

P3770

GROESSENS ERIC
Docteur en Sciences
Rue Marcellis 98
1970 WILMINK - OPPEN

**JOURNEE
DES CARRIERS**

organisée par l'Institut National
des Industries Extractives
à Liège, le 29 avril 1980

**DAG VAN DE
GROEVE-UITBATERS**

georganiseerd door het Nationaal
Instituut voor de Extractiebedrijven
te Luik, op 29 april 1980



Annales des Mines de Belgique

Annalen der Mijnen van België

Annales des Mines de Belgique

Annalen der Mijnen van België

P 3770



Publication de l'Institut National
des Industries Extractives et de
l'Administration des Mines

Publikatie van het Nationaal Instituut
voor de Extractiebedrijven en het
Bestuur van het Mijnwezen

Direction-Rédaction
Institut National
des Industries Extractives
B-4000 Liège, rue du Chéra, 200

Directie-Redactie
Nationaal Instituut
voor de Extractiebedrijven
Tél. (041) 52 71 50

Edition - Abonnements
Publicité
Editions Techniques
et Scientifiques

Uitgeverij - Abonnements
Advertenties
Technische en Wetenschappelijke
Uitgaven

B-1050 Bruxelles
Rue Borrens, 35-43
Tél. (02) 640 10 40

B-1050 Brussel
Borrensstraat, 35-43
Tel. (02) 640 10 40

1315

GENRE PERIODE AARD PERIODE	Fours en activité Ovens in werking		Charbon - Steenkolen (t)			Huiles combustibles Stookolie (t)	COKE - COKES (t)													Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeid.					
	Batteries Batterijen	Fours Ovens	Reçu - Ontv.				Production - Produktie			Débit - Afzet															
			Belge Inbescm	Etranger Uitbescm	Enfourné In de oven geladen		Gros coke D'rite cokes > 80 mm	Autres Andere	Total Totaal	Consomm. propre Eigen verbruik	Livr. au personnel Levering aan pers.	Sect. domest. artisanat et admin. publ.	Huis, secteur, kleinbedrijf en openb. diensten	Siderurgie Ijzer- en staal- nijverheid	Centr. electr. publiques Openb. elektr. centrales	Transports Vervoer	Autres secteurs Andere sectoren	Exportations Uitvoer	Total Totaal		Stock fin de mois Voorraad einde maand (t)				
Gras - Vetkool Autres - Andere			312.587	418.689	611.098																				
Le Royaume - Het Rijk	33	1.080	312.587	424.224	616.103		439.102	40.831	479.933	160	181	420	380.206		253	7.900	67.945	456.724	156.304						2.514
1980 Juillet - Juli	33	1.080	338.731	302.160	692.486		494.106	44.196	538.302	575	242	918	406.172			6.766	60.652	474.508	133.486						2.553
1980 Juin - Juni			311.838	357.159	703.108		493.180	46.026	539.206	583	318	1.279	465.324			9.749	63.599	539.951	70.509						
1979 Août - Aug.			253.883	398.876	689.491		497.899	45.067	542.966	256	274	1.049	423.699		132	6.327	81.465	512.772	164.228						
1979 M.M.	32	1.060	318.693	373.095	688.771		492.076	45.452	537.529	395	194	1.148	456.380		115	7.224	70.188	525.056	107.816						2.476
1974 M.M.	45	1.472	396.620	474.551	872.722	(4)	555.914	114.953	670.867	22	1.099	4.834	606.197		14	143	20.155	38.705	653.354	283.183					3.196
1970 M.M.	42	1.378	471.981	335.828	771.875	(4)	483.060	110.208	593.267	196	2.830	6.162	486.084		39	1.176	41.698	50.362	585.521	688.236					3.041
1969 M.M.	41	1.379	515.282	266.488	781.952	(4)	503.144	100.930	604.075	367	3.066	9.084	513.846		21	903	39.480	40.250	563.335	82.874					3.039
1968 M.M.	43	1.431	510.733	269.531	785.596		494.007	109.853	603.590	282	3.397	11.318	493.621		29	1.185	40.536	55.880	502.570	118.142					3.165
1966 M.M.	46	1.500	465.298	283.631	757.663	1.468	461.970	118.145	580.115	1.306	5.142	11.595	442.680		117	1.010	41.278	66.884	567.906	188.726					3.524
1964 M.M.	49	1.581	520.196	283.612	805.311	840	485.178	131.291	616.429	1.759	5.640	13.562	483.554		83	1.209	48.159	59.535	607.935	161.531					3.998
1960 M.M.	51	1.668	614.508	198.909	811.811	23.059 (1)	502.323	124.770	627.093	7.803	5.048	12.564	468.291		612	1.231	49.007	82.218	616.899	269.877					3.821
1956 M.M.	44	1.530	601.931	196.725	784.875	10.068 (1)	492.676	113.195	605.871	7.228	5.154	15.538	433.510		1.918	2.200	56.636	76.498	591.308	87.208					4.137
1948 M.M.	47	1.510	454.585	157.180	611.765		373.488	95.619	469.107																4.463
1938 M.M.	56	1.669	399.063	158.763	557.826				366.543																4.120
1913 M.M.		2.898	233.858	149.621	383.479				293.583																4.229

N.B. — (1) En bl. — In hl. — (2) Secteur domestique et artisanat - Huisbrand en kleinbedrijf. — (3) Administrations publiques - Openbare diensten. — (4) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

BELGIQUE
BELGIE

COKERIES
COKESFABRIEKEN

AOÛT 1980
AUGUSTUS 1980

FABRIQUES D'AGGLOMERES
AGGLOMERATENFABRIEKEN

AOÛT 1980
AUGUSTUS 1980

GENRE PERIODE AARD PERIODE	Gaz - Gas 1.000 m ³ , 4.250 kcal, 0° C, 760 mm Hg						Sous-produits Bijprodukten (t)		
	Production Proukuite	Consomm. propre Eigen verbruik	Débit - Afzet				Goudron brut Ruwe teer	Ammoniaque Ammoniak	Benzol
			Synthèse Ammon. fabr.	Siderurgie Staalnijverh.	Autres indus. Andere bedr.	Centrales élec. Elek. centrales			
Gras de fours - Hoogovensgas Autres - Andere	196.070	92.476		59.414	13.046	31.031			
Le Royaume - Het Rijk	196.070	103.050		59.414	13.046	31.031	14.833	2.734	3.606
1980 Juillet - Juli	224.378	116.376		58.074	18.902	42.701	16.776	3.880	3.038
1980 Juin - Juni	225.804	121.138		65.932	13.027	41.740	17.493	4.109	3.470
1979 Août - Augustus	228.805	103.426		59.363	15.249	50.868	17.303	3.056	4.524
1979 M.M.	224.033	120.949		62.740	10.910	44.255	16.946	3.140	4.453
1974 M.M.	275.138	151.001	12.043	98.876			23.714	4.379	4.769
1970 M.M.	264.156	132.455	19.397	80.926			19.471	3.995	4.586
1969 M.M.	266.093	131.627	22.652	83.604			20.527	5.141	5.366
1968 M.M.	273.366	131.861	32.096	81.331			21.841	5.874	5.567
1966 M.M.	262.398	124.317	47.994	71.338			21.297	6.415	5.053
1964 M.M.	282.815	132.949	75.748	69.988			23.552	6.764	5.470
1960 M.M.	283.038	133.434	80.645	64.116			22.833	7.043	5.870
1956 M.M.	267.439	132.244	78.704	56.854			20.628	7.064	5.569
1948 M.M.	105.334						16.053	5.624	4.978
1938 M.M.	75.334						14.172	5.186	4.636

PERIODE PERIODE	Production - Produktie (t)			Consommation propre Eigen verbruik (t)	Livraison au personnel Lever. aan het personeel (t)	Mat. prem. Grondstoffen (t)		Ventes et cessions Verkocht en afgestaan (t)	Stock fin de mois Voorraad einde maand (t)	Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeid.
	Boulets Eierkolen	Briquettes Briketten	Total Totaal			Charbon Steenkool	Brai Peek			
1980 Juillet - Juli								47	759	14
1980 Juin - Juni	5.760	815	6.575	44	49	5.100	392	7.792	809	22
1979 Août - Aug.	9.334		9.334	235	2.371	14.050	847	7.915	592	25
1979 M.M.	12.201	506	12.707	343	3.067	12.441	1.056	9.309	797	27
1974 M.M.	33.775	940	34.715	603	12.418	32.016	2.872	22.117	3.112	123
1970 M.M.	59.178	2.920	62.098	2.101	16.990	58.556	4.751	43.469	24.951	230
1969 M.M.	62.954	3.165	66.119	2.318	15.132	58.289	5.564	49.335	21.971	268
1968 M.M.	64.766	3.820	68.586	3.364	14.784	65.901	5.404	51.061	30.291	316
1966 M.M.	75.315	5.645	80.950	2.316	16.191	78.302	6.329	65.598	48.275	482
1964 M.M.	109.081	10.337	119.418	2.425	17.827	85.138	7.124	70.576	37.623	478
1960 M.M.	77.240	17.079	94.319	2.282	12.191	84.464	7.060	77.103	32.920	473
1956 M.M.	116.258	35.994	152.252	3.666	12.354	142.121	12.353	133.542	4.684	647
1948 M.M.	27.014	53.384	80.848			74.702	6.625			563
1938 M.M.	39.742	102.948	142.690			129.797	12.918			873
1913 M.M.			217.387			197.274				1.911

(1) Chiffres indisponibles — Onbeschikbare cijfers.

BELGIQUE
BELGIE

BRAI
PEK t

AOÛT 1980
AUGUSTUS 1980

PERIODE	Quantités reçues Ontvangen hoeveelheden		Consomm. totale Totaal verbruik	Stock fin du mois Voorr. eind maand	Exportations Uitvoer
	Orig. indig. Inh. oorspr.	Importations Invoer			
1980 Août - Aug.	548	—	548	39	—
Juillet - Juli	—	—	—	3	—
Juin - Juni	388	—	388	3	—
1979 Août - Aug.	1.058	143	1.201	619	—
M.M.	948	144	1.092	1.189	—
1974 M.M.	2.626	815	3.441	4.623	—
1970 M.M.	4.594	168	4.762	6.530	193
1969 M.M.	5.187	6	5.193	8.542	—
1968 M.M.	4.739	86	4.825	5.404	274
1966 M.M.	4.079	382	4.461	46.421	398
1964 M.M.	6.515	7.252	13.767	82.198	1.080
1956 M.M.	7.019	5.040	12.059	51.022	1.281
1952 M.M.	4.624	6.784	11.408	37.357	2.014

BELGIQUE
BELGIE

METEAUX NON FERREUX
NON FERRO-METALEN

JUIN 1980
JUNI 1980

PERIODE	Produits bruts - Ruwe producten							Demi-finis - Half. pr.			Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeiders
	Cuivre Koper (t)	Zinc Zink (t)	Plomb Lood (t)	Etain Tin (t)	Alum., Antim., Cadm., etc. (t)	Poussières de zinc (t)	Total Totaal (t)	Argent, or, platine, etc. Zilver, goud, plat., enz. (kg)	Mét. préc. exc. Edele metalen uitgezonderd (t)	Argent, or, platine, etc. Zilver, goud, plat., enz. (kg)	
1980 Juin - Juni	50.001	22.136	41.321	521	563	2.708	87.250	110.000	61.291	2.854	11.770
Mai - Mei	41.282	20.167	10.958	425	529	2.989	76.350	124.761	59.917	1.292	11.688
Avril - April	45.572	23.079	11.479	472	524	3.033	84.159	181.066	59.056	2.730	11.735
1979 Juin - Juni	40.920	24.958	10.966	341	635	1.244	79.064	88.220	59.528	1.556	11.777
1979 M.M.	43.329	21.810	9.450	395	503	2.282	77.769	79.391	55.446	1.507	11.779
1974 M.M.	32.359	24.466	9.161	353	1.015	4.502	71.857	45.979	25.907	2.591	16.241
1970 M.M.	29.423	19.563	3.707	477	—	—	62.428	76.259	36.333	3.320	16.689
1969 M.M.	25.077	21.800	9.366	557	—	—	57.393	121.561	36.007	2.451	16.462
1968 M.M.	28.409	20.926	9.172	497	—	—	59.486	85.340	32.589	1.891	15.881
1966 M.M.	25.286	20.976	7.722	548	—	—	55.128	37.580	32.828	2.247	18.038
1964 M.M.	23.844	18.545	6.943	576	—	—	50.548	35.308	29.129	1.731	17.510
1956 M.M.	14.072	19.224	8.521	871	—	—	43.336	24.496	16.604	1.944	15.919
1952 M.M.	12.035	15.956	6.757	850	—	—	36.155	23.833	17.729	2.017	16.227

BELGIQUE-BELGIE

SIDERURC

PERIODE PERIODE	Hautes fourneaux en activité Hoogovens in werking	Produits bruts Ruwe producten							Produits demi-finis Half-produkten			Rails et accessoires Spoorstaaven en tochborzen
		Fonte Gietijzer	Acier en lingots Staalblokken	Acier moulé av. ébard. Gegoten staal voor afboordding	Pour rélamin. belges Voor Belg. herwalzers		Autres Andere	Aciers marchands Handelsstaal	Profils Profielstaal			
1980 Juillet - Juli	24	707.604	866.135	629	67.797	79.806	32.234	48.382	—	—	—	
Juin - Juni	24	929.556	1.149.191	2.125	110.908	117.626	76.536	69.160	—	—	—	
Mai - Mei	24	1.007.146	1.260.689	1.890	131.089	115.173	87.436	80.871	—	—	—	
1979 Juillet - Juli	21	847.516	1.042.828	422	60.286	100.988	42.467	69.137	—	—	—	
1979 M.M.	20	897.986	1.120.400	2.021	91.681	99.181	94.425	94.188	—	—	—	
1974 M.M.	39	1.084.970	1.325.540	6.677	79.287	86.412	239.090	121.815	424	—	—	
1970 M.M.	41	895.076	1.050.953	8.875	51.711	77.649	20.684	77.345	3.139	—	—	
1969 M.M.	42	924.332	1.069.748	(3)	56.695	69.424	217.770	67.378	4.150	—	—	
1968 M.M.	41	864.209	964.389	(3)	45.488	58.616	202.460	52.360	3.689	—	—	
1966 M.M.	40	685.805	743.506	(3)	49.224	63.777	167.800	38.642	4.486	—	—	
1964 M.M.	44	670.548	727.548	(3)	52.380	80.267	174.098	35.953	3.382	—	—	
1960 M.M.	53	546.061	595.060	5.413	150.669	78.148	146.439	15.324	5.337	—	—	
1956 M.M.	50	480.840	525.898	5.281	60.829	20.695	153.634	23.973	8.315	—	—	
				(1)								
1948 M.M.	51	327.416	321.059	2.573	61.951	70.980	39.383	9.853	—	—	—	
1938 M.M.	50	202.177	184.369	3.508	37.839	43.200	26.010	9.337	—	—	—	
1913 M.M.	54	207.058	200.398	25.363	127.083	51.177	30.219	26.489	—	—	—	

(1) Chiffres indisponibles. — Onbeschikbare cijfers.

Importations - Invoer (t)					Exportations - Uitvoer (t)			
Pays d'origine Land van herkomst Période Periode Répartition Verdeling	Charbons Steenkolen	Cokes Cokes	Agglomérés Agglomeraten	Lignite Bruinkolen	Destination Land van bestemming	Charbons Steenkolen	Cokes Cokes	Agglomérés Agglomeraten
C.E.C.A. - E.G.K.S.					C.E.C.A. - E.G.K.S.			
Alle. Occ. - W. Duitsl.	182.451	72.402	9.141	2.929	Allemagne Occ. - W. Duitsl.	9.056	19.180	—
France - Frankrijk	2.791	2.964	82	—	France - Frankrijk	3.440	14.838	1.445
Pays-Bas - Nederland	25.072	10.923	—	—	Italie - Italië	585	20	—
Roy. Uni - Veren. Koninkrijk	18.870	15.220	—	—	Luxembourg - Luxemburg	—	1.148	—
Total - Totaal	229.184	101.509	9.223	2.929	Pays-Bas - Nederland	153	6.745	—
PAYS TIERS - DERDE LANDEN					Total - Totaal			
E.U.A. - V.S.A.	353.116	11.474	—	—	PAYS TIERS - DERDE LANDEN	13.234	41.931	1.445
URSS - USSR	1.970	—	—	—	E.U.A. - V.S.A.	—	—	—
Pologne - Polen	46.498	—	—	—	Espagne - Spanje	—	—	—
Afrique du Sud - Zuid-Afrika	111.466	—	—	—	Roumanie - Roemenië	—	—	—
Australie - Australië	33.217	—	—	—	Suède - Zweden	—	—	—
Divers - Allerlei	2.995	—	—	—	Divers - Allerlei	7.976	26.014	420
Total - Totaal	549.262	11.474	—	—	Total - Totaal	7.976	26.014	420
Ens. Aout 1980 Samen Aug.	778.446	112.983	9.223	2.929	Ens. Aout 1980 Samen Aug.	21.210	67.945	1.865
1980 Juillet - Juli	961.156	89.870	6.318	2.751	1980 Juillet - Juli	24.380	60.652	—
Juin - Juni	737.842	144.174	6.743	3.780	Juin - Juni	44.362	63.599	2.644
1979 Aout - Augustus	918.258	167.103	10.566	2.515	1979 Aout - Augustus	24.878	81.465	2.793
1979 M.M.	801.861	117.351	10.483	2.703	1979 M.M.	24.253	70.188	4.571
Repartition - Verdeling :								
1) Sect. dom. - Huisel. sektor	102.438	420	9.223	2.929				
2) Sect. ind. - Nijverheidssekt.	678.914	388.359	—	—				
Réexportation - Wederuitvoer	1.758	—	—	—				
Mouv. stocks - Schomm. voorr.	-12.751	—	—	—				

(1) Dont 33 t d'agglomérés de houille importées. - Waarvan 33 t ingevoerde agglomeraten.

ZER- EN STAALNIJVERHEID

JUILLET-JULI 1980

PRODUCTIE t

Produits finis - Afgewerkte produkten										Produits finis Verder bew. prod.		Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeiders
Fit machine Walsdraad	Tôles fortes Dikke platen ≥ 4,76 mm	Tôles moyennes Middel dikke platen 3 à 4,75 mm 3 tot 4,75 mm	Larges plats Universeel staal	Tôles fines noires Dunne platen niet-bekleed	Feuillards bandes à tubes Bandstaal Banden v. buizenstrip	Ronds et carrés pour tubes Rond en vierkant staafmaat. voor buizen	Divers Allerlei	Total des produits finis Totaal der afgewerkte produkten	Tôles galvanisées et étamées Verzinkte, verzijde en vertinde platen	Tubes d'acier Stalen buizen		
57.768	97.283	60.978	—	315.819	4.543	5.194	718	619.919	105.963	6.389	38.239	
84.129	172.319	75.951	—	379.768	2.175	11.039	1.141	872.218	124.618	23.369	38.700	
76.564	166.303	81.995	25	390.199	1.926	11.791	1.403	898.513	119.233	19.416	38.599	
30.318	106.134	73.846	156	319.185	2.141	2.198	50	645.632	72.609	3.878	38.754	
66.573	144.193	83.679	55	370.818	3.059	5.286	1.389	863.665	103.576	24.568	39.075	
67.540	163.093	50.228	2.500	338.357	17.118	10.784	2.581	1.013.530	89.054	23.426	52.653	
63.481	90.348	50.535	2.430	242.951	30.486	5.515	2.034	774.848	60.660	23.082	50.663	
72.736	97.658	59.223	2.105	258.171	32.621	5.377	1.919	819.109	60.141	23.394	48.313	
80.861	78.996	37.511	2.469	227.851	30.150	3.990	2.138	722.475	51.339	20.199	47.944	
77.133	68.572	25.289	2.073	149.511	32.753	4.409	1.636	572.304	46.916	22.462	49.651	
72.171	47.996	19.976	2.693	145.047	31.346	1.181	1.997	535.840	49.268	22.010	53.604	
53.567	41.501	7.593	2.536	90.752	29.323	1.834	2.199	396.405	26.494	15.524	44.810	
(2)												
40.874	53.456	10.211	2.748	61.941	27.959	—	5.747	388.858	23.758	4.410	47.104	
28.979	28.786	12.140	2.818	18.194	30.017	—	3.589	255.725	10.992	—	38.431	
11.852	16.460	9.084	2.064	14.715	13.958	—	1.421	146.852	—	—	33.024	
10.603	19.672	—	—	9.883	—	—	3.530	154.822	—	—	35.300	

Production Produktie	Unité - Eenheid	Juillet - Juli 1980	Juin - Juni 1980	Mai - Mei 1980	M.M. 1979	Production Produktie	Unité - Eenheid	Juillet - Juli 1980	Juin - Juni 1980	Mai - Mei 1980	M.M. 1979
Porphyre - Porfier :						Calcaires - Kalksteen . . .	t	1.889.564	2.910.654	2.526.398	2.288.459
Moëllons - Breuksteen . . .	t	5.483	16.871	14.208	11.033	Chaux - Kalk	t	167.501	221.226	229.279	206.720
Concassés - Puin	t	232.277	585.168	403.661	376.803	Carbonates naturels - Natuurcarbonaat	t	18.597	25.883	21.830	33.370
Petit granit - Hardateen :						Dolomie - Dolomiet :					
Extrait - Ruw	m ³	27.184	93.113	73.628	57.332	crue - ruwe	t	219.420	250.895	285.357	279.522
Scié - Gezaagd	m ³	1.431	5.671	5.503	5.412	frittée - witgegleide	t	12.157	18.384	14.502	13.644
Façonné - Bewerkt	m ³	276	778	1.011	727	Plâtres - Pleisterkalk	t			14.897	16.078
Sous-prod. - Bijprodukten	m ³	29.433	127.892	80.692	56.112	Agglomérés de plâtre - Pleisterkalkagglomeraten	m ³	117.124	2.068.213	1.609.297	1.556.993
Marbre - Marmers :						Silix - Vuursteen :	t		14.249	14.600	187
Blocs équarris - Blokken	m ³	173	540	586	364	Quartz et Quartzites - Kwarts en Kwartsiet	t		26.492	22.947	34.742
Tranches - Platen (20 mm)	m ²	4.731	19.556	13.650	16.271	Argiles - Klei	t		5.561	5.279	5.391
Moëllons et concassés - Breuksteen en puin	t	{	96	88	147	37	Personnel - Personeel :				
Bimbeloterie - Snuisterijen	t					Ouvriers occupés - Tewerkgestelde arbeiders		6.071	6.304	6.199	6.215
Grès - Zandsteen :											
Moëllons bruts - Breukst.	t	1.603	5.710	6.743	6.729						
Concassés - Puin	t	107.592	275.471	223.737	201.896						
Pavés et mosaïques - Straatsteen en mozaïek	t		893	2.573	{	2.538	1.890				
Divers taillés - Diversae	t										
Sable - Zand :											
pr. métal. - vr. metaaln.	t	56.247	75.240	68.855	76.557						
pr. verrerie - vr. glasfabr.	t	153.406	177.903	161.613	152.116						
pr. constr. - vr. bouwbedr.	t	352.077	807.646	642.688	690.528						
Divers - Allerlei	t	110.753	149.871	161.295	144.700						
Produits de dragage - Prod. v. baggermolens :											
Gravier - Grind	t	191.928	526.257	449.373	414.728						
Sable - Zand	t	49.363	87.246	61.605	87.466						

Allocution de bienvenue

Welkomstwoord

Robert LIEGEOIS *

Mesdames, Messieurs,

Bienvenue à vous qui prenez part à la Journée des Carriers organisée par l'INIEX.

