toutes les particules à teneurs en cendres ne dépassant pas 70 %, ont une valeur positive, de sorte qu'on peut s'attendre à ce que la séparation mixtes-schistes se réalise à un poids spécifique de 2,2. Tout comme dans les lavoirs de minerai, on devra recourir à des suspensions composées d'un mélange de magnétite et de ferrosilicium.

Dans le système de régénération du lavoir à liqueur dense, un rôle de grande importance est joué par les hydrocyclones épaisseurs et classi-

ficateurs et par les grilles courbes, appareils développés par les « Staatsmijnen ».

Je suppose que les hydrocyclones vous sont suffisamment connus. En outre, vous verrez pendant la visite du laboratoire bon nombre de ces appareils, non seulement des hydrocyclones simples, utilisés dans les lavoirs à charbon et dans d'autres industries, mais encore des multicyclones, groupant, en parallèle, un grand nombre d'hydrocyclones de diamètre très petit (jusqu'à 10 mm). Ces multicyclones sont capables de classer à quelques microns. Ils sont appliqués surtout dans les féculeries et les usines de farine de maïs.

La grille courbe est un crible fixe, à barreaux, à alimentation tangentielle. Les barreaux sont disposés perpendiculairement à la direction du transport. La grille courbe se prête très bien au criblage par voie humide. Pour cribler à 0,5 mm, on doit utiliser une grille courbe à fentes de 1 mm. De là les avantages les plus importants de la grille courbe : elle se bouche beaucoup moins facilement et sa capacité est énorme. Pour les séparations dans les lavoirs, où la grille courbe est utilisée entre autres comme séparateur des schlamms bruts et fins avant la flottation, comme tamis d'égouttage et de déschlammage des fines lavées, ou comme tamis de déschlammage préliminaire des fines brutes, une hauteur de charge de 0,5 m suffit. Des dizaines de grilles courbes sont actuellement en fonction dans les lavoirs des Mines d'Etat. M. Fontein, chef de la section physico-mécanique, vous montrera quelques types de grilles courbes et vous donnera des détails sur les applications de ces appareils dans d'autres industries et notamment leur utilisation pour des criblages extrêmement fins (jusqu'à 50 microns).

A côté de l'hydrocyclone épaisseur et classificateur, nous avons développé le cyclone laveur. Dans cet appareil, la séparation des particules ne se fait plus d'après la vitesse de chute, mais d'après le poids spécifique.

Entrer dans les détails du mécanisme de la séparation m'emmènerait trop loin, d'autant plus qu'il n'existe pas encore de théorie satisfaisante du cyclone laveur. Je voudrais simplement vous dire quelques mots sur le schéma du lavoir expérimental équipé avec cyclones (fig. 36). Le charbon brut à laver est envoyé avec une suspension de magnétite dans le cyclone laveur disposé à peu près horizontalement. La différence de hauteur entre l'alimentation et le cyclone est d'environ 5 m.

Le charbon et les schistes quittent le cyclone respectivement à l'overflow et à l'orifice de pointe. Les deux produits sont égouttés sur une grille courbe et ensuite rincés sur un crible. Dans le circuit de régénération, l'eau de rinçage passe, soit par des hydrocyclones, soit par des grilles courbes, et seules les grosses particules sont traitées

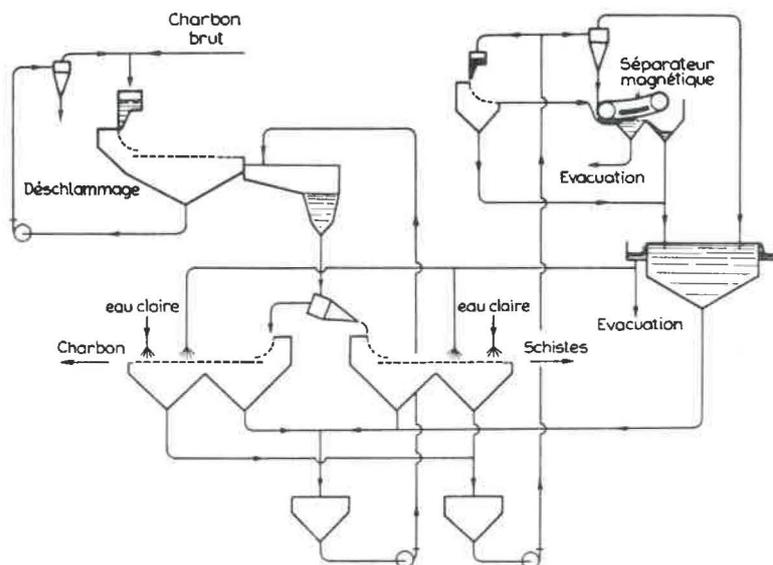


Fig. 36. — Schéma de principe du lavoir expérimental par cyclone à basse pression.

dans des séparateurs magnétiques. Ainsi, on peut réduire considérablement cet appareillage coûteux.

Les particules non-magnétiques sont évacuées, les particules magnétiques sont envoyées avec les fines particules, provenant de l'hydrocyclone ou de la grille courbe, dans un épaisseur. Ce schéma vous aura expliqué l'importance de l'hydrocyclone et de la grille courbe dans les procédés de lavage développés par les Mines d'État. Pour les particules les plus fines de la gamme des charbons, l'effet de la masse cède à celui de la surface et la séparation repose sur l'emploi de produits chimiques qui influent sur les tensions superficielles. Ces dernières années, ce sont surtout les polyélectrolytes synthétiques qui ont éveillé l'intérêt. Ces polyélectrolytes sont des colloïdes hydrophiles, dissociés en ions. Les ions négatifs sont polyvalents et les ions positifs sont le plus souvent monovalents.

Sous l'influence de ces produits chimiques, les fines particules forment des flocons qui se déposent facilement. La structure de ces flocons est spongieuse; on en profite dans l'égouttage des schlamms sur les filtres à vide. Ainsi, la teneur en humidité peut être réduite de quelques pourcents.

Il y a plusieurs types de polyélectrolytes dans le commerce. L'effet en est beaucoup plus intensif que celui, par exemple, des féculs de pommes de terre. Quoique le prix par kg soit considérablement plus élevé, les concentrations nécessaires sont tellement faibles que l'emploi de ces polyélectrolytes synthétiques est souvent plus économique. Dans le choix du polyélectrolyte, la qualité de l'eau joue un rôle très important. Il n'y a pas de règle générale, mais il faut chercher pour chaque industrie le produit technique qui convient le mieux. Ceci est facile à réaliser à l'échelle du laboratoire.

Le Dr. Meerman, chef de la section physico-chimique, vous en fera la démonstration.

En choisissant le flocculant qui convient le mieux, il faut aussi se rendre compte de l'action de ce flocculant sur la flottation, si du moins l'eau clarifiée est réutilisée, en entier ou en partie, dans le lavoir. Certains de ces flocculants ont un effet nuisible au bon fonctionnement de l'installation de flottation.

Il se peut aussi que les produits chimiques influencent les qualités rhéologiques des suspensions du lavoir à liqueur dense, surtout lorsqu'on utilise des suspensions de schistes.

Le Dr. Meerman vous expliquera la façon de déterminer les qualités rhéologiques des suspensions, en particulier de mesurer leur seuil d'écoulement et leur viscosité apparente. Le seuil d'écoulement surtout est un facteur très important; en effet, les particules à poids spécifique voisin de celui de la suspension ne subissent que de très faibles sollicitations et ces forces peuvent être inférieures au seuil d'écoulement. En pareil cas, la séparation de ces particules n'a plus lieu et la précision de séparation devient insuffisante.

Comme dernier sujet, je voudrais signaler l'introduction et l'application rigoureuse de l'instrumentation, l'automatisation des lavoirs et le contrôle rapide du produit fini.

Ce sujet est important pour trois raisons :

1. économie de personnel
2. meilleur contrôle de la qualité du produit fini et perte minimum de produits de valeur dans les schistes de lavage
3. réduction du nombre d'interruptions.

Depuis quelques années, nos lavoirs sont équipés entre autres de niveaumètres, de régulateurs automatiques du poids spécifique de la liqueur dense et d'appareils de réglage automatique des bacs à

piston. Tout d'abord, on faisait surtout attention à l'amélioration du produit et à la réduction des pertes de lavage. Actuellement, le problème de l'économie du personnel prédomine. A cette fin, on réalise des tableaux de mesure et de réglage centraux grâce auxquels une seule personne peut contrôler plusieurs réglages. Cette instrumentation se fait en collaboration intime avec la section physique du Centre de Recherches des Mines. Le Dr. van de Velden, Chef de cette Section, vous donnera quelques détails sur l'application des ressources physiques modernes dans ce domaine. En même temps, il vous montrera le calculateur analogique dont l'intérêt est grand pour notre laboratoire.

La section physique du Laboratoire Central a développé une méthode de détermination de cendres à grande vitesse, par réflexion de rayons X.

Cette méthode d'analyse nous permet de déterminer en quelques minutes la teneur en cendres du charbon lavé. Nous pensons surtout à l'application de cet appareil pour la réalisation d'un mélange de charbons à coke à teneur en cendres con-

stante. En principe, il sera également possible de régler, automatiquement ou non, la densité de séparation des bacs de lavage au moyen des teneurs en cendres ainsi obtenues. Le Dr. Meerman vous montrera un tel appareil. La précision de l'analyse est très bonne (avec un écart de quelques dixièmes de pourcent).

Nous préparons pour le moment l'introduction de plusieurs appareils de ce genre dans les lavoirs.

Pendant la visite, nous espérons aussi vous donner un aperçu de nos services techniques auxiliaires. Le laboratoire dispose entre autres d'un atelier bien outillé, d'une salle de dessin et d'un service qui se charge des reproductions et des photographies.

J'espère que cette excursion vous montrera l'importance du Centre de Recherches des Mines dans l'ensemble des usines et houillères des « Staatsmijnen » et vous donnera une idée des efforts combinés de l'industrie et de la recherche pour tenir tête aux difficultés techniques croissantes.

## VISITE DU CENTRE DE RECHERCHES

Au cours de la visite, les délégués de la commission ont pu assister à une série de démonstrations, ainsi qu'à la présentation de nombreux appareils mis au point au Centre de recherches.

Dans la section physico-mécanique, ils ont pu se rendre compte de la diversité des réalisations en matières d'hydrocyclones, de multicyclones et de cribles à grille courbe. Une démonstration de criblage de sable a mis en évidence l'énorme capacité de traitement des grilles courbes, en même temps que la précision de séparation qu'elles permettent d'obtenir.

A la section physico-chimique, l'action des produits flocculants a fait l'objet de différentes démonstrations mettant en lumière leur effet sur la vitesse de sédimentation des suspensions ou sur la porosité des gâteaux obtenus au filtre à vide; la plupart de ces produits dérivent de l'acide polyacrilique, mais ces dérivés sont en nombre considérable et chacun d'eux possède des propriétés spécifiques qui doivent faire l'objet d'une étude en fonction du problème posé et en fonction de la nature des eaux disponibles.

Les propriétés moussantes des eaux résiduaires de cokeries ont également été démontrées dans une petite cellule de flottation et différents appareils de mesure ont été présentés en fonctionnement: viscosimètre de Stormer et burette de dé-

cantation pour l'étude granulométrique des particules fines. Enfin, les visiteurs ont pu examiner le prototype d'appareil conçu au laboratoire central des Mines d'Etat en vue du dosage rapide des cendres par réflexion des rayons X.

A la section physique du département mines, le calculateur par analogie électrique a été montré et quelques renseignements ont été fournis au sujet des problèmes qu'il permet d'étudier (tensions dans les câbles dues aux oscillations des cages de mine, transfert de chaleur en régime variable, etc.).

On a également exposé le mode de fonctionnement de divers appareils de conception originale, et notamment d'un appareil monté sur les trépan utilisés pour le fonçage des puits du siège Beatrix et qui permet de contrôler la verticalité du creusement.

Un autre appareil enregistreur permet, en tout temps, de mesurer les tensions en différents points du cuvelage du puits Hendrik, grâce à un système de détecteurs à cordes vibrantes installés tout au long du puits et reliés au laboratoire par une ligne téléphonique munie d'un sélecteur.

La visite s'est terminée par une inspection rapide des services généraux: ateliers — hall d'essais de machines et de matériaux — service photographique et bibliothèque.

## VI. — LA STATION EXPERIMENTALE D'ETUDE DES FLAMMES

### L'ORGANISATION ET L'ACTIVITE DE LA FONDATION DE RECHERCHES INTERNATIONALES SUR LES FLAMMES

par E. H. HUBBARD

#### 1. — Organisation

La Fondation de Recherches Internationales sur les Flammes a commencé ses activités en 1948 pour unir les efforts des universitaires, des industriels et des Instituts de recherche anglais et français pour continuer et prendre part au travail déjà commencé aux Pays-Bas.

Depuis lors, la Fondation s'est agrandie et la Belgique, la Suède et les Etats-Unis en sont devenus membres. En 1956, la Fondation a été enregistrée officiellement comme Fondation de Recherches.

Dans chacun des pays-membres, on a formé un Comité National unissant les industriels et les instituts intéressés aux activités de la Fondation. D'autres pays aussi lui ont montré de l'intérêt, comme par exemple l'Italie et la Suisse, mais jusqu'à présent de nouveaux comités nationaux n'ont pas encore été formés.

La Fondation est dirigée par un Comité International dans lequel chaque pays est représenté par deux membres. Le Président est M. le Professeur G. Ribaud.

Les activités de la Fondation sont contrôlées par un certain nombre de comités techniques spécialisés qui peuvent compter sur la coopération de spécialistes dans les différents domaines. A la tête du travail scientifique est M. le Professeur M. W. Thring.

Pendant la période 1953-1956, le niveau annuel des contributions financières a été de 240.000 Fl. environ et nous espérons pouvoir augmenter ce montant jusqu'à 300.000 Fl. en 1957. Les investissements pendant cette période se montent à 674.000 Fl.; pour couvrir ces dépenses, nous avons reçu de la Haute Autorité de la C.E.C.A. un don de 399.000 Fl., ce qui a permis de continuer les activités sans aucune interruption et de financer la construction d'une nouvelle installation au charbon pulvérisé.

Chaque pays s'occupe de sa propre administration, mais, généralement parlant, la tâche principale est de former un forum dans lequel les résultats et les applications des travaux antérieurs peuvent être discutés et où de nouveaux programmes de recherche sont élaborés. Il s'entend que

chaque pays est responsable de la collecte de ses contributions annuelles.

A côté des réunions des Comités Nationaux, il est de coutume que chaque pays organise un symposium tous les deux ou trois ans au cours duquel les travaux de la Fondation et les adaptations industrielles sont présentés à un public plus vaste. La prochaine réunion de ce genre aura lieu à Londres en octobre 1957.

Dans chaque pays, les membres se trouvent parmi les producteurs de combustibles bruts, et parmi les consommateurs, tels que les industries de l'acier et du ciment, les glacières et les fabricants de chaudières.

Les essais entrepris peuvent grosso modo être divisés en deux types :

1. Les essais industriels pendant lesquels un nombre restreint de mesures simples est fait sur un grand nombre de flammes afin d'étudier l'interrelation entre les caractéristiques de la flamme et les variables à l'entrée;
2. Les essais scientifiques pendant lesquels beaucoup de mesures variées sont faites sur quelques flammes afin d'éclaircir les mécanismes de mélange, de combustion et de transmission de chaleur.

Il s'entend que les deux types d'essais sont complémentaires et l'objectif général est de rendre les essais industriels de plus en plus scientifiques, en vue de nouvelles découvertes qui doivent donc être étudiées de près.

Pendant ces essais principaux, le personnel permanent est aidé considérablement par des expérimentateurs venant des comités-membres. De cette façon, chaque comité reste en contact avec les travaux et a les bénéfices d'une plus grande expérience de son équipe.

Il est important de faire remarquer que les résultats des travaux sont applicables aux flammes industrielles, en général, sans relation stricte avec une certaine industrie ou un certain type de four. Plusieurs organisations-membres disposent d'une équipe s'occupant de la « traduction » des résultats obtenus dans leur domaine spécial. Ceci est essentiel pour obtenir un rendement optimum des travaux.

Pendant les six premières années, le travail a été consacré, en général, à l'étude des flammes de

mazout et de gaz. Cependant, en novembre 1955, un four à charbon pulvérisé a été inauguré officiellement et depuis lors les travaux ont été divisés également entre les combustibles liquides et gazeux, d'une part, et les combustibles solides, d'autre part.

**2. — Aperçu des expériences sur les flammes de mazout et de gaz.**

Le type de flammes que l'on a généralement étudié peut être décrit comme une flamme de diffusion turbulente; on entend par là, une flamme projetée le long de l'axe de la chambre de combustion, sans contact direct avec les parois. L'air de combustion entre par les parois latérales, au voisinage du brûleur, à une très faible vitesse, et le mélange combustible/air est exclusivement gouverné par la quantité de mouvement du jet ou par la poussée de réaction au brûleur.

En général, un mélange plus rapide de l'air de combustion et du combustible produit une combustion plus rapide d'où une température initiale plus élevée. En outre, les suies brûlent plus rapidement, ce qui donne lieu à une décroissance plus rapide de l'émissivité.

Le rayonnement de la flamme dépend à la fois de l'émissivité et de la température et il est malheureux que chaque changement dans les conditions de mélange influence généralement ces deux facteurs en sens inverse.

*Aérodynamique.*

Un des premiers résultats des essais a été la découverte du fait que les caractéristiques de la flamme dépendent dans une assez grande mesure de la poussée de réaction et ne sont pas grandement influencées par des changements dans les formes du brûleur. Pour un brûleur donné, c'est la quantité de fluide de pulvérisation qui détermine la poussée de réaction et une conséquence directe de cette découverte fut la construction d'un brûleur sur le principe du venturi, qui consomme moins de fluide de pulvérisation pour produire une poussée identique.

En augmentant la poussée de réaction ou la quantité de mouvement du jet, on augmente la rapidité de mélange entre le combustible et l'air, ce qui est accompagné par les phénomènes mentionnés plus haut. Pour un jet libre pénétrant dans un milieu calme, la quantité d'air entraîné est en proportion directe de la distance au brûleur et le point sur l'axe où le mélange stoechiométrique est atteint est déterminé par l'équation :

$$L = k' \frac{M_F (1 + k) + M_s}{\sqrt{\rho G}} \quad (a)$$

où :

- L = distance sur l'axe du jet jusqu'au mélange stoechiométrique
- k' = est une constante (6,5)
- M<sub>F</sub> = débit en masse du fuel
- k = quantité d'air stoechiométrique kg/kg
- M<sub>s</sub> = débit en masse du fluide de pulvérisation
- ρ = densité moyenne de la flamme
- G = force de réaction au brûleur.

Si ce jet est enfermé dans un four, la quantité d'air est limitée et il se produit une recirculation. La quantité de produits recirculés dépend de la géométrie du système, de la quantité de mouvement du jet et du débit-volume total. Bien que le jet continue à entraîner la même quantité de produits, ceux-ci ne sont donc plus de l'air pur, mais un mélange d'air et de produits de combustion. Ce qui veut dire, en pratique, que la flamme sera toujours plus longue que ce qui est donné par l'équation (a), quoique la vitesse initiale de mélange la suive de près (fig. 37).

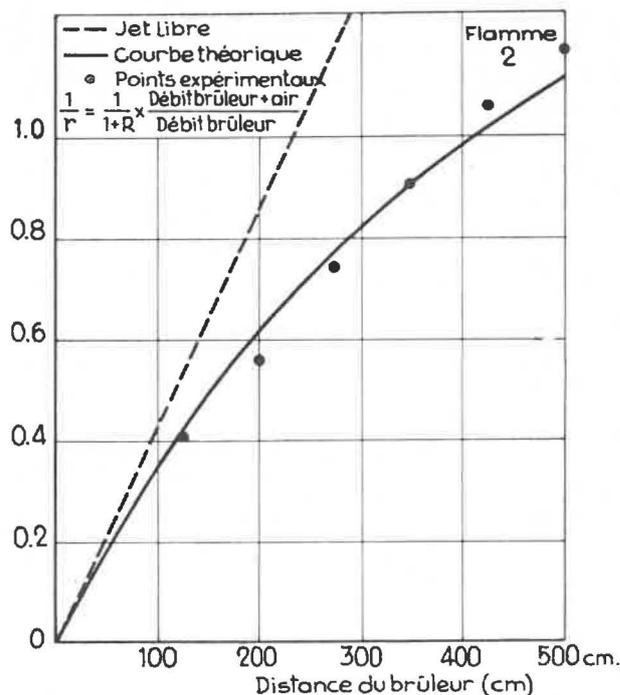


Fig. 37. — Comparaison du rapport de mélange air/combustible sur l'axe de la flamme, dans un four et dans un jet libre.

Une équation essayant de tenir compte de la recirculation est donnée par M. Rivière et des expériences sont en cours pour en vérifier l'exactitude.

La vitesse initiale de mélange peut aussi être augmentée en introduisant de l'air par un orifice annulaire concentrique au brûleur ou par mélange préalable. D'autre part, l'augmentation de la quantité d'air dans le four à grande distance du brûleur ne change pas la vitesse initiale de mé-

lange, mais, en réduisant la recirculation, cette introduction d'air aide à maintenir la vitesse de mélange à sa valeur initiale. Dans les flammes industrielles ayant les températures que nous considérons ici, les réactions chimiques sont bien plus rapides que les processus de mélange physique, d'où vient que le résultat de chaque phénomène aérodynamique peut être traduit en termes de combustion et d'émission de chaleur selon l'idée donnée plus haut.

#### Les processus de combustion et de rayonnement.

L'aspect le plus important de la combustion dans les flammes est la formation de suies par le cracking thermique des hydrocarbures. La présence de suies dans la flamme ajoute de façon importante à son émissivité et augmente donc son rayonnement. L'émissivité non-lumineuse des produits de combustion peut être étudiée dans les données publiées et, dans les cas étudiés à la Station Expérimentale, elle est de l'ordre de 0,35. L'émissivité lumineuse due à des particules de suie atteint son maximum à un point situé environ à mi-longueur de la flamme où la valeur est entre 0,8 et 0,9 et décroît ensuite quand les suies ont brûlé. La figure 38 montre comment l'émissivité non-lumineuse

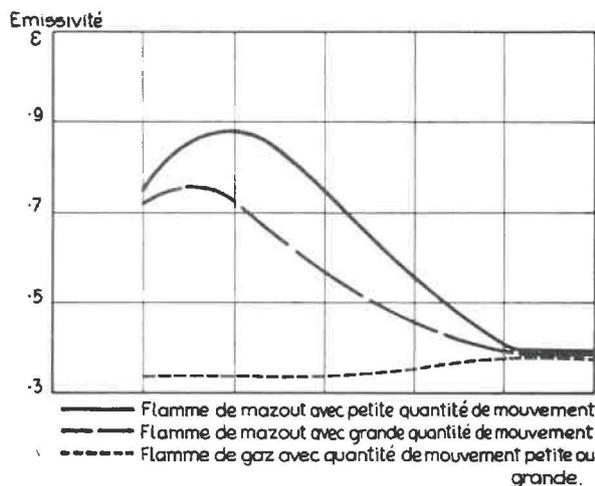


Fig. 58. — Comparaison de l'émissivité de flammes de gaz et de mazout.

d'une flamme de mazout décroît de façon plus rapide en accélérant le mélange. La figure 39 montre la quantité de particules solides trouvées sur l'axe de la flamme en rapport avec les conditions de mélange données à la figure.

Dans le cas des fuel-oils, la formation de suies se fait assez rapidement et il est probable que le cracking est terminé avant le point où il est possible de prendre la première mesure. Par contre, les huiles distillées demandent plus de temps pour la formation des suies et nous avons des raisons de croire que le taux de dégagement de chaleur de ces huiles est plus bas,

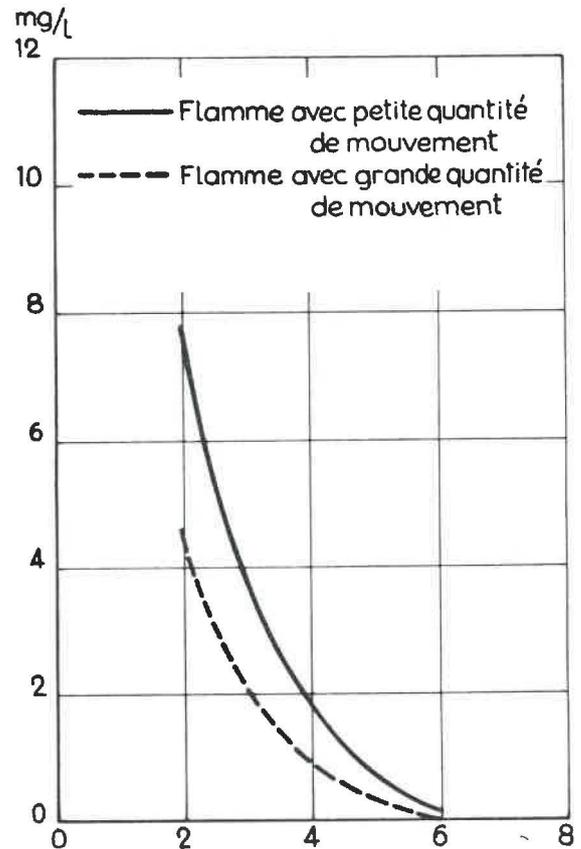


Fig. 39. — Concentration des particules solides dans l'axe de la flamme de mazout.

On a établi que le paramètre le plus important dans la comparaison des flammes de combustibles liquides est le rapport en poids C/H du fuel (fig. 40).

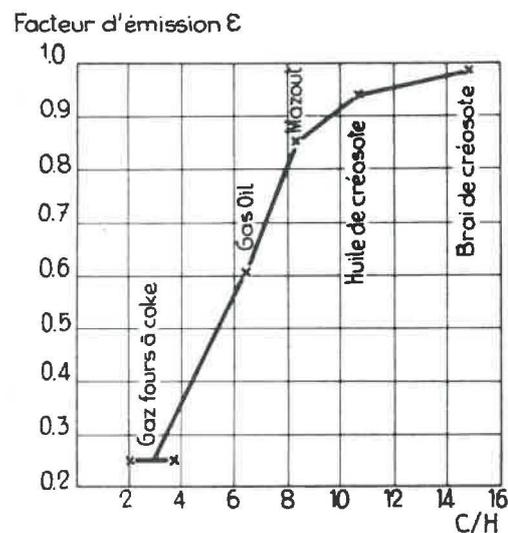


Fig. 40. — Relation entre l'émissivité mesurée à 2 m du brûleur et le rapport pondéral C/H du combustible.

Un rapport en poids C/H plus élevé, comme c'est le cas par exemple pour le « pitch créosote » (huile de créosote) comparé au mazout, ou pour le mazout lourd comparé à une huile légère, pro-

duit un plus grand nombre de particules de suie dans la flamme, laquelle, en conséquence, a une plus grande émissivité et rayonne mieux.

L'addition de carbone solide en suspension dans l'huile donne le même résultat. Des flammes mixtes de gaz de four à coke et de combustibles liquides montrent une émissivité et un rayonnement d'autant accrus que l'on a ajouté plus de combustible liquide et cet accroissement est d'autant plus grand que le rapport en poids C/H augmente.

La relation entre l'émissivité et le rapport en poids C/H a une allure exponentielle. L'application industrielle de ces résultats est que, grâce à l'emploi de brûleurs mixtes gaz/huile, 20 % de la chaleur introduite dans une flamme de mazout ou 30 % de la chaleur introduite dans une flamme de pitch-créosote peuvent être fournis par du gaz de four à coke sans diminuer le rayonnement.

Un des premiers pas vers la connaissance des flammes est l'établissement d'une relation quantitative entre la concentration en particules solides dans la flamme et les variables à l'entrée. Comme mentionné plus haut, cette concentration commence par le cracking thermique des hydrocarbures et on a établi que la présence de  $N_2$ ,  $CO_2$  et  $H_2O$ , donc des produits de combustion, agit comme retardateur (fig. 41). La quantité de suies formée dépend aussi du combustible même et ceci est étudié à chaud au moyen d'un modèle réduit à l'Uni-

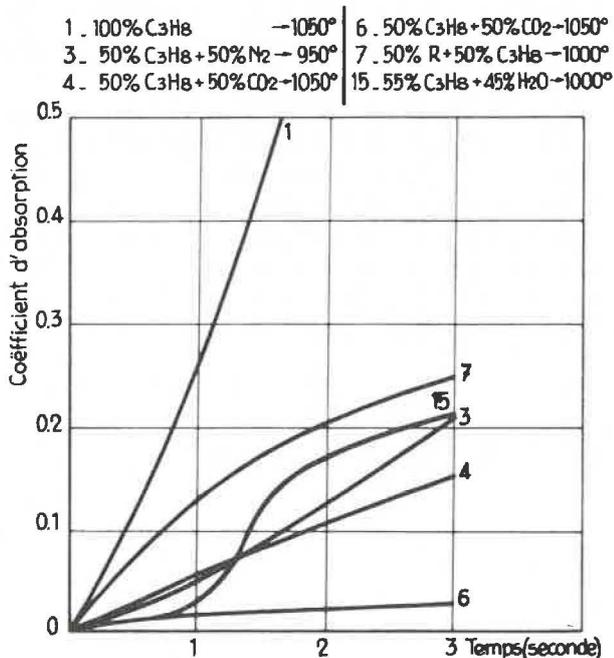


Fig. 41. — Influence des produits de combustion sur la formation de suie.

versité de Sheffield, sous la direction de M. le Professeur Thring. On y étudie le comportement d'un certain nombre de combustibles dans les mêmes conditions de mélange.

Ce qui est important aussi est de connaître le comportement des suies après leur formation. Pour un débit de combustible donné et dans des conditions de mélange constantes, la température de la flamme est élevée de 150° C à 550° C par préchauffage de l'air de combustion. On a établi alors que la quantité de suie présente dans la flamme ne dépend pas de la température, dans la gamme de températures rencontrées dans les fours industriels. Il est probable que la vitesse de combustion dépend exclusivement de la quantité d'oxygène disponible pour la combustion, mais ce problème fait encore l'objet de recherches.

### 3. — Les flammes de combustibles pulvérisés.

Les principes gouvernant la combustion du gaz et du mazout sont également applicables dans les cas des combustibles pulvérisés.

Le premier problème qui se présente, fut le choix d'un système de brûleur pouvant imiter les deux types de flammes nettement différents qui sont employés dans l'industrie. D'une part, nous avons la flamme longue dont l'aérodynamique ressemble à celle des flammes de mazout et de gaz étudiées jusqu'à présent. Le meilleur exemple pratique de ce genre de flammes se rencontre dans les fours à ciment. D'autre part, il y a l'industrie des chaudières où l'on emploie des flammes très turbulentes, à mélange rapide, afin de brûler la plus grande quantité possible de combustible dans l'espace le plus restreint.

Il fallait donc trouver un type de brûleur répondant à ces deux exigences et suffisamment simple pour que l'aérodynamique en puisse être étudiée mathématiquement. La forme choisie est donnée à la figure 42; elle consiste essentiellement en deux tubes concentriques dont les diamètres peuvent être changés indépendamment. Ce système est assez flexible pour permettre que, si nécessaire, tout l'air soit soufflé comme air primaire, tandis que la vitesse de l'air secondaire peut varier de < 1 m/s jusqu'à 200 m/s environ.

#### Aérodynamique.

Une partie importante de notre programme de recherches est dirigée vers la découverte des paramètres gouvernant le processus de mélange dans ce système simple de deux jets concentriques. Ceci est étudié en employant un modèle froid ayant 1/5<sup>me</sup> des dimensions du four expérimental. Si la vitesse du jet primaire est plus grande que celle du jet secondaire, le mélange est bien identique à celui que l'on a pu prédire selon les formules connues pour un système à jet unique. Ceci est même valable quand la quantité de mouvement du fluide environnant est plus grande que celle du jet primaire, ce qui se produit dans les fours à ci-

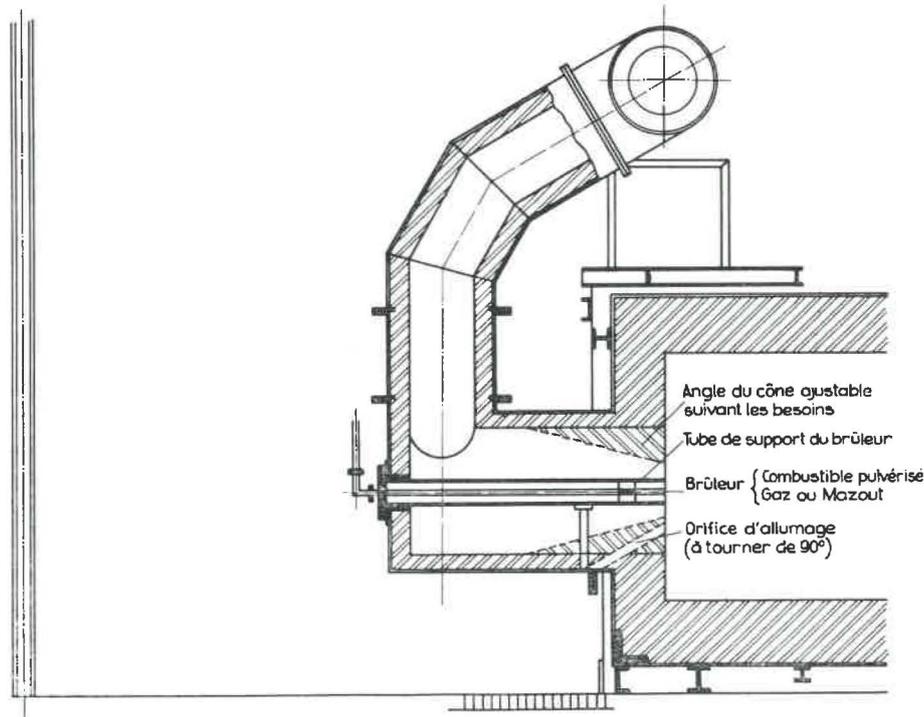


Fig. 42. — Brûleur pour combustibles pulvérisés.

ment où l'air environnant occupe une grande partie de la section transversale et a une vitesse négligeable.