Les précédentes réunions ont eu lieu en 1970, 1972, 1974 et 1977.

Les conférences présentées ont chaque fois été publiées dans les Annales des Mines de Belgique, en français et en néerlandais. On en a tiré des livrets sous couverture spéciale à l'intention des participants. On fera de même cette fois-ci.

Ainsi se poursuit une tradition établie par M. Ledent, avec le soutien de l'industrie, des constructeurs, de l'Administration des Mines, des bureaux d'études et des centres de recherches.

Nous saluons aujourd'hui la présence de près de 60 chefs d'entreprises représentant l'industrie des carrières et des cimenteries, 25 constructeurs et fournisseurs de matériel d'exploitation, 25 ingénieurs de l'Administration des Mines et du Service Géologique de Belgique et 25 chercheurs attachés entre autres aux organisations suivantes :

le Centre de Recherches Routières,
le Centre Scientifique et Technique de la Construction,
le Cerchar,
la Faculté Polytechnique de Mons,
l'Université de Liège, en la personne de M. Pierre Stassen, qui fut Directeur de l'Inichar puis Directeur à l'INIEX,
l'Université de Picardie à Amiens,
l'INIEX.

Dames en Heren,

Welkom aan allen die deelnemen aan de « Dag van de Groeve-uitbaters » die door het NIEB georganiseerd wordt.

Mag ik er U aan herinneren dat de vorige bijeenkomsten plaats hadden in 1970, 1972, 1974 en 1977.

De voordrachten die gehouden werden, werden gepubliceerd in de Annalen der Mijnen van België, in het Nederlands en in het Frans. Hier werden speciale overdrukken van gemaakt ter attentie van de deelnemers. Dit zal ook deze keer het geval zijn.

Zo wordt een traditie voortgezet die door de Heer Ledent werd ingevoerd, met de steun van de industrie, de constructeurs, de Administratie van het Mijnwezen, de studiecentra en de opzoekingscentra.

Wij hebben vandaag het genoegen hier zo'n zestigtal bedrijfsleiders, die de groevenindustrie en de cementfabrieken vertegenwoordigen, te ontvangen, 25 constructeurs en leveranciers van ontginningsmaterieel, 25 ingenieurs van de Administratie van het Mijnwezen en van de Geologische Dienst van België en 25 vorsers die tot de volgende organisaties behoren :

het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw,
het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf,
het Cerchar,
de Faculté Polytechnique de Mons,
de Université de Liège in de persoon van de Heer Pierre Stassen, die Directeur geweest is van Inichar en daarna Directeur bij het NIEB,
de Université de Picardie van Amiens,
het NIEB.

Directeur de l'INIEX

Rue du Chéra, 200, B-4000 Liège

Directeur van het NIEB

Je salue en particulier :

les Unions professionnelles qui ont inscrit leurs délégués les plus notables, parmi elles, l'Union des Carrières et Scieries de Marbre de Belgique, l'UCCD, son Président, M. Wouters, et notre Administrateur, M. Reynders ;

Messieurs les fournisseurs dont la renommée dépasse souvent les frontières belges ;

Les ingénieurs des mines, parmi lesquels M. Grégoire, Administrateur, les Directeurs Divisionnaires, M. Goffart, Chef du Service des Explosifs ;

Messieurs les délégués des centres de recherches français et belges et M. Biron, Directeur à l'Office de Promotion Industrielle.

* * *

Notre Journée est consacrée aux roches dures et, pour des raisons géologiques, ces roches se trouvent principalement dans la partie sud du pays.

Les activités de l'Institut s'étendent sur tout le territoire national et nous tenons à promouvoir les industries extractives de tous types.

J'ai le plaisir de vous annoncer que nous organiserons une Journée « Sable-Argile » en 1981. Bien que ces roches meubles soient présentes au sud du massif du Brabant, elles le sont davantage en couverture de ce massif et au nord, en Flandre, en Campine et dans le Limbourg. C'est pourquoi nous organiserons cette Journée au nord de la frontière linguistique et en néerlandais.

J'invite déjà à y prendre part ceux d'entre vous qui s'intéressent à l'extraction et à la valorisation des roches meubles, ainsi qu'aux problèmes de sécurité en rapport avec leurs industries.

Notre Journée des Carriers va commencer avec le double objectif de permettre :

la diffusion des connaissances techniques particulières par des orateurs compétents que je remercie au passage ;

l'échange d'informations et d'idées entre participants heureux de se retrouver dans un Institut qui a été créé pour être à leur service.

* * *

Je saisis l'occasion pour affirmer la volonté des chercheurs de travailler en étroite coopération avec les industriels, et pour exprimer l'espoir que les instances nationales et régionales accorderont leur soutien à celles des entreprises extractives qui connaissent des difficultés momentanées.

Ik verwelkom in het bijzonder :

de vakverenigingen die hun voornaamste afgevaardigden gestuurd hebben : onder hen, de Union des Carrières et Scieries de Marbre de Belgique, de VKKD, haar voorzitter de Heer Wouters en onze beheerder de Heer Reynders ;

de Heren leveranciers die vaak buiten de Belgische grenzen een faam genieten ;

de mijningenieurs, waaronder de Heer Gregoire, beheerder, de Divisiédirecteuren der Mijnen, de Heer Goffart, Hoofd van de Dienst Springstoffen ;

de Heren afgevaardigden van de Franse en de Belgische opzoekingscentra en de Heer Biron, Directeur bij de Dienst voor de Nijverheidsbevordering.

* * *

Onze bijeenkomst is gewijd aan de harde gesteenten die zich om geologische redenen voornamelijk in het Zuiden van ons land bevinden. De werkzaamheden van ons instituut strekken zich uit over het gans nationaal territorium en wij houden eraan de extractiebedrijven van alle types te bevorderen.

Ik heb het genoegen U aan te kondigen dat wij in 1981 een dag « Zand-Klei » zullen organiseren. Alhoewel deze losse gesteenten ten Zuiden van het Brabants massief te vinden zijn, zijn de meeste eigenlijk gelegen in de bedekking van dit massief en in het Noorden, in Vlaanderen, in de Kempen en in Limburg.

Daarom zullen wij deze dag ten Noorden van de taalgrens organiseren en in het Nederlands. Diegenen onder U die zich interesseren voor de extractie en de valorisatie van zachte gesteenten, alsook de veiligheidsproblemen in verband met hun industrieën, nodig ik nu reeds uit aan deze dag deel te nemen.

Deze dag van de groeve-uitbaters gaat beginnen met de dubbele doelstelling toe te laten :

een specifieke know-how te verspreiden door competente redenaars ;

informatie en ideeën uit te wisselen onder de deelnemers die elkaar met plezier terugvinden in een Instituut dat opgericht werd om hen ten dienste te staan.

* * *

Ik neem de gelegenheid te baat om hier te bevestigen dat onze vorsers bereid zijn nauw samen te werken met de industriëlen en om de wens uit te drukken dat de nationale en regionale instanties deze extractiebedrijven die in tijdelijke moeilijkheden verkeren zullen steunen.

Les géologues vous diront que la Belgique a des richesses minérales de très belle qualité :

des sables de quartz d'une pureté exceptionnelle,
des marbres de renommée internationale,
des ardoises enviées par les industriels des pays voisins,
des pierres à aiguiser uniques au monde, etc.

Certaines de ces substances cesseront bientôt d'être extraites par défaut des investissements qui permettraient de moderniser leur exploitation et leur préparation.

J'espère bien que, lors de notre prochaine journée des carrières, nous pourrons annoncer que certaines entreprises aujourd'hui en perdition auront entre-temps retrouvé une nouvelle jeunesse.

Geologen zullen U zeggen dat België minerale rijkdommen bezit van goede kwaliteit :

uitzonderlijk zuiver kwartszand,
internationaal befaamde marmers,
benijdenswaardige leisteen,
unieke slijpstenen, enz.

Sommige van deze stoffen zullen weldra niet meer ontgonnen worden bij gebrek aan investeringen, die zouden toelaten de uitbating en de voorbereiding ervan te moderniseren.

Ik hoop dat wij op de volgende dag van de groeve-uitbaters zullen kunnen aankondigen dat sommige bedrijven, vandaag in nood, ondertussen een nieuwe jeugd zullen gevonden hebben.

Appareil de mesure des vibrations
et appareil de tir séquentiel
mis au point par l'INIEX
pour les carrières

Apparaten voor het meten van trillingen
en voor het schieten in sequentie,
die door het NIEB werden ontwikkeld
voor de groeven

J. BOXHO et A. GIUST *

RESUME

Le rapport décrit deux appareils mis au point par l'INIEX pour les carrières : un vibromètre (le VM 100) et un appareil de tir en séquence (DR 49).

Le VM 100 a été conçu pour répondre au mieux aux besoins de l'exploitant :

— *Il permet de lire directement le maximum de la composante verticale de la vitesse de vibration, qui est le meilleur critère de dégâts aux constructions et d'inconfort chez les habitants et ce, entre 8 et 150 Hz (couvrant la gamme des fréquences de tirs) et entre 0 et 99 mm / s.*

Dans le cas le plus fréquent du fonctionnement sur batterie (incorporée, rechargeable), la lecture peut rester affichée durant 5 heures.

— *L'appareil est simple d'utilisation et bon marché (de l'ordre de 50.000 FB).*

Le DR 49 permet de miner chaque fourneau ou volée avec un retard très précis par rapport au fourneau précédent, le même pour chaque fourneau.

SAMENVATTING

In dit verslag worden twee apparaten beschreven die door het NIEB ontwikkeld werden : een trillingsmeter (de VM 100) en een apparaat voor het schieten in sequentie (DR 49).

De VM 100 werd ontworpen om zo goed mogelijk te voldoen aan de behoeften van de uitbater :

— *Dit apparaat biedt de mogelijkheid om onmiddellijk het maximum van de verticale component af te lezen van de trillingssnelheid die het beste criterium is voor schade aan gebouwen en hinder voor de bewoners wanneer de snelheid overeenkomt met een frequentie tussen 8 en 150 Hz (die het schietfrequentiegebied omvat) en tussen 0 en 99 mm / s.*

Bij de werking op batterijen (ingebouwd, herlaadbaar), die het meest voorkomt, kan de aflezing gedurende 5 uur aangeduid blijven.

— *Het apparaat is gemakkelijk te hanteren en goedkoop (ongeveer 50.000 BF).*

De DR 49 maakt het mogelijk elk schietgat of salvo met een zeer nauwkeurige vertraging in verhouding tot het vorige schietgat af te vuren ; de vertraging

* Respectivement Ingénieur Civil des Mines et Ingénieur Technicien principal à l'Iniex, rue du Chéra 200, B-4000 Liège.

* Respectievelijk Burgerlijk Mijningenieur en Eerstaanwendend technisch ingenieur bij het NIEB, rue du Chéra 200, B-4000 Luik.

et qui peut être choisi entre 1 et 49 ms. *Le but cherché est d'améliorer les vibrations et la fragmentation des produits, le retard optimum étant à définir in situ par des essais.*

L'appareil fonctionne sur batterie.

Chaque fourneau doit être équipé d'un détonateur instantané à relier à un boîtier. Ceux-ci sont raccordés en série au poste de tir par un câble à 2 conducteurs seulement. Chaque boîtier contient : une capacité stockant la charge nécessaire au détonateur, un décompteur d'impulsions programmé qui au passage à zéro déclenche un thyristor libérant la charge vers le détonateur.

On a prévu divers contrôles : de la ligne (isolement, continuité), de la batterie, du retard. Les boîtiers sont testés 1.000 fois avant la mise en service.

Le prototype construit pour essais a donné pleine satisfaction au cours des premières utilisations en carrière.

moet voor elk schietgat gelijk zijn en kan tussen 1 en 49 ms gekozen worden. Het nagestreefde doel bestaat erin de trillingen en de verbrokkeling van de produkten te verbeteren ; de optimale vertraging moet door proefnemingen in situ bepaald worden.

Het toestel werkt op een batterij.

Elk schietgat dient met een momentontsteker uitgerust te worden, die met een kast moet verbonden worden. Deze kasten worden in serie door een kabel met slechts 2 geleiders op de schietpost aangesloten. Elke kast bevat : een capaciteit, die de lading die nodig is voor de ontsteker opslaat, een geprogrammeerde impulsafteller die, wanneer hij op nul komt, een thyristor inschakelt die dan de lading naar de ontsteker vrijmaakt.

Er worden verscheidene controles voorzien : van de lijn (isolatie, continuïteit), van de batterij, van de vertraging. De kasten worden 1.000 keer getest vooraleer ze in gebruik genomen worden.

Het prototype, dat voor de proefnemingen vervaardigd werd, heeft bij de eerste toepassingen in groeven volledige voldoening geschonken.

ZUSAMMENFASSUNG

In dem Bericht werden zwei Apparate beschrieben, die von dem INIEX für die Steinbrüche entwickelt wurden : ein Vibrometer (das VM 100) und ein Apparat zum sequentiellen Schießen (DR 49).

Bei dem VM 100 wurden die Anforderungen des Anwenders optimal erfüllt :

— *Das VM 100 gestattet die direkte Ablesung des Maximums der vertikalen Komponente der Schwinggeschwindigkeit, das das beste Kriterium für Schäden an Gebäuden und Unbehaglichkeit bei den Bewohnern ist, und zwar zwischen 8 und 150 Hz (wobei der Schießfrequenzbereich überdeckt wird), und zwischen 0 und 99 mm/sec.*

In dem häufigeren Falle des Batteriebetriebs (Batterie eingebaut, wiederaufladbar) kann der Wert während 5 Stunden angezeigt werden.

— *Der Apparat ist leicht zu bedienen und preiswert (ungefähr 50.000 BF).*

Das DR 49 gestattet, jeden Sprengbohrloch oder Salve mit einer sehr genauen Verzögerung bezüglich des vorhergehenden Sprengbohrlochs (Salve) zu verminen, die für jeden Sprengbohrloch gleich ist und zwischen 1 und 49 msec gewählt werden kann. Dabei wird das Ziel verfolgt, die Erschütterungen und die Fragmentation der Produkte zu verbessern, wobei die optimale Verzögerung in situ durch Versuche ermittelt werden muß.

SUMMARY

This article describes two devices developed by INIEX for use in quarries : a vibrometer (the VM 100) and a sequential blasting machine (DR 49).

The VM 100 was designed to meet the following operational requirements :

— *It enables the operator to read off directly the maximum value of the vertical component of the velocity of vibration; this value is the best index of the damage to buildings and the discomfort to persons caused by vibrations with a frequency between 8 and 150 cycles/sec (this covers the range of shotfiring operations) and velocities ranging from 0 to 99 mm/sec. Usually the apparatus is battery-powered and in this case the reading can be « locked » for as long as five hours.*

— *The apparatus is easy to use and inexpensive (about 50 000 BF).*

The DR 49 makes it possible to fire each blast hole or round at a very precise delay interval from the previous one; a delay value between 1 and 49 ms can be selected. The aim is to improve the vibration and product-fragmentation conditions; the optimum delay is selected on site by trials. The device is battery-powered.

Der Apparat is batteriegespeist.

Jeden Sprengbohrloch muß mit einem Momentzündler ausgerüstet werden, der mit einem Gehäuse zu verbinden ist. Diese Gehäuse werden mit einem nur 2-adrigen Kabel in Serie an den Schießstand angeschlossen. Jedes Gehäuse enthält: einen Kondensator, der die für den Zünder erforderliche Energie speichert, einen programmierten Countdown-Zähler, der beim Nullübergang einen Thyristor sehaltet, welcher wiederum die Ladung für den Zünder freigibt.

Es wurden verschiedene Kontrollen vorgesehen: der Leitung (Isolierung, Durchgang), der Batterie, der Verzögerung. Die Gehäuse wurden vor der Inbetriebnahme geprüft (1000-mal).

Der zu Versuchszwecken gebaute Prototyp hat während der ersten Einsätze im Steinbruch die Erwartungen voll erfüllt.

Each blast-hole requires an instantaneous detonator connected to a control box. Each box contains: a capacitor which stores the current required for the detonator; a programmed pulse-counter which, on reaching zero, trips a thyristor which releases the current to the detonator. All the boxes are connected to the shotfirer's position by a single two-core cable.

Various checks are possible: line checks (insulation, circuit integrity); battery checks; delay checks. The boxes are tested 1000 times before going into service.

The prototype has operated completely satisfactorily in its first quarry trials.

1. VIBROMETRE INIEX VM 100

On connaît sur le marché de nombreux appareils capables de mesurer l'amplitude, la vitesse ou l'accélération d'une vibration, dans la gamme des fréquences rencontrées en carrière. Il n'est nullement question d'en faire ici une revue critique, mais bien d'exposer les raisons qui nous ont incités à construire un appareil:

1°) Nous voulions un appareil qui serait à la fois simple à utiliser et peu coûteux.

2°) L'appareil devrait renseigner directement, c'est-à-dire sans lecture ni calcul intermédiaire, la valeur du paramètre des vibrations au point de vue dégâts aux constructions, c'est-à-dire le maximum au cours du tir de la vitesse de vibration.

En effet, toutes les recherches et tous les projets de norme ont reconnu ce paramètre comme étant le plus caractéristique pour les fréquences supérieures à 10 Hz, ce qui est toujours le cas en carrière.

3°) Nous avons choisi de mesurer la composante verticale de cette vitesse, pour 3 raisons:

- elle est la plus élevée des 3 composantes aux distances usuelles des habitations par rapport aux tirs;
- cette composante a été retenue comme critère, notamment dans le projet de norme ISO;
- l'appareil serait moins coûteux à construire puisqu'il ne comporterait qu'un capteur et surtout parce que l'on pourrait se passer d'un calculateur (extracteur de racines carrées).

1. NIEB-TRILLINGSMETER VM 100

In de handel zijn er talrijke toestellen gekend die de amplitude, de snelheid of de versnelling van een trilling in het frequentiegebied dat in groeven voorkomt, kunnen meten. Het is hier helemaal niet de bedoeling, daarover een kritisch onderzoek uit te voeren, maar wel de redenen uiteen te zetten die ons tot het ontwerpen van een apparaat aangespoord hebben:

1) We wilden een toestel hebben dat tegelijkertijd eenvoudig te hanteren is en niet te duur zou zijn.

2) Het toestel zou onmiddellijk, dus zonder tussentijdse aflezing of berekening, de waarde van de parameter van de trillingen betreffende de beschadiging aan gebouwen moeten aanduiden, namelijk de maximale trillingssnelheid tijdens het schieten.

Alle onderzoeken en ontwerpen van normen hebben inderdaad deze parameter als de meest representatieve erkend voor de frequenties boven 10 Hz, die in groeven altijd gebruikt worden.

3) We hebben gekozen de verticale component van deze snelheid te meten, om de 3 volgende redenen:

- hij is de grootste van de 3 componenten voor de gewoonlijke afstanden tussen de woningen en het schietfront;
- deze component werd als criterium gekozen, onder meer in het normontwerp ISO;
- het apparaat zou minder kosten aangezien het slechts één opvanger zou bevatten en vooral omdat een rekenmachine (voor het berekenen van vierkantswortels) kan gemist worden.

4°) L'appareil devrait capter les fréquences des vibrations de tir, soit entre 20 et 80 à 120 Hz.

1.1. Principe de mesure

Le capteur est un géophone électrodynamique : il comporte donc une masse, qui est en fait une bobine inductive, libre de vibrer suivant la verticale sous l'effet du tir. Le signal électrique, qui traduit la variation du flux d'induction, est amplifié, redressé, puis sa valeur maximum convertie en valeur digitale est décodée et affichée directement en unités de vitesse de vibration (mm/s).

1.2. Description

L'appareil de mesure (fig. 1) est fixé dans une petite valise de $24 \times 18 \times 13$ cm, qui sert aussi à transporter le capteur, son support et un câble de raccordement au secteur (fig. 2). L'ensemble pèse environ 5 kg.

La face avant de l'appareil, c'est-à-dire celle qu'on découvre en soulevant le couvercle de la valise, comporte tous les éléments nécessaires au contrôle de l'électronique et à la mesure ; citons les à partir du haut de la figure 1 et de gauche à droite :

- le cadran de lecture,
- le bouton-poussoir du test électronique à 2 mm/s et celui à 20 mm/s,
- l'interrupteur marche-arrêt,
- le raccord au réseau électrique,
- le raccord du capteur.



4) Het apparaat zou de frequenties van de schiettrillingen moeten opvangen, hetzij tussen 20 en 80 tot 120 Hz.

1.1. Meetprincipe

De opvanger is een elektrodynamische gefoon : hij bevat dus een massa, die in feite een inductiespoel is, die onder invloed van het schieten vrij volgens de loodlijn kan trillen. Het elektrisch signaal, dat de schommeling van de inductieflux omzet, wordt versterkt, gelijkgericht en daarna wordt zijn maximale waarde, die in digitale waarde wordt omgezet, gedecodeerd en rechtstreeks in trillingssnelheidseenheden (mm/s) aangeduid.

1.2. Beschrijving

Het meetapparaat (fig. 1) is in een koffertje van $24 \times 18 \times 13$ cm vastgehecht dat ook voor het vervoer van de opvanger, van zijn drager en van een kabel voor netaansluiting dient (fig. 2). Het geheel weegt ongeveer 5 kg.

De voorzijde van het toestel, die zichtbaar wordt wanneer men het deksel van de koffer opheft, bevat alle elementen die noodzakelijk zijn voor de elektronicacontrole en voor de meting. We noemen ze op vanaf de bovenkant van figuur 1 en van links naar rechts :

- het leesscherf,
- de drukknop van de elektronische test op 2 mm/s en die op 20 mm/s,
- de aan/uit-schakelaar,
- de aansluiting op het elektriciteitsnet,
- de aansluiting van de opvanger.

Fig. 1 — Vue du panneau de lecture et de contrôle du vibromètre VM 100 (couvercle de la valise ouvert)

Zicht op het aflezings- en controlebord van de trillingsmeter VM 100 (kofferdeksel open)

1.3. Utilisation

1°) Préalablement le capteur doit être fixé au sol ou à la paroi verticale du bâtiment. En effet, il doit rester en contact intime pour mesurer correctement la vibration du sol ou du bâtiment. S'il n'était pas fixé, il s'en séparerait lorsque l'accélération de vibration (vers le haut) dépasserait l'accélération g de la pesanteur. Or ce dépassement est non seulement imprévisible, mais aussi plus fréquent qu'on le pense : à 120 Hz par exemple, il suffit que la vitesse de vibration dépasse 13 mm/s et, à 150 Hz, 10,4 mm/s.

Le support permet de visser le capteur tant au sol qu'à un mur de bâtiment. Il suffit de forer 2 petits trous et d'y insérer des broches.

2°) On bascule l'interrupteur sur la position « marche ».

3°) On pousse successivement sur les 2 boutons « test ». Si l'appareil renseigne environ 2 mm/s puis environ 20 mm/s, c'est que toute l'électronique du système fonctionne bien. Ces tests doivent se faire avant de relier le capteur.

4°) On relie le capteur à l'appareil par un câble blindé, de 3 m de longueur et solidaire du capteur.

On aura au préalable dévissé le bouchon de court-circuit à l'extrémité libre du câble, dont le rôle était de freiner lors du transport les mouvements de la masse vibrante du capteur.

5°) Lors du tir, le cadran de l'appareil indiquera directement en mm/s le maximum atteint par la composante verticale de la vitesse de vibration.

Le mesure comporte 2 chiffres et sa sensibilité est auto-sélective : la virgule de la décimale s'efface automatiquement dès que la vitesse à mesurer atteint 10 mm/s.

L'appareil permet de lire jusqu'à 99 mm/s ; le dépassement est signalé par le clignotement du nombre 99.

6°) La remise à zéro s'effectue en basculant l'interrupteur sur « arrêt ». L'appareil est prêt pour une nouvelle mesure.

Résumons les opérations, finalement très simples :

- 1°) fixer le capteur ;
- 2°) basculer l'interrupteur sur « marche » ;
- 3°) tester l'électronique ;
- 4°) raccorder le capteur ;
- 5°) lecture ;
- 6°) remise à zéro par l'interrupteur.

1.3. Gebruik

1°) De opvanger moet vooraf op de grond of aan de verticale wand van het gebouw bevestigd worden. Om de trilling van de grond of van het gebouw nauwkeurig te meten, moet hij inderdaad in nauw contact ermee blijven. Indien hij niet erop vastgemaakt was, dan zou hij er zich van scheiden, wanneer de trillingsversnelling (naar boven) de g -versnelling van de zwaartekracht overschrijden zou. Nu is deze overschrijding niet enkel onvoorspelbaar, maar zij gebeurt vaker dan men denkt : op 120 Hz bijvoorbeeld is het voldoende dat de trillingssnelheid 13 mm/s, en op 150 Hz 10,4 mm/s overschrijdt.

De drager maakt het mogelijk de opvanger zowel aan de grond als aan een wand van het gebouw te schroeven. Men moet slechts 2 kleine gaten boren en de pennen erin vasthechten.

2°) De schakelaar wordt op positie « aan » gezet.

3°) Men drukt achtereenvolgens op de 2 « test »-knoppen. Als het apparaat ongeveer 2 mm/s aanduidt, en daarna ongeveer 20 mm/s, betekent dat dat de gehele elektronika van het stelsel goed werkt. Deze proeven moeten uitgevoerd worden alvorens de opvanger aan te sluiten.

4°) Men sluit de opvanger op het apparaat aan door middel van een afgeschermd kabel, die 3 m lang is en deel uitmaakt van de opvanger.

De kortsluitingsstop aan het vrije uiteinde van de kabel zal vooraf losgeschroefd worden ; deze heeft als doel de bewegingen van de trillende massa van de opvanger tijdens het vervoer te remmen.

5°) Tijdens het schieten zal het maximum dat bereikt wordt door de verticale component van de trillingssnelheid rechtstreeks in mm/s worden aangegeven op het scherm van het apparaat.

De meting bevat 2 cijfers en haar gevoeligheid is auto-selectief : de komma van de decimaal verdwijnt automatisch zodra de snelheid die gemeten moet worden, 10 mm/s bereikt.

Het toestel biedt de mogelijkheid om tot 99 mm/s af te lezen ; de overschrijding wordt door het knippen van het aantal 99 aangewezen.

6°) Om het apparaat terug op nul te zetten dient de schakelaar op « uit » te worden gezet. Het apparaat kan opnieuw een meting uitvoeren.

Laat ons de handelingen, die tenslotte zeer eenvoudig zijn, samenvatten :

- 1°) de opvanger vasthechten ;
- 2°) de schakelaar op « aan » zetten ;
- 3°) de elektronika testen ;
- 4°) de opvanger aansluiten ;
- 5°) aflezing ;
- 6°) door middel van de schakelaar weer op nul zetten.

1.4. Alimentation de l'appareil

L'appareil peut fonctionner sur batterie incorporée rechargeable (fig. 2) ou sur le secteur.

Fonctionnement sur batterie

1°) Si la batterie est bien chargée, la mesure peut rester affichée durant 5 h. On dispose donc de tout le temps nécessaire pour aller placer et relever une série d'appareils même éloignés.

Cet état de pleine charge de la batterie est renseigné sur le cadran par la lettre C permanente.

2°) Lorsque la tension de la batterie tombe à 18 V, la lettre C clignote ; il reste à ce moment 1 h d'autonomie.

3°) Si la tension descend à 16 V, l'appareil ne renseigne plus, toute lecture erronée est donc impossible ; la lettre C continue à clignoter, signalant que le défaut provient de la batterie à recharger.

Recharge de la batterie

(interrupteur en position quelconque)

Une lettre « S » apparaît sur le cadran, indiquant que l'appareil est réellement sous tension ; cette lettre est également présente lors du fonctionnement sur secteur.

La recharge complète se fait en 14 h.



1.4. Voeding van het toestel

Het toestel kan op een ingebouwde herlaadbare batterij (fig. 2) of op een net werken.

Werking op batterij

1°) Als de batterij goed geladen is, kan de meting gedurende 5 uur aangeduid blijven. Zo beschikt men dus over de noodzakelijke tijd om een reeks toestellen te gaan plaatsen en op te nemen, zelfs als die tamelijk ver van elkaar geplaatst zijn.

De permanente letter C duidt op het scherm aan dat de batterij goed geladen is.

2°) Wanneer de spanning van de batterij tot 18 V daalt, gaat de letter C knipperen ; de batterij zal dan nog 1 uur werken.

3°) Wanneer de spanning tot 16 V daalt, duidt het apparaat niets meer aan ; zo wordt een verkeerde aflezing onmogelijk gemaakt ; de letter C blijft knipperen, wat betekent dat het gebrek te wijten is aan de batterij en dat die herladen moet worden.

Herladen van de batterij

(ongeacht de positie van de schakelaar)

Een letter « S » verschijnt op het scherm, wanneer het toestel op het net werkt.

Er zijn 14 uur nodig om de batterij volledig te herladen.

Fig. 2 — Vue de l'intérieur de la valise du vibromètre, après pivotement du panneau de lecture. On découvre l'électronique de l'appareil, le capteur, son câble raccord et son support

Zicht op de binnenzijde van de koffer van de trillingsmeter, na kanteling van het aflezingsbord. Daar ontdekt men de elektronika van het apparaat, de opvanger, zijn verbindingkabel en zijn drager

1.5. Caractéristiques du VM 100

Le tableau I rassemble celles-ci. Notons que la plage de fréquences captées (8 à 150 Hz) couvre largement la gamme de fréquences rencontrée dans les carrières.

1.5. Kenmerken van de VM 100

Ze worden in tabel 1 samengevat. Er dient opgemerkt te worden dat het gebied van de opgevangen frequenties (8 tot 150 Hz) het gebied van de frequenties dat men in de groeven tegenkomt ruim bestrijkt.

Le système fonctionne sur batterie rechargeable.

1°) Le système envoie d'abord une impulsion électrique sous 30 V et durant 5 s vers les capacités des boîtiers. La capacité a pour rôle de stocker la charge dont on aura besoin pour attaquer le décompteur d'impulsions, puis pour initier le détonateur.

2°) Ensuite par envoi dans la ligne d'un train d'impulsions, les compteurs des boîtiers reviennent à zéro l'un après l'autre, ce qui leur permet de commander la gâchette d'un thyristor (fig. 4) qui laisse alors se décharger la capacité vers le détonateur pour l'amorcer.

Le compteur du boîtier numéro n reviendra à zéro \times ms après celui du boîtier ($n - 1$) ; \times ms représente donc le retard entre volées successives, que l'on peut choisir entre 1 et 49 ms.

Chaque boîtier a été « baptisé » lors de sa construction, c'est-à-dire que sa place dans la série des volées a été fixée au préalable et définitivement en réglant son compteur avant de couler le circuit dans la résine.

Les impulsions sont de forme rectangulaire et se succèdent évidemment toutes les \times ms. Le flanc positif de chaque impulsions (passage de 0 à 14 V) sert à décompter d'une unité à chaque boîtier. Donc à la n° impulsion, le détonateur numéro n sautera.

Certains choix expliquent évidemment certaines propriétés du système.

1° *Charge des capacités*
sous 30 V durant 5 s (fig. 5).

Les diodes Zener Z_1, Z_2, \dots ainsi placées pour certains contrôles exigent 15 V dans ce sens non passant pour commencer à laisser passer le courant de charge et la tension des capacités doit atteindre ≈ 14 V. Ceci explique les 30 V pour la charge.

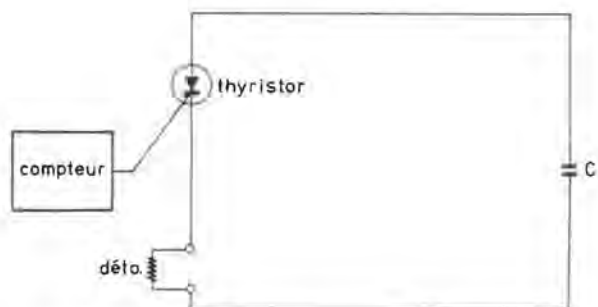


Fig. 4 — Circuit schématique d'amorçage du détonateur : la capacité se décharge lorsque le thyristor devient passant (gâchette attaquée par le décompteur passant par zéro)

Schematische voorstelling van de ontstekingschakeling : de capaciteit ontlaaft zich wanneer de thyristor doorlatend wordt (thyristorpoort aangezet door de afteller wanneer deze op nul komt)

Het stelsel werkt op een herlaadbare batterij.

1°) Het stelsel zendt eerst een elektrische impuls van 30 V gedurende 5 s naar de capaciteiten van de kasten. De capaciteit dient om de lading op te slaan, die nodig zal zijn om de impulsafsteller te voeden, en daarna om de ontsteker aan te zetten.

2°) Door vervolgens in de lijn een reeks impulsen te zenden komen de tellers van de kasten achtereenvolgens terug op nul ; zo kunnen ze de poort van een thyristor (fig. 4) bedienen die de capaciteit naar de ontsteker ontlaaft om hem te ontsteken.

De teller van de kast nummer n zal \times ms na die van de kast nummer ($n - 1$) weer op nul komen ; \times ms stelt dus de vertraging voor tussen de opeenvolgende salvo's, die tussen 1 en 49 ms gekozen kon worden.

Elke kast werd tijdens haar bouw « geïdentificeerd », dat wil zeggen dat haar plaats in de serie van de salvo's vooraf en voorgoed vastgesteld werd, door haar teller te regelen alvorens de kringloop met hars te omgeven. De impulsen hebben een rechthoekige vorm en volgen elkaar natuurlijk alle \times ms op. De positieve zijde van elke impuls (overgang van 0 op 14 V) dient om van elke kast één eenheid af te tellen. Bij impuls n , zal dus ontsteker nummer n springen.

Sommige eigenschappen van het stelsel worden natuurlijk door bepaalde keuzen verklaard

1°) *Lading van de capaciteiten*
onder 30 V en gedurende 5 s (fig. 5)

De Zenerdiodes Z_1, Z_2, \dots die op deze wijze voor bepaalde controles geplaatst werden, vereisen 15 V in de niet doorlatende richting om de ladingstroom door te laten en de spanning van de capaciteiten moet ≈ 14 V bereiken. Dit verklaart de 30 V voor de lading.

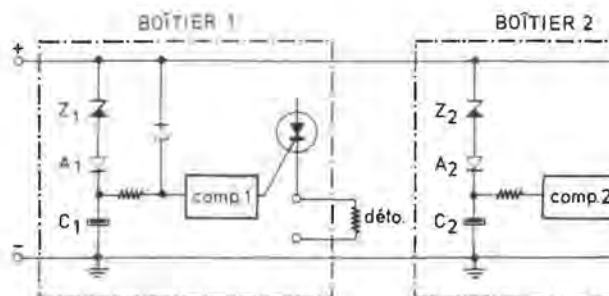


Fig. 5 — Circuit schématique de charge des capacités et de décomptage par impulsions

Schematische voorstelling van de belastingsketen van de capaciteiten en van de aftelling door impulsies

L'impulsion de charge est maintenue durant 5 s pour être certain que toutes les capacités seront chargées quel que soit le nombre de boîtiers et la résistance de la ligne. Voilà pourquoi le tir ne démarre que 5 s après avoir pressé le bouton de mise à feu.

2°) *Courant fourni au détonateur*

Lors de l'ouverture du thyristor, la capacité sous 14 V délivre au détonateur de résistance inférieure à 3Ω (nominale 1,8 à $2,2 \Omega$) un courant d'au moins 5 A au départ, qui diminue jusqu'à 0 en 1 ms environ, délai largement suffisant pour un détonateur en ordre (capacité $C = 330 \mu\text{F}$; résistance R du détonateur = 3Ω ; $RC \cong 1 \text{ ms}$).

En fait, l'énergie fournie par une capacité est suffisante pour initier 3 détonateurs en parallèle.

2.2. *Sécurités assurées*

2.2.1 *Contrôle des tronçons de ligne*

La ligne, on l'a dit, se compose de tronçons de 4 m à 10 m (suivant les besoins) de câble coaxial reliant les boîtiers en série.

A mesure que l'on établit la ligne, on peut en tester chaque tronçon au poste de tir (fig. 3) et de manière précise. Pour cela on raccorde le tronçon aux 2 bornes du « test lignes » qui est en fait un ohmmètre. Si la résistance du tronçon et de ses raccords est correcte (entre 0,18 et $0,22 \Omega$), la lampe à droite s'allume.

2.2.2. *Contrôles de la ligne établie (automatiques)*

Le tir ne pourra avoir lieu que si la ligne est fermée et, pour la fermer, il faut placer au dernier boîtier un bouchon qui comporte une diode, servant ainsi en même temps aux 2 contrôles de la ligne qui se font automatiquement dans l'ordre suivant :

1°) *Contrôle d'isolement*

En appliquant à la ligne la polarité i (fig. 6), la diode D_1 ne laissant passer aucun courant dans ce sens, on vérifie ainsi que la ligne est bien isolée (résistance supérieure à $10 \text{ k}\Omega$). Par contre, s'il existait un court-circuit dans le câble, un courant passerait. Par contre également, on ne peut pas par ce moyen détecter une rupture de câble.

Si le contrôle d'isolement est satisfaisant, le système passe automatiquement au

2°) *Contrôle de continuité de la ligne*

en inversant la polarité (polarité c). Le courant cette fois traverse la diode D_1 . Si la résistance de la ligne est

De ladingsimpuls wordt gedurende 5 s gehandhaafd om er zeker van te zijn dat alle capaciteiten zullen geladen zijn, ongeacht het aantal kasten en de weerstand van de lijn. Daarom zal het schieten pas 5 s starten nadat de afvuringsknop werd ingedrukt.

2°) *Stroom die aan de ontsteker geleverd wordt*

Bij opening van de thyristor levert de capaciteit onder 14 V een stroom van minstens 5 A in het begin aan de ontsteker waarvan de weerstand lager is dan 3Ω (nominale 1,8 tot $2,2 \Omega$); die stroom daalt tot nul in ongeveer 1 ms, wat meer als genoeg is voor een ontsteker die in orde is (capaciteit $C = 330 \mu\text{F}$; weerstand R van de ontsteker = 3Ω ; tijdsconstante (RC) $\cong 1 \text{ ms}$).

In feite is de energie die door een capaciteit geleverd wordt voldoende om 3 ontstekers in parallel aan te zetten.

2.2. *Verzekerde veiligheden*

2.2.1 *Controle van de lijnstompen*

De lijn is uit coaxiale kabelstompen samengesteld, die 4 tot 10 m lang zijn (volgens de behoeften) en die de kasten in serie verbinden.

Naarmate de lijn aangelegd wordt, kan elke stomp ervan op de schietpost (fig. 3) zeer nauwkeurig getest worden. Daarvoor wordt de stomp vastgemaakt aan de 2 klemmen van de « lijnentest », die in feite een weerstandsmeter is. Als de weerstand van de stomp en van zijn verbindingen goed is (tussen 0,18 en $0,22 \Omega$) gaat de lamp aan de rechterzijde aan.

2.2.2. *Controles van de aangelegde lijn (automatisch)*

Het schieten kan enkel gebeuren wanneer de lijn gesloten is; om ze te sluiten moet aan de laatste kast een stop geplaatst worden, die een diode bevat en zo tegelijkertijd voor de 2 lijncontroles dient, die automatisch in de volgende orde gebeuren :

1°) *Isolatiecontrole*

Door op de lijn polariteit i toe te passen wanneer de diode D_1 in die richting geen stroom doorlaat, kan men controleren of de lijn goed geïsoleerd is (weerstand groter dan $10 \text{ k}\Omega$). Indien er daarentegen een kortsluiting in de kabel zou bestaan, dan zou er stroom doorgaan. Op die manier kan echter geen kabelbreuk ontdekt worden.

Als de isolatiecontrole voldoende schenkt, dan gaat het stelsel automatisch op de volgende controle over :

2°) *Controle van de lijncontinuïteit*

De polariteit wordt omgeschakeld (polariteit c). De stroom gaat nu door diode D_1 . Als de weerstand van

correcte (inférieure à 100Ω , valeur correspondant au nombre maximum de 50 pour les boîtiers), c'est-à-dire s'il n'y a pas de rupture du câble, la lampe « go » (fig. 3) s'allume au poste de tir.

Seulement alors la charge de la capacité pourra se transmettre au détonateur.

Remarque

Lors de ce second contrôle, la résistance des boîtiers n'entre pas en compte grâce aux diodes A (fig. 6).

2.2.3. *Blocage de la charge des batteries* (fig. 5)

Lors du tir, il ne faut pas qu'après le minage de la 1ère volée la 2ème capacité (C_2) puisse se décharger dans C_1 , et ainsi de suite, sinon le tir évidemment sera raté.

C'est le rôle des diodes A et des Zener Z : par exemple, la charge de la capacité C_2 (sous 14 V) ne peut se vider en C_1 , grâce à la diode A_2 et à la Zener Z_1 (sens non passant ; 15 V minimum).

de ligne goed is (lager dan 100Ω , waarde die overeenstemt met het maximale aantal van 50 van de kasten), dat wil zeggen als er geen kabelbreuk is, gaat de lamp « go » (fig. 3) op de schietpost aan.

Op dat ogenblik zal de lading van de capaciteit slechts naar de ontsteker kunnen overgaan.

Opmerking

Bij deze tweede controle komt de weerstand van de kasten, dank zij de A-diodes, niet in aanmerking (fig. 6).

2.2.3. *Blokkering van de batterijlading* (fig. 5)

Tijdens het schieten mag, na de ontploffing van het eerste salvo, de 2de capaciteit (C_2) zich niet in C_1 ontladen, en zo verder, anders zal het schieten natuurlijk mislukken.

Daarvoor dienen de A-diodes en de Z-Zeners : de lading van de capaciteit C_2 (onder 14 V) bijvoorbeeld, mag zich niet ontladen in C_1 dank zij diode A_2 en Zener Z, (niet doorlatende richting ; 15 V minimum).

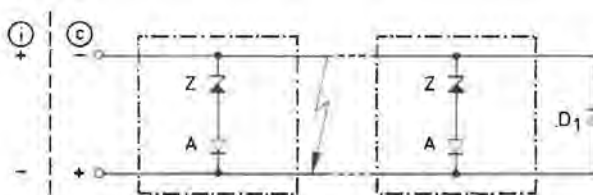


Fig. 6* — Schéma du contrôle automatique d'isolement et de continuité de la ligne

Schema van de automatische controle van isolatie en lijncontinuïteit

2.3. *Utilisation de l'appareil* (fig. 3)

1°) Au préalable on aura vérifié la charge de la batterie. Si celle-ci est correcte, la lampe « Batt » s'allume durant quelques secondes après avoir basculé l'interrupteur de droite de A vers M.

2°) Sur le lieu du tir, on affiche sur les molettes le retard choisi pour le tir, entre 1 et 49 ms.

3°) On peut alors contrôler chaque tronçon de ligne avant de le placer, en le raccordant aux bornes « Test lignes » (contrôle par allumage de la lampe de droite).