Dans le cas où l'air secondaire est introduit à grande vitesse par une section annulaire étroite, le mélange se fait plus rapidement que dans le cas d'un jet unique et la chute de vitesse le long de l'axe est plus petite. Dans plusieurs cas, la vitesse axiale dépasse celle de l'air primaire dans les 5 à 10 premiers diamètres (fig. 43) et ceci se passe aussi quand les vitesses primaire et secondaire sont les mêmes à la sortie du brûleur.

Nous sommes en train de continuer ces travaux et il est probable que nous pourrions établir une équation reliant le comportement de deux jets concentriques à celui d'un jet unique en em-

ployant un paramètre basé sur les dimensions relatives du brûleur.

Des expériences avec une poudre inerte ont démontré que, même dans un brûleur de construction aussi simple que celle donnée dans le dessin de la figure 42, la distribution des particules et de l'air n'est pas homogène, dans l'orifice primaire du brûleur. En effet, les particules ont une plus haute concentration à l'extérieur du jet, près des parois. Cette distribution de concentrations est symétrique et indépendante du rapport en poids combustible/air. Cependant, il est probable que cette distribution diffère avec le degré de finesse des particules et nous ignorons, en ce moment, l'influence éventuelle de cette distribution sur les caractéristiques de rayonnement de la flamme.

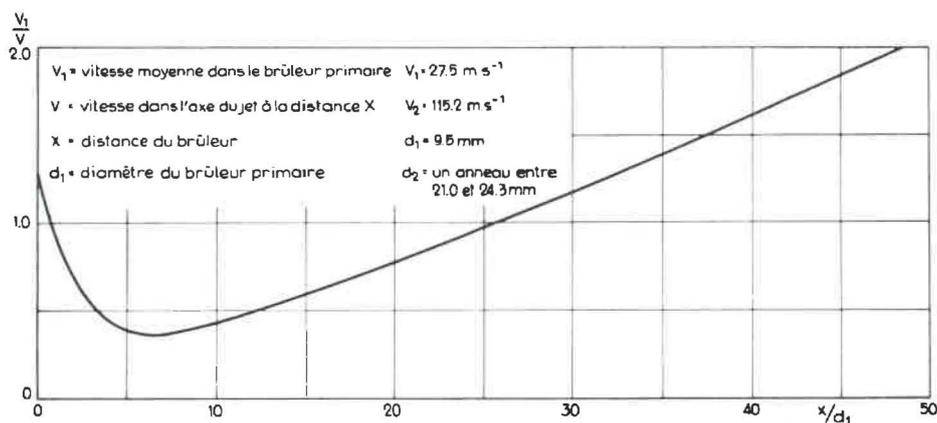


Fig. 43 — Variation axiale des vitesses dans un système de brûleur à deux jets concentriques.

*Processus de combustion et de rayonnement.*

Jusqu'à présent, il n'y a eu qu'un seul essai principal au charbon pulvérisé. Le charbon employé provenait de Faulquemont (Lorraine) et avait pour caractéristiques 40 % M.V. (sur pur), 10 % cendres, indice de gonflement 1/2.

Le comportement de ce charbon est caractéristique de la plupart des charbons bitumineux à haute teneur en matières volatiles, disponibles en Europe occidentale, et déjà nous pouvons percevoir, bien qu'incomplètement, quelle sera la voie à suivre vers des recherches profitables, avec d'autres types de charbons.

Il est bien connu que le processus de combustion de charbon peut être divisé en deux parties :

1. la formation et la combustion des matières volatiles;
2. la combustion du résidu cokéfié.

Quand les matières volatiles se seront dégagées, et s'il n'y a pas assez d'air pour les brûler, il y aura cracking et formation de suies. Cette formation de suies peut être empêchée en introduisant assez d'air pour brûler les matières volatiles après leur dégagement. Elle peut aussi être retardée de la façon déjà mentionnée dans le cas des flammes de mazout et de gaz, par différents gaz qui se trouvent pour la plupart présents dans les produits de combustion.

Pendant le dégagement des matières volatiles, il est probable que le résidu subit une baisse de température due à l'évaporation et qu'aussi il est entouré d'un nuage de matières volatiles. Ces matières volatiles doivent brûler et de nouvelles quantités d'oxygène doivent s'introduire parmi les produits de combustion avant que le résidu cokéfié puisse commencer à brûler. Ce processus a été observé dans plusieurs cas où la température du gaz sur l'axe de la flamme passe par un maximum, quand les matières volatiles brûlent, s'abaisse ensuite et augmente de nouveau quand le résidu s'enflamme.

Il va de soi que la formation des matières volatiles est surtout un effet d'échange de chaleur à partir des parois chaudes du four et qu'elle n'est pas influencée par la quantité d'air disponible pour leur combustion.

*Effets de la quantité d'air.*

Lorsque la quantité d'air primaire est élevée, la combustion du résidu cokéfié commence plus tôt et, en ce cas, il est impossible de distinguer entre les deux stades au moyen de la mesure de la température ou du rayonnement.

Une diminution de la quantité d'air primaire a comme résultat une combustion plus lente des matières volatiles, ce qui est démontré par les con-

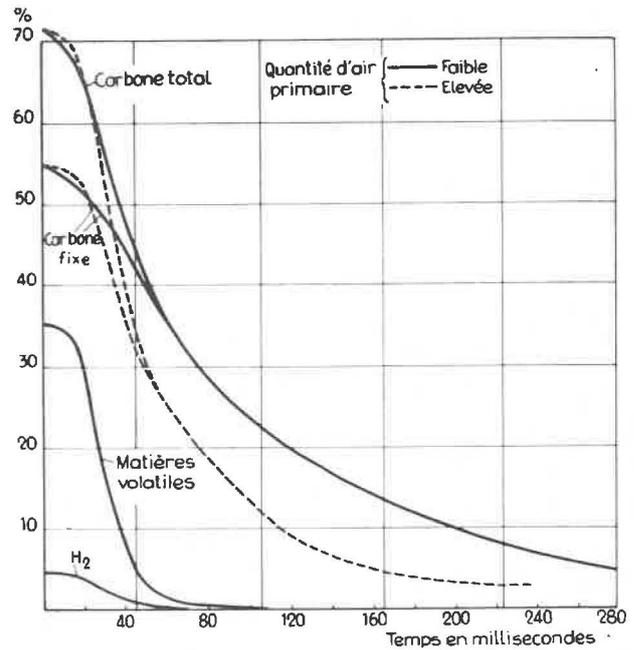


Fig. 44. — Evolution de la teneur en matières volatiles de flammes de combustibles pulvérisés.

centrations plus fortes en imbrûlés gazeux, que l'on trouve au début de la flamme (fig. 44).

La figure 44 montre aussi la combustion plus lente du résidu avec une quantité d'air primaire plus réduite. Si la quantité d'air primaire est réduite progressivement en dessous du niveau nécessaire à la combustion des matières volatiles, on arrivera à un stade où celles-ci ne s'enflammeront pas tout de suite, mais seront décomposées en formant des particules de suie.

Il est entendu qu'il y a une concentration maximum de particules de suie qui dépend de la qualité du charbon et de la vitesse d'entrée, et si l'on réduisait encore la quantité d'air primaire, le nombre de particules n'augmenterait pas, mais elles mettraient plus de temps à se brûler.

Dans nos expériences, les vitesses de l'air secondaire ont varié de 1 m/s jusqu'à 70 m/s, cette dernière valeur étant parfois le triple de la vitesse de l'air primaire. Il fut étonnant de voir que, bien que cette accélération causât un mélange plus rapide entre les deux jets, il n'y avait aucun effet sur les caractéristiques de combustion et de rayonnement, tant qu'il y avait plus d'air primaire qu'une certaine quantité minimum. S'il y a une quantité inférieure à ce minimum et que des particules de suie se forment, alors c'est l'effet cumulatif du mélange de charbon et d'air total en chaque point qui est important.

Comme pour les flammes de mazout, l'émissivité d'une flamme de charbon pulvérisé dépend à la fois des produits de combustion non-lumineux et des particules solides lumineuses. Pourtant il y a deux différences : dans le cas du charbon pulvérisé, les particules solides viennent du charbon

qui gonfle en chauffant et, après le dégagement des matières volatiles, il reste un résidu poreux et cokéfié. Après combustion complète, les particules de cendres chaudes continuent à rayonner et l'émissivité, vers la sortie du four, dépasse le chiffre de 0,70. Pour les flammes de mazout et de gaz, ce chiffre tombe aux environs de 0,35 (fig. 45).

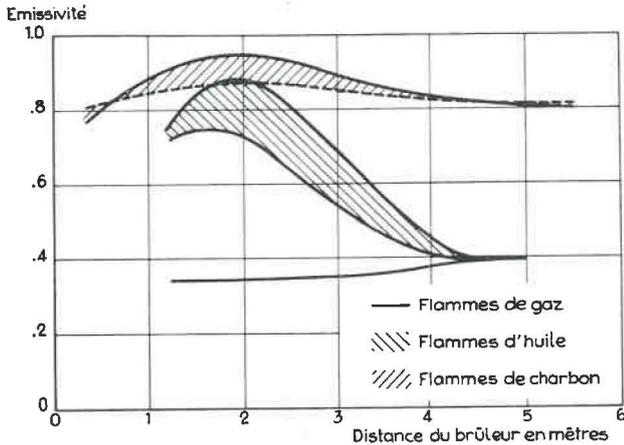


Fig. 45. — Comparaison de l'émissivité de flammes de gaz, d'huile et de charbon pulvérisé.

Un apport de chaleur au début de la flamme est nécessaire pour augmenter la température de cette matière inerte, et l'effet global est que le rayon-

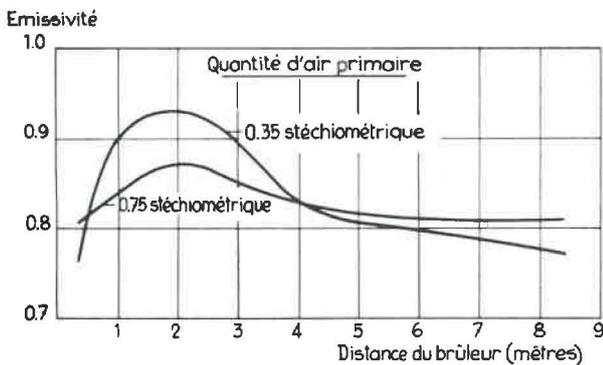


Fig. 46. — Effet de la quantité d'air primaire sur l'émissivité de la flamme.

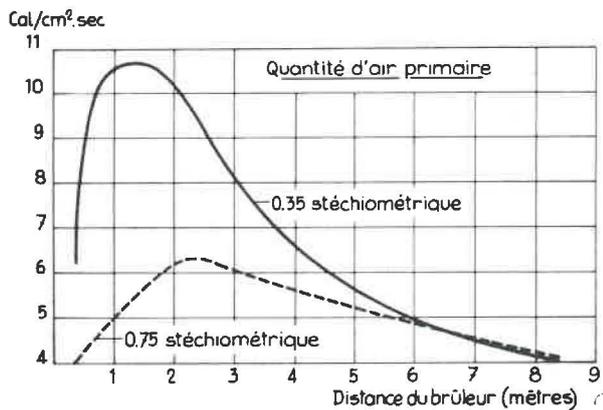


Fig. 47. — Effet de la quantité d'air primaire sur la radiation de la flamme.

nement d'une flamme de charbon est plus uniforme sur toute sa longueur. Du fait que l'émissivité d'une flamme de charbon est élevée et assez constante, un dispositif de mesure sera seulement influencé au bord de la flamme. Les figures 46 et 47 montrent l'effet de la réduction de l'air primaire sur l'émissivité et le rayonnement de la flamme, au point maximum de chaque section transversale.

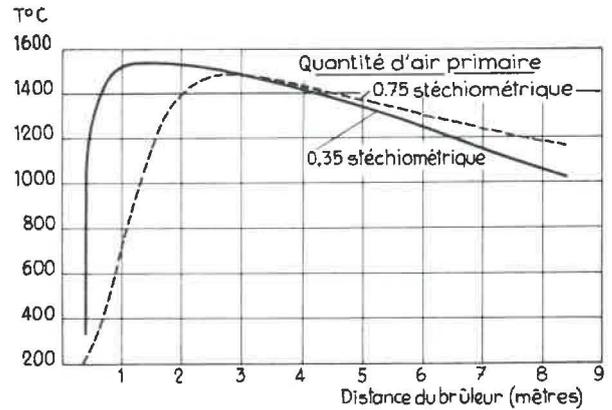


Fig. 48. — Effet de la quantité d'air primaire sur la température dans l'axe de la flamme.

La figure 48 montre la température des gaz dans l'axe de la flamme (le déplacement des sommets des diagrammes est dû au fait que, dans deux cas, l'on a employé le même diamètre de brûleur et que la vitesse est donc proportionnelle au débit). On peut voir qu'à 3 m du brûleur, alors que les températures sont les mêmes, l'émissivité augmente de 5 % quand on diminue la quantité d'air. Le rayonnement est cependant 40 % plus élevé. Ceci indique qu'il doit y avoir une forte augmen-

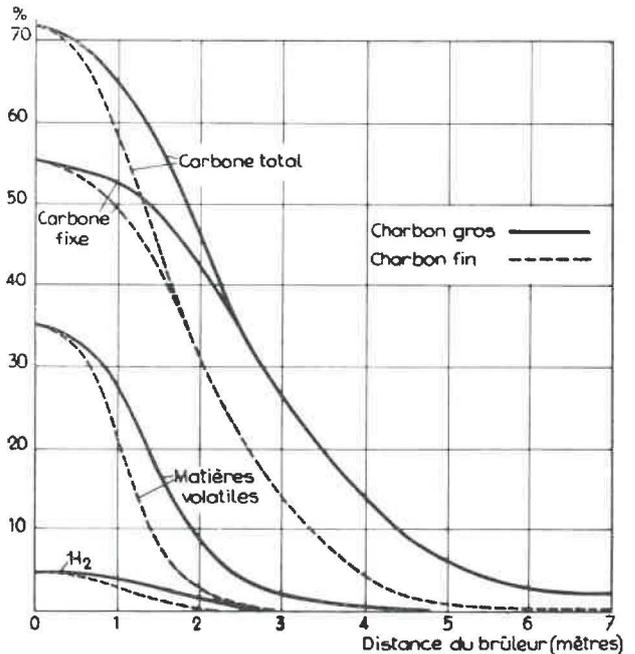


Fig. 49. — Effet de la finesse du produit sur l'évolution des matières volatiles.

tation de température au bord de la flamme et/ou qu'il y a formation de suies entraînant une augmentation d'émissivité dans les régions les plus chaudes.

*Effets de la finesse des particules de charbon.*

Plus les particules de charbon sont petites, plus les matières volatiles se forment rapidement (fig. 49) et, s'il y a assez d'oxygène, la combustion et l'augmentation de température se produiront plus

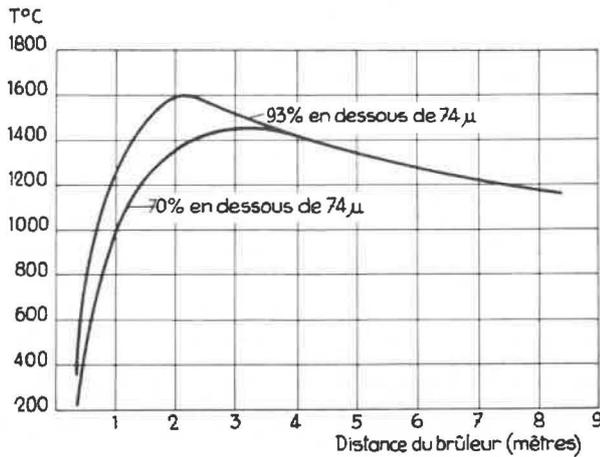


Fig. 50. — Effet de la finesse du charbon sur la température des gaz dans l'axe de la flamme.

vite. La figure 50 montre qu'un accroissement de finesse entraîne une augmentation de 140° de la température maximum des gaz et un déplacement de ce maximum vers le brûleur. La figure 51 mon-

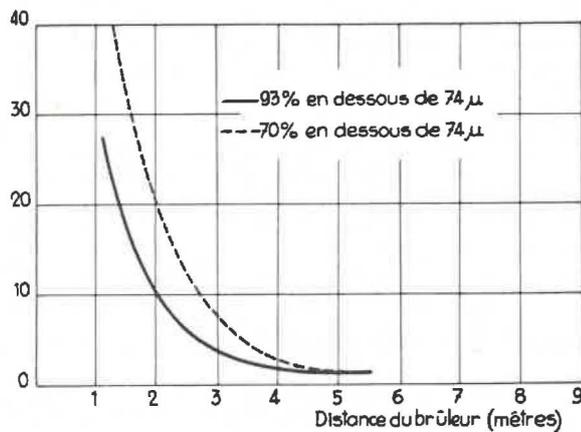


Fig. 51. — Effet de la finesse du charbon sur la concentration des particules solides.

tre que la concentration de particules en masse par unité de volume est bien moindre avec le charbon fin. L'émissivité est un peu plus élevée cependant, ce qui est dû à une surface spécifique plus grande. Le rayonnement de la flamme augmente de 25 % au point maximum qui se situe deux fois plus près du brûleur (fig. 52).

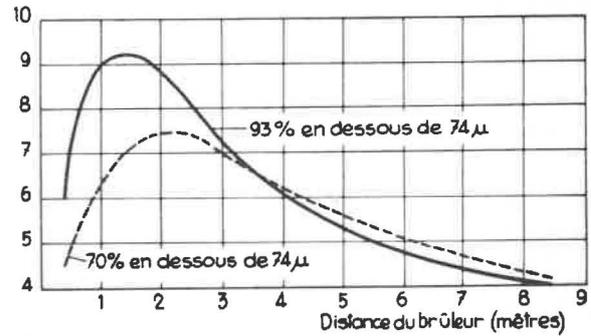


Fig. 52. — Effet de la finesse du charbon sur le rayonnement de la flamme.

**4. — Echange de chaleur.**

Le but final, lorsqu'on brûle un combustible, est d'échanger sa chaleur et souvent le mécanisme de cet échange n'a pas d'importance. C'est à ce stade des opérations que les recherches cessent d'être générales et se spécialisent sur des installations particulières. Les résultats obtenus sur de simples fours-tunnels comme les fours d'IJmuiden ne peuvent être appliqués directement, mais ils donnent des renseignements utiles à l'élaboration de bases de calcul pour des cas particuliers.

Nous pouvons en donner un bon exemple, qui illustre la nécessité d'interpréter les résultats avec prudence avant qu'ils soient appliqués à des cas divers. Le rayonnement émis par des flammes de même débit calorifique et mesuré par un instrument froid dépend plutôt de l'émissivité de la flamme que de sa température. La figure 53 mon-

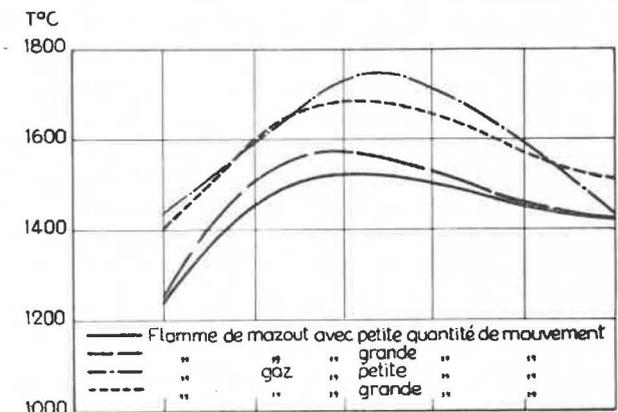


Fig. 53. — Température dans l'axe de flamme de gaz et de mazout.

tre les températures mesurées dans l'axe de la flamme pour des conditions identiques à celles de la figure 38; on voit que les températures des flammes de gaz de four à coke sont de 200° C plus élevées que celles des flammes de mazout, bien que — comme mentionné précédemment — le rayonnement des flammes de mazout à plus haute émissivité soit bien plus important. D'autre part, ce qui est bien plus important, dans diverses

applications industrielles, c'est l'échange de chaleur avec un corps dont la température n'est que très peu inférieure à celle de la flamme, ce qui se produit, par exemple, dans le four Martin pendant le raffinage.

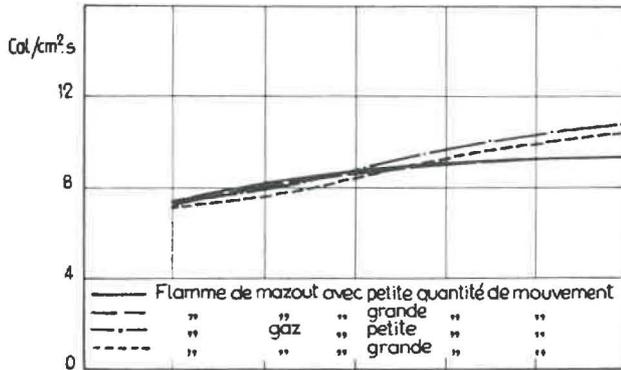


Fig. 54. — Température de paroi du four pour des flammes de gaz et de mazout (exprimée comme radiation du corps noir).

La figure 54 montre les températures des parois exprimées en rayonnement du corps noir et, dans les deux cas, il ressort des données qu'elles sont du même ordre, bien qu'il y ait une petite différence de distribution. Ce qui veut dire que l'échange de chaleur net avec les parois du tunnel est pratiquement le même.

Il y a deux raisons à ce phénomène :

- la première est que le rayonnement net est généralement influencé par la différence de températures et non par l'émissivité, si cette différence de températures est petite;
- la seconde se rapporte à l'importance croissante de l'échange de chaleur par convection, dans le cas de petites différences de températures. La question de l'importance relative de l'échange de chaleur par rayonnement ou par convection a été étudiée au moyen d'une sonde refroidie à l'eau et posée dans la flamme.

Les résultats de ces expériences montraient deux faits importants : en premier lieu, que l'échange de chaleur par convection à partir d'une flamme peut être calculé à l'aide des mêmes formules que l'on emploie dans les cas de jets de gaz inertes chauds, et, en second lieu, que les quantités de chaleur échangées par rayonnement et par convection étaient du même ordre. Ensuite on a montré que, si la température réelle des gaz est plus élevée que la « température de rayonnement moyenne du four » (\*), il peut se produire une situation dans laquelle le corps reçoit de la chaleur par convection et la perd par rayonnement.

(\*) Cette température peut être définie comme  $T_m$  ou  $T_m^4 = R/\sigma \epsilon$ , dans lequel  $R =$  rayonnement total sur un corps d'un espace fermé contenant des gaz rayonnants avec une émissivité  $\epsilon$ ;  $\sigma$  est la constante de Stefan Boltzmann.

Généralement parlant, nous pouvons dire ce qui suit. Dans le cas où il n'y a pas d'impact de la flamme, l'échange généralement se fait par rayonnement. Si la surface est froide, par exemple dans une chaudière, chaque changement dans les caractéristiques de la flamme qui augmente l'émissivité, à chaleur introduite constante, aura pour effet une augmentation de l'échange de chaleur par rayonnement, même si la température s'abaisse.

Dans le cas où la surface réceptrice aurait à peu près la même température que la flamme, il serait alors plus efficace d'accroître la différence de température en augmentant la température de la flamme.

Dans les cas où il y a un contact immédiat du jet de la flamme avec l'élément à réchauffer, l'échange de chaleur par convection peut être calculé par des moyens conventionnels et est du même ordre que l'échange par rayonnement vers une surface froide. Dans le cas d'une surface chaude, par exemple dans les fours des aciéries, glaciers ou cimenteries, la différence entre les températures des gaz et de la charge à chauffer est la chose la plus importante.

Les formules pour l'échange de chaleur par convection peuvent être appliquées dans chaque cas industriel particulier et un des buts de notre travail est de développer de telles formules pour les cas d'échanges par rayonnement.

##### 5. — Programmes futurs.

Les travaux sur les flammes de mazout et de gaz porteront sur l'enrichissement en oxygène de l'air comburant et sur les effets d'additifs au combustible, mélanges de mazout et de charbon pulvérisé inclus.

Le programme de recherches sur le charbon pulvérisé contiendra l'examen des effets de l'emploi de basses quantités d'air primaire avec différents types de charbon, dans le but de déterminer les conditions dans lesquelles le cracking et la formation des suies se produisent.

Nous voulons examiner aussi ce qui se passe dans une flamme de charbon. Les problèmes spécifiques aux échanges de chaleur peuvent être étudiés à chaud sur des modèles de fours industriels et, en ce qui concerne les fours Martin, ceci est déjà fait par la « British Iron and Steel Research Association ». Certains phénomènes d'ordre plus général peuvent être étudiés dans des fours-tunnels rectangulaires comme les fours d'IJmuiden, auxquels sera ajouté sous peu un petit four à chaud, aux parois calorimétriques revêtues de briques réfractaires.

## VISITE DE LA STATION EXPERIMENTALE

La station expérimentale occupe un bâtiment d'environ 500 m<sup>2</sup> dont la plus grande partie abrite les deux fours d'essais : four à gaz et à mazout d'une part et four à charbon d'autre part.

Les principaux instruments de mesures sont groupés dans une petite salle de contrôle et une autre salle est réservée à l'analyse des gaz. Une petite installation annexe sert à la préparation des charbons.

Lors de la visite, le four à gaz était en service tandis que le four à charbon pulvérisé était à l'arrêt pour permettre diverses modifications.

Dans les parois latérales des deux fours, une série de fentes verticales sont ménagées, ces fentes sont pourvues d'un système original de portes coulissantes qui permettent de déplacer les appareils

de mesures sur toute la hauteur du four, tout en évitant les rentrées d'air.

Les terminaisons des divers couples et pyromètres utilisés sont reliées à un tableau central situé dans la salle de contrôle et une simple modification de connexions permet de les brancher sur les différents potentiomètres enregistreurs.

Divers appareils de mesures ont dû être imaginés et réalisés par le personnel de la station, et notamment une sonde de prélèvement permettant l'aspiration du gaz et le dosage des suies en différents points de la flamme.

Signalons encore quelques installations accessoires : petits fours destinés à l'étalonnage des pyromètres et des thermocouples et maquettes de fours en plexiglas permettant l'étude du comportement aérodynamique des brûleurs.

## VII. — LA COKERIE DE LA SOCIETE ROYALE NEERLANDAISE DES HAUTS FOURNEAUX ET ACIERIES

Exposé par Ir. P. van DELDEN

### Historique.

En 1924, la Société Royale Néerlandaise des Hauts Fourneaux et Acieries (K.N.H.S.) a mis en opération son premier haut fourneau, auquel fut annexé une première batterie de fours à coke. C'est à partir de cet humble début que la cokerie se développa au cours des années, dans la mesure de l'augmentation de la production de fonte. En 1949, la production annuelle de fonte brute fut de 456 615 tonnes; le traitement de charbon dans la cokerie avait atteint le niveau de 1 600 tonnes par jour, comme suite de la mise en opération de la quatrième batterie.

A l'heure actuelle, la production de fonte brute des hauts fourneaux est de plus de 650 000 tonnes par an et l'on pense atteindre 1 000 000 de tonnes en 1958.

Comme suite à ce développement, nos besoins en coke on augmenté de telle façon qu'il nous a fallu acheter de grandes quantités à l'extérieur.

Depuis 26 ans, le gaz des fours à coke alimente l'usine d'engrais azotés M.E.K.O.G., et est livré comme gaz de ville aux communes environnantes. Cette dernière livraison a augmenté énormément après la guerre : la quantité de 110 millions de m<sup>3</sup> par an livrée aux usines à gaz de la province de

Hollande Septentrionale montre que la production totale de l'ancienne cokerie a trouvé son débouché.

En raison de la forte hausse du prix du charbon, après la guerre, et de la différence assez faible entre les prix du charbon et du coke, nous étions d'avis qu'une nouvelle extension de notre fabrication de coke n'était possible qu'à condition qu'un débouché rentable soit trouvé pour le gaz. Un contrat conclu avec la municipalité d'Amsterdam et nous garantissant la livraison de 50 % du gaz consommé par la ville, nous a donné la possibilité d'agrandir la cokerie, de sorte que deux nouvelles batteries de fours à coke furent mises en opération le 1<sup>er</sup> octobre 1955.

Comme suite à ces agrandissements, la livraison de gaz de ville a augmenté cette année, jusqu'à 200 millions de m<sup>3</sup>.

Une particularité de notre livraison de gaz est que nous avons trouvé un système de tarifs assurant le maintien d'une consommation constante pendant toute l'année. En supplément de notre livraison de base, les usines à gaz produisent elles-mêmes l'appoint nécessaire pour la grande consommation hivernale. Avec les agrandissements récents, nous n'avons pas seulement augmenté le traitement de charbon jusqu'au niveau de 2 400

tonnes par jour, mais encore renouvelé ou modernisé une partie importante des anciennes installations.

#### Stockage du charbon.

Par suite de la nécessité d'employer des quantités croissantes de charbon américain (60 % de nos besoins actuels), nous avons construit un dépôt de stockage entièrement nouveau, d'une capacité d'emmagasinage de 100 000 tonnes. Pour la répartition et la reprise du charbon, nous avons choisi un système inédit en Hollande, qui consiste à déplacer le charbon à l'aide de bulldozers au lieu de grues. Ce système a comme avantages non seulement une réduction des frais, mais encore un meilleur tassement du dépôt, qui évite l'oxydation et les élévations de température à l'intérieur des tas.

Le charbon peut être livré au dépôt de trois côtés : du port maritime s'il arrive par navire, du port intérieur s'il arrive en péniche et au moyen du culbuteur de wagons en cas de transport par rail. Un système de courroies transporteuses à vitesse de 2 m/sec, capable d'un débit de 350 à 500 t/h assure l'aménagement et l'évacuation. Les convoyeurs d'évacuation passant devant des soutes situées en bordure du dépôt sont alimentés au moyen de chariots distributeurs mobiles.

#### Préparation des mélanges de charbon.

Vu les difficultés croissantes d'approvisionnement du charbon, on a cherché à réaliser une installation de préparation et de mélange aussi bonne et aussi souple que possible. Voilà pourquoi nous avons accordé beaucoup d'attention au réglage des broyeurs à marteaux du poste de broyage. On a également choisi un système permettant le broyage et l'emmagasinage séparés de chaque sorte de charbon pour ne les mélanger qu'ensuite. Au besoin, de l'eau ou de l'huile peuvent être ajoutées lors du mélange.

#### Les batteries de fours à coke.

La cokerie comprend actuellement 6 batteries, dont la première, la plus ancienne, a été mise hors service le 1<sup>er</sup> octobre 1955. Les trois suivantes sont respectivement : une batterie Otto, une Koppers et une Wilputte. Les deux dernières sont du type Coppée avec portes Wolff. Chaque batterie comprend 30 fours, d'une capacité individuelle de 14 tonnes de charbon, et peut traiter 500 tonnes par jour. Les deux dernières batteries ont été construites par nous, sur base « ingénieur-conseil ». Toutes les batteries sont chauffées au gaz de haut fourneau.

#### Traitement du coke.

Le coke est traité dans un bâtiment de criblage tout neuf, muni de cribles à résonance. Pour la reprise du coke de l'aire d'égouttage, nous avons mis au point un nouveau système continu, pour lequel nous avons demandé brevet dans plusieurs pays.

#### L'usine de sous-produits.

Cette usine est constituée partiellement de nouvelles et d'anciennes installations. Le goudron n'est pas traité chez nous, mais dans une usine filiale : la « Teerbedrijf Uithoorn ».

En plus des appareils courants, il y a lieu de signaler : l'extraction humide du soufre, l'usine d'acide sulfurique et la nouvelle usine de benzol.

#### La livraison de gaz.

Une épuration finale a lieu dans des épurateurs secs, à cuves. Ensuite, le gaz est refoulé dans notre réseau de transport par des compresseurs à pistons, de différentes capacités. L'un des postes de compression comporte un tableau central pour l'enregistrement des données provenant des différents points du réseau.

## VISITE DE LA COKERIE

La visite a porté principalement sur les installations de préparation du charbon et plus particulièrement sur le nouveau parc de stockage desservi par bulldozers.

La disposition d'ensemble des installations de réception et de traitement du charbon est indiquée à la figure 55.