4°) On installe à mesure la ligne et les boîtiers (connecteurs simplement à enfoncer) ; enfin on place le bouchon de fermeture en bout de ligne.

2.3. *Gebruik van het apparaat* (fig. 3)

1°) De lading van de batterij moet vooraf gecontroleerd worden. Als deze goed is, dan gaat de lamp « Batt » gedurende enige seconden aan nadat de rechtse schakelaar van A op M geschakeld werd.

2°) Op de schietplaats geeft men manueel de vertraging aan op de schijf, die voor het schieten werd gekozen tussen 1 en 49 ms.

3°) Daarna kan men elke lijnstomp controleren alvorens de stomp te plaatsen door hem op de klemmen « Lijntest » aan te sluiten (controle door het aansteken van de rechtse lamp).

4°) De lijn en de kasten worden achtereenvolgens aangesloten (er moeten enkel schakelaars ingedrukt worden) ; de sluitingsstop wordt op de laatste kast geplaatst.

5°) En revenant vers le poste de tir, on raccorde les détonateurs aux boîtiers, par 2 simples cosses (fig. 7).

6°) On place l'interrupteur sur M. La lampe verte « go » s'allume indiquant que la ligne est correcte. On pousse alors sur le bouton « Déto » ; le tir part 5 s après.

Remarques importantes

1°) On a beau pousser sur le bouton « Déto », le tir ne partira pas si un seul des défauts suivants existe :

- batterie pas assez chargée,
- molette du retard affichant 0 ou plus de 49,
- ligne en court-circuit ou interrompue (par rupture ou un mauvais connecteur au boîtier).

2°) En cas de raté du tir, il faut attendre 10 min avant de réutiliser un boîtier, car sa capacité retient une charge résiduelle sous 2 à 4 V du fait qu'il existe une tension d'amorçage de 1,5 V au thyristor (fig. 4).

Cette charge résiduelle dépend de la résistance du déto. Elle sera résorbée par un circuit résistif en 5 min environ.

3°) *Limitation du nombre de boîtiers* (provisoirement)

Rappelons qu'il s'agit d'un appareil prototype.

Le nombre de boîtiers est actuellement limité à 50 ; au-delà, à cause de la résistance et de la capacité du câble (30 pF/m), le temps de montée des impulsions de décomptage, qui doit se limiter à 1 μ s, guère plus, serait trop long.

Evidemment la question peut aisément se résoudre en incorporant des triggers de Schmidt qui redresseraient le flanc montant de l'impulsion.

4°) En principe l'appareil est réservé aux tirs de mines verticales, puisque chaque boîtier est à quelque 5 m du fourneau correspondant. Pour les mines horizontales, il faudra faire des essais en combinaison avec un cordeau Nonel.



5°) Terwijl men naar de schietpost terugkomt sluit men de ontstekers met 2 eenvoudige aansluitlippen op de kasten aan (fig. 7).

6°) De schakelaar wordt op M gezet. De groene lamp « go » gaat aan, wat betekent dat de lijn goed is. Men drukt dan de knop « Déto » in. 5 s daarna gebeurt de ontploffing.

Belangrijke opmerkingen

1°) Bij het indrukken van knop « Déto » zal de ontploffing niet plaatsgrijpen als één enkele van de volgende afwijkingen bestaat :

- als de batterij niet genoeg geladen is,
- als de schijf van de vertraging 0 of meer dan 49 aanduidt,
- als de lijn een kortsluiting vertoont of onderbroken is (door breuk of door een slechte verbinding met de kast).

2°) Wanneer het schieten mislukt moet 10 min gewacht worden alvorens een kast opnieuw gebruikt kan worden, daar haar capaciteit een restlading onder 2 tot 4 V weerhoudt door het feit dat er aan de thyristor een ontstekingsspanning van 1,5 V bestaat (fig. 4). De restlading hangt af van de weerstand van de ontsteker. Ze zal op ongeveer 5 min door een weerstand geresorbeerd worden.

3°) *Beperving van het aantal kasten* (voorlopig)

We herinneren eraan dat het een prototype betreft.

Het aantal kasten is thans tot 50 beperkt ; bij meer dan 50 kasten zou, wegens de weerstand en de capaciteit van de kabel (30 pF/m), de stijgingstijd van de aftelimpulsen te lang worden ; die moet zich inderdaad op 1 μ beperken.

Dit probleem kan natuurlijk eenvoudig opgelost worden door Schmidt-triggers in te bouwen, die de stijgende zijde van de impuls zouden gelijkrichten.

4°) Het apparaat is in principe voor het schieten in verticale mijnen bestemd, aangezien elke kast zich op ongeveer 5 m afstand van het overeenkomend schietgat bevindt. Voor horizontale mijnen zullen proefnemingen met behulp van een Nonel-snoer uitgevoerd moeten worden.

Fig. 7 — Vue d'un boîtier et des cosses de raccordement pour les fils du détonateur

Zicht van een kast en van de verbindingskousen van de draden van de ontsteker

2.4. Fiabilité des éléments

2.4.1. Batterie

Elle est capable de plus de 200 tirs sans recharge.

A chaque tir cependant, on en contrôle la charge.

Pour la recharger, il suffit (fig. 3) de raccorder le poste de tir au secteur (prise « Secteur ») et de basculer l'interrupteur de droite sur « S » ; la lampe à droite de la prise « Secteur » renseigne que la recharge se fait.

2.4.2. Fiabilité des boîtiers

Chaque boîtier mis en service a été testé en laboratoire en le soumettant à 1.000 tirs simulés et très rapprochés, car ici on ne doit pas attendre que la capacité soit entièrement déchargée.

Il a fallu concevoir et réaliser l'appareil de testage automatique.

Pour être déclaré valable, un boîtier quelconque, n° n par exemple, doit voir sa capacité se décharger juste au moment du flanc montant de la n° impulsion. Sinon le test s'arrête automatiquement. L'appareil avertit que le boîtier a passé les 1.000 tirs avec succès ou non.

2.4.3. Fiabilité des connecteurs de câbles

Le type de connecteur choisi a conservé son isolement lors d'essais sous eau en laboratoire. Il s'agit d'un connecteur facilement raccordé par enfoncement ; il ne se libère que par pression des doigts.

2.4.4. Isolement entre raccords du détonateur

Sous eau, cet isolement reste > 2 kW.

2.5. Essais de l'appareil

L'appareil a déjà été éprouvé avec succès au cours de quelques tirs en carrière. Le front est apparu nettement découpé, et l'étalement des débris était convenable.

Au point de vue vibrations, on a pu observer, lors d'un essai, que le retard de 15 ms était plus favorable que celui de 10 ms.

Au point de vue fragmentation, il est évidemment trop tôt pour se prononcer mais les avantages pourraient être importants. Il faudra entreprendre une campagne de mesures sur une série de tirs au même endroit, en faisant varier un facteur à la fois.

2.4. Betrouwbaarheid van de elementen

2.4.1. Batterij

Ze kan zonder herhaling 200 ontstekingen uitvoeren. Bij elk schot moet de lading echter gecontroleerd worden. Om ze te herladen is het voldoende (fig. 3) de schietpost op het net (stopcontact « Sector ») aan te sluiten en de rechtse schakelaar op « S » te zetten ; de rechtse lamp van het stopcontact « Sector » duidt aan dat de herlading bezig is.

2.4.2. Betrouwbaarheid van de kasten

Elke kast die in gebruik genomen wordt, werd in het laboratorium getest, door haar 1.000 gesimuleerde afschietingen te doen doorstaan, die heel kort op elkaar volgen.

Hier moet inderdaad niet gewacht worden tot de capaciteit volledig ontladen is.

Het apparaat voor automatische controle moest worden ontworpen en uitgevoerd.

Een kast nummer n bijvoorbeeld, wordt geldig verklaard als haar capaciteit zich net op het ogenblik van de stijgende zijde van de n ste impuls afluist. Anders wordt de test automatisch onderbroken. Het apparaat duidt aan dat de kast al dan niet de 1.000 afschietingen met succes doorstaan heeft.

2.4.3. Betrouwbaarheid van de kabelaansluitingen

Het aansluittype dat werd gekozen, heeft zijn isolatie behouden tijdens proefnemingen onder water, die in het laboratorium uitgevoerd werden. Het aansluitblokje wordt gemakkelijk door een druk aangesloten. Het kan enkel door een vingerdruk vrijgemaakt worden.

2.4.4. Isolatie tussen de verbindingen van de ontstekers

Onder water blijft deze isolatie > 2 kW.

2.5. Proefnemingen op het apparaat

Het apparaat werd reeds tijdens enkele afschietingen in groeven met succes beproefd. De versnijding van het front is zuiver gebleken en de spreiding van de brokken was goed.

Wat de trillingen betreft werd tijdens een proefneming opgemerkt dat de vertraging van 15 ms gunstiger was dan die van 10 ms.

Wat de verbrokkeling betreft is het natuurlijk nog te vroeg om zich uit te spreken, maar de voordelen zouden aanzienlijk kunnen zijn. Er zal een meetcampagne moeten ondernomen worden op een reeks afschietingen op dezelfde plaats, door telkens één factor te wijzigen.

2.6. Conclusion

L'appareillage mis au point est fiable, simple d'emploi, léger à manier et il répond au souhait de créer des retards non seulement précis mais réglables, qui ont certainement une influence bénéfique sur les vibrations du massif et sur la fragmentation des produits.

Les premiers essais de l'appareil sont des plus encourageants, on a pu constater que c'était la bonne voie en matière de vibrations. Mais seule une campagne importante de mesures permettra de chiffrer les gains éventuels dus à une fragmentation améliorée.

2.6. Besluit

Het apparaat dat ontwikkeld werd is betrouwbaar, licht en gemakkelijk te hanteren ; het voldoet aan de wens om vertragingen te scheppen, die niet enkel nauwkeurig maar ook regelbaar zouden zijn, en die zo ongetwijfeld een gunstige invloed zouden hebben op de trillingen van het massief en op de verbrokkeling van de produkten.

De eerste proefnemingen zijn zeer aanmoedigend ; men heeft kunnen vaststellen dat we de goede weg volgen op het gebied van trillingen. Maar enkel een omvangrijke meetcampagne zal het mogelijk maken de eventuele winsten te berekenen, die aan een verbeterde verbrokkeling te danken zouden zijn.

Evolution des tirs en masse dans une carrière de calcaire

Georges COUNET *

RESUME

Les problèmes de sécurité posés par le tir en masse sont nombreux. Il importe de les étudier et de les dominer dans toute la mesure du possible, en tenant compte des circonstances locales.

Ces problèmes ont trait aux ratés de mines, aux projections, aux vibrations, aux pieds de tir et aux mises à feu intempestives.

En agissant progressivement sur la méthode de chargement et le schéma de raccordement, il est possible d'agir favorablement sur la sécurité tout en améliorant le prix de revient.

ZUSAMMENFASSUNG

Beim Massenschießen ergeben sich zahlreiche Sicherheitsprobleme. Es ist wichtig, diese Probleme zu untersuchen und unter Berücksichtigung der örtlichen Umstände soweit wie möglich zu beherrschen.

Die Probleme betreffen die Blindgänger, die Sprengstücke, die Vibrationen, die Schießfüße und die unbeabsichtigten Zündungen.

Durch Verbesserung der Lademethode und des Anschlußschemas ist es möglich, die Sicherheit günstig zu beeinflussen, wobei zugleich der Selbstkostenpreis gesenkt wird.

Evolutie van de schietmethodes in een kalksteengroeve

SAMENVATTING

Met het massaspringwerk zijn veel veiligheidsproblemen gemoeid.

Deze moeten bestudeerd worden, en ze moeten in de mate van het mogelijke overwonnen worden. Hierbij moet rekening gehouden worden met de plaatselijke omstandigheden.

De problemen houden verband met achterblijvers, met wegsparingen, met trillingen, met de onderkant van de afvuring en met ontijdige ontstekingen.

Door geleidelijke verbeteringen aan de laadmethode en het aansluitingsschema kan de veiligheid in gunstige zin evolueren, en kan tegelijkertijd de kostprijs verminderd worden.

SUMMARY

The safety problems arising from mass shotfiring operations are numerous. They need to be studied and mastered as far as possible, with due allowance for the local conditions.

The problems are : misfires, ejected material, vibrations, trap bottoms left and premature ignitions.

Making gradual changes in the charging method and in the firing patterns leads to improved safety at less cost.

* Ingénieur, Chef du Service Carrière. Solvay et Cie S.A., B-6090 Couillet.

L'homme s'attaquant à la nature rencontre souvent un milieu hétérogène, imparfaitement connu.

Il en est ainsi dans les industries extractives, notamment en roche calcaire.

Cette connaissance limitée d'un milieu variable d'une exploitation à l'autre et même d'une zone à l'autre d'une même exploitation, pose des problèmes techniques et de sécurité parfois difficiles à maîtriser.

C'est le cas des opérations de minage en carrière à ciel ouvert.

Les tirs de mines constituent toujours une opération délicate, présentant des dangers qu'il importe de dominer.

Le but de cet exposé est de montrer comment, dans le cas particulier de la carrière Solvay à Couillet, le problème a été progressivement cerné au cours des douze dernières années.

QUELS SONT LES PROBLEMES POSES PAR LES TIRS DE MINES ?

Nous en voyons de cinq types :

— *Les ratés de mines :*

Outre les risques de projections qui peuvent accompagner un raté de mine, l'enlèvement de l'explosif non sauté après minage, puis l'extraction du calcaire souvent très mal dégagé, posent des problèmes de prix de revient et surtout de sécurité.

— *Les projections :*

Celles-ci sont souvent la conséquence d'une surcharge locale dans une cavité non repérée, d'une faille ou d'une coupe de terre mal connues.

Elles sont particulièrement dangereuses lorsqu'elles dépassent les limites de la carrière.

Ces projections peuvent, par voie de conséquence, augmenter les coûts d'exploitation, compte tenu des précautions onéreuses et compliquées qu'elles pourraient imposer.

— *Les vibrations :*

Elles dépendent essentiellement de la charge instantanée, de la valeur et de la régularité des retards utilisés, du site et de la distance séparant le tir des habitations voisines.

Elles posent des problèmes d'environnement avec conséquences sur le prix de revient.

— *Les pieds de tir :*

Ils dépendent souvent du pendage des bancs rocheux (élément sur lequel il est rare que l'on ait une

Wanneer de mens de strijd met de natuur aanbindt krijgt hij vaak te maken met een heterogene omgeving waarvan hij niet alle aspecten kent.

Dit is het geval voor de extractiebedrijven, onder meer bij kalkhoudend gesteente.

Deze beperkte kennis van een omgeving die in elke ontginning, en zelfs in de verschillende zones van eenzelfde ontginning, andere kenmerken vertoont is de oorzaak van technische problemen en veiligheidsproblemen die vaak moeilijk in de hand te houden zijn.

Dat is ook het geval voor de operaties van het schieten in een openluchtgroeve.

Het ontsteken van mijnen is altijd een delicate operatie die gevaren inhoudt, en die gevaren moeten verminderd worden.

Deze uiteenzetting heeft tot doel aan te tonen hoe dit probleem de laatste twaalf jaar werd aangepakt in de groeve Solvay te Couillet.

WELKE PROBLEMEN STELT HET ONTSTEKEN VAN MIJNEN ?

Wij zien vijf soorten problemen :

— *De achterblijvers :*

Behalve de gevaren van wegsparingen die bij een achterblijver kunnen voorkomen, zijn er nog problemen van de kostprijs, en vooral voor de veiligheid door het wegnemen van de niet gesprongen springstof na het schieten, en ook bij het ontginnen van de kalksteen die vaak slecht losgekomen is.

— *De wegsparingen :*

Deze zijn dikwijls het gevolg van een plaatselijke overlading in een onbekende holte, van een onbekende verschuiving of van een onvoldoende bekend grondprofiel.

Ze zijn bijzonder gevaarlijk wanneer ze buiten de groeve terechtkomen.

Deze wegsparingen kunnen bijgevolg de ontginningskosten verhogen omdat er dure en ingewikkelde maatregelen tegen moeten getroffen worden.

— *De trillingen :*

Ze zijn vooral afhankelijk van de momentbelasting, van de waarde en de regelmaat van de gebruikte naïjlingen, van het terrein en van de afstand tussen het schieten en de nabijgelegen woningen.

Ze zijn de oorzaak van milieuproblemen, en dat heeft gevolgen voor de kostprijs.

— *De onderkant van de afvuringen :*

Ze zijn vaak afhankelijk van de helling van de gesteentelagen (aan dit element kan zelden iets veranderd worden), van de zorg waarmee de onderkant van

action), du soin que l'on met à dégager le pied du front avant minage et de la méthode de tir.

Ils imposent parfois le forage de mines horizontales, dans un milieu perturbé, avec des risques de projections particulièrement dangereuses lors du tir.

— *Les mises à feu intempestives :*

Elles peuvent se produire par temps d'orage ou à la suite de formation de charges électrostatiques.

La connexion des détonateurs électriques juste avant la mise à feu peut conjurer ce danger.

CAS DE LA CARRIÈRE DE COUILLET

Le gisement de la carrière de Couillet appartient au Viséen, étage supérieur du Dinantien ou calcaire carbonifère. Il est d'une complication relative au point de vue tectonique ; il fait partie d'un massif plissé en forme de chaise.

Sa nature rend les opérations de forage et de minage assez difficiles.

Comment minait-on en 1967 ?

La figure 1 donne le schéma de chargement d'une mine verticale de 20 m et d'une mine horizontale d'environ 6 m, tirées simultanément.

La figure 2 donne le schéma de raccordement des mines verticales et horizontales.

Ce système de minage comportait les inconvénients suivants :

1 Chargement compliqué

Utilisation d'une machine Blu-Rox, injectant dans les mines le AN/FO granulé par le canal d'un tube plastique antistatique.

Ce tube, assez rigide par temps froid, devait être remonté avant descente de chaque cartouche intermédiaire initiatrice.

La précision de chargement du vrac AN/FO demandait beaucoup de soin et laissait cependant à désirer.

2 Risque de coupure du cordeau dans les mines

— par cisaillement dû à un dégagement gazeux dans une fissure coupant deux mines voisines.

— par défaut dans le cordeau (interruption de charge).

3 Risque de coupure du cordeau « mère », au cours du tir

— par projection de cailloux.

het front voor het schieten wordt vrijgemaakt en van de methode van het schieten.

Soms moeten horizontale mijnen geboord worden in een gestoorde omgeving. Dit kan uiterst gevaarlijke wegspattingen tijdens het schieten tot gevolg hebben.

— *Ontijdige ontstekingen :*

Deze kunnen zich tijdens een onweer of ingevolge de vorming van elektrostatische ladingen voordoen.

Dit gevaar kan afgewend worden door de elektrische ontstekers net voor het afvuren te verbinden.

DE GROEVE VAN COUILLET

De afzetting van de groeve van Couillet behoort tot het Viséaan, de bovenste etage van het Dinantiaan of koolhoudende kalksteen. Tektonisch gezien is ze vrij ingewikkeld ; ze maakt deel uit van een stoelvormig geplooid massief.

Door haar aard zijn de boor- en schietoperaties erg moeilijk.

Hoe gebeurde het schieten in 1967 ?

Figuur 1 geeft het ladingsschema van een verticale mijn van 20 m en een horizontale mijn van ongeveer 6 m die gelijktijdig ontstoken worden.

Figuur 2 geeft het aansluitingsschema van de verticale en horizontale mijnen.

Dit schietsysteem hield volgende nadelen in :

1 Ingewikkelde lading

Gebruik van een Blu-Rox-machine voor de inspuiting van gekorrelde AN/FO door het kanaal van een antistatische plastiëkbuis.

Deze buis, die bij koud weer erg stijf is, moest voor het neerlaten van elke tussenliggende huls die een ontsteker bevat opnieuw naar boven gehaald worden.

De laadprecisie van het losse AN/FO vergde veel zorgvuldigheid, en liet toch nog te wensen over.

2 Risico van een onderbreking van de slagkoord in de mijnen

— door afsnijding ingevolge een gasontwikkeling in een spleet, waardoor twee dicht bij elkaar gelegen mijnen onderbroken worden.

— door een gebrek in de slagkoord (onderbreking van de lading).

3 Risico van een onderbreking van de « hoofdslagkoord » tijdens het schieten

— door wegspattende stenen

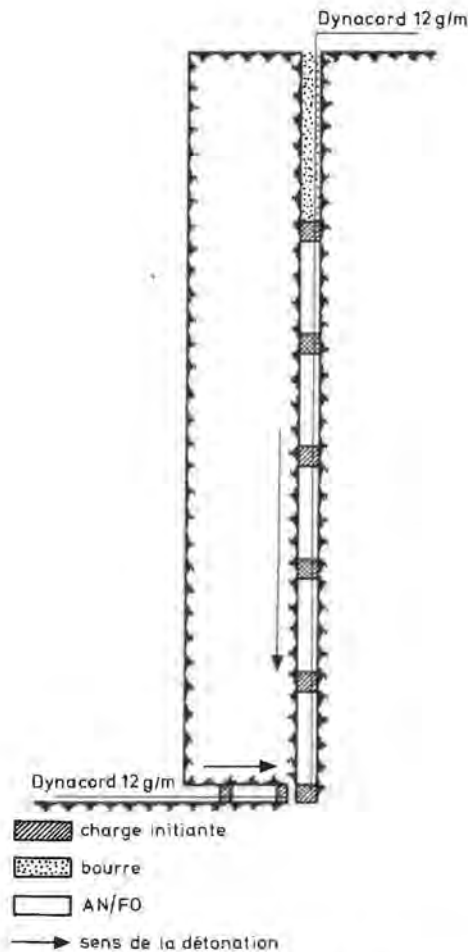


Fig. 1 — Mines verticales et horizontales
 Vertikale en horizontale mijnen
 Charge initiant : ontsteking inleidende lading
 Sens de détonation : ontstekingsrichting
 Bourre : opvulsel

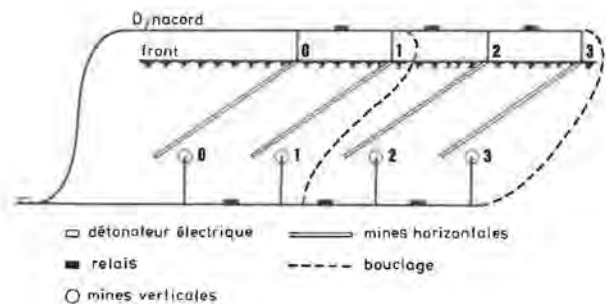


Fig. 2 — Schéma de raccordement
 Verbindingschema
 Détonateur électrique : elektrische ontsteker
 Relais : relais
 Bouclage : lusverbinding
 Mines horizontales : horizontale mijnen
 Mines verticales : vertikale mijnen

- par arrachement mécanique du cordeau entre deux retards.
- par mauvais sertissage d'un relais.
- par défaut dans le cordeau.
- par suite de cumul d'irrégularités dans les retards (relais).