Le parc à charbon a une capacité de l'ordre de 100 à 150 000 tonnes; il est divisé en trois zones dont deux sont réservées au stockage des charbons américains et une au stockage des charbons européens (Allemands, Hollandais et Belges).

La figure 56 montre la disposition transversale du bâtiment construit en bordure du parc.

Le charbon, arrivant par la courroie transporteuse supérieure, est déversé à une dizaine de mètres du bâtiment par des convoyeurs transversaux montés sur des passerelles en porte-à-faux. Cette disposition permet aux bulldozers de passer en arrière des tas pour les pousser vers l'aire de stockage.

Lors de la reprise des stocks, les bulldozers poussent le charbon vers une ligne de silos en béton située dans la partie inférieure du bâtiment, en

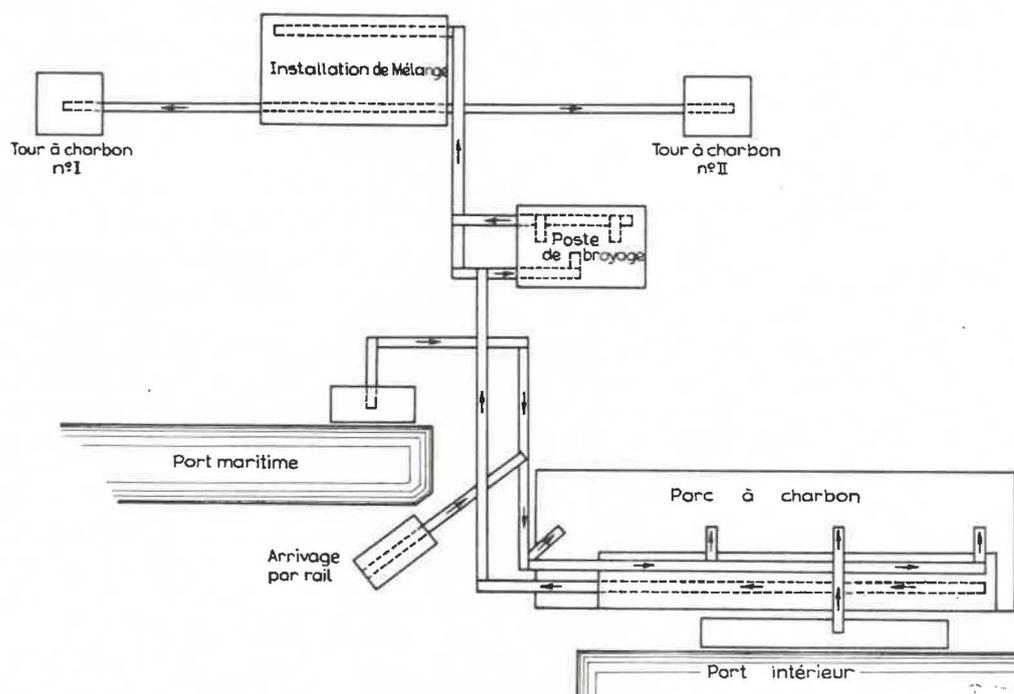


Fig. 55. — Disposition des installations de réception et de traitement des charbons.

contrebas du parc. Le charbon descend par une fente qui court sur toute la longueur des silos. Un chariot-distributeur se déplace parallèlement aux silos et assure le soutirage du charbon au moyen de deux moulins à axe verticaux équipés de racleurs.

Grâce au tassement énergique des couches successives, sous l'effet de la circulation des bulldozers, le charbon entreposé s'oxyde peu et la durée de séjour sur parc peut atteindre un an, sans détérioration appréciable des propriétés cokéfiantes.

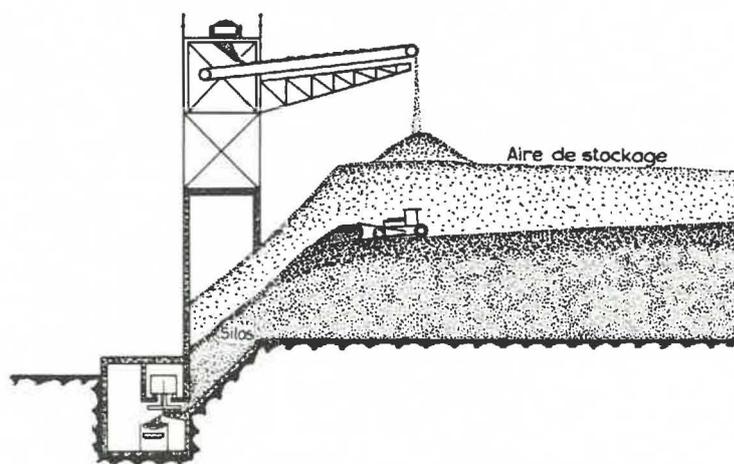


Fig. 56. — Coupe schématique à travers le bâtiment des silos à charbon.

## QUELQUES ASPECTS DE L'ETUDE STATISTIQUE DU COMPORTEMENT DU HAUT FOURNEAU

par M. P. BOSTER

Après la visite de la cokerie, les délégués ont eu l'occasion d'entendre une conférence de M. Booster, attaché aux laboratoires de la Société Royale Néerlandaise des Hauts Fourneaux et Aciéries.

Cette conférence, consacrée à l'étude des corrélations entre la mise au mille et les conditions

d'alimentation des hauts fourneaux, met en lumière la complexité du problème et la difficulté qu'il y a à dégager des conclusions certaines.

Le dépouillement des mises au mille hebdomadaires de trois hauts fourneaux, sur une période s'étendant sur plusieurs années, indique nettement

l'influence de trois paramètres principaux, à savoir :

la teneur en silicium de la fonte,

le poids de laitier (exprimé en % du poids de fonte), et

le poids de ferrailles enfournées.

L'influence de ces trois facteurs paraît à peu près linéaire. Les valeurs moyennes de leurs contributions respectives sont les suivantes.

La mise au mille augmente de 98 kg de coke/tonne de fonte pour chaque % d'accroissement de la teneur en silicium. Elle augmente de 3,5 kg de coke/tonne pour chaque % d'accroissement de la quantité de laitier. Elle diminue de 4,0 kg de coke/tonne pour chaque enfournement supplémentaire de 10 kg de ferraille.

On a également tenté de mettre en évidence l'influence d'une variation de qualité du coke; une expérience de longue durée a été entreprise en utilisant alternativement deux qualités de coke pour lesquelles l'essai Micum donne les résultats suivants :

Coke K.N.H.S. :  $M_{40} = 80 \%$        $M_{10} = 9 \%$

Coke « Maurits » :  $M_{40} = 85 \%$        $M_{10} = 7 \%$

Au bout de 16 semaines d'essais, il apparaît un écart moyen de mise au mille de 17 kg/t de fonte, mais en raison de la dispersion des points expérimentaux, cet écart ne peut pas encore être considéré comme significatif et, pour parvenir à une certitude mathématique de 95 %, les essais devront se poursuivre sur une période de 60 semaines.

## CONCLUSIONS

Deux faits ont particulièrement impressionné les délégués au cours de leur visite aux Pays-Bas :

- la part très large faite à la recherche dans l'organisation et dans le budget des Mines de l'Etat et
- l'essor exceptionnellement rapide des diverses industries de valorisation de la houille.

Le Centre de recherches minières de Treebeek et le Laboratoire Central de Geleen forment un ensemble absolument remarquable par leur ampleur et par leur organisation. Leur activité constitue incontestablement l'un des facteurs décisifs

de l'expansion des diverses industries de valorisation de la houille, cette expansion étant, d'autre part, favorisée par la concentration sous une même direction de deux vastes cokeries et de tout un complexe industriel de mines, de centrales électriques et d'usines chimiques.

La délégation belge tient également à souligner l'ampleur et l'intérêt des réalisations industrielles qu'il lui a été donné de voir et à rendre hommage aux organisateurs pour la parfaite organisation de ces visites.

**RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1956**  
**DE**  
**L'INSTITUT NATIONAL DES MINES**  
**à Frameries-Pâturages**

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

**SAMENVATTING**

*I) Studie van de springstoffen en de ontstekers.*

*Van dit hoofdstuk, dat een van de belangrijkste is van het verslag, verdienen de volgende punten bijzondere aandacht :*

*1) Erkenning van een buisvormige huls.*

*De belgische fabrikanten komen geleidelijk tot de stijve huls, waarvan de gekende voordelen zijn : regelmatigheid in de fabricatie (dikte en gewicht van de vlamdovende stof) en onmogelijkheid de explosieve kern alleen te gebruiken.*

*2) Erkenning van twee springstoffen met ionen-uitwisseling.*

*Deze springstoffen zijn minder krachtig dan de S.G.P. of brisante springstoffen en worden zonder huls gebruikt. Hun veiligheid ten overstaan van mijngas en kolenstof is zeer groot; zij zijn dus geschikt voor het gebruik in lagen die bekend staan als mijngashoudend.*

*II) Controle der schietmachines.*

*Het is mogelijk de veiligheid van het electrisch afvuren aanzienlijk te verhogen door de duur van de stroomdoorgang op 4 ms te beperken.*

*Om zulke korte tijden te verifiëren, is een oscillograaf met kathodische straal onontbeerlijk. De firma S.E.R.T.R.A. van Luik heeft een oscillograaf op punt gesteld die bijzonder goed geschikt is voor deze verificaties*

*III) Glazen voor vlamlampen.*

*Een nieuw merk van glazen werd erkend. Het werd onderworpen aan de proeven voorzien door de mijnpolitie (mechanische schok en verhitting), en bovendien aan thermische schokken in de aard van degene die door de buitenlandse reglementen worden opgelegd.*

*IV) Ontvlammingsgevaar vanwege de draagbare electrische lampen.*

*Een contact tussen de steun-electroden van de filamenten der gloeilampen geeft aanleiding tot een niet te verwaarlozen ontvlammingsgevaar.*

*Dit risico schijnt nochtans sterk te kunnen verminderd worden door zekere schikkingen. Deze kwestie is nog ter studie.*

*V) Studie van het mijngasveilig electrisch materieel.*

*Onder deze hoofding wordt verslag uitgebracht over :*

*1) De opzoekingen aangaande de verificatie van de intrinsieke veiligheid van zekere sein- en telefoontoestellen.*

- 2) De opzoekingen die geleid hebben tot de erkenning van een locomotief met alcalische accumulatoren.
- 3) De meting van de ontploffingsdrukking in de mijngasveilige omhulsels.

VI) Studie van de ongevallen.

Vier ongevallen werden bestudeerd op aanvraag van het Mijnwezen :

- 1) Ontijdige ontploffing van een lading dynmiet n<sup>o</sup> III.
- 2) Fuserende ontbranding van een lading Matagnite VIII.
- 3) In gebrekestelling van een benzine-lamp door een persluchtejector.
- 4) Mijnramp Bois de Cazier.

VII) Studie van diverse apparaten.

(Mijngasmeters, detectoren voor kooloxyde, slangen en transportbanden in geleidende rubber, vlamgrenzels voor mijngascaptatie, reddingsapparaten Dräger BG 172).

VIII) Opzoekingen van het scheikundig laboratorium.

IX) Stofbestrijding.

X) Opzoekingen over de verbranding van methaan (studie van de koude vlammen).

XI) Diverse inlichtingen.

Bijlage : Lijst der electriche en andere toestellen erkend in 1956.

## RESUME

I) Travaux sur les explosifs et sur les détonateurs.

De ce chapitre, un des plus importants du Rapport, il y a lieu de retenir les points suivants :

1) Agréation d'une gaine tubulaire.

Les fabricants belges se rallient l'un après l'autre à la gaine rigide dont les avantages sont bien connus : régularité de fabrication (épaisseur et poids de matières extinctrices), impossibilité d'utiliser le noyau explosif seul.

2) Agréation de deux explosifs à ions échangés.

Ces explosifs moins puissants que les formules S.G.P. ou brisantes sont utilisés sans gaine de sûreté.

Leur sécurité est très grande vis-à-vis du grisou et des poussières; ils conviennent donc parfaitement pour le minage en veines réputées grisouteuses.

II) Contrôle des explodeurs.

Il est possible d'améliorer la sécurité du tir électrique en réduisant à 4 ms la durée du débit des explodeurs.

Pour vérifier un temps aussi court, il faut absolument utiliser un oscillographe à rayons cathodiques. La Société S.E.R.T.R.A. de Liège a mis au point un oscillographe particulièrement bien adapté à cette vérification.

III) Verres pour lampes à flamme.

Une marque de verres a été reconnue. Elle a été soumise non seulement aux essais prévus par la Police des Mines (choc mécanique et échauffement), mais aussi à des chocs thermiques dépassant ceux prescrits par des réglementations étrangères.

VI) Risque d'inflammation par les lampes électriques portatives.

Le contact des électrodes-supports du filament des lampes à incandescence donne lieu à un risque non négligeable d'inflammation.

Il semble cependant que ce risque puisse être réduit par certains artifices. La question est toujours à l'étude.

V) Etude du matériel électrique antigrisouteux.

Sous ce titre sont relatées :

- 1) les recherches en vue de vérifier la sécurité intrinsèque de certains appareils de signalisation et de téléphonie.

- 2) les recherches qui ont conduit à l'agrégation d'une locomotive à batterie alcaline.
- 3) la mesure des pressions d'explosion du grisou dans les enveloppes.

VI) Etude d'accidents.

Quatre accidents ont été étudiés à la demande de l'Administration des Mines.

- 1) Explosion inopinée d'une charge de dynamite n° III
- 2) Déflagration fusante d'une charge de Matagnite VIII
- 3) Mise en défaut d'une lampe à benzine par un éjecteur à air comprimé
- 4) Catastrophe du Bois de Cazier.

VII) Etude d'appareils divers

(Grisoumètre, Détecteur d'oxyde de carbone, Tuyaux et courroies en caoutchouc conducteur, Coupe-flamme pour installation de dégazage, Appareil de sauvetage Drüger BG 172).

VIII) Travaux du Laboratoire de chimie.

IX) Lutte contre les poussières.

X) Recherches sur la combustion du méthane (Etude des flammes froides).

XI) Renseignements divers.

Annexe : Appareils électriques et autres agréés en 1956.

## I. — TRAVAUX SUR LES EXPLOSIFS ET SUR LES DETONATEURS

### 1. — RECHERCHES EN GALERIE EXPERIMENTALE

331 tirs ont été effectués en galerie expérimentale, ils ont été consacrés principalement à l'étude :

- 1) d'une gaine tubulaire pour l'explosif Sabulite B V,
- 2) d'explosifs brisants gainés,
- 3) d'explosifs de sécurité intrinsèque (à ions échangés).

On a vérifié également le comportement en atmosphère grisouteuse :

- d'explosifs agréés en usage dans les charbonnages
- d'un cordeau détonant.

#### Sabulite à gaine tubulaire.

La Sabulite B V agréée comme S.G.P. en 1955, avec une gaine pulvérulente de 190 g faite en parties égales de bicarbonate et de chlorure de soude, a été essayée en 1956, avec une gaine tubulaire de 176 g (diamètre 26/36,5 mm) composée de :

bicarbonate de soude	77
terre plastique	23

30 charges de 15 cartouches ont été tirées au bloc rainuré (en rainure normale) : 15 en présence de grisou, 15 en présence des poussières.

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

La Sabulite B V à gaine tubulaire a donc été agréée.

#### Explosifs brisants gainés.

Six explosifs de ce genre ont été présentés pour étude par les Poudreries Réunies de Belgique.

Dans ces formules ne figuraient que des éléments actifs, et notamment :

de la nitroglycérine, de 11 à 16 %  
du nitrate ammonique, de 74 à 80,75 %

les autres constituants étant surtout de la farine de bois et du trinitrotoluol.

Les cartouches étaient pourvues d'une gaine faite de 7 anneaux de chlorure sodique comprimé aux dimensions suivantes :

diamètres 26/36  
hauteur 25

(A noter que l'explosif est introduit directement dans la gaine et que celle-ci est entourée d'une enveloppe de papier paraffiné).

Au tableau I, nous avons indiqué pour chaque formule :

- la chaleur d'explosion en kcal pour 100 g d'explosif,
- le poids de gaine par 100 g d'explosif,
- la chaleur d'explosion rapportée à 100 g de gaine,
- la charge maximum n'ayant pas allumé le grisou lors des tirs en rainure normale (rainure tournée vers le haut).

Tableau I

Formule	kcal	Gaine en g pour 100 g d'explosif	kcal	Charge maximum n'ayant pas allumé
	100 g		100 g de gaine	
BO	84,8	182	46,6	8 cartouches 744 g
BS	77,0	170	45,3	8 cartouches 832 g
BT	76,1	175	43,5	13 cartouches 1 313 g
BM	74,2	153	48,5	9 cartouches 1 022 g
BM	74,2	175	42,4	15 cartouches 1 471 g
BL	73,1	182	40,2	15 cartouches 1 425 g

On peut y voir les influences, sur la charge limite, de la capacité de travail de l'explosif et du poids de gaine.

Pour satisfaire à l'épreuve du tir d'angle (15 cartouches n'allumant pas au bloc rainuré), il faut 180 g de gaine au moins pour un explosif à 740 calories environ par kg.

#### Explosifs à ions échangés.

Il s'agit d'explosifs renfermant le mélange équimoléculaire *nitrate de soude* + *chlorure ammonique*

$$\left(\text{rapport } \frac{\text{NaNO}_3}{\text{NH}_4\text{Cl}} = 1,61\right)$$

en lieu et place du mélange habituel *nitrate ammonique* + *chlorure sodique* qui, lui, renferme généralement un excès de nitrate ammonique.

Ces explosifs sont moins puissants que les explosifs S.G.P.

Douze formules (11 de la Société Cooppal et 1 des Poudreries Réunies) ont été étudiées en 1956.

Deux d'entre elles seulement ont été retenues pour agrégation : la Nitrocooppalite VIII de la Société Cooppal et la Charbrite des Poudreries Réunies de Belgique.

Ces explosifs répondent aux formules indiquées ci-après :

	Nitrocooppalite VIII	Charbrite
Nitroglycérine } Nitroglycol }	10,11	10,00
Coton nitre	0,09	—
Nitrate de soude	55,50	53,70
Chlorure ammonique	34,30	33,30
Savon métallique	—	0,50
Cellulose	—	1,00
Guhr	—	1,50

A la charge maximum pouvant être introduite dans le bloc rainuré de 3 m de longueur, soit 21 cartouches (2 100 g) pour la Nitrocooppalite VIII, soit 20 cartouches (2 580 g) pour la Charbrite, ces explosifs n'ont allumé ni les mélanges grisouteux

(à 9 % de méthane), ni les poussières carbonneuses (à 30 % de matières volatiles).

Le bloc était orienté comme indiqué à la figure 1 pour la Nitrocooppalite VIII. Pour la Charbrite, on avait placé une paroi verticale de choc conformément à la figure 2.

Dans les deux cas, la distance D était de 40 cm.

A noter que ces deux dispositions conduisent sensiblement aux mêmes résultats.

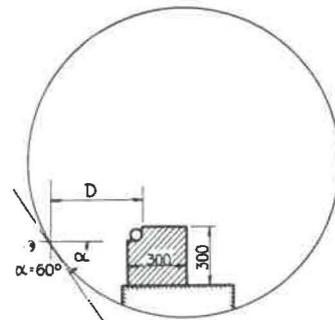


Fig. 1.

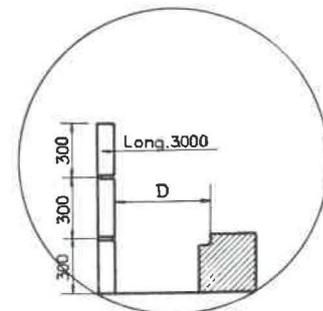


Fig. 2.

#### Contrôle des explosifs S.G.P. gainés.

Un seul échantillon nous a été envoyé pour contrôle de la charge limite.

La Nitrocooppalite venant de la Division de Campine n'a pas allumé le grisou à la charge de 15 cartouches, ni en rainure normale, ni en rainure latérale pour la distance D = 60 cm (voir disposition du bloc rainuré figure 1).

Dans les mêmes conditions et à l'occasion de visites éducatives, nous avons effectué des tirs de

contrôle de Flammivore et de Matagnite (64 tirs), sans enregistrer l'inflammation du grisou.

### Essais en atmosphère grisouteuse du cordeau détonant D.A.G.

L'emploi du cordeau détonant est particulièrement intéressant pour la mise en exploitation des couches à dégagement instantané. Il permet en effet la réalisation de charges étagées produisant donc successivement la mise à découvert, l'ébranlement et la recoupe de la couche.

Le but des essais était de voir jusqu'à quel point le cordeau de la firme D.A.G. était « antigrisouteux ».

On a donc fait détoner du cordeau dans des conditions diverses en atmosphère grisouteuse inflammable.

1) Le cordeau déployé en spires équidistantes est suspendu à deux bois distants de 4,50 m environ, disposés dans le plan axial vertical de la galerie.

L'une des extrémités du cordeau se trouve dans la galerie; l'autre, amorcée d'un détonateur électrique, est à l'extérieur.

Il n'y a pas inflammation lorsque la longueur du cordeau est de 20 ou 36 m, mais il y a inflammation lorsque cette longueur est de 48,50 m.

2) Au cordeau disposé comme précédemment, on attache maintenant des cordeaux-dérivations de 40 cm de longueur.

a) cordeau principal 10 m; 8 dérivations; longueur totale de cordeau 13,20 m; 9 extrémités libres dans le grisou.

Pas inflammation.

b) cordeau principal 50 m; 20 dérivations; longueur totale du cordeau 58 m; 21 extrémités libres dans le grisou.

Inflammation.

Les conditions des expériences du groupe 2 sont évidemment favorables à l'inflammation; les extrémités libres des cordeaux secondaires se trouvent en effet en atmosphère grisouteuse, alors que dans un tir réel elles sont protégées par le bourrage.

Ces recherches n'ont pas été poursuivies; on nous demandait simplement de vérifier si le cordeau était « antigrisouteux ».

Cette qualification n'est effective que si on li-

mite dans une certaine mesure la longueur totale des cordeaux.

## 2. — TIRS AU ROCHER

### Étude du tir à temps.

122 tirs ont été exécutés au rocher avec des détonateurs à court retard; ils ont confirmé ce que nous savions déjà: la sécurité du tir à temps en présence du grisou s'améliore lorsqu'on réduit le délai qui s'écoule entre les explosions successives.

Nous avons eu, cependant, deux inflammations lors de tirs de deux charges de Flammivore non gainé (explosif S.G.P.) explosant dans un banc de grès au mur, avec un décalage une fois de 30 ms, une autre fois de 60 ms.

De l'examen du front après le tir, on pouvait croire qu'il y avait eu, non pas amputation du second fourneau, mais explosion d'une charge mise préalablement à découvert.

Lors du premier tir (n° 2014 — délai 30 ms), la seconde charge (7 cartouches) avait explosé entièrement.

Lors du second tir (n° 2053 — délai 60 ms), on a retrouvé sur le banc de pierre, et tout à fait découvertes, 3 cartouches de la seconde charge qui en comportait 6.

Dans les deux cas, les charges mises à découvert suffisaient pour produire l'inflammation du grisou.

Ces constatations montrent que la sécurité du tir à temps exige, non seulement l'emploi de détonateurs à court-retard, mais aussi celui d'explosifs satisfaisant à une épreuve qui reproduise l'incident de la mise à découvert des charges, c'est-à-dire le tir au bloc rainuré.

## 3. — AGREATION DE DETONATEURS

Ont été agréés après essais :

a) trois types de détonateurs instantanés des Poudreries Réunies de Belgique.

Ces types diffèrent par la nature de la charge secondaire (Nitropenta, tétryl ou trinitrotoluol).

b) un type de détonateurs à long retard de la même firme.

Ces quatre types de détonateurs ont été examinés au point de vue de la sensibilité, de la puissance et de la régularité.

## II. — CONTROLE DES EXPLOSEURS

L'arrêté royal du 12 septembre 1955 sur l'emploi des explosifs a rendu obligatoire le contrôle trimestriel des explodeurs.

Ce contrôle doit être effectué, soit par l'exploitant après accord du directeur divisionnaire, soit

par un organisme indépendant agréé par le directeur divisionnaire.

Nous avons été ainsi amenés à étudier le mode opératoire adopté par des charbonnages du Bassin de Mons, de plus nous avons examiné l'appar-

reil imaginé par la Société d'Etudes et de Rationalisation de Travaux miniers (S.E.R.T.R.A.) de Liège.

Cet appareil représenté à la figure 3 est en fait un oscillographe à rayons cathodiques sans came-

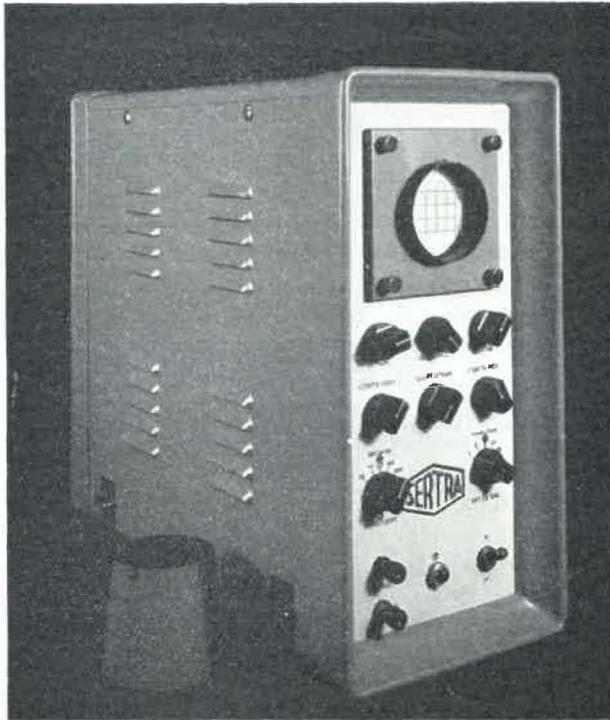


Fig. 3.

ra, conçu pour mesurer simultanément l'intensité et la durée du débit des explosifs.

L'explosif est connecté à une résistance d'une valeur déterminée, représentant le circuit de tir le plus chargé pour lequel la machine est réalisée; on mesure donc la valeur et la durée de la tension qui règne aux bornes de la résistance lorsque l'explosif est en action.

Les lectures tant des ordonnées (tension), que des abscisses (durée), se font à l'estime sur un écran transparent gradué, appliqué sur le fond du tube à rayons cathodiques.

A l'aide de commutateurs, on peut modifier à volonté la sensibilité de l'appareil :

1 cm peut représenter :

- en ordonnée 30, 60, 90, 180, 360 volts;
- en abscisse 1, 2, 5, 10, 20 millisecondes.

L'écran est éclairé latéralement; il porte un carrelage de lignes horizontales et verticales équidistantes de 1 cm.

Les côtés de chacun des carrés sont partagés par de petits traits, en 5 parties égales.

Nous avons utilisé l'oscilloscope portant le numéro C.E.X.108 pour vérifier deux explosifs de haute puissance.

Nous avons pu constater ainsi que ses indications concordaient avec celles de nos appareils de contrôle tant au point de vue intensité que du point de vue temps.

### III. — VERRES POUR LAMPES A FLAMME

Une nouvelle fabrication de la firme Schott et Gen de Mayence a été agréée.

Ces verres ont subi, non seulement les épreuves prescrites par la circulaire du 20 décembre 1906 (échauffement sur une lampe à benzine en atmosphère grisouteuse et choc du mouton de 85 g), mais aussi des essais de choc thermique et de vieillissement.

1) L'essai de choc thermique consiste à plonger, dans de l'eau à 15°, le verre sortant d'une étuve réglée à 100°, 150° ou 200°.

On n'a enregistré des avaries que pour le choc 200-15°; sur cinq verres soumis à 5 chocs successifs, 2 seulement se sont brisés.

2) L'essai de vieillissement consiste à soumettre alternativement le verre à des échauffements à l'étuve à 150° et à des refroidissements à l'air libre à la température de 15° environ.

La durée de chaque échauffement est de l'ordre de 10 heures.

Trois lots de verre ont subi ces essais pendant respectivement 1 mois, 2 mois et 3 mois; ils sont passés ensuite au mouton de 85 g.

Cette épreuve a montré que la résistance au choc mécanique restait la même quel que soit le temps de vieillissement.

Des deux nouveaux essais que nous avons adoptés, il semble que les chocs thermiques répétés soient les mieux appropriés à la mise en évidence des qualités de la fabrication; aussi sommes-nous décidés à adopter cette épreuve, mais il faudrait déterminer la température supérieure du choc.

La réglementation anglaise prescrit l'écart 100-18°; nos recherches futures auront pour objet de voir s'il est suffisant.

En fait, les verres actuellement en usage en Belgique satisfont à l'épreuve anglaise.

#### IV. — RISQUE D'INFLAMMATION PAR LES LAMPES ELECTRIQUES PORTATIVES

Il s'agit ici du risque d'inflammation résultant du contact des électrodes-supports du filament dans les lampes à incandescence.

Il faut évidemment un concours tout à fait spécial de circonstances pour qu'après la rupture simultanée du cylindre de protection et du verre de l'ampoule, les électrodes entrent en contact et court-circuitent la batterie.

Le fait a cependant été observé deux fois en Belgique sur des lampes remontant du fond.

Ce risque d'inflammation a fait l'objet de longues recherches; celles-ci ont été relatées dans une communication que nous avons présentée à la IX<sup>me</sup> Conférence internationale des Directeurs des stations d'essai.

Nous avons utilisé des ampoules de fabrications diverses différant les unes des autres par l'intensité et la tension d'alimentation, par la nature du remplissage (vide ou gaz), par la disposition et la longueur des électrodes.

La température atteinte par les électrodes dépend surtout de leur longueur et du mode de contact.

Les électrodes courtes ne peuvent se toucher qu'en un point et de telle sorte que, sur une partie de leur longueur, elles se trouvent en contact avec le socle de verre.

Ces deux circonstances sont favorables à la déperdition de chaleur; aussi les ampoules à électrodes courtes n'ont jamais produit l'inflammation du grisou.

Avec les électrodes longues au contraire, le contact peut se faire en plusieurs points et à une distance relativement grande du verre; la température du métal est plus élevée et on enregistre souvent l'inflammation.

Dans certains types à électrodes longues, celles-ci reçoivent le courant par deux fils de diamètres

différents (0,16 et 0,38 mm) dont le plus fin intervient pour limiter le courant de court-circuit soit en durée, soit en intensité.

Ces ampoules n'ont pas produit l'inflammation.

L'insertion d'un fil fin dans le circuit d'alimentation améliore donc la sécurité, par contre elle a pour inconvénient de réduire le pouvoir éclairant de la lampe.

Nous avons déterminé le rendement moyen en lumens par watt pour ces différents types d'ampoules, et trouvé ainsi :

	<i>Lumens par watt</i>
pour les électrodes courtes (3 types)	5,08 à 6,23
pour les électrodes longues sans fil fin (4 types)	8,39 à 9,76
pour les électrodes longues avec fil fin (6 types)	6,65 à 7,80

Parmi les types à électrodes longues sans fil fin, l'un s'est comporté cependant d'une manière spéciale.

Il s'agit d'ampoules Philips 2,5 V et 1,75 A ayant un pouvoir lumineux de 8,39 lumens par watt.

On établissait le court-circuit des électrodes en les mettant en contact à leurs extrémités, la disposition la plus favorable à l'inflammation.

Après avoir fermé le circuit, on observait, soit la déformation des électrodes, soit leur rupture par fusion près du point d'insertion dans le socle de verre.

Nous n'avons enregistré ainsi qu'une inflammation sur 44 essais.

Il semble donc qu'il soit possible, par certains artifices, de minimiser les conséquences de la mise en court-circuit des électrodes.

Cette question est toujours à l'étude.

#### V. — ETUDE DU MATERIEL ELECTRIQUE ANTIGRISOUTEUX

##### 1. — APPAREILS DE SECURITE INTRINSEQUE

Il s'agit d'appareils de signalisation et de téléphonie comportant des circuits de « sécurité intrinsèque ».

Nous entendons, par là, que les étincelles produites dans ces circuits, soit par rupture des conducteurs, soit par contact de conducteurs de polarités différentes, sont incapables d'allumer les mélanges grisouteux.

Le fait résulte :

— ou bien de la modicité de l'énergie mise en jeu par la source,

— ou bien de la présence d'artifices, qui réduisent le courant circulant dans le circuit (résistance) ou absorbent une partie de l'énergie de self induction du circuit (écran conducteur entourant les circuits inductifs, condensateurs ou résistance shuntant ces circuits).

Les circuits de sécurité intrinsèque ne sont plus obligatoirement protégés par une enveloppe anti-déflagrante, ce qui est évidemment favorable à la légèreté.

De plus, la détérioration en milieu inflammable des câbles de liaison n'a d'autre conséquence que la mise hors service de l'installation.

### Poste téléphonique d.FZ, d.FW et d.FWT de la firme Funke et Huster de Kettwig (Allemagne).

Ces trois postes diffèrent l'un de l'autre, par l'adjonction d'un sélecteur de lignes sur le type d.FW, d'un sélecteur de lignes et d'une touche de terre sur le type d.FWT; ils sont conçus pour être utilisés dans une installation à batterie centrale de 60 V au maximum.

Ces postes sont enfermés dans des coffrets anti-grisouteux, mais les combinés microtéléphoniques et les téléphones supplémentaires sont protégés par de simples enveloppes en caoutchouc.

On a vérifié que les circuits téléphoniques sont bien de « sécurité intrinsèque » vis-à-vis des mélanges grisouteux.

Dans les conditions normales d'alimentation, la tension aux bornes d'un microphone est de 8 V et l'intensité du courant qui y circule, de 56 mA.

### Poste téléphonique à magnéto d'appel de la firme Automatic Telephone Electric Co, à Liverpool (Angleterre).

Ce poste comporte une magnéto d'appel.

Les dispositifs utilisés pour rendre le circuit d'appel de sécurité intrinsèque sont au nombre de trois :

- 1) une résistance placée en shunt sur chacun des deux enroulements de la magnéto,
- 2) un condensateur monté en shunt sur l'enroulement de la sonnerie,
- 3) une résistance V.D.R. (Voltage Dependant Resistor) branchée aux bornes de la magnéto au moment de la mise en marche (cette résistance décroît très rapidement quand la tension qui lui est appliquée augmente).

Ainsi que l'on montré nos essais, le premier dispositif suffit seul pour supprimer le danger, vis-à-vis du grisou, des étincelles de la magnéto, qu'elle soit utilisée isolément ou qu'elle soit branchée sur une sonnerie.

Les autres dispositifs interviennent en cas de déficience de l'un d'entre eux ou de manœuvre simultanée de plusieurs magnétos sur le même circuit.

Quand au circuit microphonique alimenté par deux piles de 1,5 V, il est de sécurité intrinsèque même dans les mélanges de gaz d'éclairage et d'air (on sait que le gaz d'éclairage est plus inflammable encore que le grisou).

### Installation de signalisation de la firme John Davis et Son, à Derby (Angleterre).

Cette installation comprend un transformateur 550/15 V - 24 V.A. 50 Hz et une ou deux sonneries types Davisolac normal ou Davisolac à signal op-

tique. Dans le second type, il y a une ampoule branchée en parallèle sur l'enroulement de la sonnerie.

Le transformateur est enfermé dans un coffret antigrisouteux et les enroulements primaire et secondaire de ce transformateur sont séparés par un écran de cuivre mis à la masse. Le coffret contient également une résistance non inductive, connectée en série dans le circuit formé par le secondaire du transformateur et les sonneries.

Cette résistance limite à 1,6 A (valeur efficace) le courant qui s'établirait par court-circuit entre les conducteurs du câble de signalisation.

Le circuit est de sécurité intrinsèque vis-à-vis des mélanges grisouteux à condition qu'il ne soit fait usage que d'un seul transformateur et de deux sonneries au maximum, obligatoirement connectées en parallèle.

## 2. — LOCOMOTIVES A ACCUMULATEURS

Ainsi que nous l'avons signalé dans nos rapports antérieurs, la partie délicate de ces locomotives est le coffret protégeant la batterie; celui-ci peut à certains moments, renfermer du gaz tonnant (hydrogène + oxygène) et l'on sait que ce gaz donne des flammes susceptibles de traverser des interstices très étroits.

L'étude de ces machines a été poursuivie au cours de l'année 1956; elle a comporté les opérations suivantes :

- 1) Mesure du dégagement du gaz électrolytique sur des éléments isolés (au cadmium nickel et au plomb).
- 2) Mesure de la diffusion en atmosphère calme du gaz électrolytique dans un coffret immobile pourvu d'empilage de plaquettes.

Cette mesure a été effectuée de deux façons :  
a. sur un coffret dans lequel on introduisait du gaz électrolytique à un rythme déterminé et établi d'après les résultats obtenus lors des mesures de dégagement.

b. sur un coffret équipé d'une batterie qu'on soumettait à des charges et décharges alternées.

- 3) Vérification de l'efficacité d'empilages vis-à-vis d'une explosion interne. Cette vérification est, à notre sens, la plus importante au point de vue de la sécurité d'emploi.

La diffusion par les empilages peut en effet être suffisante pour amener la teneur en hydrogène en dessous de la limite inférieure d'inflammabilité (4 % pour la propagation montante), mais lorsque la locomotive pénètre inopinément dans une atmosphère grisouteuse, il se forme à l'intérieur du coffret, et par suite d'échanges gazeux, un mélange inflammable.

Nous avons procédé à des essais d'explosion sur deux coffrets pourvus d'empilages.

Le coffret se trouvant dans une atmosphère grisouteuse à 8 % de méthane, on y introduisait un mélange de cet air grisouteux et de gaz électrolytique qu'on faisait exploser par l'étincelle d'une bobine d'induction.

On a constaté ainsi que la flamme des mélanges susceptibles de se former dans un coffret équipé d'une batterie au cadmium nickel ne traversait pas l'empilage constitué par des plaquettes distantes de 0,5 mm et de 50 mm de largeur.

Jusqu'ici, une locomotive seulement a été proposée à l'agrément ministériel : elle est équipée d'une batterie au cadmium nickel ne traversait pas et provient de la firme A.F.A. de Hagen (Westphalie).

Nous n'avons pu agréer un coffret de 20 éléments au plomb de 770 Ah.

Pour que cette machine fonctionne avec une sécurité acceptable, il faudrait qu'elle se trouve à tout moment dans une atmosphère d'air pur animé d'une vitesse de 1,40 m par seconde.

En atmosphère calme et dans la période de repos qui suit la fermeture du couvercle (cette manœuvre étant faite 3 h 30 après la fin du chargement), on a trouvé jusqu'à 8 % d'hydrogène, c'est-à-dire une teneur bien supérieure à la limite d'inflammabilité.

### 3. — PRESSION D'EXPLOSION DU GRISOU

Les enveloppes d'appareils électriques doivent subir chez le constructeur une épreuve hydraulique au taux d'une fois et demie la pression maxi-

imum que donnerait une explosion interne de grisou.

Pour documenter les constructeurs, nous avons, comme au cours des exercices antérieurs, déterminé la pression d'explosion dans des appareils de fabrication courante.

Cette mesure a été effectuée spécialement sur des coffrets à fermeture rapide, c'est-à-dire ceux dont le couvercle est maintenu par des verrouillages, par des assemblages à créneaux ou par un nombre limité de vis.

Nous avons mesuré aussi les pressions anormales qui se produisent dans les compartiments communiquant par des ouvertures de section réduite.

Dans certains coffrets de chantier, il existe des cloisons séparatrices qui sont traversées par des câbles d'appareils de mesure; on peut supposer que ces appareils soient, pour certaines raisons, momentanément supprimés.

La flamme de grisou aura alors à franchir un étranglement qui peut être cause d'une surpression.

Sur un appareil d'étude réalisé à l'Institut et composé de coffrets superposés de 15 à 30 litres de capacité, nous avons fait 400 mesures et observé comme pression maximum d'explosion 11,6 kg/cm<sup>2</sup>, et cela pour un étranglement de 22 mm de diamètre.

A noter que la pression d'explosion du méthane dans une sphère de 4 litres est de 7 kg/cm<sup>2</sup>, mais en fait cette pression n'est jamais atteinte dans les appareils de fabrication courante à compartiment unique de forme prismatique.

## VI. — ETUDE D'ACCIDENTS

### 1. — EXPLOSION INOPINEE D'UNE CHARGE DE DYNAMITE n° III

Le fait s'est produit lors d'un forage en nouveau dans un charbonnage de la division de Mons.

Nous avons recherché si le choc d'un fleuret est capable de faire exploser une charge de dynamite au rocher.

En 1955, nous avons obtenu l'explosion dans un bloc d'acier. Le fleuret de 2,5 kg recevait le choc d'un pendule dont l'énergie cinétique au moment du choc était de 15 kgm; l'explosion s'était produite au 36<sup>me</sup> choc.

Les essais de 1956 ont été effectués dans des trous en grès très dur (poudingue houiller) à notre galerie du Bois de Colfontaine.

Voici en bref les résultats de nos essais :

#### a) Essais de percussion.

Chocs distincts; pendule frappant un fleuret de 2 m pesant soit 6,8 kg, soit 8,9 kg.

La charge était un tiers de cartouche de dynamite n° III. On a fait 11 essais soit :

3 charges fleuret de 6,8 kg - 10 chocs de 11,86 kgm

2 charges fleuret de 6,8 kg - 10 chocs de 15,84 kgm

1 charge fleuret de 6,8 kg - 20 chocs de 15,84 kgm

4 charges fleuret de 6,8 kg - 15 chocs de 20,0 kgm

1 charge fleuret de 8,9 kg - 8 chocs de 20,0 kgm

Seule la dernière charge a explosé, soit au 8<sup>me</sup> choc de 20 kgm.

#### b) Essais de forage.

Le marteau perforateur utilisé lors de l'accident est monté sur un chariot qui se trouve sur un jeu de rails inclinés vers le front.

Un câble permet de remonter et de descendre alternativement le chariot et de réaliser ainsi des va-et-vient du fleuret dans le rocher.

L'explosif placé dans le fourneau reçoit donc simultanément les chocs dus à la frappe et ceux produits par les manœuvres d'introduction et de retrait de l'outil.

Avant chaque série d'essais, on mesure au dynamomètre la poussée due à l'inclinaison du rail-lage.

Pour empêcher l'expulsion de l'explosif par les jets d'air, on avait pris soin pour certains essais d'obstruer, par des broches de bois et des bourres d'argiles, les orifices de curage du taillant.

Il est arrivé souvent que l'explosif se mélangeant aux poussières de forage formait un enduit qui calait le fleuret.

1) Essais sur des charges de dynamite (1/3 de cartouche).

La poussée varie de 22 à 25 kg; le taillant est rectiligne.

6 charges sont soumises à l'expérience qui dure de 15 secondes à 3 minutes.

Pas explosion.

2) Essais sur des charges de dynamite (1/3 de cartouche) mélangées de pierres anguleuses.

La poussée varie de 16 à 25 kg.

Le taillant est rectiligne.

13 charges sont soumises à l'expérience qui dure de 20 à 100 secondes.

Pas explosion.

3) Les essais sont analogues aux essais 1 et 2, mais devant la charge de dynamite, on met des morceaux de grès dont les dimensions sont de l'ordre du diamètre du fourneau (40 mm); avant d'atteindre l'explosif, le fleuret s'échauffe à la traversée des pierres.

La poussée est de 22 kg.

On a fait varier les conditions expérimentales comme indiqué au tableau II.

Tableau II.

N° de l'essai	Forme du taillant rectiligne ou croisé	Canaux du taillant : fermés ou libres	Charge de pierre devant l'explosif (cm)	Durée du forage en secondes
1	rect.	fermés	5	25
2	id.	id.	18	40
3	croisé	libres	8	80
4	id.	id.	8	35
5	id.	id.	8	35
6	id.	id.	8	35
7	id.	id.	8	35

Aucun de ces essais ne produit l'explosion.

4) La charge de dynamite (1/3 de cartouche) est d'abord comprimée.

Après avoir mis la dynamite en place, on fait exploser dans le fourneau 1/2 ou 1 cartouche de Flammivore, isolée des deux côtés par un bourrage d'argile.

L'explosion préalable du Flammivore produit une compression plus ou moins accentuée de la dynamite.

On a fait ainsi 4 essais de forage avec un taillant rectiligne et une poussée de 17 à 22 kg sur le fleuret.

La durée du forage dure de 20 à 295 secondes. Pas explosion.

5) Charge de dynamite (1/3 de cartouche amorcée d'un détonateur).

La poussée sur le fleuret est de 22 kg.

Le forage dure 30 secondes (taillant rectiligne).

Il n'y a pas explosion.

Après l'essai, on retrouve le détonateur broyé.

6) Charge de bicarbite (1 cartouche amorcée d'un détonateur).

On fait 2 essais, la poussée étant de 22 kg.

a) un essai avec un taillant rectiligne, durée du forage 45 secondes; pas explosion.

b) un essai avec un taillant en croix; après 10 secondes de forage, la charge explose.

En résumé, sur 11 essais de percussion au pendule, on a obtenu une fois seulement la détonation de la dynamite.

Les 31 essais de forage n'ont donné que des résultats négatifs, même l'essai (5) pour lequel on avait utilisé une cartouche amorcée d'un détonateur.

La présence d'un détonateur est néanmoins favorable à l'explosion de la charge, ainsi qu'en témoigne l'essai 6 b effectué avec de la bicarbite.

La seule explosion enregistrée avec la dynamite au cours de cette longue série d'essais (42) suffit évidemment pour montrer combien il est dangereux de forer sur une mine ratée, même si elle n'est plus pourvue de son détonateur.

## 2. — DEFLAGRATION FUSANTE D'UNE CHARGE DE MATAGNITE VIII

Cet incident s'est produit à front de la voie de retour d'air d'un chantier dans le Bassin de Charleroi.

Le charbon avait été enlevé à l'explosif; dans le toit, on avait foré 6 trous qu'on avait chargés de Matagnite VIII gainée (2 à 4 cartouches par trou).

Les charges étaient amorcées de détonateurs à court-retard n° III, IV et V comme indiqué à la figure 4. A côté de ces numéros figurent les nombres de cartouches (2 c, 3 c, 4 c).

Après le tir, le boutefeux essayait de retirer un fleuret resté coincé lors du forage, quand se produisit une explosion qui blessa grièvement deux ouvriers se trouvant dans la voie à 6 m du front.

Quinze minutes s'étaient écoulées entre le tir et l'explosion.

Plusieurs mines avaient laissé des culots renfermant des morceaux de cartouches; d'autre part,

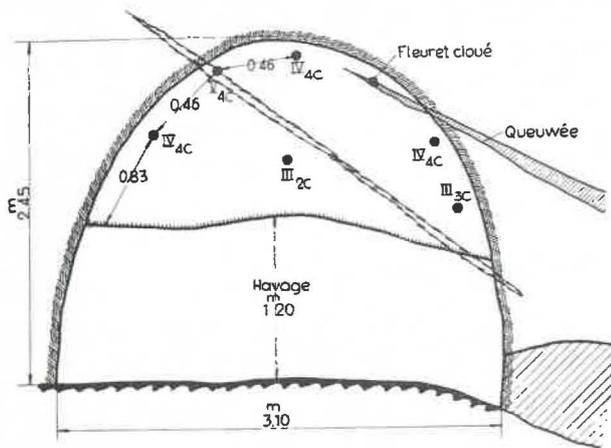


Fig. 4.

certain indices semblaient montrer que l'accident était le fait d'une déflagration fusante produite par la charge amorcée du détonateur V.

L'analyse de l'explosif révéla une teneur en nitroglycérine de 9,40 (au lieu de 10 %) et une teneur en humidité de 1,91 %, chiffre supérieur à ce qu'on trouve d'habitude.

Nous avons d'abord vérifié la sensibilité de l'explosif. Une charge de 3 cartouches suspendues à l'air libre a explosé entièrement alors qu'il y avait un intervalle de 9 cm entre deux cartouches consécutives et nous avons dû porter cet intervalle à 10 cm pour observer un raté de détonation.

La sensibilité à l'air libre était donc plus que satisfaisante.

Nous avons fait ensuite des essais de déflagration fusante dans un mortier d'acier au calibre 960 × 45 mm, fermé par un bourrage d'argile renforcé par des coins de bois.

Ces essais ont été réalisés selon un mode opératoire bien connu, consistant à soumettre l'explosif gainé, altéré ou non par des additions de charbon fin (cartouche réceptrice), à l'action des gaz chauds provenant d'une autre charge (charge initiatrice), soit d'explosif, soit de poudre noire.

Le relevé des essais effectués fait l'objet du tableau III.

L'allumage de la charge initiatrice était réalisé par un inflammateur électrique pour la poudre noire, par un détonateur électrique n° 8 pour la Matagnite VIII.

Certains de ces essais ont mis en évidence l'influence des vides morts subsistant dans les fourneaux après le chargement.

L'air ou les gaz se trouvant dans ces vides subissent des alternances de pression et de dépression qui déplacent les cartouches dans un sens ou dans l'autre et les détériorent, les rendant parfois méconnaissables.

Pour les essais I, il n'y a eu ni déflagration ni détonation; un cordeau placé au préalable dans la cartouche réceptrice n'a pas détoné.

Tableau III

N° de la série	Charge initiatrice	Charge réceptrice	Intervalle entre les charges	Nombre d'essais
	<i>au fond du mortier</i>	<i>près du bourrage</i>		
I	Matagnite VIII 1 cartouche	Matagnite VIII 1 cartouche	sable 10 à 20 cm	6
II	Poudre noire (20 à 40 g)	id.	vide 30 à 40 cm	6
III	id.	id.	vide 10 à 32 cm + pierrailles 8 cm	13
IV	Poudre noire (20 à 30 g)	Matagnite VIII mélangée de charbon (10 à 25 g)	intervalle de 15 à 25 cm vide ou rempli de pierrailles	9
	<i>près du bourrage</i>	<i>au fond du mortier</i>		
V	Matagnite VIII 1 cartouche	Matagnite VIII 1 cartouche	sable et pierrailles 12 à 22 cm	3
VI	Matagnite VIII 1/2 à 2 cartouches	Matagnite VIII 1 cartouche mélangée de charbon (20 g)	vide 10 à 20 cm	4
VII	id. 1 ou 2 cartouches	id.	vide 0	2
VIII	id. 1 ou 2 cartouches	id.	craie 10 cm	1

Pour l'un des essais V, effectué avec une intercalation de 22 cm de sable, il y avait un vide derrière la cartouche réceptrice. De cette cartouche, une partie a été retrouvée à l'extérieur devant le mortier et une autre au fond du mortier intimement mélangée au sable et aux pierrailles.

Dans le cas d'un trou foré en charbon, on pourrait donc avoir un mélange d'explosif et de charbon fin.

Plusieurs essais effectués avec la poudre noire (charge initiatrice) ont donné des émissions de gaz par le bourrage fissuré. Pour cinq d'entre eux, il y a eu une déflagration bien caractérisée.

Voici des détails à leur sujet :

1) Charge initiatrice : poudre noire 20 g.

Charge réceptrice : 1 cartouche de Matagnite VIII.

Intervalle : 32 cm de vide + 8 cm de pierrailles.

Bourrage : 40 cm d'argile avec 3 broches de bois en série.

20 secondes après l'allumage, il se produit un souffle de gaz par le bourrage plus ou moins fissuré; deux broches de bois sont expulsées. L'émission de gaz persiste pendant 3 minutes.

Dans le fourneau, il ne reste plus que du chlorure sodique provenant de l'explosif et de la gaine.

2) Charge initiatrice : poudre noire 25 g.

Charge réceptrice 1 cartouche de Matagnite VIII.

Intervalle : 10 cm de vide + 8 cm de pierrailles.

Bourrage : 40 cm de craie et 2 broches de bois.

Dès la mise à feu, un jet de gaz sort par le bourrage et persiste pendant 15 secondes.

3) Charge initiatrice : poudre noire 30 g.

Charge réceptrice : 1 cartouche de Matagnite VIII.

Intervalle : 22 cm de vide + 8 cm de pierrailles.

Bourrage : 40 cm d'argile et de craie + 2 broches de bois.

Il n'y a pas d'émission de gaz mais, 12 secondes après la mise à feu, il se produit une explosion avec expulsion du bourrage.

Le cordeau détonant servant de témoin est intact : il y a donc eu simplement décomposition de l'explosif sous la pression des gaz chauds.

4) Charge initiatrice : poudre noire 30 g.

Charge réceptrice : 1 cartouche de Matagnite VIII mélangée de 20 g de charbon fin.

Intervalle : 15 cm de vide + 8 cm de pierrailles.

Bourrage : 40 cm d'argile et craie avec 2 broches de bois.

Dès la mise à feu, il y a expulsion des broches et fissuration du bourrage.

Des fumées s'échappent pendant 7 minutes.

5) Charge initiatrice : poudre noire 25 g.

Charge réceptrice : 1 cartouche de Matagnite VIII mélangée avec 20 g de charbon fin.

Intervalle : 15 cm de vide + 5 cm de pierrailles.

Bourrage : 40 cm d'argile et de craie avec 2 broches de bois.

8 secondes après la mise à feu, il se produit un souffle de gaz qui persiste pendant 52 secondes.

A la lumière de ces constatations, on pourrait tenter d'expliquer l'accident de la manière suivante.

Le fourneau amorcé du détonateur à retard V avait été foré à proximité de la faille ou dans la faille.

Du stérile plus ou moins mélangé de charbon s'est introduit entre les cartouches et a empêché la détonation complète de la charge.

Les cartouches ratées, mais emprisonnées derrière du stérile comprimé, ont subi ensuite l'action des gaz chauds provenant des explosions antérieures.

Néanmoins, on imagine difficilement que le terrain secoué par des explosions successives à 30 millisecondes d'intervalle puisse rester cohérent un temps suffisamment long pour permettre aux gaz chauds et sous pression, d'agir sur les cartouches ratées.

Les expérimentateurs du Cerchar (Verneuil-France) ont trouvé en effet que, pour produire la déflagration, l'action des gaz chauds devait persister pendant 0,2 ou 0,3 seconde au moins.

### 3. — MISE EN DÉFAUT D'UNE LAMPE A BENZINE PAR UN EJECTEUR A AIR COMPRIME

Cette mise en défaut s'est traduite par une inflammation de grisou survenue en tête d'une taille et causant des brûlures plus ou moins graves à 38 ouvriers.

Du procès-verbal d'enquête établi par la division de Liège, il résultait qu'une lampe à benzine avait été retrouvée à proximité d'un des trois éjecteurs à air comprimé qu'on avait installés pour déloger une accumulation de grisou.

A défaut d'autres indices, il y avait tout lieu de croire que le grisou avait été allumé par la lampe.

Cette lampe du type à alimentation inférieure et cuirassée ne présentait d'autre particularité que des indices de surchauffe et de fusion sur les tamis; elle était vraisemblablement en bon état avant l'accident.

L'éjecteur était constitué par une buse en tôle d'acier de 500 mm de longueur, 155 mm de diamètre et une tuyère de détente, dont l'orifice de sortie avait 3 mm de diamètre.

Cet orifice se trouvait à 140 mm environ de l'extrémité de la buse.

On a fait d'abord fonctionner l'éjecteur en atmosphère grisouteuse; pendant l'essai, on a relevé la vitesse et la teneur en méthane de l'air refoulé.

Pour la teneur de 10 % de méthane dans l'atmosphère ambiante on a trouvé sur l'axe de la tuyère :

que l'inflammation survenue au charbonnage était due à ce qu'une lampe du chantier avait été, soit suspendue, soit amenée momentanément à proximité de l'éjecteur.

Celui-ci présentait le défaut d'augmenter dangereusement la vitesse du mélange grisouteux sans le diluer.

	Pression d'alimentation de la tuyère			
	2 kg		5,6 kg	
A l'orifice de sortie de la buse	vitesse 59,5 m/sec	CH <sub>4</sub> : 8,75 %	vitesse 112 m/sec	CH <sub>4</sub> : 7,75 %
A 10 cm de cet orifice	vitesse 34,5 m/sec	CH <sub>4</sub> : 9,5 %	vitesse 62,50 m/sec	CH <sub>4</sub> : 9,25 %
A 30 cm de cet orifice	vitesse 16,1 m/sec	CH <sub>4</sub> : 9,5 %	vitesse 32,70 m/sec	CH <sub>4</sub> : 9,25 %
A 47 cm de cet orifice			vitesse 25,0 m/sec	CH <sub>4</sub> : 9,50 %
A 80 cm de cet orifice			vitesse 15,00 m/sec	CH <sub>4</sub> : 9,75 %

La teneur en méthane augmente quand la vitesse de l'air diminue.

Une étude approfondie des filets gazeux montra que le mélange grisouteux ambiant rentre dans le jet central et l'enrichit en méthane.

La pression d'air comprimé étant de 5,6 kg, on a placé ensuite la lampe à benzine en différents points de l'axe de la tuyère, mais de telle sorte que le jet central pénétrât par les ouvertures supérieures de la cuirasse.

On a obtenu la traversée des toiles et l'explosion de l'atmosphère ambiante, alors que la lampe se trouvait à 35 cm, puis à 55 cm de l'orifice de sortie de la buse. La mise en défaut ne s'est plus produite pour la distance de 80 cm.

Ces constatations ainsi que d'autres indices relevés lors de l'enquête nous ont donné à penser

D'autres essais que nous ne rapporterons pas montrèrent qu'en portant à 1,50 m la longueur de la buse, on améliorerait le fonctionnement de l'éjecteur. Les vitesses et les teneurs en méthane étaient mieux réparties dans l'orifice de sortie et, dans ces conditions, nous n'avons pu obtenir la mise en défaut de la lampe.

4. — CATASTROPHE DU BOIS DE CAZIER

A la demande de la Commission d'enquête, nous avons étudié tout spécialement l'inflammabilité de l'huile utilisée dans la balance de l'étagé de 975 m.

Nos recherches ont eu pour résultat de montrer que cette huile divisée en gouttelettes s'allume en un temps extrêmement court au contact d'un arc électrique.

IV. — ETUDE D'APPAREILS DIVERS

1. — GRISOUMETRE RIKEN 18

Le grisoumètre Riken type 18, représenté à la figure 5, diffère de celui du même nom type 17 déjà agréé en ce qu'il est pourvu d'un dispositif qui, agissant sur le système optique, permet de déplacer vers la droite ou vers la gauche le spectre des raies d'interférence.

La graduation de l'échelle est la même que celle du type 17; elle est faite

- au quart pour cent de 0 à 2 %
- au demi pour cent de 2 à 6 %.

Lorsque la raie repère du spectre tombe à droite d'une division entière de la graduation, on établit la coïncidence et on lit sur un tambour gradué la teneur à ajouter à celle de la graduation entière.



Fig. 5.

La détermination de la teneur ne résulte donc plus d'une lecture à l'estime comme c'est le cas pour le type 17.

On a vérifié la précision des mesures :

- 1) au laboratoire, en introduisant dans l'appareil des mélanges grisouteux de teneurs diverses préparés dans des flacons (54 essais) ;
- 2) dans une cuve de 20 m<sup>3</sup> (cuve d'essai des appareils électriques) renfermant des mélanges de teneurs connues (11 essais).
- 3) dans une mine grisouteuse, où des prélèvements ont été effectués simultanément au grisoumètre et dans des flacons pour analyse au laboratoire (20 essais).

## 2. — DETECTEUR D'OXYDE DE CARBONE L.K.B.

L'appareil fabriqué par la firme L.K.B. (Fabriks Aktiebolag de Stockholm) comporte un aspirateur et un tube indicateur.

L'aspirateur est composé d'une poire en caoutchouc et d'un corps cylindrique métallique qui renferme les soupapes et une vis pour réglage de la vitesse de circulation de l'air aspiré.

Le tube indicateur lui se place sur le corps cylindrique; on y trouve :

- 1) une substance blanche qui a pour office de retenir la vapeur d'eau et autres vapeurs étrangères.
- 2) une substance jaune dont la teinte vire à la couleur verte plus ou moins accentuée suivant la teneur en oxyde de carbone et le nombre d'aspirations par la poire en caoutchouc.

L'appareil est pourvu d'une échelle de colorations dont chacune correspond à une teneur en oxyde de carbone.

L'échelle va de 0,001 à 0,100 %.

Les essais ont consisté à vérifier les indications de l'appareil; celles-ci étaient en concordance avec les résultats donnés par d'autres méthodes, telles que le détecteur du Safety in Mines Appliances (M.S.A.) et l'analyse à l'oxyde d'argent.

A condition que soient observées scrupuleusement les précautions indiquées par le constructeur concernant les manipulations de l'aspirateur, le détecteur L.K.B. de Stockholm présente l'exactitude requise pour la détection et la mesure de l'oxyde de carbone.

## 3. — VERIFICATION DE LA CONDUCTIBILITE DE TUYAUX ET COURROIES EN CAOUTCHOUC

Il s'agissait de voir si le caoutchouc employé présentait la conductibilité requise pour l'écoulement au sol des charges d'électricité statique.

Trois tuyaux ont été reconnus efficaces, ainsi que trois courroies.

## 4. — ESSAI D'UN COUPE-FLAMME POUR INSTALLATION DE DEGAGAGE

Ce coupe-flamme consistait en un empilage de lamelles de 50 mm de largeur et de 2 mm d'épaisseur.

Pour vérifier son efficacité, nous avons utilisé une canalisation de 54 m de longueur, 250 mm de diamètre, fermée de chaque côté par une plaque d'acier, l'une de ces plaques portant une vanne de 50 mm de passage.

L'empilage était intercalé dans la canalisation à 30 m de la vanne.

La canalisation était remplie d'un mélange grisou + air qu'on enflammait soit au fond fermé, distant de 24 m de l'empilage, soit près de l'empilage lui-même.

La vanne était, soit ouverte entièrement, soit mi-ouverte, soit fermée.

On a effectué en tout 45 essais, dont deux ont donné lieu à la propagation de la flamme sur toute la longueur de la canalisation.

L'allumage était alors produit contre le fond et la vanne était mi-ouverte.

On a constaté que l'interstice moyen entre les lamelles était de 0,6 mm et qu'on pouvait faire passer entièrement, entre certaines lamelles, la jauge de 1 mm.

La traversée devait donc être imputée au jeu exagéré entre les lamelles, jeu qui a été probablement amplifié encore par le choc de l'explosion.

## 5. — ETUDE DE L'APPAREIL DRAEGER B.G. 172

Cet appareil à circuit isolé et conditionné pour une prestation de 4 heures au moins a été essayé sous notre direction par les sauveteurs et dans la salle d'exercices de la station de Frameries.

On a prélevé des échantillons de gaz et mesuré la température dans le circuit d'air inspiré.

Cet appareil sera agréé prochainement.

## VIII. — TRAVAUX DU LABORATOIRE DE CHIMIE

On trouvera, aux tableaux IV et V, le relevé détaillé des prélèvements grisoumétriques qui ont été effectués par les Ingénieurs du Corps des Mi-

nes et analyses par la méthode de la limite d'inflammabilité à l'appareil Lebreton.

Le même laboratoire a exécuté en plus les travaux suivants :

- 1) *A la demande des divisions :*
  - Analyses complètes d'air souterrain 9
  - Analyses de gaz d'échappement de locomotives 4
  - Examen d'échantillons de poussières neutralisées 90
  - Examen d'échantillons de charbon de dégagements instantanés 4
- 2) *A la demande du Service géologique :*
  - Analyse d'un échantillon de charbon de sondage 1
- 3) *A la demande des charbonnages :*
  - Analyses grisoumétriques 24
  - Analyses complètes de gaz d'incendies 29
  - Titrages d'oxyde de carbone 4
  - Analyses de poussières neutralisées 26
  - Etalonnages de grisoumètres interférométriques 5

- 4) *A la demande d'un constructeur :*
  - Etalonnage d'un détecteur à oxyde de carbone 1
  - Etalonnage du grisoumètre Riken 18 1
- 5) *Pour les services intérieurs de l'I.N.M. :*
  - Analyses d'explosif 2

Tableau IV — Analyses grisoumétriques  
Relevé des analyses effectuées

Division	1955	1956
Borinage - Centre	2002	2206
Charleroi - Namur	588	463
Liège	288	255
Campine	149	93
<b>Totaux :</b>	<b>3027</b>	<b>3017</b>

Tableau V — Analyses grisoumétriques  
Classement par catégorie, division et teneur en méthane

Catégorie	Division	0 à 0,5 %	0,5 à 1 %	1 à 2 %	+ 2 %	Totaux
1 <sup>re</sup>	Borinage - Centre	205	17	22	14	258
	Charleroi - Namur	144	9	9	—	162
	Liège	50	19	10	3	82
	Campine	85	7	1	—	93
	<b>Totaux</b>	<b>484</b>	<b>52</b>	<b>42</b>	<b>17</b>	<b>595</b>
2 <sup>me</sup>	Borinage - Centre	182	92	103	93	470
	Charleroi - Namur	132	27	29	3	191
	Liège	99	31	28	15	173
	Campine	—	—	—	—	—
	<b>Totaux</b>	<b>413</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>111</b>	<b>834</b>
3 <sup>me</sup>	Borinage - Centre	247	187	498	546	1478
	Charleroi - Namur	72	22	16	—	110
	Liège	—	—	—	—	—
	Campine	—	—	—	—	—
	<b>Totaux</b>	<b>319</b>	<b>209</b>	<b>514</b>	<b>546</b>	<b>1588</b>

### IX. — LUTTE CONTRE LES POUSSIÈRES

Nous avons déterminé, au densitomètre, les teneurs en poussières de 1551 prélèvements effectués par les Ingénieurs du Corps des Mines.

Enfin, nous avons essayé 4 masques antipoussières dont aucun n'a été retenu; la résistance était trop élevée et la capacité de rétention insuffisante.

### X. — RECHERCHES SUR LA COMBUSTION DU METHANE

#### INTRODUCTION

On sait qu'un grand nombre de substances organiques gazeuses sont susceptibles de donner naissance, lors de leur combustion, au phénomène dit

« de flammes froides ». Celles-ci se distinguent des flammes normales dites « flammes chaudes », par leur température relativement basse, leur faible vitesse de propagation (de l'ordre de 10 cm par

seconde) et par le fait de la combustion incomplète qui leur donne naissance. Il en résulte en particulier que plusieurs flammes froides (flammes multiples) peuvent se succéder à des intervalles divers dans le même mélange en réaction.