- 4 Risque de vibrations non maîtrisées par suite d'irrégularités dans les retards.
- 5 Risque de vibrations trop importantes suite à la charge instantanée relativement élevée (100 kg).
- 6 Utilisation des mines horizontales
 - dangereuses à forer, au pied d'un front de 20 m difficile à peigner. La main-d'œuvre qualifiée à un travail de peignage était déjà difficile à trouver à l'époque. Elle est presque introuvable actuellement.
 - coûteuses à forer : la vitesse de forage est lente et les déplacements de la foreuse sont multipliés.
 - difficiles à charger.
- 7 Sens de la détonation orienté du haut vers le bas pour la mine verticale et de l'extérieur vers l'intérieur pour la mine horizontale.

- door het mechanische losrukken van de slagkoord tussen twee naijlingen
- door de slechte vassing van een relais
- door een gebrek in de slagkoord
- ingevolge een opeenstapeling van onregelmatigheden in de naijlingen (relais).

- 4 Risico van trillingen die niet kunnen beheerst worden ingevolge onregelmatigheden in de naijlingen.
- 5 Risico van te sterke trillingen ingevolge de vrij hoge momentbelasting (100 kg).
- 6 Gebruik van horizontale mijnen
 - Het boorwerk is gevaarlijk aan de onderkant van een front van 20 m dat moeilijk kan afgestoken worden. Reeds in die tijd was het moeilijk om bekwame arbeidskrachten te vinden voor afsteekwerk. Ook op dit ogenblik zijn ze moeilijk te vinden.
 - Het boorwerk is duur : het vordert slechts langzaam, en de boormachine moet dikwijls verplaatst worden.
 - Moeilijk te laden.
- 7 Richting van de ontploffing van boven naar beneden gericht voor de verticale mijn en van buiten naar binnen voor de horizontale mijn.

Améliorations apportées de 1967 à 1971

- 1967 **3** Bouclage des cordaux « mères », à l'extrémité du tir (fig. 2)
sans les supprimer d'une façon absolue, limite les conséquences de la coupure d'un des cordaux.
- 4** Bouclages intermédiaires des cordaux « mères » (fig. 2)
limite l'effet des cumuls d'irrégularités des retards, en enflammant périodiquement les cordaux « mères » au même temps $t + x$.
- 1969 **2** Introduction de deux cordaux Dynacord dans chaque mine
l'un d'eux est un cordeau de sécurité destiné à suppléer à toute défaillance de l'autre. Ceci élimine pratiquement les coupures de cordaux par défaut dans la continuité de leur charge
réduit le risque de coupure par cisaillement.
- 1** Introduction de trois cordaux Dynacord dans chaque mine
ces trois cordaux sont capables d'initier le AN/FO sans le secours des charges intermédiaires initiantes, qui furent supprimées.
Ceci simplifie le chargement des mines et améliore encore le point **2**.
- 1971 **1** Remplacement des trois cordaux Dynacord (36 g/m) par un cordeau Supercord (40 g/m)
ceci simplifie les opérations de chargement et de raccordement.

Comment minait-on en 1975 ?

Les mines horizontales étaient jusque là considérées à juste titre comme favorables à l'élimination des pieds de tir, dangereux à extraire.

Mais les difficultés de peignage du front augmentant d'année en année par suite du manque de main-d'œuvre qualifiée, le forage des mines horizontales s'avère de plus en plus dangereux.

La combinaison du cordeau Microcord (1,5 g/m) et d'un explosif brisant granulé (Triamite) permet de

Verbeteringen die van 1967 tot 1971 werden aangebracht

- 1967 **3** Aansluiting van de « hoofdslagkoorden » in de vorm van een lus op het uiteinde van de afvuring (fig. 2)
beperkt de gevolgen van de onderbreking van een van de slagkoorden, evenwel zonder ze volledig uit te schakelen.
- 4** Tussenliggende lusverbindingen van de « hoofdslagkoorden » (fig. 2)
beperkt de invloed van de opeenstapeling van onregelmatigheden in de naijlingen door de « hoofdslagkoorden » met tussenpozen te ontsteken met dezelfde tijd $t + x$.
- 1969 **2** Aanbrengen van twee Dynacord-slagkoorden in elke mijn
een ervan dient als veiligheidsslagkoord die als vervanging moet dienen bij een hapering van de andere. Hierdoor kunnen de onderbrekingen van de slagkoord door een gebrek in de continuïteit van hun lading praktisch uitgesloten worden. Vermindert het risico van onderbreking door afsnijding.
- 1** Aanbrengen van drie Dynacord-slagkoorden in elke mijn
deze drie slagkoorden kunnen het AN/FO ontsteken zonder hulp van de tussenliggende ladingen die een ontsteker bevatten ; die werden dan ook weggelaten.
Hierdoor wordt het laden van de mijnen vergemakkelijkt en het is nog een verbetering t.o.v. punt **2**.
- 1971 **1** Vervanging van de drie Dynacord-slagkoorden (36 g/m) door een Supercord-slagkoord (40 g/m)
hierdoor worden de ladings- en verbindingsoperaties vergemakkelijkt.

Hoe gebeurde het schieten in 1975 ?

De horizontale mijnen werden tot dan toe met recht als gunstig voor het verwijderen van de onderkant van de afvuring beschouwd. De ontginning hiervoor is gevaarlijk.

Maar aangezien de moeilijkheden voor het afsteken van het front ieder jaar groter werden door het gebrek aan bekwame arbeidskrachten blijkt het boren van horizontale mijnen steeds gevaarlijker te worden.

Door de combinatie van een Microcord-slagkoord (1,5 g/m) en een gekorrelde brisante springstof (Triamiet) kan een nieuwe schietmethode ontwikkeld

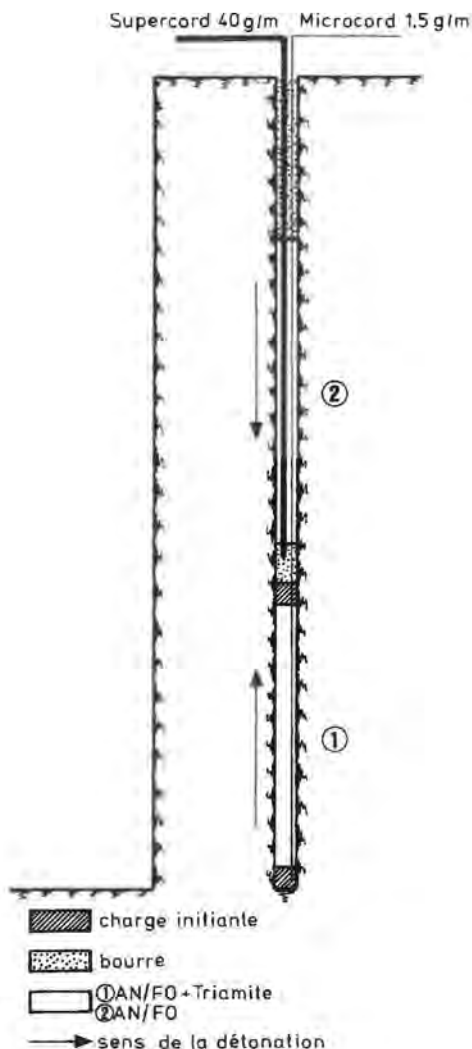
concevoir une nouvelle méthode de tir et d'éviter les mines horizontales (fig. 3).

La charge de la mine verticale est divisée en deux, le jeu des retards permettant de faire sauter la demi-charge inférieure avant la demi-charge supérieure.

La Triamite est déversée dans le fourneau en alternance avec le AN/FO.

Ce système apporte les améliorations suivantes :

- 6 Suppression des mines horizontales, ce qui améliore la sécurité des opérations de forage et de chargement, tout en diminuant leur coût.
Les conditions de réussite sont :
 - le dégagement convenable des pieds de mines avant tir ;
 - le tir de la partie inférieure de chaque mine (charge de pied) avant la partie supérieure (charge de tête).
- 1 Simplification du raccordement (fig. 4) et du chargement, en éliminant la machine Blu-Rox.



worden waarbij de horizontale mijnen niet meer nodig zijn (fig. 3).

De lading van de verticale mijn wordt in twee verdeeld, en door de vertragingen wordt het mogelijk de onderste halve lading vóór de bovenste halve lading te laten springen.

Het Triamiet en het AN/FO worden afwisselend in het schietgat gestort.

Dit systeem levert volgende verbeteringen op :

- 6 De horizontale mijnen zijn niet meer nodig. Hierdoor wordt de veiligheid van de boor- en ladingoperaties verhoogd, terwijl de kostprijs ervan vermindert.
Voor het welslagen moet aan volgende voorwaarden voldaan worden :
 - de onderkant van de mijnen moet voor het schieten behoorlijk vrijgemaakt worden ;
 - het schieten van het onderste gedeelte van iedere mijn (onderste lading) gebeurt voor het bovenste gedeelte (bovenste lading).
- 1 Vereenvoudiging van de verbinding (fig. 4) en van het laden, door uitschakelen van de machine Blu-Rox.

Fig. 3 — Mines verticales
Vertikale mijnen
Bouffe : opvulsel
Sens de la détonation : ontstekingsrichting
Charge initiale : ontsteking inleidende lading
Triamite : triamiet

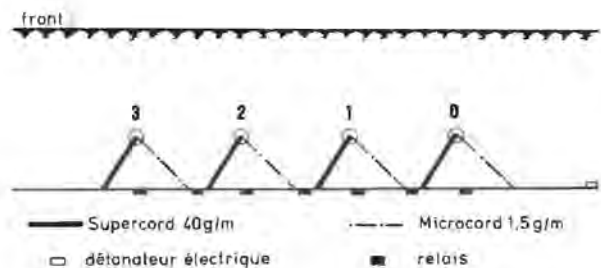


Fig. 4 — Schéma de raccordement
Verbindingsschema
Détonateur électrique : elektrische ontsteker
Relais : relais

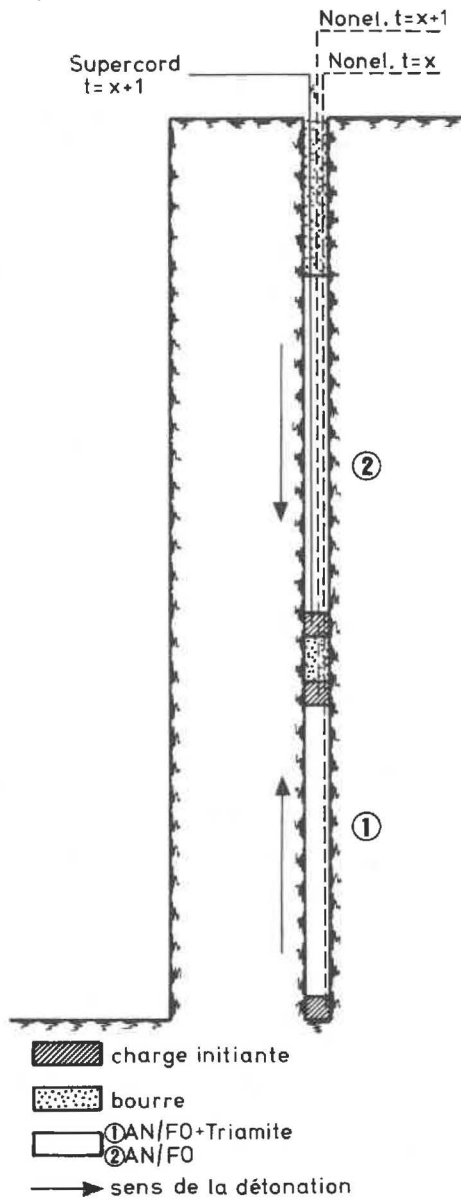
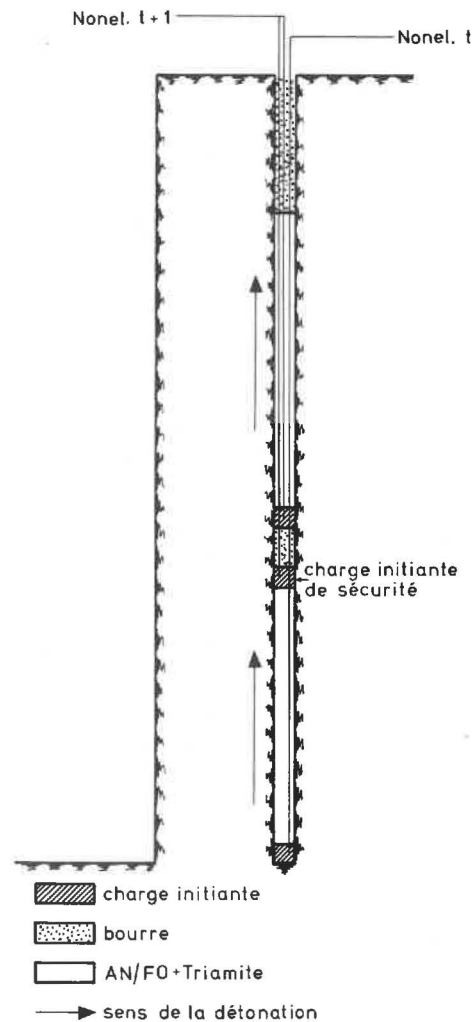


Fig. 6 — Mines verticales — Nonels
Vertikale mijnen — Nonels
Charge initiant de sécurité :
ontsteking inleidende veiligheidslading
Bourre : opvulsel
Sens de la détonation : ontstekingsrichting
Charge initiant : ontsteking inleidende lading
Triamite : triamiet

Fig. 5 — Mines verticales — Cordeau + Nonels
Vertikale mijnen — Slagkoord + Nonels
Bourre : opvulsel
Charge initiant : ontsteking inleidende lading
Triamite : triamiet
Sens de la détonation : ontstekingsrichting



- 5 Réduction de moitié de la charge instantanée, ramenée à ± 50 kg.
 - 7 Amélioration du sens de la détonation, orientation du bas vers le haut dans la partie inférieure de la mine.
- Subsistent encore les inconvénients ci-dessous :
- 2 Risque de coupure du cordeau dans les mines.
 - 3 Risque de coupure du cordeau mère.
 - 4 Risque de vibrations non maîtrisées, à la suite d'irrégularités dans les retards.

Evolution du minage à partir de 1977

L'apparition des Nonels, en 1976, amène à imaginer le schéma de tir représenté à la figure 5.

Le cordeau Nonel est constitué d'un tube plastique tapissé intérieurement d'une pellicule d'explosif et transmettant l'onde de choc à un détonateur placé dans la charge initiatrice. Ils sont fournis en longueurs de 4 m, 20 m et davantage.

Ses avantages sont :

- la parfaite régularité des retards ;
- la mise à feu simultanée de tous les détonateurs ;
- l'insensibilité aux charges d'électricité statique et aux orages.

La méthode « des Nonels » apporta les améliorations suivantes :

- 1 Nouvelle simplification, le raccordement des tubes Nonels se faisant sans difficulté et sans risque d'erreur, au moyen de petites pièces spéciales nommées « Connecting ».
- 2 Suppression du cordeau mère, éliminant tout risque de coupure et évitant de plus le bruit désagréable du cordeau détonant à l'air libre.
- 3 Suppression des cordeaux dans la mine, à l'exception du Supercord dans la charge « de tête ». Celui-ci cependant, plus robuste, présente beaucoup moins de prise au cisaillement et de risque de défaut par interruption de charge.
- 4 La mise à feu simultanée de tous les détonateurs et la régularité des retards élimine le risque de vibrations non maîtrisées.

L'expérience de deux années, dans l'utilisation des Nonels, ne nous a permis d'assister à aucun raté de détonateur.

- 5 Vermindering van de momentbelasting met de helft, tot ± 50 kg.
- 7 Verbetering van de ontstekingsrichting, in het onderste gedeelte van de mijn oriëntatie van onder naar boven.

Er blijven nog de volgende nadelen :

- 2 Risico van onderbreking van de slagkoord in de mijnen.
- 3 Risico van onderbreking van de « hoofdslagkoord ».
- 4 Risico van niet in de hand te houden trillingen als gevolg van onregelmatige vertragingen.

Evolutie van het schieten vanaf 1977

Het uitbrengen van de Nonels in 1976 leidde tot het schietschema dat in figuur 5 wordt gegeven.

De Nonel-slagkoord bestaat uit een plasticbuis die binnenin met een springstoffilm bekleed is ; deze geeft de schokgolf door naar een ontsteker die aangebracht is in de lading die de ontsteking op gang brengt. Ze bestaan in lengten van 4 m, 20 m en meer.

De voordelen ervan zijn :

- de perfecte regelmaat van de vertragingen ;
- het gelijktijdig ontbranden van alle ontstekers ;
- de ongevoeligheid voor ladingen van statische elektriciteit en voor onweders.

De methode van de « Nonels » leverde volgende verbeteringen op :

- 1 Nieuwe vereenvoudiging, omdat de Nonelbuizen zonder moeilijkheden en zonder gevaar voor vergissingen met elkaar kunnen verbonden worden, door middel van kleine speciale onderdelen, die « Connecting » genoemd worden.
- 2 De « hoofdslagkoord » valt weg, waardoor elk gevaar voor onderbrekingen wegvalt, en waardoor bovendien het onaangenaam geluid van de slagkoord die in openlucht ontploft vermeden wordt.
- 3 Wegvallen van de slagkoorden in de mijnen, met uitzondering van de Supercord in de « koplading ». Deze laatste is echter sterker en is minder gevoelig voor afsnijding, en er is minder gevaar voor haperingen door een onderbreking van de lading.
- 4 De gelijktijdige ontsteking van alle ontstekers en de regelmaat van de vertragingen sluit het gevaar voor ongecontroleerde trillingen uit.

Ondanks een ervaring van twee jaar in het gebruik van de Nonels hebben we geen enkele ontstekingsstoring kunnen vaststellen.

Perforation en grands diamètres

Essais pratiques réalisés dans
une carrière de calcaire primaire du Tournaisis

Boren met grote diameters

Praktijkproeven in een primaire kalksteengroeve
in de streek van Doornik

L. SIRONVAL *

IN MEMORIAM

Né en 1926, Monsieur SIRONVAL fit de brillantes études à l'Université de Liège, où il obtint une licence en sciences chimiques. Il y devint ensuite Assistant à la Faculté des Sciences.

Il entra à la Société des Ciments de l'Escaut à Antoing en qualité de Directeur des Services de production, laboratoire et recherche.

Au sein de cette Société, il s'intéressa particulièrement, entre autres disciplines, aux techniques de perforation et d'abattage de la pierre.

En collaboration avec l'INIEX, il poursuivit des recherches statistiques concernant les vibrations provoquées par les tirs de mines.

IN MEMORIAM

De heer SIRONVAL werd in 1926 geboren. Hij deed schitterende studies aan de Universiteit de Liège waar hij het licentiaat in de scheikunde behaalde. Daarna werd hij assistent aan de Fakulteit Wetenschappen.

Hij trad in dienst van de Société des Ciments de l'Escaut in Antoing als directeur van de Diensten Productie, Laboratoria en Research.

In deze onderneming had hij, naast andere domeinen, bijzondere belangstelling voor de technieken inzake het boren en winnen van steen.

In samenwerking met het NIEB werkte hij mee aan statistische onderzoeken over trillingen als gevolg van schieten.

RESUME

Les essais de perforation effectués en grands diamètres et en marteau fond de trou avec des pressions de 24,5 kg/cm² ont fait apparaître les points suivants :

* Directeur production, laboratoires et recherches, S.A. Cimescout, B-7640 Antoing.

SAMENVATTING

Boorproeven met grote diameter en d.m.v. gathamers onder een druk van 24,5 kg/cm² hebben het volgende aangetoond :

* Directeur Productie, Laboratoria en Research S.A. Cimescout, B-7640 Antoing.

Pour une fragmentation convenable à l'abattage, on augmente le quadrillage dans des proportions nettement supérieures au simple rapport des diamètres au carré.

On peut admettre que le quadrillage suit une loi générale :

$$G = k (D)^n \text{ où } n > 2$$

La vitesse de perforation augmente avec la pression exercée sur le marteau.

Le grand diamètre favorise la réduction de consommation d'explosifs.

Pour des charges maximales par volée ne dépassant pas 385 kg et des distances entre tirs et habitations supérieures à 200 mètres, les vitesses de vibrations n'ont pas dépassé 5 mm/s.

ZUSAMMENFASSUNG

Die bei großen Durchmessern mit einem Lochgrundhammer unter einem Druck von 24 kg/cm² ausgeführten Durchbohrversuche führten zu folgenden Ergebnissen :

— Bei einer geeigneten Zerkleinerung beim Abbau erhöht sich das Raster in einem Verhältnis, das wesentlich größer als das einfache Verhältnis der Quadrat der Durchmesser ist.

Es kann angenommen werden, daß das Raster einem allgemeinen Gesetz folgt :

$$G = k (D)^n \text{ mit } n > 2$$

— Die Durchbohrgeschwindigkeit erhöht sich mit dem auf den Hammer ausgeübten Druck.

— Ein großer Durchmesser wirkt sich günstig auf den Sprengstoffverbrauch aus.

— Bei einer maximalen Ladung pro Salve von nicht mehr als 385 kg und einer Entfernung zwischen den Sprengungen und den Wohnungen von mehr als 200 Metern lagen die Vibrationsgeschwindigkeiten nicht über 5 mm/sec.

1 INTRODUCTION

En carrière, la recherche des conditions optimales de l'abattage de la roche dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels la perforation joue un rôle important.