Il semble qu'il n'existe pas encore à l'heure actuelle de définition bien précise de la flamme froide. Nous nous contenterons d'en donner une description en nous référant aux expériences de Prettre (1) sur la combustion des mélanges de pentane et d'air.

Lorsqu'on fait passer un mélange de pentane et d'air (contenant une quantité d'hydrocarbure supérieure à la quantité théorique nécessaire à la combustion complète) à travers un tube, on observe divers phénomènes qui varient avec la température du tube.

A partir de 220° C, apparaît une faible luminosité dont l'intensité croît avec la température.

A la température de 260° C, une flamme assez brillante prend naissance à la sortie du tube et se propage lentement vers l'entrée.

Pour des températures plus élevées, on observe une succession de flammes similaires se propageant toujours en sens inverse du courant gazeux. Ces flammes deviennent de plus en plus diffuses et plus lentes jusqu'au moment où, à la température de 290°, plus aucune flamme ne se forme.

Une luminosité reste cependant perceptible.

Au-dessus de 350° C, cette luminosité devient uniforme jusqu'à ce qu'elle soit masquée par les radiations rouges du tube. Finalement entre 670° et 710° C, il y a inflammation à l'entrée du tube ou plus exactement une succession d'inflammations dont la fréquence dépend de la température et de la vitesse du courant gazeux.

Toutes les flammes qui se forment aux températures comprises entre 260° et 290° C, prennent naissance à la sortie du tube. Ce sont des flammes froides. Elles se propagent lentement, peuvent se succéder dans le même mélange en réaction et ne se produisent plus au-dessus d'une certaine température. Le fait qu'elles naissent à l'extrémité du tube, dans un mélange par conséquent très évolué, indique qu'elles sont dues à certains produits intermédiaires de combustion. L'analyse chimique a confirmé cette hypothèse et a montré que les flammes froides résultent en particulier de la décomposition de substances peroxydriques formées pendant la période d'induction.

Au lieu d'étudier la combustion dans un système ouvert, par la méthode dynamique, on peut l'étudier dans un système fermé par la méthode statique.

Dans ce cas, en plus des observations visuelles, on peut suivre la réaction d'une manière continue par enregistrement des variations de pression en fonction du temps. Les flammes froides apparaissent

alors, après une certaine période d'induction et se manifestent sur l'enregistrement, par des oscillations de pressions dont l'amplitude croît avec l'intensité de la flamme.

Les combustibles avec lesquels on observe les flammes froides, possèdent toujours un domaine d'inflammation en deux stades ainsi dénommé parce que l'inflammation y prend naissance après le passage d'une flamme froide. Dans un diagramme pression-température, ce domaine surmonte le domaine des flammes froides et a la forme d'une péninsule dirigée vers les basses pressions (fig. 10). Le domaine d'existence des flammes froides est généralement situé entre les températures de 200° et 450° C.

Le phénomène de flamme froide a été très étudié en raison du rôle important qu'il joue dans le mécanisme conduisant au phénomène de « cognement » dans les moteurs à explosion.

Les combustibles pour lesquels il a été constaté sont extrêmement nombreux. Les hydrocarbures paraffiniques le donnent facilement à l'exception du méthane et de l'éthane, pour lesquels on n'avait pu l'observer jusqu'en ces dernières années. Récemment (en 1951), Knox et Norrish (2) ont cependant montré qu'il existe chez l'éthane. En ce qui concerne le méthane, nous avons déjà signalé, dans un rapport précédent (3), l'existence d'oscillations de pression, analogues à celles que l'on observe lors de la formation des flammes froides bien connues du propane. Nous avons également signalé (4) que, pendant les oscillations, on observait des lueurs bleues caractéristiques, ce qui nous avait déjà conduits (5) à classer le phénomène dans la catégorie des flammes froides.

Durant cette année, nous avons poursuivi nos recherches par l'étude du domaine d'existence de ces nouvelles flammes froides en fonction de la pression, de la température et de la concentration. Comme nous le verrons, les diagrammes obtenus sont normaux et présentent les mêmes caractéristiques que ceux relatifs aux hydrocarbures supérieurs. Ils s'en différencient toutefois par la température relativement élevée (500° C) pour laquelle on observe les flammes froides.

## DESCRIPTION DES EXPERIENCES ET RESULTATS

La figure 6 donne un schéma de l'appareil. Celui-ci est constitué essentiellement d'un réacteur en verre pyrex (A), d'un réservoir (B) de deux litres, muni d'un manomètre à mercure (M) et servant à préparer les mélanges gazeux, d'une pompe à mercure (C) et de deux réservoirs non représentés de 12 litres de capacité, contenant respectivement l'oxygène et le méthane. On peut réaliser le vide dans ces dernières sections de l'appareil au moyen

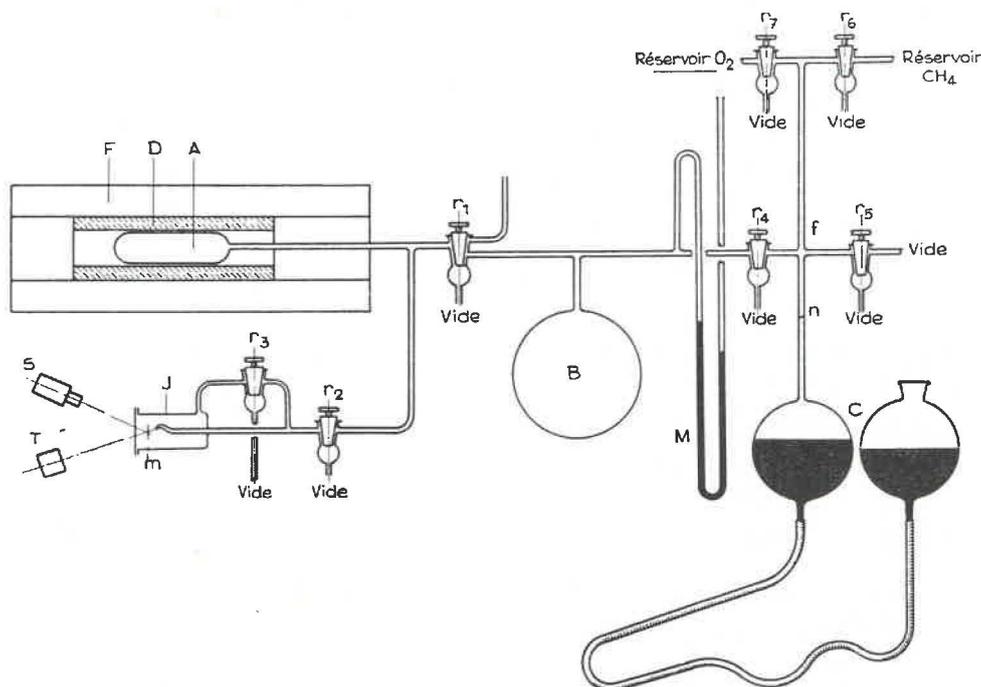


Fig. 6. — Schéma de l'appareil.

A : réacteur en verre pyrex ; D : manchon en fonte ; F : four électrique ; J : manomètre différentiel ; S : source lumineuse ; T : tambour enregistreur ; B : ballon mélangeur ; M : manomètre à mercure ; C : pompe à mercure.

d'une pompe à huile Speedivac donnant un vide de  $10^{-4}$  mm Hg.

La réaction est suivie par enregistrement continu des variations de pression en fonction du temps. Le manomètre différentiel en verre mince (J) utilisé à cet effet, communique à la chambre de réaction par l'intermédiaire du robinet ( $r_2$ ). Les déviations de la membrane sont amplifiées par le miroir (m) fixé au sommet de la jauge. L'image de la source lumineuse (S) se forme sur un tambour enregistreur (T). Le manomètre est composé de deux branches. L'une d'elles est, pendant la réaction, en communication permanente avec la chambre de réaction, tandis que l'autre (la plus grande) en est séparée au moyen du robinet ( $r_3$ ).

Une particularité de l'appareil est qu'il est conçu pour résister à des pressions pouvant aller jusqu'à 3 atm. A cet effet, tous les robinets (en verre pyrex) sont prolongés par une tubulure qui communique avec un réservoir (non représenté) dans lequel on maintient le vide. La partie mobile du robinet est ainsi sollicitée par une force extérieure qui contrebalance la pression qui règne à l'intérieur des appareils.

### MODE OPERATOIRE

#### 1) Préparation du mélange gazeux (méthane-oxygène).

Le mercure de la pompe étant au niveau supérieur (n) et les robinets ( $r_4$ ) et ( $r_5$ ) étant ouverts,

on réalise le vide dans le ballon (B) et les canalisations (f) conduisant aux réservoirs à méthane et oxygène. On ferme ( $r_4$ ) et ( $r_5$ ) et on ouvre le robinet ( $r_7$ ) du réservoir à oxygène. On introduit par ( $r_4$ ), l'oxygène dans le ballon (B) jusqu'à la pression  $p_1$  lue au manomètre (M). On ferme ( $r_7$ ) et on évacue l'oxygène restant dans l'espace (f). On ouvre ensuite le réservoir à méthane et ce gaz est introduit dans le ballon (B) jusqu'à la pression  $p_2$ , en faisant actionner la pompe (C) si nécessaire. La concentration C en méthane du mélange contenu dans le réservoir est alors donnée par :  $C = (p_2 - p_1)/p_2$ .

Après avoir évacué le méthane restant dans l'espace (f), on ouvre ( $r_4$ ) et le mélange est rendu homogène par le va-et-vient du mercure dans la pompe (C).

#### 2) La combustion.

Le four (F) est porté à la température T et le vide est réalisé dans le réacteur et le manomètre différentiel au moyen des robinets  $r_1$ ,  $r_2$  et  $r_3$ . A l'aide de la pompe, on ajuste la pression dans B de façon à obtenir, après détente dans A, une pression P.

L'enregistreur est chargé et mis en opération. A l'aide de  $r_1$ , on introduit rapidement le mélange dans A,  $r_2$  et  $r_3$  étant ouverts. La durée d'admission est de 1 à 2 secondes. Le robinet  $r_3$  est fermé 5 secondes après l'introduction du mélange. On enregistre les variations de pression pendant toute la

durée de la réaction. Pendant l'enregistrement, on observe également la chambre de réaction par l'extrémité restée libre du four. Après l'expérience, on lit la pression régnant dans le réservoir (B). C'est la pression  $P$  initiale de l'expérience. En fonction des variables  $P$ ,  $T$  et  $C$ , on obtient une série d'enregistrements et d'observations visuelles qui permettent le tracé du diagramme de combustion.

L'enregistrement au moyen du manomètre différentiel n'est effectué que dans les zones de combustion lente et de flammes froides. Dans la zone d'explosion, on se limite à l'observation visuelle afin d'éviter le bris du manomètre. Dans ces conditions, le robinet ( $r_2$ ) reste fermé.

### RESULTATS EXPERIMENTAUX

Nous avons effectué trois séries de mesures.

Les deux premières donnent les zones diverses de combustion du mélange  $2 \text{CH}_4 + \text{O}_2$  en fonction de la pression et de la température. Elles ont été effectuées la première dans un cylindre en verre pyrex de 15 cm de longueur et de 4,4 cm de diamètre intérieur, la deuxième dans un cylindre toujours en verre pyrex mais de plus petites dimensions, soit de 11 cm de longueur et de 2,6 cm de diamètre intérieur.

La troisième série donne le diagramme de combustion, pression, concentration correspondant à la température de  $515^\circ \text{C}$ , température pour laquelle le domaine des flammes froides a le maximum d'extension. Cette série a été effectuée dans une chambre cylindrique de 13 cm de longueur et de 4,3 cm de diamètre intérieur, ayant donc approximativement les mêmes dimensions que celles de la cellule utilisée dans la première série.

Avant usage, les récipients de mesure ont été traités à l'acide nitrique concentré, puis rincés plusieurs fois à l'eau distillée.

#### 1) Les diagrammes pression-température.

Les deux diagrammes obtenus sont rapportés dans les figures 7 et 8. On voit sur ces diagrammes les zones suivantes :

- A, une zone de combustion lente non lumineuse;
- B, une zone de luminescence;
- C et D, les zones d'existence des flammes froides simples (C) ou doubles (D);
- E, une zone d'inflammation en deux stades.

Les limites inférieures des zones C et D sont déterminées sur la base des enregistrements de pression en fonction du temps. On voit, à la figure 7, les enregistrements relatifs à diverses combustions situées les premières sur l'isobare de 72 cm Hg, les secondes sur l'isotherme de  $515^\circ \text{C}$ . Les flammes froides correspondent aux oscillations et nous considérons comme telles, toute ondulation

qui donne lieu à un maximum. Nous admettons donc qu'il y a autant de flammes froides que de maxima; leur nombre peut s'élever à deux dans les conditions expérimentales où nous avons opéré.

Les flammes sont d'autant plus nettes que la température est plus basse et la pression plus élevée. Par exemple, à la température de  $478^\circ \text{C}$  et à la pression de 75 cm Hg (première série), on distingue très bien les phénomènes de propagation de la flamme dans le réacteur.

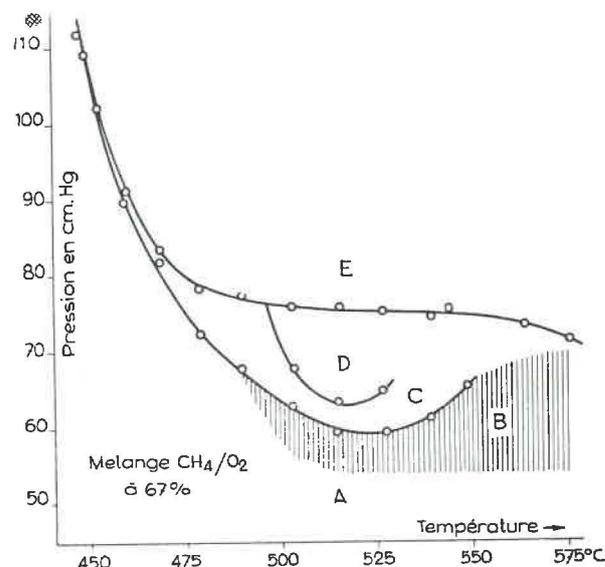


Fig. 7. — Diagramme de combustion du mélange  $\text{CH}_4 - \text{O}_2$  à 67 % de méthane, en fonction de la pression et de la température. Chambre de réaction pyrex, diamètre intérieur 4,4 cm, longueur 15 cm.

A : combustion lente; B : luminescence; C : 1 flamme froide; D : 2 flammes froides; E : inflammation de second stade.

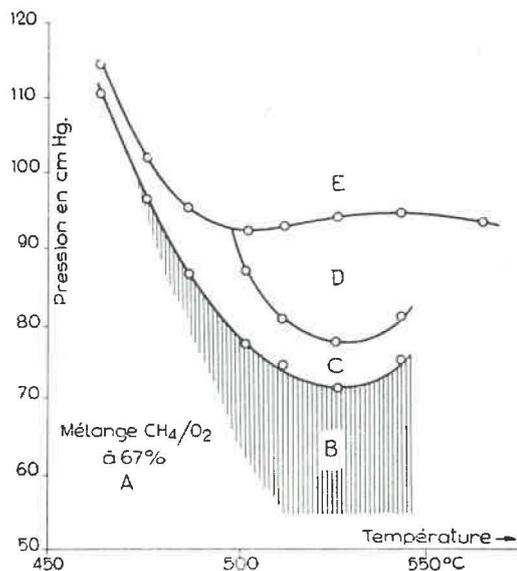


Fig. 8. — Diagramme de combustion du mélange  $\text{CH}_4 - \text{O}_2$  à 67 % de méthane, en fonction de la pression et de la température.

Chambre de réaction pyrex, diamètre intérieur 2,6 cm; longueur 11 cm. A, B, C, D, E, voir fig. 7.

Aux températures plus élevées (500° C), lorsqu'on pénètre dans la zone des luminiscences, on n'observe plus qu'un accroissement de luminosité pendant l'oscillation de pression et, aux températures supérieures à 550° C, les enregistrements eux-mêmes ne permettent plus de définir les flammes, car la réaction devient alors si rapide que l'effet thermique de combustion lente se superpose à celui des flammes froides.

La limite inférieure de la zone de luminosité a été déterminée par observation visuelle. Les luminiscences sont facilement visibles et une accoutumance de trois à quatre minutes à l'obscurité suffit pour les percevoir. La durée des luminiscences coïncide sensiblement avec la durée totale de la combustion lente. La zone d'inflammation en deux stades n'a été explorée qu'au voisinage de sa limite, laquelle est également déterminée par observation visuelle. Dans cette région, les inflammations sont peu violentes et les flammes de second stade ne remplissent pas toujours entièrement le réacteur. Ces dernières sont jaunes et brillantes.

Dans les limites où nous avons opéré, les dimensions géométriques du réacteur ne modifient pas sensiblement (comme on peut s'en rendre compte par la comparaison des figures 7 et 8) l'étendue du domaine des flammes froides. La réduction du volume a cependant pour effet de déplacer les limites vers les hautes pressions, ce qui a, entre autres, pour conséquences d'augmenter la netteté des flammes froides. D'autre part, dans le petit réacteur, la limite de la zone des inflammations en deux stades présente un minimum et un maximum situés respectivement aux températures de 500° C et de 540° C. Il en résulte que, dans ce récipient, le mélange  $2 \text{ CH}_4 + \text{O}_2$  possède dans un certain intervalle de pression (92 à 95 cm) trois températures critiques d'inflammation.

## 2) Diagramme concentration-pression.

La figure 9 donne les divers domaines de combustion en fonction de la pression et de la concentration pour la température constante de 515° C.

Le diagramme comporte les mêmes zones A, B, C, D, E que celles qui ont été définies précédemment. On constate que la zone des flammes froides est située entièrement dans la région des concentrations supérieures à 40 % en méthane, tandis que la zone des luminiscences débute à la concentration de 20 %.

On voit, d'autre part, que la zone des flammes doubles (D) est un domaine fermé.

Comme précédemment, le domaine d'inflammation en deux stades n'a été exploré qu'aux environs de sa limite. Les flammes sont toujours extrêmement brillantes, d'une teinte jaune-clair. Les explosions atteignent leur maximum de violence

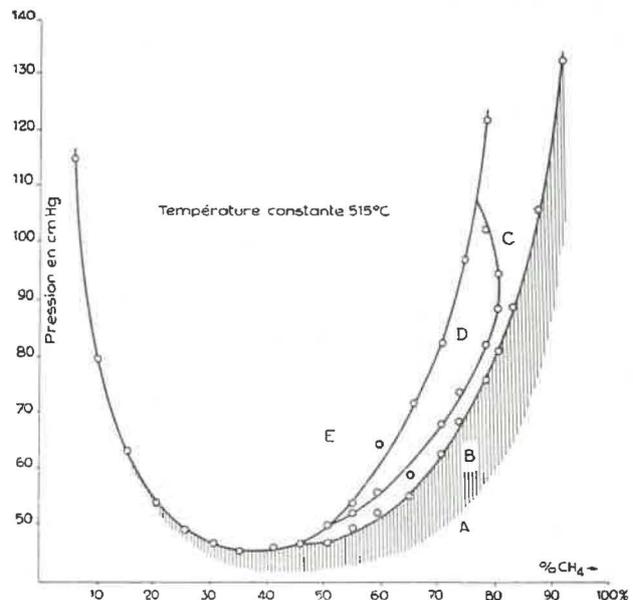


Fig. 9. — Diagramme de combustion des mélanges  $\text{CH}_4 - \text{O}_2$  à la température constante de 515° C, en fonction de la pression et de la concentration.

Chambre de réaction pyrex, diamètre intérieur 4,3 cm, longueur 13 cm. A, B, C, D, E, voir fig. 7.

entre les concentrations de 10 et 35 % pour lesquelles la flamme sort du réacteur et se propage dans les tubulures extérieures. A la concentration de 15 %, la violence de l'explosion conduit inévitablement au bris de l'appareil. En dehors des concentrations précitées et toujours au voisinage de la limite, les flammes ne se propagent plus dans les tubulures extérieures.

## DISCUSSION

Les diagrammes de combustion des mélanges de méthane et d'oxygène sont normaux et sont analogues, quant à leur forme, à ceux relatifs à la combustion des hydrocarbures supérieurs. A titre de comparaison, nous donnons dans la figure 10 le diagramme obtenu par Newitt et Thornes (9) pour la combustion du mélange équimoléculaire propane + oxygène. On distingue, dans le diagramme, les mêmes zones de combustion que pour le méthane. Les zones sont simplement plus étendues et sont situées à des pressions et des températures plus basses. La péninsule d'inflammation en deux stades s'enfonce, d'autre part, plus profondément dans le domaine des flammes froides.

Du point de vue qualitatif, il n'y a donc aucune différence essentielle entre le diagramme de combustion du méthane et ceux de ses homologues supérieurs. Il est cependant intéressant de noter que la température pour laquelle le domaine des flammes froides possède son maximum d'extension, est sensiblement plus élevée pour le méthane que pour les autres hydrocarbures. Cette température est notamment de 340° C pour l'hexane nor-

mal (6), de 350° C pour le pentane (7), de 315° C pour le butane (3), de 310° C pour le propane (9), de 320° C pour l'éthane (2) et de 515° C pour le méthane (nos mesures). Bien que l'on puisse s'attendre en général à une différence de propriétés plus grande entre le premier et le second terme, il n'y a aucune progression régulière entre ces températures lorsque l'on passe de l'hexane à l'éthane.

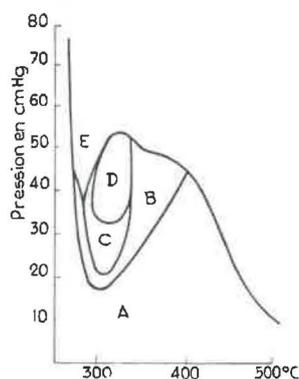


Fig. 10. — Diagramme de combustion du mélange équimoléculaire propane + oxygène d'après les données de Newitt et Thornes.

A: combustion lente; B: 1 flamme froide; C: 2 flammes froides; D: 5 flammes froides; E: inflammation de second stade après passage de 1 ou 2 flammes froides.

Mais, le méthane semble se comporter d'une manière exceptionnelle, ce qui laisserait supposer que le mécanisme des flammes froides du méthane serait différent de celui de ses homologues supérieurs.

Dans nos rapports précédents, nous avons montré que l'on pouvait provoquer artificiellement le phénomène de flamme froide du méthane par l'ad-

dition de faibles quantités de formaldéhyde au cours de la réaction (4). Nous avons montré, d'autre part, que le formaldéhyde lui-même était susceptible de donner lieu à des phénomènes de luminescence dus à la décomposition de substances peroxydriques formées transitoirement pendant la combustion (10).

Parmi ces substances, nous avons pu isoler notamment le dioxydiméthyl-peroxyde, corps de formule :  $\text{CH}_2\text{OH} - \text{OO} - \text{CH}_2\text{OH}$  et qui pourrait très bien provenir de la combinaison entre l'acide performique et l'aldéhyde formique suivant la réaction :  $\text{HCOOOH} + 2 \text{H}_2\text{CO} =$



Des analyses sont actuellement en cours en vue de rechercher si ce corps ne se forme pas également lors de la combustion du méthane, auquel cas les flammes froides du méthane pourraient être attribuées à la décomposition des mêmes substances peroxydriques que celles intervenant dans la combustion du formaldéhyde et dont la plus importante serait très vraisemblablement l'acide performique.

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) PRETTRE M. — Thèses Université de Paris 1931.
- (2) KNOX et NORRISH. — Trans. Faraday Soc. p. 928 (1954).
- (3) VANPEE. — Ann. Min. Belg., 47, (1947-48) 1053.
- (4) VANPEE et GRARD. — 5th Symposium on Combustion Pittsburgh (1955) p. 484.
- (5) VANPEE et GRARD. — Fuel 36 (1955) 433.
- (6) FRELING. — Thèses Université de Paris (1955).
- (7) LUCQUIN-BEN-AIM et LAFITTE. — Comptes rendus. t. 241, 949 (1955).
- (8) BARDWELL. — 5th Symposium on Combustion Pittsburgh (1955) p. 529.
- (9) NEWITT et THORNES. — J. Chem. Soc. 1656, 1669 (1937).
- (10) VANPEE. — Comptes rendus 241 (1955) p. 951; 242 (1956) p. 373.

## XI. — RENSEIGNEMENTS DIVERS

### AGREATION D'APPAREILS DIVERS POUR MINES GRISOUTEUSES

L'Institut National des Mines a proposé pour agréation 85 appareils électriques et autres soit :

Moteurs électriques	7
Appareils électriques divers	46
Matériel électrique de traction	2
Matériel électrique d'éclairage	8
Appareils de téléphonie et de signalisation	6
Ventilateurs	2
Lampes électriques portatives	2
Rallumeurs électriques pour lampe à flamme	2
Verre pour lampe à flamme	1

Grisomètres interférométriques	2
Détecteur à oxyde de carbone	1

Enfin, il a été procédé à l'examen de 30 demandes adressées à la Direction générale des Mines pour modifications d'appareils agréés.

Ces modifications ont fait l'objet d'avenants.

### AGREATION D'APPAREILS POUR L'INDUSTRIE PETROLIERE

Des firmes belges nous ont demandé d'examiner des appareils destinés à l'industrie pétrolière.

Ces appareils sont indiqués au tableau VI.

La plupart de ces appareils ont subi l'épreuve d'explosion en atmosphère de propane ou de butane.

Tableau VI

Firme	Nature de l'appareil	Nombre
Socomé	Coffrets de manœuvre	11
Electro-Lumière	Appareil d'éclairage	1
Ateliers Mécaniques de Mariemont	Coffret de manœuvre	1
Ateliers Mécaniques de Mariemont	Appareil d'éclairage	1
Lekeux	Lampe torche à piles	1
Purfina	Lampe torche à piles	1
Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi	Moteur	1
Ketels	Peseur automatique de butane	1

**PROPAGANDE DE LA SECURITE**

32 visites éducatives ont été organisées; elles ont réuni au total 778 participants.

**DIFFUSION DES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT**

Désignation	Distribution	Vente
Rapport I.N.M. sur les travaux de 1955	304	62
Rapport I.N.M. années antérieures	15	—
Brochures : « Un mot aux Boute-feux »		
a) texte français (complète)	467	59
b) texte flamand (simplifiée)	—	16
c) texte italien	15	50
Brochures : « Détection du grisou »	458	20
	1.259	207

**IX<sup>me</sup> CONFERENCE INTERNATIONALE DES DIRECTEURS DES STATIONS D'ESSAI**

Cette conférence a été organisée en 1956 par l'Institut National des Mines avec la collaboration de l'Association des Charbonnages néerlandais.

12 stations expérimentales d'Allemagne occidentale, Allemagne orientale, Autriche, Belgique, Canada, Etats-Unis, France, Grande-Bretagne, Pays-

Bas, Inde, Pologne, Yougoslavie, y ont participé et présenté 48 communications portant sur les sujets suivants :

- Recherches sur les explosifs
- Inflammation du grisou
- Captage du grisou
- Grisoumétrie
- Inflammation des poussières de charbon
- Etude pratique des explosifs
- Appareils de sauvetage
- Tirs à l'air comprimé
- Dangers de l'électricité
- Feux, incendies et ventilation.

Ces communications ont été discutées d'abord par les expérimentateurs des stations les 28, 29 et 30 juin à Heerlen, puis en séances plénières les 2, 3 et 4 juillet à Bruxelles.

Quinze pays étaient représentés aux séances tenues à Bruxelles.

Les journées des 5, 6 et 7 juillet ont été consacrées à des visites à l'Institut National des Mines, à des charbonnages de Belgique et du Limbourg hollandais.

La contribution de l'Institut National des Mines a consisté en trois communications :

- Recherches sur la sécurité des locomotives à accumulateurs.
- Recherches relatives à la sécurité des lampes électriques portatives.
- Fonctionnement en atmosphère grisouteuse d'un éjecteur à air comprimé.

Pâturages, le 31 mai 1957.

J. FRIPIAT.

# INSTITUT NATIONAL DES MINES

## Rapport sur les travaux de 1956

### ANNEXE

## Liste des appareils électriques et divers

agrés en 1956  
sur proposition de l'Institut National des Mines.

N.B. — Nous désignons par « demandeur » la firme ayant sollicité l'agrément. Lorsque le « demandeur » n'est pas le « constructeur », celui-ci est désigné dans la colonne « Observations ».

#### I. — HAVEUSE.

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
23-4-56	Société Electro-Industrielle, 6, rue des Augustins, à Liège.	4/56/115/1456	Avenant à la décision 13E/8285 du 9-4-1952 visant la haveuse Eickhoff type S.E. 3. La puissance du moteur Siemens type d.a.OR-1462-4 est portée de 60 à 80 kW.

#### II. — MOTEURS

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
24-4-56	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/56/115/1457	Avenant à la décision 13E/7401 du 19-4-1949 : Enveloppe type A.K.G.708-b pour moteurs asynchrones, à courant triphasé, 190 à 6600 V, 600 à 1500 t/m, 125 à 235 kW $\pm$ 50 % avec boîtes à bornes et entrées de câble agrées respectivement par les décisions 13E/7852 du 18-1-1951 et 4/54/115/344 du 8-2-1954 - (plan 1.021.359.a).
30-8-56	Société d'Electricité et de Mécanique (SEM), 42, Dock, à Gand.	4/56/115/2678	Moteur asynchrone triphasé type N.A.M. 5.79 220 à 600 V, 500 à 3000 t/m, 10 à 35 kW $\pm$ 30 % - (plan 319.522).

## II. — MOTEURS

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
1-9-56	S. A. Foraky, 15, place des Baricades, Bruxelles.	4/56/115/2680	Moteur asynchrone triphasé à bagues type N.W.G. 57-60M, 500 V, 980 t/m, 118 kW, avec magnéto tachymétrique construit par la Sté Alsthom de Belfort et modifié par la Sté Foraky - (plans Alsthom n° 25-19.438, 25-26.313, Foraky 11.434. Siemens 532.080).
3-9-56	Etablissements Beupain, 105, rue de Serbie, Liège.	4/56/115/2715	Moteur électrique asynchrone triphasé, 500 V, 1500 t/m, 80 A, 51,5 kW avec sectionneur - inverseur et socket fiche de prise de courant (ces derniers agréés par la décision 13E/8001 du 16-6-51) construits par les Usines Anderson Boyes de Motherwell (Angleterre) - (plan T.P. 206) - Ce matériel équipe une abatteuse en charbon Trepanner, type 70.
3-9-56	Etablissements Beupain, 105, rue de Serbie, Liège.	4/56/115/2718	Avenant aux décisions 13E/8776 du 17-9-1953 et 4/54/115/4953 du 21-12-54 relatives aux treuils Pikrose types S.2.A et S.3 construits par les Usines Austin Hopkinson d'Audenshaw (Grande-Bretagne) - (plan B.1073/1).
3-9-56	Société Nouvelle Siemens, 6, rue des Augustins, Liège.	4/56/115/2721	Avenant à la décision 13E/7591 du 16-12-1949 relat. au moteur type U.D.O.R. 774-4 - (plan M.93.8023) - Appellation du moteur modifié d.U.P.O.R.1183.4.D.
4-9-56	Storck Frères et C°, rue Steyls, Bruxelles II.	4/56/115/2722	Moteur électrique asynchrone triphasé type 993.M.15-01, 220 V, 1,75 A, 1400 t/m, 0,37 kW, construit par la N.V. Electrotechnische Fabriek W.D. Pelger de Rotterdam - (plan n° 4486.A.2).
5-9-56	S. A. Brown Boveri, 105, rue de la Loi, Bruxelles.	4/56/115/2717	Moteurs électriques (destinés à la commande de ventilateurs souterrains) types d.S.U.K.V.-6a-2 et d.S.U.K.V.-6b-2, 500 V, 3000 t/m, 4 et 6 kW, construits par la SA. Saar Brown Boveri de Sarrebrück - (plan S.124.10.F).
5-9-56	S. A. S.E.R.T.R.A., 32-34, rue A. Masquelier, Mons.	4/56/115/2756	Moteur électrique 500 V, 4,2 kW, pour cylindre pousseur RACO, type d.S.M.11 276-2, construit par la firme Rahmann et C° G.m.b.H. de Wuppertal-Barmen (Allemagne) - (plan d.S.M.11.562-1.A.)

## III. — APPAREILS DIVERS

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
6-1-56	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/56/115/49	Avenant à la décision 13E/6309 du 16-12-1938 visant une cuve à bain d'huile pour rhéostat de démarrage type T.H.A. R.200 - (plan n° 9.145.257).
7-1-56	Société Nouvelle Siemens, 6, rue des Augustins, à Liège.	4/56/115/70	Avenant à la décision 4/55/115/1098 du 26-3-1955 : coffret type d.U.S.O. utilisé pour la protection d'un appareil de mesure - (plan I.N.Z.2880.504).
26-1-56	Société Electro-Industrielle, 6, rue des Augustins, à Liège.	4/56/115/326	Entrées pour câbles armés types 5437 - 15/9 et 5437 - 32/22 - variantes A.B.C. construites par la firme allemande Göthe de Mülheim (Ruhr) - (plans T.5437 - T.5437-940/4 et T.5437-65/112).
20-2-56	S. A. Electromécanique, 19, rue Lambert Crickx, à Bruxelles.	4/56/115/576	Transformateur triphasé au quartz type T.T.Q.50 tensions : primaire 2200 V, secondaire 220 V, puissance 50 kVA construit par les Etablissements Merlin et Gérin de Grenoble (France) - (plan n° C.6473).
26-3-56	Société d'Electricité et de Mécanique (SEM), 42, Dock, à Gand.	4/56/115/987	Coffret pour ampèremètre, construit par la firme Sigogne de Paris - (plan n° 909.A).
26-3-56	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/56/115/988	Second avenant aux décisions 13E/6565 du 6-5-40 et 13E/6748 du 18-6-42 visant le controller type P.A.C.G.F. (dispositions horizontale et verticale) - (plan n° 4.147.918).
20-4-56	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	4/56/115/1453	Cuve type A.C.T.1 pour transformateur triphasé à bain d'huile type 140.R.N. de 50 kVA - 2000/525 V, 14.4/55 A - (plan n° 231.777).
21-4-56	Etablissement H.F. Destiné, 33, rue de la Vallée, Bruxelles.	4/56/115/1454	Prolongateur pour câbles souples diam. ext. max. 51 mm, construit par la firme Victor Products de Walsend-on-Tyne (Angleterre). Les éléments constitutifs sont visés par les documents 13E/7547 du 20-10-49 et 13E/7934 du 20-4-1951 - (plan n° P.M.52).

## III. — APPAREILS DIVERS

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
5-5-56	Société Electro-Industrielle, 6, rue des Augustins, à Liège.	4/56/115/1559	Entrées types 5435 - 4/16 à 5435 1 4/120 pour câble souple (diam. ext. 31,5 à 65 mm) types 5436-33/19 à 5436-45/35 pour câble souple armé (diam. extér. 33 à 58 mm) et les types 5411-33/19 à 5411-45/35 pour câble armé (diam. exté. 33 à 58 mm) construites par la firme Göthe de Mülheim (Ruhr) - (plans T.5411 - T.5435 - T.5436).
7-5-56	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/56/115/1574	Avenant à la décision 13E/7852 du 18-1-1951 relative à diverses boîtes à bornes : conducteurs souples isolés au caoutchouc et emprisonnés lors de la coulée, dans un bloc cylindrique en matière isolante et incombustible - (plan n° 3.031.153).
7-5-56	Société d'Electricité et de Mécanique (SEM), 42, Dock, à Gand.	4/56/115/1575	Coffret controller type C.C.870 construit par la Sté française Alstom-Usine Lecourbe - (plan n° 97.345).
11-5-56	Sté Electro-Industrielle, 6, rue des Augustins, Liège.	4/56/115/1617	Second avenant à la décision 13E/8505 du 17-11-1952 relative à un coffret pour interrupteur à tirage Göthe type d.945. Utilisation entrées Göthe pour câble souple type 960 et câble armé type 5437 respectivement agréés par les décisions 13E/8805 du 19-10-1953 et 4/56/115/326 du 26-1-1956.
20-6-56	S.P.R.L. « Minelec », 18, rue de Menin, à Bruxelles.	4/56/115/2082	Cuve type H.382 pour la protection d'appareils électriques divers - (plan n° E.258).
22-6-56	S.P.R.L. « Minelec », 18, rue de Menin, Bruxelles.	4/56/115/2085	Coffret type E.210 pour la protection d'appareils électriques divers, tensions et intensités 600 à 3500 V, 64 à 2000 A - (plan n° E.266 et E.267).
22-6-56	S.P.R.L. Emac, 142-144, rue Bara, Bruxelles.	4/56/115/2103	Coffret de chantier type 70 - 550 V - 300 A - (plan n° 7002).
25-6-56	Electrotechnische Fabrik Theodor Kiepe, Postfach 39, Dusseldorf-Reisholz (Allemagne).	4/56/115/2123	Coffret pour controller à cames, type p.N.F.G.54 - 500 V - 100 A en courant alternatif - 600 V, 120 A en courant continu - (plans n° 4566. Bl.1 4566 Bl.2 - 4566 Bl.6 - 4566 Bl.7 et 13.879).

## III. — APPAREILS DIVERS.

Date	Demandeur	N° de la décision	Observations
25-6-56	S. A. Electricité Industrielle Belge, 247-249, rue Pisseroule, Dison.	4/56/115/2131	Coffret type C.S.G.32 pour contacteur sectionneur 220, 380 ou 500 V, 32 A - (plan n° 441.319 A.B.).
27-8-56	Constructions Electro-Mécaniques, 28-30, rue des Drapiers, Malines.	4/56/115/2623	Cuve pour transformateur sec, à bain d'huile ou pyralène du type A.G.50 puissance 10 à 50 kVA tensions : 6600 V au primaire et 550 V au secondaire - (plan n° 3261).
29-8-56	Société d'Electricité et de Mécanique (S.E.M.), 42, Dock, à Gand.	4/56/115/2671	Coffrets désignés « Rotor-Station Relais » ainsi que leurs boîtes à connexions construits par la firme française Alsthom - Usine de Lecourbe - (plan n° 29.040).
29-8-56	S. A. Electricité Industrielle Belge, 247-249, rue Pisseroule, Dison.	4/56/115/2673	Type d'entrée pour câble souple sous caoutchouc de 20 à 35 mm de diamètre - (plan n° 441.261.A.).
29-8-56	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/56/115/2677	Coffret identifié S.D.Ex.40/63 S.b.D.Ex.40/63 - S.K.D.Ex.63 ou S.b.K.D.Ex.63 destiné à la protection d'appareillages divers tels que : sectionneur, disjoncteur, inverseur, contacteur, transformateur de tension ou d'intensité; relais magnétothermiques de protection fusibles, jeu de barres, etc. - (plan 1.175.145).
30-8-56	S. A. Foraky, 13, place des Baricades, Bruxelles.	4/56/115/2679	Boîtiers à boutons-poussoirs des types G.B.P.2 ou G.B.P.3 en acier ou alliage d'aluminium protégé par capot en tôle d'acier, construits par la Sté Alsthom - (plans 1.817.819 - 1.817.815, Foraky 11.435, Siemens 532.081).
30-8-56	Société d'Electricité et de Mécanique (S.E.M.), 42, Dock, à Gand.	4/56/115/2682	Résistance à 9 tubes du type M.T.R. pour circuit rotorique d'un moteur de 55 kW, construite par la Metropolitan Vickers de Manchester Sheffield - (plans n° 2030 et 2031).
1-9-56	Société d'Electricité et de Mécanique (SEM), 42, Dock, à Gand.	4/56/115/2670	Cuve pour transformateur sec type T.250. S.A. 250 kVA, 5100 V $\pm$ 5 % - 525 V - (plans n° 406.328.A et 221.089).

## III. — APPAREILS DIVERS

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
3-9-56	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	4/56/115/2725	Avenant à la décision 13E/7339 du 12-1-49 relative à la cuve type A.C.T. pour transformateur 200 à 300 kVA - (plan 232.373).
4-9-56	Société Nouvelle Siemens, 6, rue des Augustins, à Liège.	4/56/115/2716	Cuve type d.K.182/...pour transformateur sec dont la désignation est reprise par un nombre à la suite de la barre oblique de l'identification reprise ci-dessus - (plan 1.T.1596-3). (Les tensions primaire et secondaire du transformateur inséré dans la cuve soumise à l'agrément étaient de 500 et 220 V, 50 p et la puissance de 20 kVA).
4-9-56	Storck Frères et C°, rue Steyls, Bruxelles II.	4/56/115/2722	Coffret interrupteur type I construit par la firme N.V. Holland de Bergen-op-Zoom (Hollande) - (plan n° D.112.676).
4-9-56	Etablissements Supplex, 66-68, avenue de la Chasse, Bruxelles IV.	4/56/115/2723	Coffret type d.J.M.346 renfermant un inverseur tripolaire 500 V, 3 A, construit par les Usines Siemens Schukert - (plan n° A.J.M.120.122 g).
4-9-56	Orange-Nassau Mijnen, Heerlen (Pays-Bas).	4/56/115/2724	Dispositif de commande à distance et signalisation pour moteur de transformateur blindé - (plan n° 766).
6-9-56	S.P.R.L. Emac, 142-144, rue Bara, Bruxelles.	4/56/115/2720	Avenant à la décision 4/54/115/1415 du 26-4-1954 relative au coffret de chantier type 30 - (plans 3078, 3100 et 3161). Appellation nouvelle coffret modifié : type 31.
6-9-56	Ateliers de Constructions E.M.D., 35, rue J. Schmidt, Dampremy.	4/56/115/2753	Boîte de jonction pour câbles souples d'un diamètre maximum de 40 mm, tension 700 V - (plan n° E.M.D.3494).
6-9-56	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	4/56/115/2754	Avenant aux décisions 13E/8097 du 20-9-51 et 13E/8787 du 28-9-53 relatives au coffret type d.U.3 - (plan 4.N.5018).
6-9-56	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	4/56/115/2755	Coffret de chantier type A.C.S.1, 500 V, 200 A - (plan n° 132.297-a).

## III. — APPAREILS DIVERS

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
21-9-56	N. V. Fabriek en Handelsbureau Nederland, Donkere Spaarne 22, Haarlem (Hollande).	4/56/115/2986	Coffret pour interrupteur à tirage type B.M.3 - (plan A.1.7088).
28-9-56	Société d'Electricité et de Mécanique (SEM), 42, Dock, à Gand.	4/56/115/3037	Avenant à la décision 4/56/115/3682 du 30-8-1956 résistance type M.T.R. à 29 tubes, deux boîtes à connexions et entrées de câble armé diverses construits par la Metropolitan Vickers de Manchester Sheffield - (plans n° 2031 et 2032).
28-9-56	Etablissements Beupain, 105, rue de Serbie, Liège.	4/56/115/3043	Avenant aux décisions 13E/7602 du 9-1-1950 et 13E/8569 du 6-1-1953 relatives aux coffrets de chantier types C.F.4 et C.M.4 construits par les Usines Anderson Boyes de Motherwell (Angleterre), utilisation d'une entrée pour câble souple - (plan C.F.407/1).
28-9-56	S. A. Foraky, 13, place des Baricades, Bruxelles.	4/56/115/3044	Avenant à la décision 4/54/115/565 du 23-2-1954 visant un électro de frein type 5077 AM. Utilisation d'un autre type d'entrée de câble - (plans 41.46.874 (Alsthom), 432.083 a et 532.082 a (Siemens)).
5-10-56	S. A. Foraky, 13, place des Baricades, Bruxelles.	4/56/115/3121	Coffret type G.10.R.450 pour contacteur, relais ou autre appareillage pour tensions jusque 500 V construit par la Sté Alsthom de Belfort France) et modifié par la Sté Foraky - (plans Alsthom 181.7899 - Alsthom 181.7902 (index Foraky 11.419 c) - Siemens 532.081 et 332.084).
5-10-56	S. A. Foraky, 13, place des Baricades, Bruxelles.	4/56/115/3122	Coffret type G.10.R.900 pour contacteur, relais ou autre appareillage pour tensions jusque 500 V, construit par la Sté Alsthom de Belfort (France) et modifié par la Sté Foraky - (plans n°s Alsthom 973.095 - Alsthom 973.093 index Foraky - 114.19 F et Siemens n° 332.084).
5-10-56	S. A. Molimex et Vanandel, 116-118, rue Masui, Bruxelles.	4/56/115/3126	Coffret interrupteur fin de course type Snaplock H.L.B. construit par la firme anglaise B.S.A. Tools Ltd de Birmingham - (plans CDD 4592, CDD 4610 et CDD 4618).

## III. — APPAREILS DIVERS

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
18-10-56	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/56/115/3243	Transformateur sec, type T.b.G.S.4 - 500 H.T. 6000 V, B.T. 416/483/550 V, 315 kVA - (plan 2.085.030).
18-10-56	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	4/56/115/3244	Avenant à la décision 13E/8372 du 8-7-52, relative au coffret type ADM pour disjoncteur 200 A - (plan n° 232.610).
23-10-56	S.P.R.L. Emac, 142-144, rue Bara, Bruxelles.	4/56/115/3264	Avenant à la décision 4/56/115/2103 du 22-6-1956, relative à un coffret type 70 - (plan 7010).
22-10-56	S. A. Foraky, 13, place des Baricades, Bruxelles.	4/56/115/3272	Batterie de résistance Métrovicks du type M.T.R.160 pour moteur Alsthom 118 kW, comportant 15 et 12 tubes - (plans Alsthom 973.173, 973.137 et Foraky 11.602).
26-10-56	S. A. Foraky, 13, place des Baricades, Bruxelles.	4/56/115/3336	Coffret interrupteur d'évite molettes type 21 A.D. tension 600 V, construit par la Sté Alsthom de Belfort et modifié par la Sté Foraky - (plans Alsthom n° 6305/314.32 (index Fy 11.422 A et Foraky n° 11.426 B).
31-10-56	S. A. Foraky, 13, place des Baricades, Bruxelles.	4/56/115/3325	Combinateur type C.C.854-7, tension 500 V, construit par la Société Alsthom de Belfort et modifié par la Sté Foraky - (plan Alsthom n° 971.304 - index Fy 11.417 A et Foraky n° 11.426 B).
19-11-56	S.P.R.L. Emac, 142-144, rue Bara, Bruxelles.	4/56/115/3406	Coffret de chantier type 90 pour appareillage tension 500 V - (plan n° 9000).
24-11-56	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/56/115/3531	Cuve pour transformateur sec type T.b.G.S. - 5 - 575 - 6300 V $\pm$ 5 % - 525 V, 500 kVA - (plan n° 9.080.488).
24-11-56	Société Electro-Industrielle, 6, rue des Augustins, Liège.	4/56/115/3536	Avenant à la décision 13E/8505 du 17-11-52 visant le coffret interrupteur type d.5222, la boîte de dérivation type d.955/5335 et les raccords d'étanchéité A et D de la firme Göthe de Mülheim (Ruhr) - (plans n° T.5222 - T.5335).

## III. — APPAREILS DIVERS

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
8-12-56	S. A. Socomé, 120-122, rue St-Denis, Forest-Bruxelles.	4/56/115/3693	Coffrets types S.136 et S.137 à usage de boîtes à bornes - (plans 50.650 et 50.584).
8-12-56	S. A. Foraky, 13, place des Baricades, Bruxelles.	4/56/115/3693	Coffret pour ampèremètre du type B.R. G.M. construit par les Etablissements Sigogne de Paris (modifié par la Sté Foraky) - (plans n° 915.N (Foraky 11421 A) et 915 P.E. Foraky 11.421 K).
10-12-56	S. A. Socomé, 120-122, rue St-Denis, Forest-Bruxelles.	4/56/115/3692	Coffrets types S.134 et S.135 pour boîtes de jonction, de dérivation interrupteur ou autre - (plans n° 50.649 et 50.710).
14-12-56	S. A. Electricité Industrielle Belge, 247-249, rue Pisseroule, Dison.	4/56/115/3757	Avenant à la décision 4/56/115/2131 du 25-6-1956 relative à un coffret type C.S. G.32 - (plan n° 441.319/D).
17-12-56	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	4/56/115/3758	Coffret de chantier type A.C.S.2 pour sectionneur-inverseur et appareillages divers - (plan n° 132.298.a).
24-12-56	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	4/56/115/3853	Coffret de chantier type A.C.S.4 (variante du type A.C.S.2) - (plan n° 132.362).

## IV. LOCOMOTIVES ELECTRIQUES

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
11-9-56	Deutsche Edison Accumulatoren Company (D.E.A.C.), 52, Neue Mainzerstrasse, Frankfurt/Main.	4/56/115/2825	Coffret A.F.A. équipé d'une batterie de 54 éléments au cadmium nickel type U.C.C.7.H de la D.E.A.C. - (plans E. 7786/6 - E/7787/5 - E/7650 a/3 et 332.429.a).
23-10-56	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	4/56/115/3268	Coffret pour contrôler type Pz.K.7.741.1 - 250 V, 2 × 125 A - (plans n°s O.A.Z. 7741 - 1004 c.b. - I.A.Z. 7741 - 1.005.b - O.A.G.7741 - 1138 a - 3 a.7741 1170 a - 3A.G.7741 - 1148 - A.T.7741 - 1149 - E.S.315.1).

## V. — MATERIEL D'ECLAIRAGE SUJET A DEPLACEMENT

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
9-1-56	S. A. des Charbonnages de et à Mauraige.	4/56/115/71	Cuve pour transformateur d'éclairage - (plan n° 1569).
26-1-56	Sté Electro-Industrielle, 6, rue des Augustins, Liège.	4/56/115/325	Avenant à la décision 13E/8191 du 22-1-1952 : utilisation d'un bouton-poussoir dans les armatures de protection (type d.940 agréé) de la firme Göthe de Mülheim (Ruhr) - (plan G.940-1169).
20-2-56	S. A. Koppel Equipement, 268, Boulevard Général Wahis, Bruxelles III.	4/56/115/585	Lampe électrique de position 15 W, 12 V, pour locomotive, construite par la firme Friemann & Wolf de Duisbourg - (plan n° 32.801.F).
7-5-56	Sté Electro-Industrielle, 6, rue des Augustins, Liège.	4/56/115/1560	Armature de protection type d.6151-2-100, pour lampe à incandescence de 100 W, construite par la firme Göthe et C° de Mülheim (Ruhr) - (plan n° T.5161).
7-5-56	S. A. d'Eclairage des Mines et d'Outillage Industriel à Loncin.	4/56/115/1567	Boîte de dérivation à quatre entrées pour câble armé - (plan n° 1557).
16-5-56	S. A. Locorail, 146, chaussée de Haecht, Bruxelles.	4/56/115/1646	Avenant à la décision 4/55/115/4504 du 29-12-1955 visant un régulateur de tension 60 V - 10 A de construction Friemann et Wolf - (plan n° 39/200 B (index 556/591 Deutz).
22-6-56	S. A. Locorail, 146, chaussée de Haecht, Bruxelles.	4/56/115/2086	Avenant à la décision 4/55/115/4073 du 26-11-1955 visant un alternateur monophasé 100 W - 12 V - 225 Hz de construction Friemann et Wolf - (plan n° 31.251.B (index 556.587 Deutz).
29-8-56	S. A. Locorail, 146, chaussée de Haecht, Bruxelles.	4/56/115/2672	Avenant à la décision 4/56/115/585 du 20-2-1956 (lampe de position de 15 W, 12 V, construite par Friemann & Wolf - (plan 32.801.B - index Deutz 556.590).
1-9-56	S. A. Amelco, 25 Quai de Willebroeck, Bruxelles.	4/56/115/2706	Avenant à la décision 13E/8089 du 5-9-1951 - Modifications de l'armature d'éclairage pour lampe à incandescence Perfeclair de Paris - (plan n° 300.104/P.L.).

## V. — MATERIEL D'ECLAIRAGE SUJET A DEPLACEMENT

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
1-9-56	S. A. Locorail, 146, chaussée de Haecht, Bruxelles.	4/56/115/2707	Phare 12 V à 2 ampoules 5 et 50 W pour éclairage des locomotives, construit par Friemann et Wolf - (plan 32.701.B - index 556.588 Deutz).
1-9-56	S. A. Koppel Equipement, 268, Boulevard Général Wahis, Bruxelles III.	4/56/115/2708	Phare 12 V à 2 ampoules 5 et 50 W pour éclairage des locomotives, construit par Friemann et Wolf de Duisbourg - (plan n° 32.701.F).
4-9-56	S.P.R.L. « Minelec », 18, rue de Menin, Bruxelles.	4/56/115/2719	Armature type E.258 pour tube fluorescent de 40 W - (plans n°s E.213 et E.213bis).
6-9-56	S. A. Locorail, 146, chaussée de Haecht, Bruxelles.	4/56/115/2752	Avenant à la décision 4/55/115/4505 du 29-12-55 visant un coffret pour interrupteur d'éclairage 250 V, 10 A - (plan 39.300.B - index Deutz 556.589).
24-10-56	S.P.R.L. « Minelec », 18, rue de Menin, Bruxelles.	4/56/115/3267	Avenant à la décision 4/56/115/2719 du 4-9-56 relative à une armature type E.258 pour tube fluorescent de 40 W.
5-11-56	Sté Friemann et Wolf, Meidericherstrasse, 6-8, Postschliesfach 289, Duisburg (All.).	4/56/115/3373	Avenant aux décisions 4/55/115/4073 du 26-11-55 et 4/56/115/2086 du 22-6-56 - visant un alternateur monophasé 100 W, 12 V, 225 p. - (plan n° 71.951.B.K.).
24-11-56	Société Electro-Industrielle, 6, rue des Augustins, Liège.	4/56/115/3537	Avenant à la décision 13E/8191 du 22-1-1952. Armatures de protection types d.6151-01 et d.6161-02 pour lampes à incandescence de 100 et de 200 W construites par la firme Göthe et C° de Mülheim (Allemagne) - (plan n° T.6161-01/02).
8-12-56	Sté Friemann et Wolf, Meidericherstrasse, 6-8, Postschliesfach 289, Duisburg (All.).	4/56/115/3694	Phare du type 32.551.B pour locomotive de mine - (plan n° 32.551.B).

## VI. — TELEPHONES ET SIGNALISATION

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
22-3-56	S. A. Téléphones Le Las, 131, rue de Vaugirard, Paris (15 <sup>m</sup> ).	4/56/115/929	Avenant à la décision 4/54/115/3299 du 1-10-54 : poste téléphonique à batterie locale, magnéto commutateur d'appel et boutons-poussoirs, type T.L.M.182.A.G.B. (avec piles ou relais) - (plans n <sup>os</sup> T.L.M.182.A.G.B. et E.G.B.2.A.G.B.).
3-4-56	S. A. Ateliers de Constructions électriques de et à Charleroi.	4/56/115/1093	Postes téléphoniques, série T.E.X. à batterie centrale ou locale, construits avec une enveloppe commune - (plans n <sup>os</sup> 2.200.721 - 2.200.722 - 2.200.723 - 5.206.067 et la notice descriptive n <sup>o</sup> 5.206.068).
24-7-56	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	4/56/115/2373	Poste téléphonique automatique type d.G.s.g.stat.1.b. - (plan n <sup>o</sup> 134.454 et 534.362).
1-8-56	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	4/56/115/2451	Poste téléphonique à magnéto et batterie locale type d.G.s.g.stat.3.a. - (plans n <sup>os</sup> 134.296 et 534.362).
30-8-56	S. A. Amelco, 25, Quai de Willebroeck, à Bruxelles.	4/56/115/2681	Poste téléphonique type d.F.W.T. et ses variantes d.F.W., d.F.Z. et d.F.V. construits par la firme allemande Funke et Hüster de Kettwig - (plans n <sup>os</sup> 710/11, 710/III, P.S.710/1, P.S.710/2 et P.S.710/3).
29-9-56	Etablissement H.F. Destiné, 33, rue de la Vallée, Bruxelles.	4/56/115/3038	Poste téléphonique à magnéto type 47, construit par « The Automatic Telephone and Electric Company » à Liverpool (Grande-Bretagne) - (plans n <sup>os</sup> M.886 et L.552.676).
13-10-56	Etablissements Beaupain, 105, rue de Serbie, Liège.	4/56/115/3180	Installation de signalisation construite par John Davis et Son à Derby (Angleterre) et comprenant un transformateur type M.B. « Intrinsically Safe » 500 V/15 V/24 V.A. 50 Hz dans coffret type S.F.T.2 et une ou deux sonneries type Davisolac normal ou Davisolac à signal optique - (plan B.2063).

## VII. — VENTILATEURS

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
20-8-56	S. A. André Deligne, 89-91, Route de Beaumont, Marchienne-au-Pont.	4/56/115/2674	Ventilateurs types d.E.L.5-4 et d.E.L.6-6 construits par la firme allemande Maschinenfabrik Nüsse et Gräfer à Spröckhövel i.W., actionnés par moteurs électriques types d.S.U.K.V.6a-2 et d.S.U.K.V.6b-2 - (plan M.1/3200)
18-10-56	« Europe Technic », 74, rue Hector Denis, Mont-sur-Marchienne.	4/56/115/3240	Turboventilateur de 150 mm de diamètre du type S.P.150, construit par la Sté Ferdinand Spitznas Maschinenfabrik G.m.b.H. de Langenberg (Rheinland - Allemagne) - (plan n° 4000-40r.).

## VIII. — LAMPES ELECTRIQUES PORTATIVES

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
24-7-56	Sté Friemann et Wolf, Meidericherstrasse, 6-8, Postschliesfach 289, Duisburg (All.).	4/56/112/2364	Lampe électrique du type « au chapeau » n° 13201. Accumulateur 14 AH. Ampoule 1 ou 0,6 A - (plan n° 13.201 V/1).
21-9-56	Etablissements Beaupain, 105, rue de Serbie, Liège.	4/56/112/2985	Avenant à la décision 13G/5644 du 22-4-1949. Lampe chapeau type L - 3 éléments fer-nickel construit par la Sté Edison de West-Orange New-Jersey (Etats-Unis) - (plan B.5028).
20-9-56	S. A. Les Ateliers Mécaniques de Morlanwelz-Hayettes.	4/56/112/3042	Avenant à la décision 13C/5755 du 8-10-1952 visant la lampe au chapeau C.E.A.G. type s.M.L.C. - (plan CEAG n° 1210/01.P.2 (Désignation de la lampe modifiée : M.L.C.4/1).

## IX. — LAMPES A FLAMME

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
20-8-56	Compagnie Auxiliaire des Mines, 26, rue Egide Van Ophem, Uccle.	4/56/112/2675	Rallumeur électrique Friemann & Wolf type 20.502 pour lampe à benzine - (plan n° 20.502.V).
30-8-56	S. A. Eclairage des Mines et d'Outillage Industriel à Loncin.	4/56/112/2676	Rallumeur électrique pour lampes à benzine - (plan n° 1555).

## IX. — LAMPES A FLAMME

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
22-10-56	Arthur Punnell, avenue E. Speeckaert, 134, Woluwe-St-Lambert.	4/56/112/3263	Verre pour lampe à flamme portant les indications Schott et Gen - Mainz Jenaer Glas, fabriqué par la firme Jenaer Glaswerk Schott et Gen de Mayence. Dimensions : hauteur 60 mm, diamètre 60 mm, épaisseur 5 mm.

## X. — GRISOMETRES

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
10-2-56	Société d'Etude et de Rationalisation de travaux miniers, (S.E.R.T.R.A.), 32, rue A. Masquelier, Mons.	4/56/115/454	Grisomètre Riken, type 17, construit par la firme Riken Keiki Fine Instrument de Tokyo (Japon) - (plans 18.981 - 18.982 - 18.983).
16-5-56	Société d'Etude et de Rationalisation de travaux miniers, (S.E.R.T.R.A.), 32, rue A. Masquelier, Mons.	4/56/115/1643	Grisomètre Riken type 18, construit par la firme Riken Keiki Fine Instrument de Tokyo (Japon) - (plans n°s 18.984 - 18.985 - 18.986).

## XI. — DIVERS

Date d'autorisation	Demandeur	N° de la décision	Observations
1-9-56	Sté Belge d'Optique et d'Instruments de Précision, 108, rue de la Prairie, Gand.	4/56/111/2705	Détecteur d'oxyde de carbone fabriqué par la firme L.K.B. Fabriksaktiebolag de Stockholm (Suède).

# Etude critique du fonctionnement d'un séparateur magnétique tripolaire à bandes croisées

L. BRISON

et

P. MOISET

Professeur à la Faculté Polytechnique de Mons.

Chargé de Cours à la Faculté Polytechnique de Mons.

## SAMENVATTING.

Huidige nota handelt over de proeven op de driepolige magnetische separator met gekruiste banden Humboldt K. 110 (breedte van de hoofdband : 100 m/m) uitgevoerd in het laboratorium voor mechanische zuivering der ertsen en steenkolen van de Polytechnische Faculteit te Bergen. Deze proeven beoogden de studie van de recuperatie van de edele mineralen uit de tailings van de kassiterietontginningen van de Maniema (Belgisch Kongo).

Om de selectiviteit van de separator te beoordelen, werd de intensiteit van het magnetisch veld in de voornaamste luchtspleten, bij verschillende regelingen, gemeten.

Vervolgens werd getracht een verband te leggen tussen de magnetische susceptibiliteit van het mineraal en de veldsterkte, voor granulometrisch nauw gesorteerde korrels.

Tenslotte werd, dank zij de proeven, een verbetering gebracht aan de oorspronkelijke opvatting van het apparaat, waardoor de selectiviteit aanzienlijk verhoogd wordt.

\* \* \*

Door het vermelden van enkele resultaten dezer proeven, werd alleen de bedoeling nagestreefd, kwantitatief het voordeel aan te tonen van een bereidende regeling, aanpassing en benutting van de magnetische separator.

De meting van de magnetische velden, de nauwkeurige regeling van de luchtspleten, de nauwgezette controle van de snelheid der banden en de voorafgaande granulometrische klassering van het ruw erts verlenen aan de magnetische scheiding een selectiviteit en een economisch rendement dat merkkelijk hoger is dan de beste resultaten van de regelingen op zicht die nog al te vaak worden toegepast.

## 1. Introduction.

La présente note relate des essais effectués sur le séparateur magnétique tripolaire sec à bandes croisées (\*) Humboldt K. 110 du Laboratoire de Préparation Mécanique des Minerais et des Charbons, à la Faculté Polytechnique de Mons, en vue d'étudier la récupération de minéraux nobles à partir de tailings d'exploitations de cassitérite du Maniema (Congo belge).

Pour juger de la sélectivité du séparateur, nous avons mesuré les intensités du champ magnétique dans les entrefers principaux, pour différents réglages. Nous avons alors tenté d'établir une relation entre la susceptibilité magnétique des minéraux et l'intensité du champ, pour des grains soumis au

préalable à un classement granulométrique serré.

Enfin, à la lumière de nos expériences, nous avons apporté à la conception originelle de l'appareil une modification qui en améliore sensiblement la sélectivité.

## 2. Description du séparateur.

Le séparateur (fig. 1) comporte deux bobines magnétiques dont les circuits électriques peuvent être groupés en série ou en parallèle. Le flux engendré par ces bobines est réparti entre trois circuits magnétiques dérivés, dont les lignes de force traversent trois espaces interpolaire, ou entrefers, dans lesquels s'effectue la séparation.

D'une trémie conique d'alimentation, munie d'une ouverture de sortie adaptable à la granulo-

(\*) Largeur de la bande principale : 100 mm.

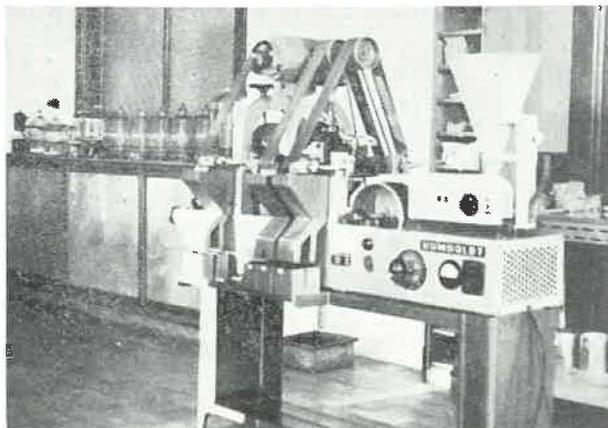


Fig. 1.

métrie du minerai, celui-ci s'écoule sur un distributeur animé de vibrations entretenues réglables, dont le rôle est d'étaler les grains en couche régulière sur la courroie principale. On peut faire varier continuellement la vitesse de celle-ci.

Grâce à l'ensemble de ce dispositif, il est possible de faire défiler à la vitesse requise, dans les entrefers, une couche de minerai aussi mince qu'on le désire. (1)

Dans chacun des entrefers, les minéraux magnétiques sont attirés vers la pièce polaire supérieure, d'où ils sont aussitôt éloignés latéralement par une courroie transversale dont la vitesse de translation est multiple de celle de la courroie principale. Les éléments insensibles à l'action du champ restent sur la bande principale, qui les rejette à son extrémité.

transversale. Le second est formé de deux pièces juxtaposées (pôle 1 et pôle 2), et le troisième d'une seule pièce, de même forme mais plus large que les précédentes.

Les entrefers des trois paires de pôles sont réglables indépendamment les uns des autres.

Grâce au profil des pièces polaires, la distribution du champ est asymétrique par rapport à la courroie principale et suffisamment convergente pour qu'un grain, quelle que soit sa position sur cette bande, ne soit jamais en équilibre magnétique.

### 3. Considérations relatives au réglage du séparateur.

Pour que la sélectivité de l'appareil soit assurée, il faut que les champs magnétiques aillent en croissant du premier au troisième pôle, suivant une gradation appropriée au minerai traité, de façon à provoquer dans les entrefers successifs la séparation de minéraux de susceptibilités magnétiques décroissantes.