Cette perforation est, en soi, un ensemble complexe comprenant :

Om bij het winnen een behoorlijke verbrokkeling te krijgen, wordt het quadrilleren verhoogd in verhoudingen die duidelijk hoger liggen dan de eenvoudige verhouding van de diameter in het kwadraat.

Aangenomen mag worden dat het quadrilleren een algemene wet volgt :

$$G = k (D)^n \text{ waarin } n > 2$$

De boorsnelheid stijgt met de druk die op de hamer wordt uitgeoefend.

De grote diameter vergt minder springstoffen.

Voor maximale ladingen per reeks van ten hoogste 385 kg en voor afstanden tussen schoten en woningen van meer dan 200 m lag de trilsnelheid niet hoger dan 5 mm/s.

SUMMARY

Large-diameter drilling trials using hole-bottoming drills at pressures of 24.5 kg/cm² threw up the following points :

a) Maintaining a suitable fragmentation, the dimensions of the drilling pattern are increased by a factor considerably greater than the ratio of the square diameters.

It can be assumed that the shot-firing pattern obeys a general law :

$$G = k (D)^n \text{ where } n > 2$$

b) Drilling speed increases with drilling pressure.

c) The large diameter of the holes helps to reduce the consumption of explosives.

d) For maximum charges per round of shots not over 385 kg, and for distances between the nearest dwellings and the shots of over 200 metres, the velocity of the vibrations did not exceed 5 mm/sec.

1. INLEIDING

Tal van factoren spelen een rol in het onderzoek naar de optimale omstandigheden waarin gesteente wordt gewonnen in een groeve. Een belangrijke rol is toebedeeld aan het boren.

Dit boren is op zich een complexe aangelegenheid met o.a. :

- la technique de perforation
- le matériel de perforation
- les conditions de perforation.

Par technique de perforation, on doit considérer : la rotation, le marteau hors trou et le marteau fond de trou.

Le matériel de perforation dépend de la technique choisie et des conditions de perforation que l'on désire s'imposer.

Dans notre cas, nous savions que la technique de perforation par rotation n'était pas possible dans tous nos bancs (existence de noyaux siliceux durs). Le matériel utilisant le marteau hors trou est actuellement limité à la perforation en diamètre de 110 mm maximum.

Il nous restait donc à envisager la technique du marteau fond de trou et à rechercher un matériel permettant de travailler avec la pression la plus élevée possible pour un diamètre de perforation le plus grand possible.

Les essais de perforation en carrière ont été réalisés avec un matériel permettant les conditions suivantes :

- marteau fond de trou forant en diamètre de 165 mm
- compresseur réalisant une pression de 350 PSI (24,6 kg/cm², 2,41 MPA) et un débit de 900 cfm (25,5 m³/min).

Les résultats de ces essais seront exposés dans trois parties :

- 1) La perforation comprenant le quadrillage en fonction du diamètre des fourneaux ainsi que la vitesse d'enfoncement de l'outil d'attaque de la roche.
- 2) Le coût énergétique englobant le fuel utilisé par la machine et l'explosif (ANFO + dynamite) nécessaire pour fracturer la roche.
- 3) Les mesures de vibrations qui doivent accompagner toute modification des plans de tirs de mines.

2. PERFORATION

2.1. Quadrillage

2.1.1. Remarques préliminaires

Lorsqu'on parle de quadrillage, il faut être prudent. En effet, le quadrillage varie fortement en fonction des éléments principaux suivants :

a) Nature de la roche

Par nature de la roche, il faut comprendre composition minéralogique et texture qui peuvent varier

- de boortechiek,
- het boormateriaal,
- de booromstandigheden.

Onder boortechiek dient te worden verstaan : de draaiboor, de slagboor en de gathamer.

Welk boormateriaal gebruikt wordt, hangt af van de gekozen techniek en van de booromstandigheden waarin men wenst te werken.

In ons geval wisten wij dat de techniek met draaiboring niet kon worden toegepast in al onze lagen (aanwezigheid van harde kiezelkernen). Met het materieel waarbij een hamer buiten het boorgat wordt gebruikt, kan momenteel een diameter van 110 mm maximum worden geboord.

Er restte ons dus enkel de techniek met de gathamer te bekijken en na te gaan met welk materieel met de hoogste druk kan worden gewerkt bij een zo groot mogelijke boordiameter.

De boorproeven in de groeve werden gedaan met materieel met volgende kenmerken :

- een gathamer voor een boordiameter van 165 mm
- een compressor waarmee een druk van 350 PSI (24,6 kg/cm², 2,41 MPA) en een debiet van 900 cfm (25,5 m³/min) kan worden gerealiseerd.

De resultaten van deze proeven worden weergelegd in drie delen :

- 1) Het boren, inclusief het quadrilleren, afhankelijk van de diameter mijngaten en de snelheid van de indringing van het boorapparaat in het gesteente ;
- 2) De energiekosten, inclusief de door de machine verbruikte olie en de springstof (ANFO + dynamiet) voor het verbrekken van het gesteente ;
- 3) De metingen van de trillingen die bij elke wijziging aan de schietplannen moeten worden gedaan.

2. HET BOREN

2.1. Het quadrilleren

2.1.1. Voorafgaande opmerkingen

Als men het over quadrilleren heeft, moet men voorzichtig zijn. Het quadrilleren is immers sterk verbonden met de volgende hoofdzaken.

a) Aard van het gesteente

Onder aard van het gesteente dient te worden verstaan : de mineralogische samenstelling en textuur

fortement non seulement d'une carrière à l'autre pour des roches de compositions minéralogiques différentes mais peuvent également fluctuer entre des bancs différents au sein d'une même carrière.

Les délits, les diaclases, les coupes terreuses sont aussi des facteurs qui jouent un rôle non négligeable sur la distance que l'on peut admettre entre fourneaux.

b) *Installation de concassage primaire*

Le type de concasseur primaire exige une granulométrie à l'alimentation.

Cette granulométrie imposée à la roche abattue sera réglée par le quadrillage qui ne pourra pas dépasser une valeur maximale donnée. En général, le quadrillage sera d'autant plus resserré que l'on recherche une granulométrie fine.

c) *Conditions de production*

On peut souhaiter obtenir une granulométrie plus grosse si on recherche, par exemple, la production de moellons. Ces conditions de production conduisent à des vues identiques à celles imposées par l'installation de concassage primaire.

d) *Bourrage*

Il est fréquent de laisser une partie supérieure du fourneau sans explosif afin d'éviter les projections de matériaux. Ce point est d'autant plus important si on se rapproche d'habitations. La partie supérieure du fourneau non remplie d'explosifs peut conduire, dans le cas de roches fracturées, à la formation de blocs non souhaités.

Afin de réduire cet effet néfaste, on aura souvent comme seul recours que le resserrement du quadrillage.

Ces quelques notions montrent combien il peut être difficile de comparer des quadrillages.

Aussi, dans les essais entrepris, il n'a été tenu compte que des quadrillages pris dans des mêmes bancs et dans des endroits très voisins de la carrière.

2.1.2. *Résultats des essais*

Les résultats sont donnés au tableau I.

On y trouve les quadrillages pour divers diamètres de forage ainsi que le rapport de quadrillage par rapport au quadrillage de 80 mm pris comme référence.

A partir de ces valeurs, on peut établir le graphique I. L'examen de celui-ci fait immédiatement constater que le rapport des diamètres au carré $(D/D 80)^2$ s'écarte de la courbe du rapport des quadrillages

die niet alleen fel van elkaar kunnen verschillen voor gesteentes met verschillende mineralogische samenstelling, maar ook sterk kunnen afwijken van elkaar voor diverse lagen in een zelfde groeve.

De verkeerd liggende stenen, diaclasen en aardversnijdingen zijn ook factoren die een niet te verwaarlozen rol spelen inzake de tussen de mijngaten aanvaardbare afstand.

b) *Primaire breker*

Het type primaire breker eist bij de aanvoer een bepaalde granulometrie.

De granulometrie die voor het gewonnen gesteente wordt gevraagd, dient te worden geregeld door het quadrilleren waarbij een bepaalde maximale waarde niet mag worden overschreden. Over het algemeen dient de quadrillingsafstand des te korter te zijn naarmate een fijnere granulometrie wordt gevraagd.

c) *Productie-eisen*

Het zou kunnen dat een grotere granulometrie gewenst is als men b.v. moellon-stenen wil produceren. Deze productie-eisen leiden tot dezelfde gezichtspunten als die voor de primaire breekinstallatie.

d) *Opproppen*

Het gebeurt vaak dat in het bovenste gedeelte van het mijngat geen springstof wordt aangebracht om te vermijden dat materialen worden weggeslingerd. Hoe korter men bij woningen opereert, hoe belangrijker dit punt is. Het niet met springstof gevulde bovenste gedeelte van het mijngat kan bij breuksteen meebrengen dat niet gewilde blokken ontstaan.

Om deze schadelijke uitwerking te beperken, is het enige middel vaak de quadrillingsafstand te verkorten.

Uit deze enkele begrippen blijkt hoe moeilijke gevallen van quadrilleren met elkaar kunnen worden vergeleken.

Bij de gedane proeven zijn enkel die gevallen van quadrilleren in aanmerking genomen die in dezelfde lagen werden uitgevoerd en op plaatsen die zeer dicht bij elkaar liggen in de groeve.

2.1.2. *Resultaten van de proeven*

De resultaten staan vermeld in tabel I.

Hierin treft men aan de quadrilleringen voor diverse boordiameters evenals de quadrillingsverhouding t.o.v. de quadrillering van 80 mm die als referentie wordt genomen.

Met deze waarden kan grafiek I worden opgesteld. Hiervan kan men meteen aflezen dat de verhouding van de diameters in kwadraat $(D/D 80)^2$ afwijkt van

TABLEAU I

Diamètres de Forage D (mm)	80	106	120	130	165	Boordiameter D (mm)
Quadrillages Q (m ²)	5	9	12	17,5	35	Quadrilleringen Q (m ²)
Rapports Q/Q 80	1,00	1,80	2,40	3,50	7,00	Verhoudingen Q/Q 80
Rapports (D/D 80) ²	1,00	1,74	2,25	2,64	4,24	Verhoudingen (D/D 80) ²

TABEL I

(Q/Q 80). Cette constatation est des plus importantes et mérite une confirmation. Ainsi, trois périodes de production ont été relevées et il a été compté les quantités de mètres forés en diamètres 80 mm, 106 mm, 130 mm et 165 mm pour chacune des périodes.

Les valeurs sont données au tableau II.

de de kromme voor de verhouding van de quadrilleringen (Q/Q 80). Deze vaststelling is zeer belangrijk en vereist een bevestiging. Daarom werden in drie produktietermijnen opmetingen gedaan en hierbij werd opgetekend hoeveel meter in elke periode werd geboord met een diameter van 80 mm, 106 mm, 130 mm en 165 mm.

Tabel II geeft de cijfers.

TABLEAU II

Tonnages	Mètres forés			
	80	106	130	165
100157	636	2867	—	248
202305	717	2246	—	1541
187984	108	4933	—	740
198208	1784	4461	826	342

TABEL II

Tonnage	Geboorde meters			
	80	106	130	165
100157	636	2867	—	248
202305	717	2246	—	1541
187984	108	4933	—	740
198208	1784	4461	826	342

On peut au départ du tableau II établir un système de 4 équations à 4 inconnues : ces inconnues étant les tonnes par mètre foré pour chaque diamètre.

Si l'on divise ces tonnes/mètre par la densité de la pierre calcaire qui est de 2,5, on obtient le quadrillage qui a été pris pour chacun des diamètres de forage.

On obtient ainsi le tableau III.

Op basis van tabel II kan een systeem van 4 vergelijkingen met 4 onbekenden worden opgesteld ; deze onbekenden zijn de tonnen per geboorde meter voor elke diameter.

Als men deze ton/meter deelt door de dichtheid van de kalksteen nl. 2,5, bekomt men de quadrillering die voor elke boordiameter werd aangehouden.

Zo komt tabel III tot stand.

TABLEAU III

Diamètres (m)	Tonnes (T/m)	Quadrillages (m ²)
80	12,685	5,074
106	24,344	9,738
130	43,866	17,546
165	89,848	35,939

TABEL III

Diameter (m)	Ton (t/m)	Quadrillering (m ²)
80	12,685	5,074
106	24,344	9,738
130	43,866	17,546
165	89,848	35,939

Les valeurs de quadrillage sont pratiquement identiques à celles relevées par mesurages sur les bancs et données dans le tableau I et la figure 1.

De quadrillingswaarden zijn praktisch dezelfde als bij de metingen aan de lagen die in tabel I en figuur 1 zijn opgenomen.

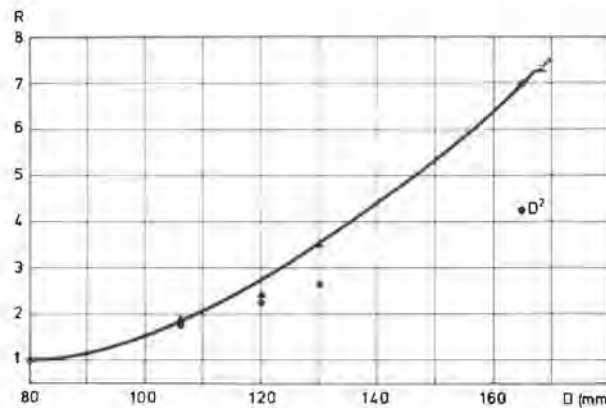


Fig. 1

Pour être aussi complet que possible, il faut signaler que de récents essais ont permis de montrer que, dans certains bancs, les perforations en 165 mm permettaient un quadrillage de l'ordre de 45 à 48 m², alors qu'en 106 mm, des quadrillages de 11,5 à 12 m² étaient réalisables. Dans ce cas, on retrouve le même rapport que celui renseigné au tableau I.

Ceci démontre l'avantage de travailler en valeurs relatives.

Il reste donc à donner une justification de cet effet du diamètre sur le quadrillage.

Om zo volledig mogelijk te zijn, dient nog te worden vermeld dat recente proeven hebben uitgewezen dat boringen van 165 mm in bepaalde lagen een quadrilling van 45 tot 48 m² mogelijk maakten en dat met 106 mm quadrilleringen van 11,5 tot 12 m² konden worden gerealiseerd. In dat geval komt men tot dezelfde houding als in tabel I aangegeven. Hieruit blijkt het voordeel met relatieve waarden te werken.

Rest ons dus een verklaring te verstrekken van de invloed van de diameter op de quadrilling.

2.1.3. Effet du diamètre sur le quadrillage

Lorsqu'on augmente le diamètre des fourneaux, deux facteurs doivent être pris en considération.

a) L'augmentation du quadrillage en fonction du rapport des diamètres au carré.

Le quadrillage relatif (par exemple à 80 mm) est donné par :

$$Q/Q_{80} = (D/D_{80})^2 \quad (1)$$

Cette relation constitue le maintien de la charge par volume de pierre à abattre.

b) En plus de la relation (1) que l'on pourrait considérer comme relation de base, il faut tenir compte de la notion suivante :

Si, par exemple, nous comparons des fourneaux de diamètres 100 mm et 50 mm, il est bien certain qu'il faudra 4 fourneaux de 50 mm pour 1 fourneau de 100 pour satisfaire l'équation (1). Mais il doit être remarqué que le fourneau de 100 mm, contenant autant d'explosifs que les 4 fourneaux de 50 mm, a une surface latérale 2 fois moindre que la somme des surfaces latérales des 4 fourneaux de 50 mm. Il faut donc admettre que la pression exercée par les explo-

2.1.3. Invloed van de diameter op de quadrilling

Als de diameter van de mijngaten vergroot wordt, moet met twee factoren rekening worden gehouden.

a. De verhoging van de quadrilling afhankelijk van de verhouding van de diameter in kwadraat.

De relatieve quadrilling (b.v. op 80 mm) wordt gegeven door :

$$Q/Q_{80} = (D/D_{80})^2 \quad (1)$$

Deze relatie betekent een aanhouden van de lading t.o.v. het te winnen gesteente.

b. Naast relatie (1) die als een basisrelatie zou kunnen worden beschouwd, dient met het navolgende rekening te worden gehouden.

Als wij b.v. mijngaten met een diameter van 100 mm en van 50 mm met elkaar vergelijken, dan staat het vast dat voor een mijngat van 100 mm 4 mijngaten van 50 mm nodig zijn om aan vergelijking (1) te voldoen. Maar er dient te worden opgemerkt dat het zijoppervlak van het mijngat van 100 mm waarin evenveel springstof zit als in de 4 mijngaten van 50 mm tweemaal minder groot is dan de som van de zijoppervlakken van de 4 mijngaten van 50 mm. Men kan dan aannemen dat de druk die door de springstof

sifs sur la surface latérale du fourneau de 100 mm sera 2 fois plus grande.

En généralisant et en considérant le diamètre de 80 mm et la pression (P 80) exercée sur la paroi latérale du fourneau de ce diamètre comme valeurs de référence, on peut poser que la pression relative est donnée par

$$P/P 80 = (D/D 80).$$

Cette pression supérieure aura certainement un effet favorable sur la fragmentation lors de l'explosion.

Si à même charge, on obtient une meilleure fragmentation lorsqu'on augmente le diamètre du fourneau, il s'ensuit que l'on pourra réduire les explosifs dans les fourneaux si l'on se contente de travailler suivant l'équation (1).

D'autre part, si l'on maintient la quantité d'explosifs dans les fourneaux, et si l'on veut maintenir en outre une même granulométrie à la fragmentation, il faudra agrandir le quadrillage d'une valeur Q_x proportionnel à $P/P 80$ ou :

$$Q_x = k(P/P 80) = k(D/D 80) \quad (2)$$

L'équation (2) est donc un correctif à apporter à l'équation (1). Ce correctif peut être apporté de deux façons :

comme terme additif. On aura alors :

$$Q/Q 80 = (D/D 80)^2 + k(D/D 80) \quad (3)$$

Pour l'équation (3), on envisagera la modification suivante :

$$[Q/Q 80 - (D/D 80)^2] = k(D/D 80) \quad (3a)$$

ou en général :

$$[Q/Q 80 - (D/D 80)^2] = f(D/D 80) \quad (3b)$$

Ceci met l'équation (3) sous une forme plus simple car $(D/D 80)^2$ est connu.

comme terme multiplicatif. On obtiendra :

$$Q/Q 80 = k(D/D 80)^3 \quad (4)$$

où $k \leq 1$

Cette dernière équation peut être généralisée en une fonction géométrique.

$$Q/Q 80 = k_1(D/D 80)^n \quad (4a)$$

où $2 < n \leq 3$ et $k_1 \rightarrow k$ lorsque $n \rightarrow 3$.

Les équations (3), (3a), (3b), (4), (4a) peuvent être estimées au départ du tableau I.

2.1.4. Détermination d'une relation entre le quadrillage et le diamètre

Avant d'entreprendre une étude statistique, il faut déterminer la valeur du coefficient de corrélation que l'on peut admettre pour une probabilité d'existence d'une relation donnée.

op het zijoppervlak van het mijngat van 100 mm wordt uitgeoefend, tweemaal groter is.

Bij veralgemening en als de diameter van 80 mm en de druk (P 80) op de zijwand van het mijngat met deze diameter als referentiewaarde worden beschouwd, mag men stellen dat de relatieve druk wordt gegeven door

$$P/P 80 = (D/D 80)$$

Deze hogere druk heeft ongetwijfeld een gunstige weerslag op de verbrokkeling bij de explosie.

Als bij een zelfde lading een betere verbrokkeling wordt verkregen terwijl de diameter van het mijngat is vergroot, volgt hieruit dat springstoffen in de mijngaten kunnen worden verminderd als men volgens vergelijking (1) werkt.

Als de hoeveelheid springstoffen in de mijngaten wordt aangehouden en als ook een zelfde granulometrie bij de verbrokkeling wordt gewenst, dient de quadrillering met een proportionele waarde Q_x te worden vergroot tot $P/P 80$ of :

$$Q_x = k(P/P 80) = k(D/D 80) \quad (2)$$

Vergelijking (2) is dus een correctie op vergelijking (1) die op twee manieren kan worden aangebracht.

als toegevoegde term ; men heeft dan :

$$Q/Q 80 = (D/D 80)^2 + k(D/D 80) \quad (3)$$

Voor vergelijking (3) wordt de volgende wijziging overwogen :

$$[Q/Q 80 - (D/D 80)^2] = k(D/D 80) \quad (3a)$$

of in het algemeen :

$$[Q/Q 80 - (D/D 80)^2] = f(D/D 80) \quad (3b)$$

Hiermee wordt vergelijking (3) eenvoudiger want $(D/D 80)^2$ is gekend.

als vermenigvuldigingsterm ; men heeft dan :

$$Q/Q 80 = k(D/D 80)^3 \quad (4)$$

waarin $k \leq 1$

Deze vergelijking kan worden veralgemeend tot een geometrische functie :

$$Q/Q 80 = k_1(D/D 80)^n \quad (4a)$$

waarin $2 < n \leq 3$

en $k_1 \rightarrow k$ als $n \rightarrow 3$

De vergelijkingen (3), (3a), (3b), (4) en (4a) kunnen aan de hand van tabel I worden opgelost.

2.1.4. Vaststelling van een relatie tussen de quadrillering en de diameter

Alvorens een statistische studie te maken, dient te worden vastgesteld wat de waarde van de correlatiecoëfficiënt is die kan worden aangenomen voor de bestaansfactor van een gegeven relatie.

Dans le cas des essais, on dispose de 5 jours de valeurs. Le nombre de degrés de liberté étant de 4, on prendra comme valeur minimale du coefficient de corrélation r , la valeur 0,99 et ce pour une probabilité d'existence de 99,9 %.

a) Recherche de la relation

$$Q/Q80 = (D/D80)^2 + k(D/D80).$$

Si l'on examine l'équation (3a), on pourrait calculer k en déterminant :

$$[Q/Q80 - (D/D80)^2]/(D/D80) = k$$

On constate que k n'est pas une constante mais varie en fonction de $D/D80$.

On serait donc amené à calculer l'équation générale (3b), ce qui revient aussi à exprimer que k n'est pas une constante mais une variable dépendant de $D/D80$.