L'intensité, la distribution, la régularité du champ sur la largeur de la bande principale, et la possibilité de son adaptation, sont des conditions fondamentales de la sélectivité. Ces propriétés magnétiques dépendent, pour un séparateur donné, de l'intensité du courant magnétisant et de la reluctance des circuits magnétiques.

Il est désirable que l'intensité du courant magnétisant soit réglée à la valeur la plus faible compatible avec une bonne séparation, de manière à ne pas échauffer les bobines et pièces polaires et à ne

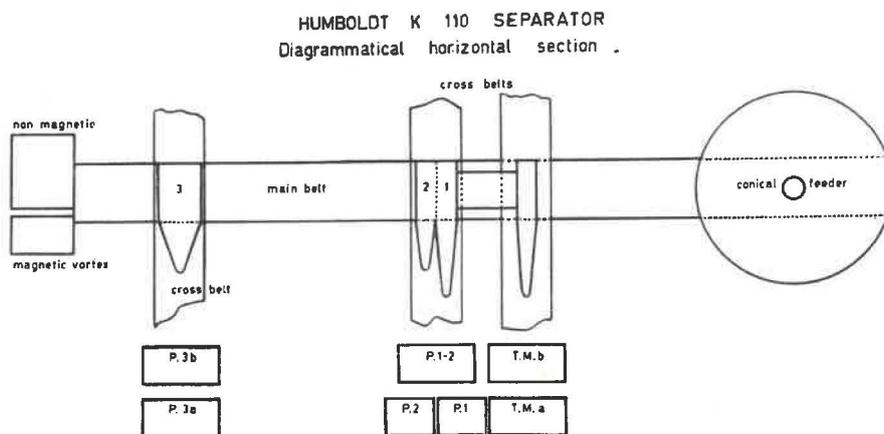


Fig. 2.

Comme le montre la fig. 2, le premier pôle supérieur ou avant-pôle est constitué d'une seule pièce, effilée dans le sens du déplacement de la courroie

(1) La bande principale et les trois bandes transversales sont entraînées par le même moteur, à l'aide de transmissions par engrenages. Bien que la vitesse du moteur soit réglable, il n'est pas possible, dans la construction originelle du séparateur, de faire varier le rapport de la vitesse des bandes transversales à la vitesse de la bande principale.

pas gaspiller d'énergie. L'intensité minimum est celle qui permet de réaliser le champ requis pour extraire au dernier pôle les grains de la plus faible susceptibilité, tous les entrefers ayant été réglés à leur valeur minimum (2).

(2) Les entrefers minima sont, en pratique, imposés par la granulométrie du minerai. Ils ne peuvent être inférieurs à 2 fois le diamètre du plus gros grain.

Ces conditions déterminent en fait les champs sous les autres pôles. Il peut dès lors se faire que ceux-ci soient trop intenses et provoquent une extraction de « mixtes », ne fût-ce que dans l'un des entrefers. Il n'est possible de remédier à cette situation qu'en augmentant les distances interpolaires jusqu'à obtenir dans chaque entrefer l'intensité de champ convenable.

Pour que cette manœuvre soit possible, il faut que :

a) L'intensité du champ sous un pôle déterminé varie de manière sensible en fonction du réglage de l'entrefer correspondant ;

b) L'intensité du champ sous un pôle déterminé ne varie pas sensiblement quand on modifie l'entrefer des autres pôles.

Ces caractéristiques impliquent un minimum de saturation des circuits magnétiques. Elles sont indispensables pour que le séparateur puisse être adapté au traitement d'un minerai complexe à constituants utiles faiblement magnétiques, dont les susceptibilités sont échelonnées de façon quelconque.

Il peut aussi arriver que le réglage du courant magnétisant à l'intensité minimum définie plus haut donne, sous les deux premiers pôles, des champs trop faibles, bien que les entrefers aient été réduits au minimum compatible avec la granulométrie du minerai. On ne peut corriger ce défaut qu'en augmentant le courant magnétisant et en adaptant à nouveau par tâtonnements les distances d'entrefer. Celles-ci, sur un appareil bien réglé, seront donc rarement identiques sous les trois pôles.

La distribution des éléments magnétiques dans le brut impose parfois des conditions de réglage irréalisables: il peut alors être avantageux d'effectuer la séparation en plusieurs étapes successives sur le même appareil, ou sur plusieurs séparateurs en série. Nous nous sommes attachés à rechercher des moyens propres à éviter, autant que possible, pareil « retraitement ».

#### 4. Mesure des champs magnétiques.

Les considérations que nous venons d'émettre quant au réglage du séparateur sont déduites du raisonnement et quelque peu spéculatives. Afin d'en vérifier la pertinence, nous devons absolument mesurer l'intensité et vérifier la distribution du champ magnétique dans les espaces interpolaires, pour diverses valeurs du courant magnétisant et pour différents réglages des entrefers.

Il fallait procéder par sondages quasi ponctuels dans des espaces interpolaires très faibles, sans y perturber la répartition du flux magnétique.

Deux techniques de mesure nous ont paru, a priori, répondre à ces exigences:

1° Nous avons, en premier lieu, utilisé un gaussmètre dont le principe repose sur la mesure de

l'effet Hall provoqué par le champ sur une sonde garnie d'un élément semi-conducteur. Malheureusement, cet effet est très sensible aux variations de température: il en résulte que le zéro de l'appareil de mesure doit être réglé pour chaque température de régime des entrefers, et que cette température ne peut varier au cours d'un essai. Ces conditions rendent les mesures très longues et délicates. De plus, la sonde, par suite de son épaisseur très faible et de sa grande longueur, est d'une extrême fragilité.

Ces divers et graves inconvénients nous firent abandonner la méthode.

2° Nous avons construit ensuite, avec du fil isolé de 0,04 mm de diamètre, une bobine de 50 spires de 20 mm<sup>2</sup> de section, dont la hauteur ne dépassait pas 1 mm, collée sur une sonde plate en matière non magnétique. En plaçant la bobine dans un entrefer, de telle sorte que le plan des spires soit normal aux lignes de champ, et en faisant varier brusquement le courant magnétisant de + I à - I, nous avons mesuré à l'aide d'un fluxmètre de précision raccordé à ses bornes une variation de flux double du flux induit par le courant I à travers la bobine. Un étalonnage simple permet de déduire de cette mesure l'intensité locale du champ, sans correction notable de température.

Les tableaux I et II donnent des exemples des résultats obtenus.

Il résulte de leur examen que, pour un courant magnétisant donné, l'intensité maximum du champ dans un intervalle polaire déterminé est fonction de l'ouverture de cet intervalle et indépendant des entrefers des deux autres. Il est donc possible de faire correspondre à chaque intervalle polaire une fonction de deux variables donnant la valeur du champ maximum pour diverses intensités du courant magnétisant et diverses valeurs de l'entrefer de cet intervalle. Nous avons choisi comme paramètre l'intensité du courant magnétisant.

On peut donc reproduire sur un séparateur de même type les essais réalisés sur un séparateur en laboratoire, à condition de déterminer la fonction précitée, pour chaque intervalle polaire, et de pouvoir mesurer les champs. Il faut bien entendu que le minerai à épurer soit le même et que la vitesse de la bande principale soit également la même.

Il faut enfin que la distribution du flux magnétique dans les espaces interpolaires soit semblable sur l'un et l'autre appareil, afin que les intensités de champ et les gradients de champ soient identiques en des points homologues. Cette condition est vérifiée en pratique pour des séparateurs de même type construits avec le même soin.

TABLEAU I.

L'intensité du champ sous un pôle est pratiquement indépendante du réglage des entrefers sous les autres pôles.

Courant magnétisant : 2,5 ampères.

Pôle 3	Pôle 2	Pôle 1			
		Champ magnétique maximum (gauss)			
Entrefers (mm)		4 mm	5 mm	6 mm	7 mm
1	4	10 000 g	8 400 g	7 800	6 900 g
	5	10 000	8 400	7 800	7 000
	6	10 100	8 700	8 100	7 300
	7	10 200	8 800	8 300	7 500
2	4	10 000	8 400	7 800	6 900
	5	10 100	8 400	8 000	7 050
	6	10 200	8 800	8 000	7 200
	7	10 000	8 800	8 100	7 600
3	4	10 000	8 400	7 900	6 950
	5	10 100	8 500	8 000	7 100
	6	10 200	8 600	8 100	7 100
	7	10 200	8 700	8 300	7 500
4	4	10 000	8 350	7 880	7 000
	5	10 100	8 500	8 100	7 000
	6	10 200	8 600	8 150	7 100
	7	10 200	8 800	8 200	7 250
5	4	10 000	8 400	7 800	6 950
	5	10 100	8 400	8 150	6 850
	6	10 100	8 700	8 150	7 350
	7	10 200	8 700	8 300	7 500

TABLEAU II.

Champ magnétique maximum (en gauss) sous les différents pôles, en fonction des entrefers et de l'intensité du courant magnétisant.

Entrefers en mm	Courant magnétisant : 2,1 A			Courant magnétisant : 1 A		
	Pôle 1	Pôle 2	Pôle 3	Pôle 1	Pôle 2	Pôle 3
1	12 375	15 250	17 750	10 350	11 750	—
2	12 125	14 250	17 625	10 050	10 450	11 800
3	9 500	12 375	16 250	9 150	8 650	11 650
4	7 250	10 875	14 375	7 900	7 350	10 050
5	5 875	9 625	12 250	6 600	6 450	8 800
6	5 375	8 125	10 625	5 850	5 800	7 500
7	5 125	8 000	9 500	5 350	5 350	6 850

### 5. Influence du classement granulométrique.

La force d'attraction qui sollicite une particule minérale supposée sphérique et de diamètre  $D$ , soumise au champ magnétique d'intensité  $\overline{H}$  est

$$F = K \frac{\pi D^3}{6} \frac{\partial \overline{H}}{\partial x} \overline{H}$$

$K$  étant la susceptibilité magnétique du minéral et  $\frac{\partial \overline{H}}{\partial x}$  le gradient local du champ.

Si d'autre part  $\gamma$  est le poids spécifique du minéral, le rapport de la force d'attraction au poids est

$$\frac{K}{\gamma} \overline{H} \frac{\partial \overline{H}}{\partial x}$$

Pour que le grain se décolle de la bande principale et ait des chances d'être extrait, il faut que ce rapport soit supérieur à 1.

Dans un espace interpolaire donné, le produit  $\overline{H} \frac{\partial \overline{H}}{\partial x}$  croît avec la distance au plan de la bande principale. Il est donc, toutes choses égales, plus grand pour un gros grain — dont les points sont en moyenne plus éloignés de la bande — que pour un petit.

Cela peut expliquer les faits d'expérience suivants :

1°) Il peut exister des grains de minéraux différents et de grosseurs différentes, caractérisés respectivement par  $(K_1 - \gamma_1 - D_1)$  et par  $(K_2 - \gamma_2 - D_2)$  qui sont attirés de la même façon dans un espace interpolaire déterminé. Pour empêcher ce phénomène d'équivalence magnétique, qui nuit à la sélectivité de la séparation, il convient de soumettre le minerai à traiter à un classement granulométrique d'autant plus serré que les rapports des susceptibilités et des poids spécifiques des minéraux à séparer sont plus voisins de l'unité.

2°) Deux grains de grosseur différente du même minéral subissent différemment l'attraction magnétique dans le même espace interpolaire. Nous avons vu pourquoi le gros grain sera attiré plus facilement que le petit.

En conséquence, un champ plus intense et un gradient de champ plus élevé, caractérisant sur notre séparateur un entrefer plus réduit, sont nécessaires pour extraire les fines particules, alors que les grosses seront extraites dans un entrefer plus grand où le champ et le gradient présentent un produit moins élevé, tout au moins dans le plan de la bande principale. On verra plus loin que les grains de columbo-tantalites refusés au tamis 14 de la série Tyler sortent au pôle 2, alors que les grains plus fins de la classe 20 - 28 Tyler ne sortent qu'au pôle 3, (soit respectivement pour des champs maxima au niveau de la bande de 8000 gauss au pôle 2 et de 16000 gauss au pôle 3).

Notre explication est, nous le savons, de nature hypothétique, sans prétention à la rigueur. Elle paraît cependant bien rendre compte des phénomènes observés.

Des essais multiples, dont quelques-uns sont rapportés plus loin, nous ont montré combien la séparation des minéraux magnétiques pourrait être améliorée par un classement granulométrique serré.

### 6. Intérêt de réglages de vitesses indépendants sur la bande principale et sur les bandes transversales.

On observe fréquemment, sur un séparateur à bandes croisées, que des grains minéraux peu magnétiques ne sont pas écartés au dernier pôle par la bande transversale, et tourbillonnent sous l'arête de sortie de la pièce polaire supérieure jusqu'à ce que, sous l'influence d'une minime variation du champ ou de la vitesse de la bande, ils soient enfin extraits ou encore retombent sur la courroie principale et sortent avec les rejets non magnétiques.

A cause de ce « tourbillon magnétique », les rejets et parfois les produits extraits au dernier pôle, doivent être retraités avec plus ou moins de succès.

Nous avons pu supprimer le tourbillon magnétique en augmentant la vitesse des bandes transversales ou, tout au moins, le rapport de cette vitesse à la vitesse de la bande principale.

Pareil perfectionnement implique une modification de la construction du séparateur : la courroie principale et les courroies transversales doivent être commandées par des moteurs à vitesse variable distincts. La fig. 3 montre, vu de derrière, le séparateur modifié : on y distingue à la partie supérieure et à droite l'un des moteurs, tandis que l'autre

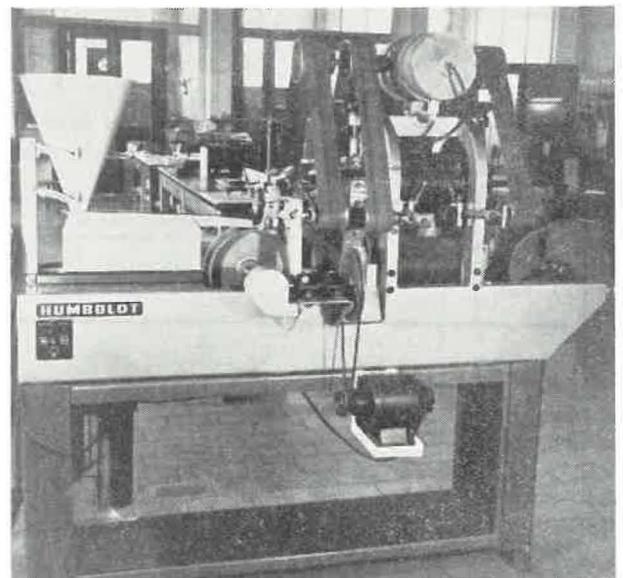


Fig. 3.

se trouve sur une console sous le bâti de l'appareil.

Grâce à la transformation ainsi réalisée, nous avons pu améliorer notablement les résultats de séparations particulièrement difficiles, en réduisant très fortement, sans retraitement des rejets, la production des mixtes.

Quelques résultats sont donnés ci'après.

a) *Traitement de tailings de Kailo (rejets d'une concentration gravimétrique de cassitérite).*

Produit soumis à la séparation magnétique composé de cassitérite, ilménite et monazite.

Granulométrie : passant au tamis de 35 mesh Tyler.

Courant magnétisant : 1,8 ampère.

près du bord précité et les grains déposés vers le milieu de la largeur de la courroie.

L'effet de l'augmentation de vitesse des bandes transversales est manifeste, dans le 2° essai :

Suppression du tourbillon magnétique ;

Récupération parfaite de la cassitérite sortant en totalité par la bande principale ;

Sortie au 3° pôle d'un concentré de monazite à 90 %, renfermant plus de 90 % de la monazite du brut, au lieu d'un mixte à 50 % ne renfermant que 84 % de la monazite totale.

b) *Traitement d'un sable glauconifère.*

A titre expérimental, nous avons tenté d'extraire la glauconie, minéral très peu magnétique, d'un sa-

TABLEAU III.

	Poids g	Composition
Avant pôle	106,1	Ilménite pure
Pôle 1	0,2	Ilménite 50 % — Monazite 50 %
Pôle 2	4,8	Ilménite 70 % — Monazite 30 %
Pôle 3	1,5	Ilménite 20 % — Monazite 80 %
Tourbillon	57,4	Cassitérite 50 % — Monazite 50 %
Rejets	30,0	Cassitérite quasi pure

2° essai : Même réglage, sauf que la vitesse des bandes transversales est portée à 1,20 m/s.

	Poids g	Composition
Avant pôle	107,0	Ilménite
Pôle 1	0,6	Ilménite 50 % — Monazite 50 %
Pôle 2	5,5	Ilménite 70 % — Monazite 30 %
Pôle 3	31,5	Ilménite 10 % — Monazite 90 %
Tourbillon	Néant	
Rejets	55,6	Cassitérite quasi pure

Champs : 9.000 — 11.000 et 15.200 gauss, respectivement aux pôles 1, 2 et 3.

1<sup>er</sup> essai: Vitesse de la bande principale 0,07 m/s.

Vitesse des bandes transversales 0,20 m/s.

Débit 15 kg/h.

Le tableau III indique les poids relatifs et la composition des produits magnétiques et des rejets séparés. Sous la désignation « tourbillon » figure un produit déposé par le tourbillon magnétique sur le bord de la bande principale, côté sortie des bandes transversales. On le sépare des rejets non magnétiques proprement dits en recueillant séparément, à la sortie de la bande principale, les grains situés

ble dont nous disposons au laboratoire. Cette tentative a parfaitement réussi et elle a fourni une nouvelle preuve que, pour extraire un minéral à faible susceptibilité magnétique, il y a intérêt à faire défiler très lentement sous les pôles la bande principale, tout en imposant une vitesse relativement élevée aux bandes transversales.

Le rendement de récupération de la glauconie varie du simple au double environ lorsque la vitesse de la bande principale est réduite de moitié, pour une même vitesse des bandes transversales. Cette modification du rapport des vitesses entraîne également une amélioration nette de la teneur du concentré.

### 7. Exemple pratique des possibilités de récupération poussée de columbo-tantalites à partir de tailings d'une exploitation de cassitérite.

Le brut traité provient d'un dépôt de tailings d'une mine du Congo belge. Tel qu'il nous a été soumis, sa composition était la suivante :

Classe granulométrique (mesh Tyler)	Poids en %	Teneur en columbo-tantalites %
Refus 14 mesh	3,7	79,5
14 — 20	5,2	43,8
20 — 28	16,1	33,4
28 — 35	32,8	15,8
35 — 48	23,9	8,2
48 — 65	13,2	7,7
Passé 65	5,1	néant ou traces

Soit au total 18,5 %, en poids, de columbo-tantalites.

La séparation magnétique sur classes granulométriques distinctes, moyennant réglages conformes aux principes énoncés plus haut, a donné les produits repris au tableau IV.

récupérer sous forme de concentrés riches, sans repassage au séparateur, 76,8 % des columbo-tantalites présentes dans le brut, et sous forme de mixtes 19,4 % de celles-ci.

En pratique, il suffirait de traiter séparément 3 classes granulométriques : Refus 20 mesh, 20-35, et passé 35 mesh. On obtiendrait ainsi :

Classe « refus 20 » : Un concentré à 81 %, en groupant les produits des pôles 2 et 3 ; Un mixte à 11,5 % au pôle 1.

Classe 20 - 35 : Un concentré à 83 % au pôle 3 ; Un produit à 7 % environ au pôle 2 ; Des rejets au pôle 1.

TABLEAU IV.

Classe Tyler	Poids recueillis pour 100 g de brut				Teneurs en col.tan.			Rendements en % de la col.tan. totale		
	Pôle 1	Pôle 2	Pôle 3	Rejets	Pôle 1	Pôle 2	Pôle 3	Pôle 1	Pôle 2	Pôle 3
Refus 14	0,631	1,881	0,925	0,263	50 %	90 %	60 %	1,72 %	<b>9,30 %</b>	3,20 %
14 - 20	2,142	0,748	2,007	0,303	traces	90 %	80 %	—	<b>3,68 %</b>	<b>8,81 %</b>
20 - 28	7,583	2,109	6,048	0,360	traces	5 %	85 %	—	0,56 %	<b>28,05 %</b>
28 - 35	22,829	3,378	6,166	0,427	traces	7,5 %	80 %	—	1,38 %	<b>27,05 %</b>
35 - 48	16,754	2,939	3,872	0,335	traces	1,5 %	50 %	—	0,25 %	10,50 %
48 - 65	8,844	2,257	1,835	0,264	2,5 %	2,5 %	40 %	1,20 %	0,30 %	4,00 %
Passé 65	3,050	1,107	0,678	0,260	traces	traces	traces	—	—	—

Les teneurs en columbo-tantalites des rejets sont négligeables (toujours moins de 1 %). Les chiffres en « grasses », dans les deux colonnes de droite, indiquent les fractions en pourcent de la columbo-tantalite totale, recueillies dans les concentrés à teneur supérieure ou égale à 80 %.

Il apparaît clairement que la sortie des concentrés se déplace du pôle 1 vers le pôle 3 au fur et à mesure de la diminution du calibre des grains.

Il est possible d'extraire des concentrés à plus de 80 % de columbo-tantalites, représentant 16,86 % du poids du brut, et des mixtes à 50 % environ représentant 7,26 % de ce poids. On peut ainsi

Classe « passé 35 » : Un mixte à 40 % environ au pôle 3 et des rejets aux deux autres pôles.

Remarquons que, sans classement granulométrique préalable, on obtient en un seul passage un concentré titrant moins de 70 % au pôle 3, et des mixtes pauvres à retraiter aux autres pôles, résultats beaucoup moins avantageux.

### 8. Conclusions.

En faisant état de quelques résultats d'essais, nous n'avons eu d'autre prétention que de montrer quantitativement le bénéfice d'un réglage, d'une

adaptation et d'une utilisation raisonnés du séparateur magnétique, en fonction du minéral à traiter.

La mesure des champs magnétiques, le réglage précis des entrefers, le contrôle rigoureux des vitesses de bandes et le classement granulométrique préalable du brut permettent de conférer à la séparation magnétique une sélectivité et un rendement économique très nettement supérieurs aux meilleurs

résultats des réglages « à l'estime » encore trop souvent pratiqués.

\* \* \*

Nous tenons à exprimer nos remerciements à MM. Vandenherreweghe, des services techniques de la société Cobelmin, et Gevenois, Ingénieur AIMs, qui nous ont apporté un précieux concours pour la réalisation des mesures et essais.

## Sélection de 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. PROSPECTION. SONDAGES.

IND. A 2547

Fiche n° 18.287

R. FRITZ. Die Kohlenlagerstätten der Sowjetunion. *Les gisements de charbon de l'Union Soviétique.* — Glückauf, 1957, 30 mars, p. 368/385, 1 pl.

Ici à l'Ouest à part quelques publications fragmentaires, on est assez mal informé sur les réserves de ce pays. La dernière publication officielle date du 1<sup>er</sup> janvier 1958. L'auteur analyse une étude russe de Budnizkij :

La situation de l'industrie charbonnière et les difficultés d'approvisionnement en Union Soviétique (Moscou 1955). Comme combustible, en 1913, le charbon représentait 54,7 % et le bois 30,2 % du bilan énergétique, en 1953, le charbon est passé à 77,5 % et le bois à 6,6 %. Dans les réserves du pays, charbon et lignite représentent 94,7 %, la tourbe 3,4 % et le pétrole 0,7 %. D'après la publication officielle signalée plus haut, il y avait 1654 milliards de t dont 1248 jusqu'à la profondeur de 1200 m. Les réserves connues actuellement sont certainement beaucoup plus élevées, de nouveaux gisements ont été découverts tant en Russie que dans les régions annexées (Leuberg, Volynie, Sud de Sa-

chaline), d'après Budniskij près de 91 % des découvertes concernent la partie asiatique.

La production est passée de 34,9 millions de t en 1913 à 429 en 1956, on prévoit 750 pour 1975.

La question des transports est cruciale pour ce pays, la mise en œuvre et le développement de nouvelles exploitations permettent de limiter les distances d'expédition des mines anciennes, ainsi la distance moyenne de transport du charbon passera de 683 km en 1955 à 620 km en 1960. Le Donetz qui fournissait 86,9 % de la production ne représente plus que 37,5 % en 1950. Un tableau de 11 pages avec les caractéristiques des bassins actuellement exploités, est donné ainsi que l'évolution de leurs expéditions. Le canal de la Volga au Don a notamment ouvert un nouveau débouché au charbon du Donetz vers la Volga où il est concurrencé par le pétrole et l'énergie hydraulique. Cinq centrales atomiques dans l'Oural, à Moscou et Leningrad fourniront 500.000 kWh en 1960.

IND. A 529

Fiche n° 18.320

X. Turbo drilling. *Forage par turbine.* Iron and Coal T.R., 1957, 5 avril, p. 807.

Le forage avec turbine au fond, qui s'est fortement développé dans les champs pétrolifères de Rus-

sie, est surtout d'un grand intérêt pour les sondages très profonds, mais on l'adopte cependant pour des profondeurs normales. Les diamètres minima réalisés actuellement le rendent possible pour les sondages de congélation. L'efficacité d'attaque du taillant dépasse de loin celle du forage rotary ; dans celui-ci, vers 2000 m, la puissance de 265 ch, avec 300 tours/min, n'est utilisée que pour 50 ch au taillant.

Avec la turbine au fond, on arrive à pouvoir donner au taillant une puissance de 450 ch et une vitesse de rotation de 670 tours.

L'avancement est naturellement décuplé. La turbine a 9 m de longueur et 30 cm de  $\varnothing$ . On peut en mettre 2 ou 3 en série. On en construit actuellement pour des diamètres beaucoup plus réduits, jusqu'à 10 cm. Le fluide utilisé est l'eau, au besoin boueuse.

On peut facilement dévier un trou de la verticale et il est possible de forer deux trous dans la même tour de sondage simultanément.

## B. ACCES AU GISEMENT. METHODES D'EXPLOITATION.

IND. B 110

Fiche n° 18.345

S. C. NEWMAN. Technical and economic considerations in the planning of circular shaft sinking and layout. *Considérations techniques et économiques dans le projet du fonçage d'un puits circulaire et de son équipement.* — *Journ. of the South African Inst. of Min. and Metall.*, 1956, novembre, p. 255/285, 13 fig.

Cette étude a surtout en vue le fonçage des puits de mines dans les exploitations aurifères d'Afrique du Sud. Etant donné les grandes profondeurs atteintes, il importe d'obtenir des avancements rapides grâce à un planning minutieux de toutes les opérations du fonçage, du revêtement et de l'équipement du puits en effectuant autant que possible ces opérations simultanément. Il importe d'autre part d'exploiter les zones riches existant à proximité du puits, soit avant le fonçage si on peut les atteindre par des puits voisins, soit aussitôt que possible dès qu'elles sont traversées par le puits. Il peut en résulter des mouvements de terrains et des venues d'eau, mais si les dispositions sont bien prises à l'avance, on y remédiera. La cimentation préalable des terrains est toujours recommandable et avantageuse. Toutes les données possibles doivent être recueillies dans l'étude du fonçage et celui-ci doit s'effectuer en suivant dans tous ses détails l'organisation prévue.

Les prévisions doivent être largement établies pour les équipements de pompage en tenant compte de l'usure rapide des engins au cours du fonçage. Celui-ci s'exécute en quatre postes de 6 h/jour avec le personnel approprié.

Un puits coûte par mois environ £ 25.000 (3.500.000 F) quel que soit l'avancement réalisé. Il importe donc que celui-ci soit aussi grand que possible.

IND. B 24

Fiche n° 18.394

W. RODE Erfahrungen beim Grosslochbohren im Streckenvortrieb und ihre Auswertung bei einer Blindschachtbohrung. *Expérience des grands trous de sonde dans le creusement des galeries et application au creusement d'un puits intérieur.* — *Bergfreiheit*, 1957, avril, p. 159/169, 13 fig.

L'expérience acquise dans le creusement de plusieurs km de grands trous de sonde dans le creusement des galeries permet à l'auteur quelques considérations sur :

le choix des machines : il y a deux types sensiblement équivalents, les machines à crémaillères, où deux moteurs différents commandent l'avancement et la rotation, et les machines à vis où un seul moteur commande simultanément la rotation et l'avancement dans un rapport constant ;

le choix des couronnes : le  $\varnothing$  minimum est de 180 mm, on a utilisé longtemps 225 mm ; actuellement, on creuse à 300 mm ; quant à la forme, il y a les couronnes en acier spécial utilisables jusque 150 mm maximum et les tricônes ; enfin, actuellement la combinaison des deux avec foret central en acier spécial.

Un premier essai pratique de creusement d'un sondage vertical de 24 m avec 143 mm de premier diamètre, porté en 4 fois à 813 mm. Le résultat a été excellent et atteint en 3 jours.

On est alors passé au creusement d'un sondage vertical de 200 m à travers des terrains inclinés dont la coupe est donnée. Malgré 7 jours d'arrêt dus à des réparations de la machine, le travail a été terminé en 22 jours.

IND. B 34, E 14 et E 122

Fiche n° 18.435<sup>II</sup>

F. NELLISSEN. Exploitation des couches minces en plateaux au charbonnage André Dumont. - II. Creusement des montages avec transport par scraper. — *Annales des Mines de Belg.*, 1957, avril, p. 282/287, 8 fig.

L'auteur décrit l'organisation adoptée à André Dumont pour creuser les montages et ensuite passer à la taille mécanisée.

Le transport par scraper dans les montages en creusement a débuté en 1954 et s'est généralisé depuis.

Montages de 3 m de largeur divisés en 3 compartiments : le compartiment central a 1,20 m pour le passage du scraper. Le soutènement se compose de fers U de 120 × 70 au toit sur 4 étaçons en bois (mur friable).

Le bac scraper fait 2,20 m × 94 cm × 28 cm (ou plus si possible). Les avancements journaliers

moyens oscillent entre 15 et 27 m (longueur : environ 160 m).

Pour le passage du montage à l'exploitation en taille, la mise en place et le montage du convoyeur blindé ont fait l'objet d'une mise au point très poussée de la part des ingénieurs. L'opération nécessite un treuil de 10 t (câble de 16 mm), deux câbles de 12 mm et un traîneau destiné à guider vers le pied de la taille le train de bacs assemblés en tête. Le personnel nécessaire, ajusteurs et électriciens compris, s'élève théoriquement à 63 personnes (imprévus : + 10 à 20 %).

IND. B 4211

Fiche n° 17.939

**R. ROYE.** Stossbau à attaques multiples. — *Bull. mens. de l'Assoc. des Anciens Elèves de l'Ecole des Mines de Douai*, n° 23, 1957, janvier, p. 264/272, 17 fig., février, n° 24, p. 273/276, mars, n° 25, p. 277/283.

La méthode d'exploitation « Stossbau » a été appliquée aux charbonnages de Petite-Rosselle à des couches assez puissantes (2,50 m) à fort pendage, 30 à 45°. Tailles montantes de 150 m de longueur divisées en 5 chantiers occupant chacun 2 ouvriers. L'attaque en montant à chacun des 4 points, le 5e étant fourni par la cheminée de remblayage, se fait sur 5 m de profondeur, après quoi on rabat vers la cheminée de déblocage à l'autre extrémité des fronts de taille. Le charbon abattu glisse suivant la pente vers un convoyeur blindé Beien, type allégé qui le conduit à la cheminée de déblocage : 2 têtes motrices de 24 ch. Largeur utile des couloirs 352 mm. Abattage à l'explosif. On essaie d'en réduire la consommation en pratiquant une rainure de 2,50 m de profondeur avec rouilleuse Armstrong. Le remblayage est hydraulique. L'auteur fournit des données sur l'organisation du travail, le timing et les consommations.

Dans ce second article, des détails sont donnés sur le minage, le chargement et le boisage.

Le plan de tir d'abord laissé à l'initiative de l'ouvrier a été amélioré. Il est suivi d'un certain déboisement compatible avec la sécurité qui favorise la chute du charbon. Le chargement se fait sur convoyeur Beien, il doit être aussi près du front que possible sans cependant pouvoir être tout à fait contre : il ne supporterait pas une chute brutale et d'autre part le charbon passerait au-dessus, il subsiste donc environ 1 h d'ouvrier de chargement manuel.

Le boisage découle de la position du convoyeur : il est réalisé par billes de 5 m perpendiculaires au front, espacées de 1,25 m d'axe en axe. Chaque bille est supportée par 4 étais calés par coins. Le bois est acheminé par monorail jusqu'au renvoi arrière du convoyeur.

L'auteur envisage enfin les opérations complémentaires de la méthode d'exploitation Stossbau

à attaques multiples aux charbonnages de Petite-Rosselle : ripage des convoyeurs Beien et remblayage.

Il donne ensuite la répartition du personnel et un aperçu du P.R. Il examine enfin les possibilités d'électrifier les chantiers d'abattage, concluant à conserver l'air comprimé, plus souple et moins encombrant.

Au total, la méthode encore perfectible est considérée comme nettement avantageuse tant au point de vue de la sécurité grâce à la suppression du havage, qu'à celui du rendement grâce à la concentration de production et à l'emploi du convoyeur Beien.