Il n'est pas possible d'entrer dans cette voie actuellement, le nombre de données est trop peu important pour assurer une étude statistique.

b) Recherche de la relation

$$Q/Q80 = k(D/D80)^3$$

On peut déterminer statistiquement la relation 4, on obtient les valeurs :

$$Q/Q80 = 0,78897(D/D80)^3 + 0,0211 \quad (5)$$

avec $r = 0,997$ et une estimation de l'erreur sur $Q/Q80$ de $s = 0,2096$.

La valeur résiduelle de la relation (5) (0,0211) est comprise dans la précision de l'estimation de cette relation ($s = 0,2096$).

Si l'on calcule la relation plus générale (4a) on obtient :

$$Q/Q80 = 0,91011(D/D80)^{2,70677} \quad (6)$$

avec $r = 0,991$ et une estimation de l'erreur sur $Q/Q80$ de $s = 0,114$.

On voit la similitude entre les relations (5) et (6). Il semble bien que l'on puisse prendre la relation (5) comme une estimation du quadrillage en fonction du diamètre.

Pour être complet, il faudrait déterminer une relation du type (5) ou (6) pour chaque banc d'exploitation. En effet, si pour chaque banc et éventuellement pour chaque variété de roche, on obtenait une relation du type (4), on pourrait envisager de caractériser une roche par son coefficient k (inférieur à 1) qui serait une mesure de l'aptitude de cette roche à se fracturer.

2.1.5. Extension du quadrillage

On peut donc au départ de la relation (5) calculer le rapport $Q/Q80$ pour des diamètres de forage supérieures à 165 mm.

In het geval van de proeven beschikt men over 5 dagen waarden. Als minimale waarde van de correlatiecoëfficiënt r wordt de waarde 0,99 aangenomen en dit voor een bestaansfactor van 99,9 %.

a) Onderzoek van de relatie

$$Q/Q80 = (D/D80)^2 + k(D/D80)$$

Als men vergelijking (3a) uitwerkt, zou men k kunnen berekenen door het bepalen van :

$$[Q/Q80 - (D/D80)^2]/(D/D80) = k$$

Men stelt vast dat k geen constante is maar afhankelijk van $D/D80$ varieert. Men zou dan kunnen overgaan naar de berekening van de algemene vergelijking (3b), maar dit leidt eveneens tot de uitspraak dat k geen constante is maar een variabele, afhankelijk van $D/D80$.

Momenteel kan deze weg niet ingeslagen worden omdat het aantal gegevens niet groot genoeg is voor een statistische studie.

b) Onderzoek van de relatie

$$Q/Q80 = k(D/D80)^3$$

Relatie 4 kan statistisch bepaald worden en men bekomt de waarden :

$$Q/Q80 = 0,78897(D/D80)^3 + 0,0211 \quad (5)$$

met $r = 0,997$ en een bepaling van de afwijking op $Q/Q80$ van $s = 0,2096$.

De restwaarde van relatie (5) (0,0211) is begrepen in de nauwkeurigheid van de uitwerking van deze relatie ($s = 0,2096$).

Als men de algemenere relatie (4a) berekent, verkrijgt men :

$$Q/Q80 = 0,91011(D/D80)^{2,70677} \quad (6)$$

met $r = 0,991$ en een schatting van de afwijking op $Q/Q80$ van $s = 0,114$.

De gelijkenis tussen de relaties (5) en (6) is duidelijk.

Het schijnt wel dat relatie (5) kan beschouwd worden als een bepaling van de quadrillering afhankelijk van de diameter.

Om volledig te zijn zou voor elke ontginningslaag een relatie van het type (5) of (6) moeten worden vastgesteld. Als immers voor elke laag en eventueel voor elke gesteentesoort een relatie van type (4) zou worden verkregen, zou kunnen worden overwogen een gesteente te karakteriseren met zijn coëfficiënt k (minder dan 1), hetgeen een meting zou zijn van de geschiktheid van dit gesteente om te worden verbrokkeld.

2.1.5. Uitbreiding van de quadrillering

Met behulp van de relatie (5) kan men dus de verhouding $Q/Q80$ voor boordiameters van meer dan 165 mm berekenen.

Le tableau IV indique les valeurs obtenues pour divers diamètres.

Tabel IV geeft de waarden aan die voor diverse diameters werden verkregen.

TABLEAU IV

TABEL IV

Diamètres D (mm)	80	106	120	130	150	165	180	200	250	300	Diameters D (mm)
Q/Q 80											Q/Q 80
calculés suivant (5)	0.82	1.86	2.68	3.41	5.22	6.94	9.01	12.35	24.1	41.6	berekend volgens (5)
obtenus du tableau I	1.00	1.80	2.40	3.50	—	7.00	—	—	—	—	verkregen uit tabel I

Lorsqu'on examine les valeurs Q/Q 80 calculées, on arriverait à déduire que le quadrillage pour 200 mm serait de $12,35 \times 5 = 61,75 \text{ m}^2$
 250 mm serait de $24,1 \times 5 = 120,50 \text{ m}^2$
 300 mm serait de $41,6 \times 5 = 208,00 \text{ m}^2$.

Après avoir effectué une perforation en 200 mm, il est possible d'affirmer que le quadrillage de 60 m^2 est tout à fait réalisable pour une bonne granulométrie à l'abattage. On peut évidemment se demander quelle est la limitation du quadrillage.

Pourrait-on envisager un quadrillage de 208 m^2 en effectuant des perforations en diamètre de 300 mm ?

Sans pouvoir apporter une réponse théorique à cette question, on peut dire que le matériel mobile existant à l'heure actuelle limiterait le diamètre.

En outre, les charges par fourneau deviendraient peut-être trop élevées et conduiraient à des vibrations élevées surtout pour les carrières situées près d'habitations.

2.2. Vitesse de perforation

Ce facteur est important dans les coûts de la perforation. Seul le matériel peut limiter ce facteur.

En ce qui concerne la vitesse de perforation, les mêmes remarques que celles faites pour le quadrillage en 2.1.1. doivent être prises en considération. Il est habituel de prendre les vitesses instantanées, c'est-à-dire les vitesses pour enfoncer 1 tube puis de compter les temps morts pour vissage du tube, dévissage et enlèvement du tube etc.

Si ce point de vue est intéressant pour le constructeur, par contre l'utilisateur n'ayant aucune action sur le mécanisme de la machine n'a pas intérêt à réper-

Als men de berekende waarden Q/Q 80 onderzoekt, kunnen volgende gegevens worden afgeleid de quadrillering voor
 200 mm zou $12,35 \times 5 = 61,75 \text{ m}^2$ bedragen
 250 mm zou $24,10 \times 5 = 120,50 \text{ m}^2$ bedragen
 300 mm zou $41,60 \times 5 = 208,00 \text{ m}^2$ bedragen.

Na een boring van 200 mm kan worden bevestigd dat de quadrillering van 60 m^2 zeker te realiseren is voor een goede granulometrie bij de winning. Men kan zich natuurlijk afvragen waar de grens van de quadrillering ligt.

Zou men kunnen denken aan een quadrillering van 208 m^2 bij boringen met een diameter van 300 mm ?

Zonder een theoretisch antwoord op deze vraag te kunnen geven, mag men zeggen dat het momenteel bestaande mobiele materieel de diameter zou beperken.

Bovendien zouden de ladingen per mijngat misschien te hoog worden en leiden tot hevige trillingen, vooral voor groeven die in de nabijheid van woningen zijn gelegen.

2.2. Boorsnelheid

Deze factor is belangrijk voor de boorkosten en alleen het materieel kan voor een verlaging zorgen.

Wat de boorsnelheid betreft, gelden dezelfde opmerkingen als die welke voor het quadrillieren werden gemaakt in punt 2.1.1. Gewoonlijk worden de momentsnelheden genomen d.w.z. de snelheid om 1 buis in te brengen, vervolgens worden de dode tijden geteld voor het vastdraaien van de buis, het los-schroeven en wegnemen van de buis, enz...

Is dit een interessant gezichtspunt voor de constructeur, dan is de gebruiker helemaal niet geïnteresseerd in het optekenen van al deze dode tijden en

torier tous ces temps morts et à se lancer dans des suppositions qui souvent n'ont rien à voir avec son problème.

Aussi avons-nous considéré comme valeur de vitesse, la vitesse horaire relevée pendant le forage d'un tir c'est-à-dire la machine étant en place, on chronomètre le temps nécessaire pour forer le nombre de trous nécessaires à un tir. Au départ de ces mètres forés et du temps nécessaire, on détermine une vitesse horaire. Un tir est souvent représenté par un nombre de mètres à peu près constant.

2.2.1. Influence de la roche

La roche représentée par sa texture et sa forme minéralogique joue un rôle majeur sur la vitesse de perforation. Au sein d'une même carrière, on peut constater des fluctuations de vitesse d'avancement non négligeables.

Le tableau V montre les résultats obtenus pour une même machine forant en diamètre 165 mm à une pression de 24,6 kg/cm² dans des bancs différents.

TABLEAU V

Bancs	I	II	III	IV
Vitesses (1)				
Moyennes (m/h)	28.76	27.98	30.40	32.32
Écarts-Types (m/h)	2.09	1.78	1.99	2.76

(1) (vitesse pour forer un tir).

On voit nettement que l'on passe d'une vitesse de 28 m/heure à plus de 32 m/heure suivant le banc.

Il est certain que la hauteur du palier à forer a une importance car plus le palier est petit plus la machine devra se déplacer pour réaliser un tir.

Aussi est-il intéressant de comparer les bancs II et III qui ont une même hauteur et qui se différencient seulement par leur structure et composition minéralogique.

La variance basée sur les deux échantillons est :

$$V = \frac{37,96 + 15,93}{13 + 5 - 2} = 3,368$$

ce qui donne un écart-type de $s = \sqrt{3,368} = 1,83$

in het maken van veronderstellingen die vaak niets met zijn probleem te maken hebben, want deze gebruiker kan het mechanisme van de machine niet beïnvloeden.

Als snelheidswaarde hebben wij ook aangenomen de uursnelheid die bij het boren van een mijngat wordt opgetekend d.w.z. als de machine ter plaatse is, wordt de tijd opgenomen voor het boren van het aantal gaten voor één schot. Op basis van de geboorde meter en van de vereiste tijd wordt een uursnelheid bepaald. Een schot wordt vaak door een vrijwel constant aantal meter weergegeven.

2.2.1. Invloed van het gesteente

De textuur en de mineralogische vorm van het gesteente spelen een hoofdrol in de boorsnelheid. In één en dezelfde kan men niet te verwaarlozen schommelingen in de voortgangssnelheid vaststellen.

Tabel V geeft de resultaten met eenzelfde boormachine voor een diameter van 165 mm bij een druk van 24,6 kg/cm² in verschillende lagen.

TABEL V

Lagen	I	II	III	IV
Snelheden (1)				
Gemiddelde (m/h)	28.76	27.98	30.40	32.32
Type-afwijkingen (m/h)	2.09	1.78	1.99	2.76

(1) (snelheid voor het boren van een mijngat.)

Men ziet duidelijk dat men van een snelheid van 28 m/uur naar meer dan 32 m/uur gaat naargelang de lagen.

Zeker is dat de hoogte van de lengte van de boorgaten belangrijk is want hoe korter de boorgaten, hoe vaker de machine moet worden verplaatst om een schot vol te maken.

Een interessante vergelijking kan ook worden gemaakt voor de lagen II en III die even hoog zijn en enkel van elkaar verschillen door hun structuur en mineralogische samenstelling.

De variabiliteit op basis van deze beide monsters bedraagt :

$$V = \frac{37,96 + 15,93}{13 + 5 - 2} = 3,368$$

wat een type-afwijking oplevert van $s = \sqrt{3,368} = 1,83$

L'écart-type de comparaison des deux moyennes sera :

$$s = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = s \sqrt{\frac{13 + 5}{13 \times 5}} = 0,96$$

Le test de student donnera :

$$t = \frac{30,4 - 27,98}{0,96} = 2,51$$

pour un nombre de degrés de liberté de $\phi = 13 + 5 - 2 = 16$.

On peut donc admettre qu'il y a différence significative entre les deux moyennes donc dans les vitesses d'enfoncement de la perforation des bancs II et III.

Cette différence est nette entre les bancs II et IV.

Il faut donc être prudent lorsqu'on exprime des vitesses de perforation.

2.2.2. Influence du matériel

Comme il a été dit, le facteur vitesse dépend du matériel. Il a été examiné des vitesses de perforation à 14 kg/cm², 20 kg/cm² et 24,5 kg/cm².

Les résultats sont donnés au tableau VI

TABLEAU VI

Pressions (kg/cm ²)	14	20	24,5
Vitesses (m/h)	19	24	28,5

Ces trois points permettent d'estimer, avec une approximation assez grossière faut-il le dire, une relation :

$$\text{Vitesse (m/h)} = 6,33 + 0,905 P \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (6)$$

Cette relation nous paraît, pour l'instant, une bonne estimation pour comparer d'autres machines à perforer avec marteau hors trou. Rien n'autorise cependant à penser que cette relation est valable pour les pressions nettement inférieures à 17 kg.

Il est même possible qu'il n'y ait pas une linéarité entre vitesse et pression sur toute l'étendue de la gamme des pressions. En effet, si la relation (6) est mathématiquement valable, elle conduit à une solution non acceptable à savoir que pour $P = 0$, $V = 6,33$ soit une vitesse de 6,33 m/h pour une pression nulle !

On doit donc supposer que pour des pressions inférieures à 17 kg la vitesse diminue plus rapidement que ne l'exprime la relation (6).

De type-afwijking bij vergelijking van beide gemiddelden is :

$$s = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = s \sqrt{\frac{13 + 5}{13 \times 5}} = 0,96$$

De student-test geeft :

$$t = \frac{30,4 - 27,98}{0,96} = 2,51$$

voor $\phi = 13 + 5 - 2 = 16$.

Er mag dus worden aangenomen dat er een betekenisvol verschil is tussen beide gemiddelden van de indrijfsnelheid bij de boringen in de lagen II en III.

Dit verschil is duidelijk tussen de lagen II en IV.

Men moet dus voorzichtig zijn als men het over boorsnelheden heeft.

2.2.2. Invloed van het materieel

Zoals eerder gezegd, is de factor snelheid afhankelijk van het materieel. De boorsnelheden bij 14 kg/cm², 20 kg/cm² en 24,5 kg/cm² werden onderzocht.

De resultaten staan in tabel VI

TABEL VI

Druk (kg/cm ²)	14	20	24,5
Snelheid (m/h)	19	24	28,5

Deze drie punten maken het mogelijk, zij het met een vrij grove benadering, een relatie op te zetten

$$\text{Snelheid (m/h)} = 6,33 + 0,905 P \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (6)$$

Deze relatie lijkt ons op dit ogenblik een goede raming op te leveren ter vergelijking met andere boormachines met slaghamers. Er is echter geen enkele reden om te denken dat deze relatie geldt voor druk van ruim onder de 17 kg.

Het is zelfs mogelijk dat er geen lineariteit is tussen snelheid en druk over de volle gamma van de druken. Al is relatie (6) mathematisch geldig, zij leidt echter tot een niet-aanvaardbare oplossing nl. dat voor $P = 0$, $V = 6,33$ d.w.z. een snelheid van 6,33 m/h voor druk nul !

Men moet dus veronderstellen dat de snelheid bij een druk van minder dan 17 kg sneller daalt dan relatie (6) aangeeft.

On peut aussi noter que, jusqu'à présent, les vitesses obtenues avec marteau fond de trou à des pressions de 24,5 kg/cm² sont identiques à celles obtenues, dans le meilleur des cas, avec les machines à marteau hors trou hydraulique.

3. COÛTS ENERGETIQUES

Dans des coûts énergétiques, on peut englober la consommation de fuel pour le compresseur et la consommation en explosif ; ce dernier étant en soi une forme d'énergie.

3.1. Consommation en explosif

La variation de consommation en explosif en fonction du diamètre des fourneaux dépend de la fonction :

$$Q/Q_{80} = 0,7889 (D/D_{80})^3$$

Il est bien certain que pour un même compactage, l'explosif par trou sera égal au rapport des diamètres au carré.

$$E/E_{80} = (D/D_{80})^2$$

où E est la quantité d'explosif en kg par fourneau de diamètre D, E₈₀ la quantité de cet explosif pour un fourneau de diamètre 80 (D₈₀).

Etant donné que le quadrillage augmente plus vite que le rapport des diamètres au carré, il s'ensuit que le nombre de grammes d'explosif à la tonne par rapport au diamètre 80 sera donné par :

$$E/E_{80} = (D/D_{80})^2 / 0,7889 (D/D_{80})^3 = 1,2676 \times (D_{80}/D) \quad (7)$$

Si l'on veut estimer le gain en explosif entre un diamètre de 165 mm et de 106 mm, il faudra faire le rapport de l'équation (6) calculée une fois avec le diamètre de 165 mm et l'autre fois avec le diamètre de 106 mm.

$$E_{165}/E_{80} = 1,2676 (D_{80}/D_{165}) \quad (7a)$$

$$E_{106}/E_{80} = 1,2676 (D_{80}/D_{106}) \quad (7b)$$

Le rapport 7a par 7b conduit à :

$$E_{165}/E_{106} = (D_{106}/D_{165}) \quad (8)$$

On peut également obtenir un rapport E₁₆₅/E₁₀₆ au départ de l'équation géométrique (6).

Ce qui conduit à :

$$E_{165}/E_{106} = (D_{106}/D_{165})^{0,70677} \quad (9)$$

Nous obtenons donc les valeurs « théoriques » suivantes :

Er kan dus ook worden opgemerkt dat tot nog toe de snelheden met gathamers bij een druk van 24,5 kg/cm² gelijk zijn aan die welke in het beste geval met hydraulische slagboormachines werden gehaald.

3. ENERGIEKOSTEN

Tot de energiekosten dienen ook gerekend te worden het olieverbbruik voor de compressor en het verbruik aan springstoffen want dit laatste is eigenlijk een vorm van energie.

3.1. Springstofverbruik

De variatie in het springstofverbruik naargelang de diameter van de mijngaten, is afhankelijk van de functie

$$Q/Q_{80} = 0,7889 (D/D_{80})^3.$$

Natuurlijk zal de hoeveelheid springstof per mijngat, als ze op dezelfde wijze is aangedrukt, gelijk zijn aan de verhouding van de diameters in het kwadraat.

$$E/E_{80} = (D/D_{80})^2$$

waarin E de hoeveelheid springstof in kg/mijngat met diameter D is, E₈₀ de hoeveelheid van deze springstof voor een mijngat met diameter 80 (D₈₀).

Ervan uitgaande dat de quadrillering sneller stijgt dan de verhouding van de diameter in het kwadraat, volgt dat het aantal grammen springstof per ton t.o.v. diameter 80 zal worden aangegeven door :

$$E/E_{80} = (D/D_{80})^2 / 0,7889 (D/D_{80})^3 = 1,2676 \times (D_{80}/D) \quad (7)$$

Als men een idee wil hebben van de besparing aan springstof tussen een diameter van 165 mm en 106 mm, dient een verhouding te worden opgesteld van relatie (6) die eenmaal met een diameter van 165 mm werd berekend en een andere keer met een diameter van 106 mm.

$$E_{165}/E_{80} = 1,2676 (D_{80}/D_{165}) \quad (7a)$$

$$E_{106}/E_{80} = 1,2676 (D_{80}/D_{106}) \quad (7b)$$

De verhouding (7a) tot (7b) leidt tot :

$$E_{165}/E_{106} = (D_{106}/D_{165}) \quad (8)$$

De verhouding E₁₆₅/E₁₀₆ kan eveneens verkregen worden op basis van de geometrische vergelijking (6).

Dit leidt tot :

$$E_{165}/E_{106} = (D_{106}/D_{165})^{0,70677} \quad (9)$$

Wij verkrijgen dan de volgende « theoretische » waarden :

	Equations	
	(8)	(9)
E 165 / E 106	0,6424	0,7314
E 200 / E 106	0,5300	0,6384
E 200 / E 165	0,8250	0,8729

On voit donc que l'on peut estimer un gain de $\pm 30\%$ d'explosif lorsqu'on augmente le diamètre de forage de 106 à 165 mm, de $\pm 40\%$ si l'on perfore en 200 mm au lieu de 106 mm.

En pratique, on a obtenu :

- en diamètre 165 mm des quadrillages allant de 30 à 49 m² avec des quantités d'explosif de 14,4 kg à 15,2 kg par mètre.
- en diamètre 106 mm des quadrillages de 8 à 12,5 m² avec des quantités d'explosif de 5,4 à 6,2 kg par mètre.

Ces données permettent d'établir des fourchettes de consommation en g/t d'explosif (tableau VII).

	Vergelijkingen	
	(8)	(9)
E 165 / E 106	0,6424	0,7314
E 200 / E 106	0,5300	0,6384
E 200 / E 165	0,8250	0,8729

Men ziet dus dat de winst aan springstof kan geschat worden op $\pm 30\%$ als de boordiameter van 106 op 165 mm wordt gebracht, en op $\pm 40\%$ als men een diameter van 200 mm i.p.v. 106 mm boort.

De praktijk leverde volgende cijfers op :

- met een diameter van 165 mm quadrilleringen van 30 tot 49 m² met hoeveelheden springstof van 14,4 kg tot 15,2 kg per meter ;
- met een diameter van 106 mm quadrilleringen van 8 tot 12,5 m² met hoeveelheden springstof van 5,4 kg tot 6,2 kg per meter.

Met deze gegevens tussen verbruikvergelijkingen in gram springstof per ton worden opgesteld (tabel VII).

TABLEAU VII

TABEL VII

Diamètres D (mm)	106				165				Diameter D (mm)
Quadrillages Q (m ²)	8		12,50		30		49		Quadrillering Q (m ²)
Tonnes/mètre (t/m)	20		31,25		75		122,5		Ton/meter (t/m)
Explosifs (kg/m)	5,4	6,2	5,4	6,2	14,4	15,2	14,4	15,2	Springstof (kg/m)
Grammes/tonne (g/t)	270	310	172,8	198,4	192	202,2	117,5	124,1	Gram/ton (g/t)

De ce tableau, il apparaît nettement que s'il y a un chevauchement des domaines de consommation en explosif, on s'aperçoit que les consommations obtenues avec le diamètre de 165 mm ont une tendance très nette à être inférieures à celles obtenues avec le diamètre de 106 mm.