### C. ABATAGE ET CHARGEMENT.

IND. C 240 et F 231

Fiche n° 18.362

**R. GREENHAM.** The ignition hazard in the field. *Le risque d'inflammation en taille.* — *Colliery Guardian*, 1957, 11 avril, p. 494/497.

La statistique des accidents survenus en Angleterre par inflammations de grisou dues aux tirs de mines, montre que l'emploi d'explosifs gainés n'a pas beaucoup diminué leur fréquence et que les tirs de bosseyement sont plus dangereux que les tirs en veine.

Des recherches ont montré que, dans la plupart des cas, les trous de mines sont recoupés par des fissures, généralement remplies de gaz et mettant souvent des trous voisins en communication.

Les joints de stratification dans les bosseyements présentent les mêmes dangers encore accrus du fait qu'ils communiquent souvent avec les remblais qui sont un réservoir de gaz de grande capacité. Le forage des trous par rotation produit beaucoup plus de grisou et de CO<sub>2</sub> que le forage par percussion à cause de l'échauffement par friction.

En général, les quantités de grisou pouvant être enflammées par ces sources sont assez faibles et un accident grave n'est possible que si cette inflammation peut se communiquer à une accumulation plus importante située à plus ou moins grande distance. C'est le rôle d'une ventilation efficace de supprimer de telles accumulations. On connaît d'autre part des remèdes divers consistant, soit dans l'emploi des cartouches Cardox, Hydrox, Armstrong remplaçant les explosifs, soit dans le procédé de l'infusion propulsée.

IND. C 4222

Fiche n° 18.435I

**F. NELLISEN.** Exploitation des couches minces en plateures au charbonnage André Dumont. - I. Mécanisation des tailles par rabot adaptable PF<sub>0</sub>. — *Annales des Mines de Belgique*, 1957, avril, p. 273/282, 10 fig.

Le charbonnage André Dumont exploite des couches de faible puissance : moyenne 82 cm, 36 %

de l'extraction proviennent de couches plus petites ou égales à 70 cm. L'exploitation par marteau-piqueur et évacuation par bande à brin inférieur porteur n'a pas cessé de se développer : 317.577 t déhouillées dans 4 couches par ce procédé en 1955. Simultanément on poursuit la mécanisation intégrale de l'abattage en couches minces, la même année 148.830 t ont été extraites par ce procédé. Le rabot-scrapier Gusto utilisé avec succès depuis 1949 a depuis 1955 cédé la place au rabot adaptable PF<sub>0</sub> utilisé actuellement dans deux couches minces et bientôt dans une troisième. Longueur des tailles 156 m, puissance moyenne 56 cm. Production journalière moyenne respectivement 212 et 249 t ; rendement chantier : 2258 kg et 2702 kg.

IND. C 43 et E 111

Fiche n° 12.958<sup>II</sup>

**G. SCHULZE.** Die Kohlenfördermatte, ein neuartiges Strebfördermittel für steilgelagerte Flöze. *Les treillis métalliques de déblocage, un moyen de transport moderne pour couche en dressant.* — *Glückauf*, 1957, 30 mars, p. 353/368, 32 fig.

Les essais avec treillis de déblocage, signalés dans la seconde partie de l'article précédent, se sont bien comportés (couche Sarnsbank), de nouveaux détails sont donnés : vue du treillis spiralé avec sa garniture de caoutchouc, coupe du gisement, taille avec le treillis et les étaçons métalliques, un treuil de sécurité est utilisé en tête de taille pour la manœuvre du treillis.

Des essais ont ensuite eu lieu en couche de grande ouverture (Mausegatt 1,80 m, pente 44°) qui donnent également de très bons résultats : ici la taille est boisée, le treillis a 2 m de largeur de sorte qu'on utilise des éléments de 80 m, c'est l'assemblage par redoublement et boulons qui donne les meilleurs résultats.

Des essais ont aussi eu lieu en couche verticale : Hauptflöz (1,40 m) avec taille oblique sur la pente.

Discussion des résultats - Avantages du treillis : concentration maximum, le transport du charbon étant rendu indépendant du remblayage - amélioration du remblayage - front rectiligne - suppression des pertes de charbon - granulométrie améliorée - meilleure ventilation - accroissement de la sécurité - abaissement du prix de revient.

### D. PRESSIONS ET MOUVEMENTS DE TERRAINS. SOUTÈNEMENT.

IND. D 1 et D 222

Fiche n° 17.360

**F. ZANDMAN.** Analyse des contraintes par vernis photoélastiques. — Extr. de *Acier-Stahl-Steel*, 1956, septembre, 10 p., 13 fig.

L'application de la photoélasticimétrie à des pièces réelles par l'emploi de vernis photoélastiques a

été indiquée par Mesnager en 1930, mais jusqu'à présent les matières photoélastiques et le matériel de mesure n'avaient pu être mis au point.

Principe du procédé : sur une surface réfléchissante (ou rendue telle par l'application d'un enduit réfléchissant), on applique une couche de vernis appropriée à biréfringence accidentelle élevée et proportionnelle aux déformations. On exerce alors les efforts sur la pièce à étudier, le vernis étant solidaire de la pièce à étudier, les allongements sont intégralement transmis au vernis qui devient biréfringent, la mesure de cette biréfringence se fait d'après les méthodes de Babinet, Sénarmont ou Tardy (cours d'optique cristalline). Les formules sont données, ainsi que l'appareillage applicable à l'industrie, quelques applications sont présentées. Discussion où certains points intéressants sont précisés.

*Etudes complémentaires du même auteur :*

— Mesures photoélastiques des déformations élastiques et plastiques et des fragmentations cristallines dans les métaux.

Mémoire extrait de la *Revue de Métallurgie*, 1956, août, p 638/642 (Bro 1582<sup>II</sup>).

— Méthode non destructive d'analyse des contraintes par vernis photoélastiques.

Comm. présentée au Symposium sur l'Observation des Ouvrages, réalisé au Laboratorio Nacional de Engenharia Civil - Lisbonne, Portugal, en octobre 1955, 20 p, 13 fig. (Bro 1582<sup>III</sup>).

IND. D 221

Fiche n° 18.323

**H. LABASSE.** La mécanique des terrains houillers. — *Revue de l'Industrie Minérale*, 1957, février, p. 105/118, 15 fig.

L'auteur reprend les vues développées dans des publications antérieures et montre comment elles s'encadrent dans les conceptions, de prime abord plus ou moins antagonistes, des théories des dalles et de la voûte de décharge. Il expose ses conceptions en s'appuyant sur un certain nombre d'observations des mineurs.

Solutions de continuité dans la stratification - flexibilité du toit variable avec la nature et la qualité du soutènement - décollement des bancs de toit - formation de fissures dans les terrains en avant des tailles (fissuration préalable - fissure d'exploitation) - coups de charge - allure des affaissements à la surface (mesures faites par le Pr Seldenrath).

D'où la conception de surface enveloppe des terrains détendus et surface limite des terrains. - La culée avant sur le massif de la taille est un fait certain, elle explique la poussée du charbon bien connue des abatteurs. La poussée au remblai est plus élastique et progressive, de sorte que la conception de la voûte de décharge doit être modifiée pour tenir compte de ce phénomène, on se rapproche ainsi de la conception des dalles encastrées

avec la surface enveloppe de détente passant par les bouts en porte-à-faux.

Qu'il y ait enfin une tendance au soufflage du mur est aussi une observation bien ancienne qui doit correspondre à une surface inférieure des terrains détendus et une surface limite d'influence qui peut descendre assez bas sous la couche exploitée.

Le dégagement de grisou est lié à la détente des terrains.

IND. D 41 et E 122

Fiche n° 18.393

**F. SPRUTH.** Rücken oder Umlegen an der stempel-freien Abbaufont? *Riper ou démonter en front dégagé?* — *Bergfreiheit*, 1957, avril, p. 145/158, 36 fig.

Après un aperçu sur l'évolution de l'indice du personnel en taille et les données sur l'accroissement des pertes au triage-lavoir et les convoyeurs utilisés actuellement, il est indiqué les difficultés qu'on rencontre à contrôler l'arrière-front. Les avantages du convoyeur blindé ont éliminé presque partout le couloir oscillant en Allemagne de l'Ouest. Ce progrès ne doit pas induire dans l'erreur de vouloir réaliser le front dégagé dans des conditions non appropriées. A ce propos l'auteur expose la différence qu'il y a entre un front libre d'étauçon et un front libre pour ripage, en outre, dans les nombreux cas où il n'est pas possible d'assurer le contrôle du toit pour le ripage il est recommandé, en vue de la sécurité et de l'économie, d'utiliser le front libre avec contournement de la file d'étauçons par le convoyeur démonté. La technique et l'organisation du procédé, ainsi que l'importance des études au chantier, sont signalées. Le léger surcroît de travail est compensé par un meilleur contrôle du toit.

Sans entrer dans le détail, le développement du soutènement marchant est vivement souhaité au point de vue de la sécurité.

IND. D 62

Fiche n° 18.401

**H. PENNDORF et W. HERMAN-TRENTEPOHL.** Betriebsversuche zur Ermittlung eines geeigneten Ausbaus für Abbaustrecken in steiler Lagerung. *Recherches pratiques pour la détermination d'un soutènement approprié dans les galeries des gisements en dressant.* — *Glückauf*, 1957, 27 avril, p. 481/491, 21 fig.

La mine Gouley-Laurweg de l'union des mines Eschweiler Bergwerk (à Würselen près d'Aix-la-Chapelle) exploite un gisement d'allure assez semblable à celle du bassin liégeois : plateures au N, dressants dans les versants S des synclinaux (pendage 70 à 90°) ; le faisceau de couches est le Kohlscheider inférieur (West. A) anthraciteux. La proportion de charbon provenant des dressants est actuellement de 20 % mais ira en augmentant. Des essais systématiques ont été effectués de 1953 à

1956 en vue de déterminer le meilleur soutènement métallique en galeries.

Les prix de revient comparatifs ont été établis en tenant compte des recarrages nécessaires dans chaque cas. 604,63 DM/m pour le cadre ordinaire ; 758,57 DM/m pour le cadre articulé ; 876,86 DM/m pour le soutènement en forme de faux ; 240,02 DM/m pour le cintre (genre T H).

Finalement le cintre en 2 pièces profil I et acier traité s'est montré le plus économique: 358,50 DM/m.

IND. D 710

Fiche n° 18.384

**A. WRIGHT et W. ADCOCK.** Further progress with strata bolting. *Progrès récents en boulonnage des bancs.* — *Colliery Guardian*, 1957, 25 avril, p. 559/563.

Rappel des avantages du boulonnage du toit ou du mur comme moyen de soutènement. Mention de divers emplois au front de taille, aux chambres de machines (haveuses, convoyeurs, etc.), aux pieds de taille, aux bosseyements, etc.

La tension initiale à donner aux boulons a fait l'objet de récentes recherches (voir fiche n° 14.030 - D 1). On y établit les relations entre la tension, le nombre de boulons, leur longueur. On donne également le moyen de mesurer la tension par le couple de rotation appliqué à l'écrou de serrage.

On analyse la perte de tension observée après la mise en service du boulon et ses causes, ainsi que les possibilités de la mesurer et d'en minimiser les effets.

En somme, ces récentes investigations sur la question du boulonnage apportent quelque lumière dont les futures études bénéficieront en vue de rendre le procédé moins empirique.

## E. TRANSPORTS SOUTERRAINS.

IND. E 253

Fiche n° 18.319

**C. FORBES et E. BATTYE.** Underground battery locomotives - Factors governing their selection. *Locomotives souterraines à accumulateurs - Facteurs dirigeant leur choix.* — *Iron and Coal T.R.*, 1957, 5 avril, p. 805/807.

Cet article contient des indications pratiques à appliquer utilement dans un projet de locomotives à accumulateurs ; la construction des différentes parties, les exigences de la réglementation pour l'emploi dans les mines, les controllers de trois types : à renversement de marche, à contacteur par came, à commande magnétique.

L'article se termine par des renseignements techniques concernant la batterie d'accumulateurs.

**F. AERAGE. ECLAIRAGE.**

IND. F 123

Fiche n° 18.374

X. Ventilation of rippings. *L'aérage des bosseyements*. — *Iron and Coal T.R.*, 1957, 19 avril, p. 927/930, 4 fig.

Le ressaut formé par le front de bossement au toit d'une galerie constitue un endroit où le grisou peut s'accumuler et où le tir des mines peut être dangereux si une ventilation efficace n'est pas réalisée. Une circulaire récente du Ministry of Power recommande à cet effet l'emploi de tôles directrices. Il faut que celles-ci soient judicieusement disposées, faciles à enlever pendant le temps, le plus abrégé possible, que dure le tir.

L'article décrit plusieurs exemples d'application, avec observation des vitesses de courant d'air et des teneurs en grisou effectuées en différents points proches du front de bossement. Il indique les meilleurs dispositifs de tôles conductrices de l'aérage.

IND. F 15

Fiche n° 18.293

K. HOEBER. Die Kennlinien zweier neuzeitlicher Wetzertüren. *Les caractéristiques de deux portes modernes de ventilation*. — *Glückauf*, 1957, 30 mars, p. 387/388, 5 fig.

Jusque récemment on ne possédait pas de porte d'aérage à ouverture automatique ouvrable dans les deux sens. Actuellement, c'est chose faite ; il existe deux types dont l'un a été décrit (f. 15.506 - F 15). Il s'agit d'une porte pivotant aux  $\frac{3}{4}$  de sa largeur. Des essais de la porte (à guichet fermé) ont donné, pour une résistance de 35 Weisbach, un exposant exactement = 2.

L'autre type est de la firme Josef Peters (assez semblable à celle décrite dans la fiche 17.886 - F 15), on trouve ici un exposant = 1,83 pour une résistance de 84 Wb.

IND. F 22

Fiche n° 18.304

D. DORNENBURG, J. O'CONNOR et E. HARRIS. Effect of changes of atmospheric pressure on gas emissions from worked out areas in an Illinois coal mine. *L'effet de changements dans les pressions atmosphériques sur les émissions de gaz provenant d'anciens travaux dans un charbonnage de l'Illinois*. — *Bureau of Mines, Rep. of Inv. 5147*, 1955, août, 21 p., 9 fig.

Les auteurs ont étudié les variations de la teneur en grisou en fonction des variations de la pression atmosphérique dans les galeries communiquant avec d'anciens travaux, soit par des ouvertures libres, soit par des ouvertures plus ou moins bouchées.

Les teneurs en grisou ont été mesurées par différents appareils, les uns de surface au retour d'air général, les autres, portatifs, dont certains enregistreurs, dans les galeries d'entrée ou de retour d'air ou au débouché de communication avec d'anciens travaux. En général, les appareils grisométriques

sont basés sur les changements de résistance électrique dus à l'échauffement, causé par le grisou, d'un filament de platine chauffé par un accu. Un second filament, isolé de l'air ambiant, sert de référence, les deux filaments étant reliés à un pont de Wheatstone équilibré pour une teneur en grisou égale à zéro.

Les mesures ont montré qu'il y avait une relation entre les teneurs en grisou et les valeurs de la pression atmosphérique, les anciens travaux agissant comme réservoirs de grisou dont l'influence dépend naturellement de leur volume relatif et des facilités qui leur sont offertes de communiquer avec les galeries.

IND. F 53

Fiche n° 18.358

J. BROMILOW. Conditioning of the ventilating air in coal mines. *Le conditionnement de l'aérage dans les charbonnages*. — *Trans. of the Inst. of Min. Eng.*, 1957, avril, p. 538/560, 5 fig.

Comparaison des avantages de diverses installations de conditionnement d'air dans les mines. Description de quelques installations de ce genre en Belgique et en Allemagne avec résultats obtenus.

Discussion du choix de l'emplacement montrant qu'il y a avantage à le placer à proximité des chantiers profonds.

Des diagrammes montrent la longueur maximum de taille que l'on peut aérer dans une mine profonde avec un courant d'air sans dépasser une certaine température au thermomètre humide. Ils prouvent que dans les mines très profondes il faut, ou bien limiter la longueur de taille aérée par chaque division du courant d'air, ou bien refroidir l'air au front de taille.

Discussion des difficultés de cette dernière méthode.

Description des divers types de réfrigérateurs et de tuyauteries d'amenée d'eau froide ou de saumure.

Les difficultés du dépeussierage en mines profondes sont accessoirement exposées, d'où résulte la nécessité de trouver des procédés s'accommodant d'une quantité d'eau modérée.

Les installations auxquelles cet article fait allusion sont celles du Rieu-du-Cœur à Quargenon, des Liégeois à Zwartberg, André Dumont à Waterschei et quelques mines sud-africaines.

**H. ENERGIE.**

IND. H 400

Fiche n° 18.411

C. JAUQUET. Analyse de schémas électriques. — *Revue des Ecoles Spéciales (de Liège)*, 1957, n° 1, p. 21/28, 4 fig.

L'étude d'un schéma électrique est parfois compliquée, on peut décomposer le travail au moyen du

« schéma développé » qui sert à démêler les circuits.

*Principes* : 1°) pôles d'alimentation figurés par 2 lignes horizontales placées respectivement en haut et en bas de la feuille ;

2°) les différents circuits sont ramenés à des lignes verticales joignant ces deux droites ;

3°) les considérations de localisation ou d'interdépendance sont satisfaites par des repères et sans influence sur le tracé des circuits développés.

*Conventions* : les circuits sont linéarisés avec le minimum possible de croisements — ils sont disposés de gauche à droite au fur et à mesure de leur entrée en jeu, on les numérote simultanément sur le schéma original et sur le développement — tous les éléments de contact sont dessinés au repos, lorsqu'ils se déplacent, conventionnellement c'est de la gauche vers la droite.

Les circuits principaux ou à forte intensité sont dessinés en traits forts, les circuits de commande en traits plus fins.

Ces règles peuvent être assouplies ou modifiées, ainsi, aux Etats-Unis les pôles sont figurés par des verticales, les circuits sont horizontaux.

L'étude des schémas de controllers est particulièrement facilitée.

IND. H 5340

Fiche n° 18.332

**C. BIHL.** Le danger du court-circuit dans les réseaux d'électrification du Nord. — *Annales des Mines de France*, 1957, mars, p. 129/169, 30 fig.

Le but de cette étude est d'indiquer le remède au court-circuit plus ou moins impédant qui dure assez longtemps pour pouvoir, même dans des appareillages antidéflagrants, déclencher des incendies, parfois catastrophiques dans les mines.

Pour la protection contre les courts-circuits entre phases, les Allemands ont échafaudé une réglementation encore insuffisante. Dans la mine, le court-circuit résulte le plus souvent d'une perte à la terre qui s'aggrave. La mise à la terre du neutre, depuis longtemps pratiquée en Angleterre, ne l'est guère sur le continent dont les réseaux sont à neutre isolé. Elle devrait être imposée et elle est en cours d'essai aux houillères du bassin de Lorraine : protection homopolaire directionnelle assurée suivant les cas, soit par un relais wattmétrique, soit par un relais varmétrique, coupant le seul tronçon atteint avant qu'il ne devienne trop dangereux et tout en supportant les défauts acceptables.

## I. PREPARATION ET AGGLOMERATION DES CHARBONS

IND. I 22

Fiche n° 18.282

**E. RIEDEL.** Die zulässigen Stützweiten in Siebmaschinen. *Les portées admissibles pour les toiles de cribles.* — *Erdöl und Kohle*, 1957, mars, p. 164/165, 6 fig.

La détérioration des toiles de cribles provient dans bon nombre de cas d'un mauvais espacement

des supports. La déchirure transversale qui en résulte est caractéristique. Elle n'est pas due à une surcharge de la toile, mais aux effets de la vibration seule.

L'auteur conseille de limiter la portée « 2 » en se référant à des tableaux à double entrée donnant « 2 » en fonction des dimensions de la maille et des fils.

Les valeurs de la portée sont évidemment différentes selon qu'il s'agit de simples supports ou d'encastements et selon le profil de l'élément constitutif des mailles de la toile.

IND. I 35

Fiche n° 17.491

**J. BAUDRY.** Epuration par flottation des fines catégories 0/1. Schlamm et poussier. Choix du réactif - Résultats industriels. — *Publ. de l'Assoc. des Ing. de la Fac. Polytechn. de Mons (A.I.Ms.)*, 1956, 4<sup>e</sup> fascic. p. 1/9, 4 fig.

L'installation de flottation du lavoir d'Hensies-Pommerœul comporte 2 batteries de 10 cellules, l'une de 20 t/h, l'autre de 10 t/h. Les cellules sont du type « Mineral Separation ».

Jusqu'il y a 2 ans, l'installation utilisait uniquement la créosote comme réactif — Influence du dosage de créosote — Résultats de 2 essais effectués avec 950 et 1800 g/t brute de créosote. Actuellement, on utilise comme réactif un mélange de 10 parties de créosote pour la partie de tensatil. On constate une amélioration du traitement : rendement accru en flotté et abaissement de sa teneur en cendres, augmentation de la teneur en cendres des schistes, accroissement de la vitesse de décantation des flottés dans les bassins. Résultats détaillés d'un essai à la créosote + tensatil avec décompositions densimétriques, courbes de partage et courbes de Mayer.

IND. I 31

Fiche n° 17.799

**P. MOISET.** Méthode de contrôle rapide et de prédétermination des performances d'exploitation des lavoirs à charbon. — *Publ. de l'Assoc. des Ing. de la Fac. Polytechn. de Mons (A.I.Ms.)*, 1956, 4<sup>e</sup> fascic., p. 17/25, 13 fig.

Note sur la possibilité de prédéterminer mathématiquement les résultats de lavage. En partant de courbes de partage d'imperfection déterminée, on calcule la répartition des tranches densimétriques entre le lavé et le refus et on obtient un point de lavage.

En refaisant ce calcul pour différentes densités de partage, on peut tracer une courbe de Ulser d'imperfection donnée.

IND. I 43

Fiche n° 17.843

X. Maintenance and operation of mechanical drying equipment. *Entretien et conduite des installations mécaniques de séchage*. — Mining Congress Journal, 1957, mars, p. 66/69, 2 photos.

Actuellement 60 % de la production charbonnière des E.U. sont traités mécaniquement. La demande en fines augmente et les conditions de leur épuration deviennent plus sévères.

En particulier, la teneur en eau doit descendre parfois bien en deça de 10 %.

Un comité d'experts en matière de préparation des charbons a interrogé les dirigeants d'une vingtaine d'exploitations et présente sous forme condensée les résultats de son enquête dans le domaine du séchage.

Granulométrie : 1/8 à 3/8" — alimentation : ± 40-60 t/heure — humidité à l'entrée : 15 à 30 %, parfois beaucoup plus — humidité finale : 4,5 à 18,5 %, souvent de 7 à 10 % — Puissance requise : 1 ch par t/heure et plus si l'humidité initiale est élevée — Durée du matériel et fréquence des inspections signalées dans chaque cas.

## Q. ETUDES D'ENSEMBLE.

IND. Q 115

Fiche n° 18.214

X. L'industrie charbonnière en U.R.S.S. — Mines, 1956, n° 6, p. 519/524.

La Russie qui produisait 29 millions de t en 1913, produit en 1955 391 millions de t et prévoit 593 millions de t pour 1960. Les réserves sont estimées actuellement à 1 654 milliards de t. Nombreux bassins aux caractéristiques diverses.

Le plus important, celui du Donetz, actuellement reconstruit exploite des couches moyennes (0,89 m) à 100-1 000 m de profondeur, grisouteuses.

Dans l'ensemble des bassins, la méthode d'exploitation la plus courante est la longue taille chassante. La mécanisation est très poussée et le contrôle automatique se généralise. Rendement par ouvrier, mines souterraines : 32,5 t/mois. 45 mines à ciel ouvert produisent 65 millions de t. Le rendement y est 5,5 fois plus grand qu'en mines souterraines.

Le travail est ordinairement organisé sur la base de la semaine de travail continu à 3 postes de production. On commence à introduire la semaine de 6 jours à 2 postes d'extraction. Les salariés sont payés à la tâche ou à la tâche échelonnée.

La sécurité, les questions sociales, la formation professionnelle ont donné lieu à des réalisations remarquables.

La recherche occupe 10 centres et 5 stations expérimentales.

L'industrie minière est planifiée et financée par l'Etat.

Les activités industrielles et commerciales des charbonnages sont basées sur le principe de l'autonomie financière.

Les produits sont normalisés et standardisés.

IND. Q 115

Fiche n° 18.246

NATIONAL COAL BOARD. Soviet coal industry - Report by the Technical Mission of the N.C.B. *L'industrie charbonnière soviétique - Rapport de la mission technique du N.C.B.* — Colliery Guardian, 1957, 28 mars, p. 417/419 - Iron and Coal T.R., 1957, 22 mars, p. 683/686.

La mission britannique a visité les bassins de Kuzbass, Donbass et Rostov; le premier produit annuellement 50 millions de t, les deux autres 120 millions.

On cherche à développer l'enseignement technique et la recherche, d'importantes réalisations ont été obtenues dans ce domaine.

Principales machines : 3 types de haveuses-chargeuses adaptées à différentes conditions de pente et de puissance, une perceuse de tunnel pour galeries en veine, deux systèmes de soutènement mécanisé. La mécanisation a encore beaucoup de progrès à accomplir, notamment dans les transports, tant au fond qu'à la surface.

L'organisation, naturellement très planifiée, est sous la direction du Ministère de l'Industrie charbonnière.

La production totale de charbon atteint 391 millions de t dont 319 en charbon dur et 7,5 extraits à ciel ouvert. Les réserves sont immenses. Les couches exploitées ont des pentes et des puissances variées et, en général, de bons terrains. La rareté relative du charbon à coke amène à exploiter des couches très minces de cette qualité. Les rendements sont plutôt faibles.

L'exploitation hydraulique fait l'objet d'essais qui sont en train de passer du stade expérimental au stade industriel.

Les salaires sont généralement à la pièce, avec primes. Pension à 50 ans pouvant se cumuler avec salaire. Services sanitaires et bien-être social relativement bien organisés.

Le volume du rapport comprend les chapitres suivants :

- 1) Organisation de l'industrie minière soviétique;
- 2) Production : conditions de gisement et méthodes d'exploitation;
- 3) Planning (planification);
- 4) Mécanisation souterraine : à front, en galerie; exploitation hydraulique;
- 5) Extraction — centrales — équipements électriques de sécurité — téléphoné et communications;
- 6) Recherche;
- 7) Etude et perfectionnements mécaniques;
- 8) Salaires, hygiène, bien-être social;
- 9) Education et apprentissage;
- 10) Impressions générales.

IND. Q 1162

Fiche n° 18.386

X. How Peabody mines 26-in seam in Kentucky. *Comment à Peabody (Kentucky), on exploite une couche de 65 cm.* — **Coal Age**, 1957, avril, p. 60/64, 12 fig.

Description d'une exploitation de couche relativement mince à faible pente avec mécanisation spécialement adaptée à ces conditions, de surcroît assez variables.

Méthode d'exploitation par chambres et piliers, haveuses, chargeuses, convoyeurs à chaîne avec pont transporteur, boulonnage du toit, convoyeurs à courroie dans la voie conduisant du front de taille au transport principal en wagonnets de 3 et 5 tonnes.

L'article donne également quelques renseignements sur l'installation de préparation.

---

## Bibliographie

### ANNALES DES MINES DE FRANCE — Juin 1957

Les Annales des Mines de France poursuivent dans ce numéro la publication d'études consacrées aux problèmes d'actualité relatifs à l'utilisation et au transport du gaz naturel. A cette série appartiennent les mémoires suivants de MM. Andriot, Gouni et Raffin.

M. Raffin, après une rapide description des quelques procédés de « réduction directe » des minerais qui ont été mis en œuvre jusqu'à présent, fait le point des essais réalisés actuellement en vue de l'utilisation du gaz naturel pour la réduction des minerais de fer.

M. Andriot complète son exposé sur le calcul économique des réseaux de transport de gaz par canalisations en étudiant le cas du transport avec pression gratuite au départ et recompression en cours de route.

M. Gouni nous livre ses conclusions sur la situation de l'industrie parisienne du gaz manufacturé en présence du gaz naturel de Lacq.

La publication du volume *le fer à travers les âges*, rassemblant les comptes rendus du Colloque tenu à Nancy au mois d'octobre 1955, donne à M. F. Blondel l'occasion de dresser une liste bibliographique des ouvrages importants sur l'histoire de l'industrie minière.

*L'évolution des convoyeurs à bande* intéressera les techniciens qui trouveront dans l'article de M. Teillac des propos objectifs sur les types classiques et les types nouveaux de convoyeurs.

La *chronique* des métaux, minerais et substances diverses complète le numéro.

**Bergassessor a. D. F. LANGE.** — *Bekämpfung der Silikose. Forschungsarbeiten.* (Travaux de recherches sur la lutte contre la silicose) - 2<sup>e</sup> volume, Edition Glückauf 1956 - Essen. Reliure toile 18 x 24 - 212 p. - 110 fig.

En 1955 le même auteur a publié un premier volume où étaient rassemblés les travaux les plus récents de divers instituts et spécialistes sur le sujet (voir A.M.B. 1955, juillet, p. 764). Le présent volume est une suite du précédent, où l'on trouve de nouvelles données des groupes de recherche des laboratoires d'Aix-la-Chapelle, Düsseldorf, Mannheim et Bochum. Outre une introduction du Prof.

Dr R. Scharz et la préface du Bergassessor F. Lange, les sujets suivants sont traités :

H. Steiger : Situation actuelle de la technique de mesure des poussières, application pratique au fond.

H. W. Schlipkötter : Propriétés et action des aérosols de poussières, spécialement de poussières industrielles.

R. Schwarz et E. Barsnetzky : Contribution chimique au problème de la silicose.

W. Kersten et H. Staudiger : Action biologique des eaux siliceuses.

W. Theus : Expériences d'électro-aérosolthérapie avec l'eau alimentaire de Wiesbaden.

W. Kikuth : Considérations d'ensemble sur le problème de la silicose.

Ces divers exposés constituent des études approfondies éclairées par de nombreuses figures traitant des derniers résultats de la recherche. La présentation est particulièrement soignée, des reproductions parfaites de coupes à fine texture, des diagrammes et des tableaux rendent expressifs un domaine normalement difficile. A signaler aussi la bibliographie bien fournie qui accompagne chaque sujet. L'importance qu'ont prise à l'heure actuelle les recherches sur la silicose garantit à cet ouvrage une grande valeur et beaucoup d'intérêt.

**Chemical Engineering in the Coal Industry** - Pergamon Press, Londres, 1957 - 141 pages, nombreuses figures et illustrations.

En juin 1956 a eu lieu, à Stoke Orchard (Cheltenham), aux installations de recherches du National Coal Board, une conférence sur le développement des méthodes modernes de technologie chimique dans l'industrie charbonnière et les industries connexes. Les « Annales des Mines de Belgique » ont publié un compte rendu de ces journées d'études (novembre 1956 et février 1957).

Le livre abondamment illustré que vient d'éditer la Pergamon Press, donne, outre les diverses conférences présentées à Stoke Orchard, le détail des nombreuses discussions auxquelles les divers sujets traités ont donné lieu. L'ouvrage présente ainsi, en quelque 140 pages, l'état actuel de nos connaissances et des techniques de vieillissement artificiel, de briquetage et de semi-distillation, en phase fuidisée, des houilles.

**Bergbau-Berufsgenossenschaft - Sicherheitsregeln für Kokereien und Kohlenwertstoffanlagen** - Règles de sécurité pour cokeries et installations de dérivés du charbon), réunies par l'Association minière de l'Arrondissement de Bochum - 1957, 58 pages.

Les prescriptions rassemblées dans ce document s'étendent aux techniques de sécurité applicables aux installations et aux consignes à suivre par le personnel.

Un premier chapitre (§ 2) résume les dispositions générales applicables dans toutes les installations industrielles en ce qui concerne : les lieux de circulation et de travail, la protection des machines, la construction des conduites pour le transport des fluides, la protection contre les matières dangereuses ou facilement inflammables, les réservoirs sous pression, les installations électriques, les lunettes, masques et autres dispositifs de protection, les mesures à prendre contre l'incendie.

Le second chapitre (§ 3) traite des installations de transport (transporteurs à courroies, voies ferrées et engins de levage), des silos d'emmagasiner, des gazogènes, des fours à coke, des usines à sous-

produits, des réservoirs pour matières inflammables, des wagons-citernes et des épreuves réglementaires.

Les chapitres 4 et 5 exposent les consignes qui doivent être suivies par le personnel d'exploitation et d'entretien des engins de lavage et de transport, les précautions à observer pour la manipulation des substances facilement inflammables, pour la soudure et pour le découpage au chalumeau, et pour l'exécution de travaux de réparation ou d'entretien, à l'intérieur des silos.

Viennent ensuite les consignes et directives relatives à l'exploitation des différentes parties des installations : gazogènes, fours à coke, extracteurs et compresseurs de gaz, installations de traitement des gaz, de l'ammoniaque et du benzol, fabrique d'acide sulfurique et installation de distillation du goudron.

L'ouvrage se termine par une liste bibliographique des prescriptions légales et des circulaires de l'Association minière relatives à la prévention des accidents et par un relevé des types de masques et d'appareils respiratoires agréés pour les cokeries et les usines à sous-produits.