Ces réductions peuvent atteindre 30 %.

3.2. Consommation en fuel

Cette consommation dépend essentiellement du type de matériel. Dans les essais effectués, la dimi-

Uit deze tabel blijkt duidelijk dat het verbruik met een diameter van 165 mm lager ligt dan met een diameter van 106 mm.

Deze vermindering kan 30 % bereiken.

3.2. Olieverbruik

Dit verbruik hangt voornamelijk af van het type materieel. Bij de uitgevoerde proeven was de daling

nution de la consommation en fuel par tonne, pour la perforation, a été due aux éléments suivants :

- Remplacement de l'air comprimé par l'hydraulique pour les mouvements de rotation, de levage et d'enfoncement du train des tiges.
- L'air comprimé est utilisé seulement pour le fonctionnement du marteau et la remontée des sédiments.
- Installation du compresseur sur le même châssis porteur que la colonne de perforation. Ceci élimine les inconvénients du compresseur mobile annexe à savoir longueur des tuyaux, raccords qui sont autant de sources de perte d'air.

4. ENVIRONNEMENT

Le problème de l'environnement comprend un ensemble de facteurs dont l'incidence des vibrations sur les habitations a été la plus étudiée.

En plus de la question des vibrations, il ne faut pas non plus négliger les conséquences des projections de pierrailles, le bruit et la poussière ; phénomènes accompagnant toujours un tir de mines.

Grâce à la collaboration de l'Institut National des Industries Extractives qui nous a prêté son matériel de mesure de vibrations et a fait l'interprétation des résultats, il a été permis d'entreprendre deux séries : l'une réalisée en diamètre de 106 mm l'autre en diamètre de 165 mm.

La figure 2 résume les résultats obtenus. La vitesse de la vibration (exprimée en mm/s) suit une loi générale du type :

$$V = k (D / \sqrt{CM})^\alpha$$

où D est la distance en mètres entre le tir et l'endroit de la mesure ; CM est la charge en kg de la volée la plus chargée ; V est la vitesse en millimètres par seconde ; k et α sont des constantes.

Cette loi peut se représenter :

$$\log V = \alpha \log (D / \sqrt{CM}) + \log k$$

La campagne de mesures peut être considérée comme limitée : 28 tirs en diamètre 106 mm et 18 en diamètre 165 mm.

La figure 2 donne deux lois :

l'une pour le diamètre de 106 mm

$$V = 122,71 (D / \sqrt{CM})^{-1,5}$$

l'autre pour le diamètre de 165 mm

$$V = 108,21 (D / \sqrt{CM})^{-1,28}$$

avec des coefficients de corrélation (R^2) de 0,70 et 0,68 respectivement.

in het olieverbriik per ton voor het boren te danken aan de volgende elementen :

- Vervanging van de perslucht door een hydraulisch systeem voor de draai-, hef- en indringingsbewegingen van het stangenstel ;
- Perslucht wordt enkel nog gebruikt voor de werking van de hamer en het ophalen van het steengruis ;
- Installatie van de compressor op hetzelfde draagchassis als de boortoren. Hiermee worden de euvels met een compressor uitgeschakeld nl. lange slangen, aansluitingen die evenveel bronnen van luchtverlies zijn.

4. MILIEU

Het milieuprobleem omvat een geheel van factoren waarvan de weerslag van de trillingen op de woningen het grondigst werd bestudeerd.

Naast het probleem van de trillingen mag ook niet voorbij gegaan worden aan de gevolgen van weggeslingerd gesteente, het lawaai en het stof, verschijnselen die immer met mijnschoten gepaard gaan.

Dankzij de samenwerking met het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven waarvan wij het materiaal voor het meten van de trillingen hebben geleend en dat de resultaten heeft geïnterpreteerd, konden twee series worden uitgevoerd : één met een diameter van 106 mm en een andere met een diameter van 165 mm.

Figuur 2 vat de geboekte resultaten samen. De trilsnelheid (uitgedrukt in mm/s) volgt een algemene wet van het type :

$$V = k (D / \sqrt{CM})^\alpha$$

waarin D de afstand in meter is tussen de plaats van het schieten en de meetplek ; CM is de lading in kg van de hoogst geladen reeks ; V is de snelheid in millimeter per seconde ; k en α zijn constanten.

Deze wet kan als volgt worden voorgesteld :

$$\log V = \alpha \log (D / \sqrt{CM}) + \log k$$

De meetcampagne is als begrensd te beschouwen : 28 schoten in een diameter van 106 mm en 18 in een diameter van 165 mm.

Figuur 2 geeft twee wetten :

de ene voor de diameter van 106 mm :

$$V = 122,71 (D / \sqrt{CM})^{-1,5}$$

de andere voor de diameter van 165 mm :

$$V = 108,21 (D / \sqrt{CM})^{-1,28}$$

met correlatiecoëfficiënten (R^2) van respectievelijk 0,70 en 0,68.



Possibilités d'utilisation de chaînes à molettes pour le havage des roches en carrières

Gebruiksmogelijkheden voor kettingen met kabelschijven voor het ondersnijden van stenen in steengroeven

J. BRYCH *, B. NEERDAEL* et M. PILATI **

RESUME

Au mois de mars 1974, MM. Brych et Došek ont déposé en Belgique un brevet d'invention « Outil pour les machines à découper les roches » (Brevet n° 811806), envisageant l'introduction d'outils rotatifs sur les chaînes de haveuse.

Suite à de nombreux essais effectués, d'une part au laboratoire de forage profonds, techniques exploratoires et mécanique des roches de la Faculté Polytechnique de Mons et, d'autre part, au Centre T.S.I.R.A. à Charleroi, ce dernier a pris en charge le développement du prototype de la chaîne à molettes. A l'heure actuelle, un certain nombre de problèmes technologiques restent à résoudre avant de pouvoir envisager l'industrialisation de ce procédé.

* Respectivement Professeur et Chercheur à la Faculté Polytechnique de Mons, rue du Joncquois, 53, B-7000 Mons.

** Assistant, responsable technique du Centre T.S.I.R.A., boulevard Rouillier, 1, B-6000 Charleroi.

SAMENVATTING

Tijdens de maand maart 1974 hebben de heren Brych en Došek in België een uitvindingsoctrooi neergelegd « Werktuig voor machines voor het doorsnijden van gesteenten » (Octrooi nr. 811806), waarmee wordt beoogd, ronddraaiende werktuigen op de kettingen van ondersnijmachines aan te brengen.

Als gevolg van tal van proefnemingen die enerzijds in het laboratorium voor diepe boringen, exploratietechnieken en gesteentemechanica van de « Faculté Polytechnique de Mons » en anderzijds in het TSIRA-Centrum te Charleroi werden uitgevoerd, werd laatstgenoemd centrum belast met de ontwikkeling van het prototype van de ketting met kabelschijven. Op dit ogenblik dienen nog een aantal technologische problemen opgelost te worden vooraleer aan de productie op industriële schaal van dit procédé kan gedacht worden.

* Respectievelijk Professor en Vorser aan de « Faculté Polytechnique de Mons », Rue du Joncquois 53, B-7000 Mons.

** Assistent, technisch verantwoordelijke van het TSIRA-Centrum, Boulevard Rouillier 1, B-6000 Charleroi.

ZUSAMMENFASSUNG

Im März 1974 haben die Herren Brych und Došek in Belgien ein Patent (Nr. 811806) angemeldet mit dem Titel « Werkzeug für die Gesteinschneidmaschinen », das die Einführung von Rotationswerkzeugen auf den Schrämmaschinenketten vorsieht.

Im Anschluß an zahlreiche Versuche, die einerseits im Laboratorium für Tiefbohrungen, Ausbeutungstechniken und Mechanik des Gesteins der Polytechnischen Fakultät von Bergen, und andererseits im T.S.I.R.A.-Zentrum in Charleroi durchgeführt wurden, hat dieses letztere Zentrum die Entwicklung des Prototyps der Molettenkette übernommen. Gegenwärtig ist noch eine gewisse Anzahl von technologischen Problemen zu lösen, bevor an eine Industrialisierung dieses Verfahrens gedacht werden kann.

L'idée d'introduire un outil rotatif sur une chaîne de haveuse en carrières fait son apparition au moment où un certain nombre de problèmes sont soulevés par les exploitants des carrières de roches très résistantes utilisant des haveuses, dont les chaînes sont équipées de pics classiques en carbure de tungstène.

A l'époque, le faible métrage réalisé entre deux affûtages de ces chaînes, la puissance nécessaire au découpage sans cesse croissante en fonction du temps et un prix de revient du mètre scié assez élevé étaient en effet des éléments suffisamment parlants pour que l'on doive chercher d'autres solutions pour le découpage des roches dures en carrières.

En utilisant les pics classiques en carbure de tungstène, la géométrie du tranchant se modifie très rapidement, dès les premiers contacts du pic avec la roche ; la dépouille s'use plus vite que l'avant de la dent, et la poussée nécessaire sur la chaîne doit nécessairement augmenter si la performance de découpage doit être maintenue constante.

L'ampérage dû à la rotation de la chaîne et à la translation de la machine augmente pour atteindre la limite de déclenchement des moteurs. Le processus de découpage s'arrête, la poussée nécessaire sur la chaîne dépasse la capacité de la haveuse, et l'on doit procéder au réaffûtage des pics.

Une amélioration importante du processus de découpage devait nécessairement apporter l'introduction sur le marché, des pics autoaffûtants, signalés par J. Brych dans les Annales des Mines de Belgique (février 1975) [1].

SUMMARY

In March 1974, Brych and Dosek lodged in Belgium a patent for « A tool for rock-cutting machines » (Patent N° 811806), which envisaged the use of rotating tools on cutter chains.

A large number of trials has been carried out by 1) the deep-drilling, exploration methods and rock mechanics laboratory of the Polytechnic Faculty of Mons and 2) by the T.S.I.R.A. Centre at Charleroi; the latter has now begun development of the prototype of a roller-bit chain. A number of technological problems still have to be solved before industrial production can be envisaged.

De idee om een ronddraaiende beitel aan te brengen op een ketting van een ondersnijmachine in steengroeven is opgedoken op het ogenblik dat een aantal problemen te berde werden gebracht door uitbaters van steengroeven met zeer harde gesteenten, waar ondersnijmachines worden gebruikt waarvan de kettingen uitgerust zijn met klassieke beitels uit wolframcarbide.

Op dat ogenblik waren de geringe lengte tussen twee scherpingen van deze kettingen, het vermogen dat nodig was voor het snijden dat steeds toenam naargelang van de tijd, en een vrij hoge kostprijs per gezaagde meter immers voldoende sprekende elementen om andere oplossingen te zoeken voor het snijden van harde gesteenten in steengroeven.

Door gebruik te maken van de klassieke beitels uit wolframcarbide wordt de geometrie van de snijkant snel gewijzigd vanaf de eerste contacten van de beite met het gesteente ; de schuurtrommel verslijt veel vlugger dan de voorkant van de tand, en de nodige druk op de ketting dient noodzakelijkerwijze te worden opgevoerd wil men de snijprestaties op peil houden.

De stroomsterkte als gevolg van het ronddraaien van de ketting en de overbrenging van de machine neemt toe tot de grens waarbij de motor wordt uitgeschakeld. Het snijdingsproces valt stil, de nodige druk op de ketting overschrijdt de capaciteit van de snijmachine en de beitels dienen opnieuw te worden aangescherpt.

Een belangrijke verbetering van het snijdingsproces diende noodzakelijkerwijze te komen van het op de markt brengen van zelscherpende beitels, waarvan J. Brych melding maakt in de Annalen der Mijnen van België (februari 1975) [1].

Il va sans dire qu'au départ, l'outil autoaffûtant suscitait un certain nombre de contestations, parce que l'introduction sur la chaîne, de pics apparemment désaffûtés déjà au départ de leur travail, n'était pas quelque chose de très courant dans le domaine du découpage de la pierre en carrières, bien que le principe du travail des outils autoaffûtants ait pu être démontré par quelques modestes expérimentations en carrières dont les résultats ont fait l'objet de publication (cf. J. Brych, Annales des Mines de Belgique, février 1975) [1].

Ce n'est que grâce à l'effort considérable de la société « General Electric » que des plaquettes très minces en matériaux très durs, brasées sur un support en carbure, ont pu être fabriquées et que l'industrialisation dans le domaine des pics autoaffûtants a véritablement commencé.

L'introduction industrielle des pics autoaffûtants sur les chaînes de haveuse est un progrès très important dans le domaine du sciage des roches. Mais en analysant le processus de découpage de ces derniers, on se rend vite compte que le frottement joue toujours un rôle très important et que de ce fait, surtout en ce qui concerne la catégorie des roches très résistantes, les problèmes de rentabilité liés à l'utilisation de ce type de chaîne peuvent de nouveau poser un certain nombre de problèmes et cela, malgré les performances très favorables enregistrées jusqu'à présent.

Grâce à la bienveillance et la grande compréhension de la direction des carrières Gauthier-Wincqz à Soignies, le petit granit a pu être étudié d'une manière très détaillée au point de vue de sa destructibilité par les outils de coupe, tant au laboratoire qu'in situ.

Nous profitons de cette occasion pour rappeler quelques données fondamentales concernant son comportement mécanique [2].

En interprétant l'essai de poinçonnage (fig. 1 et tabl. I) dont la moyenne générale a été déterminée sur base de 50 essais, on déduit les valeurs numériques des différents paramètres de poinçonnage.

Quant à sa résistance au cisaillement par poinçonnage et au volume de la roche détruite en fonction de la distance de la rainure, le petit granite a pu être caractérisé comme suit (fig. 2).

A titre de comparaison, une série d'essais de découpage du petit granit, sur un banc d'essais au laboratoire, a été effectuée, d'une part, sur les pics autoaffûtants (fig. 4) munis de plaquettes de 0,8 mm d'épaisseur et de 8 mm de côté (il s'agit des pics utilisés auparavant pour les essais in situ) et sur des pics classiques à angle de coupe positif et négatif, et, d'autre part, sur les outils autoaffûtants rotatifs (moulettes suivant le brevet de J. Brych et J. Došek [3]).

Het spreekt vanzelf dat het zelscherpende werktuig in het begin betwistingen uitlokte, aangezien het aanbrengen op de ketting van beitels die reeds op het ogenblik dat ze in werking treden blijkbaar ongescherp zijn, niet erg gebruikelijk was op het vlak van het snijden van stenen in steengroeven, hoewel het principe van de werking van zelscherpende werktuigen kan worden aangetoond door enkele eenvoudige proeven in steengroeven. De resultaten hiervan werden gepubliceerd (cfr J. Brych, Annalen der Mijnen van België, februari 1975) [1].

Dank zij het opzoekingswerk van de maatschappij « General Electric » konden er zeer dunne plaatjes uit zeer harde materialen, gelast op een onderstel uit metaalcarbide, worden vervaardigd. Van dan af is de echte toepassing op industriële schaal van zelscherpende beitels begonnen.

Het aanbrengen van zelscherpende beitels op de kettingen van ondersnijmachines, toegepast op industriële schaal, betekent een belangrijke vooruitgang op het vlak van het doorzagen van gesteenten. Bij het analyseren van het snijdingsproces van deze laatste geeft men zich evenwel vlug rekenschap dat de wrijving nog steeds een zeer belangrijke rol speelt, en dat er bij de categorie zeer harde gesteenten opnieuw een aantal problemen kunnen rijzen met betrekking tot de rentabiliteit van het gebruik van dit soort kettingen, zelfs ondanks de zeer gunstige resultaten die tot nu toe werden opgetekend.

Dank zij de welwillende medewerking en de begrijpende houding van de directie van de steengroeven Gauthier-Wincqz te Soignies kon de hardsteen zeer nauwkeurig worden bestudeerd op het vlak van de afbouw mogelijkheden met behulp van snijwerktuigen, zowel in het laboratorium als in situ.

Wij maken van de gelegenheid gebruik om te herinneren aan enkele fundamentele gegevens over het mechanische gedrag [2].

Uit de interpretatie van de indringingsproeven (fig. 1 en tabel I) waarvan het algemeen gemiddelde werd bepaald op grond van 50 proeven, worden cijferwaarden afgeleid van de verschillende indringingsparameters. Voor wat zijn breeksterkte bij indringing, en het gesteentevolume dat in functie van de afstand van de groef werd vernietigd betreft, kan de hardsteen als volgt worden gekenmerkt (fig. 2).

Ter vergelijking werd een reeks snijproeven op hardsteen uitgevoerd op een proefbank in het laboratorium. Deze proeven werden enerzijds uitgevoerd op zelscherpende beitels (fig. 4) met plaatjes met een dikte van 0,8 mm en met 8 mm zijde (de beitels werden vooraf bij de in situ-proeven gebruikt) en op klassieke beitels met positieve en negatieve snijhoek, en anderzijds werden ze uitgevoerd op zelscherpende draaiende werktuigen (kabelschijven volgens het octrooi van J. Brych en J. Došek [3]).

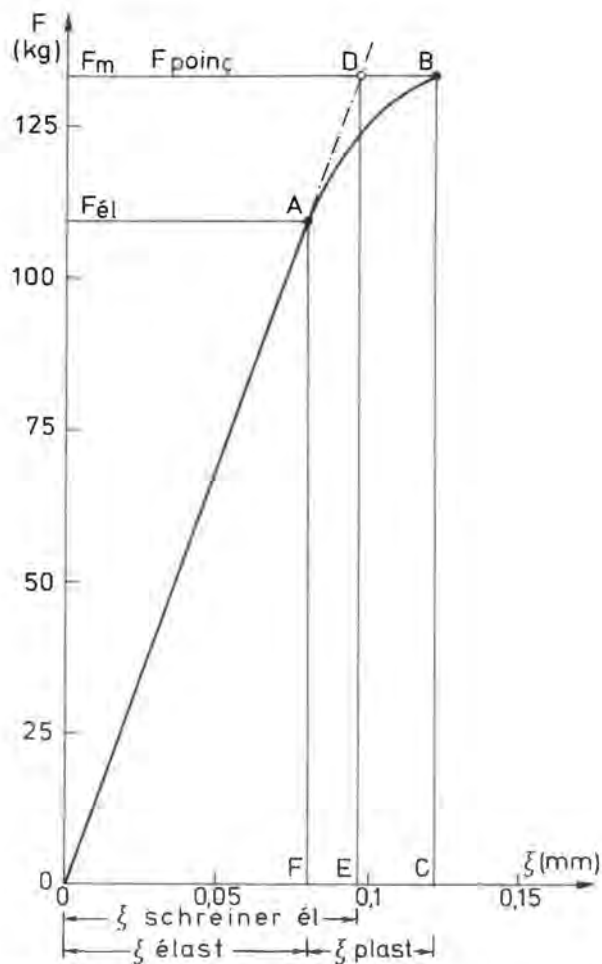


Fig. 1 — Petit granit de Soignies - résistance au poinçonnage (courbe moyenne)

Hardsteen van Soignies - indringingsweerstand (gemiddelde curve)
 VMCH = $571,41 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{s}$
 Poinçon = stempel $\Phi 1,1 \text{ mm}$
 $\sigma_{\text{schr.}} = 139,93 \text{ kg/mm}^2$

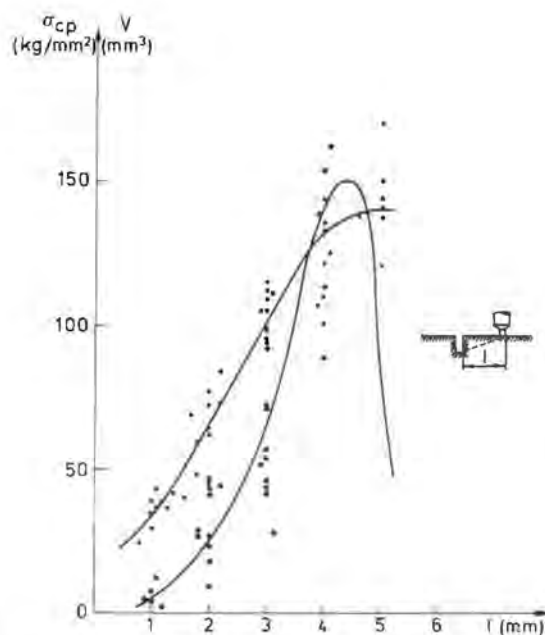


Fig. 2 — Petit granit de Soignies - résistance au cisaillement par poinçonnage

Hardsteen van Soignies - breekweerstand door indringing
 VMCH = $571,41 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{s}$
 Poinçon = stempel $\Phi 1,1 \text{ mm}$

TABEAU I

Interprétation des essais de poinçonnage du petit granit (sur base de 50 essais)

Symbole	Désignation	Valeur
σ_p	Résistance au poinçonnage	139,93 kg/mm ²
σ_{e_i}	Limite élastique	115,07 kg/mm ²
E_{s_i}	Module d'élasticité	133.800 kg/cm ²
T_{e_i}	Travail élastique	0,005272 kgm
T_{TD}	Travail total de destruction	0,008863 kgm
T_{spec}	Travail spécifique de contact	0,0105 kgm/mm ²
T_{vD}	Travail volumétrique de destruction	0,018062 kgm/mm ³
C_{pl}	Coefficient de plasticité	1,890
$\sigma_{\text{Red}} (*)$	Résistance réduite au poinçonnage $\sigma_{\text{Red}} = \sigma_p \sqrt{C_{pl}}$	182,4 kg/mm ²

(*) Des essais précédents basés sur un plus petit nombre d'échantillons avaient donné pour

σ_{Red} la valeur de 215 kg/mm² [1].

TABEL I

Interpretatie van de indringingsproeven bij hardsteen (op grond van 50 proeven)

Symbol	Betekenis	Waarde
σ_p	Indringingsweerstand	139,93 kg/mm ²
σ_{e_i}	Elasticiteitsgrens	115,07 kg/mm ²
E_{s_i}	Elasticiteitsmodulus	133.800 kg/cm ²
T_{e_i}	Elasticiteitswerk	0,005272 kgm
T_{TD}	Totaal destructiewerk	0,008863 kgm
T_{spec}	Specifiek contactwerk	0,0105 kgm/mm ²
T_{vD}	Volumetrisch destructiewerk	0,018062 kgm/mm ³
C_{pl}	Plasticiteitscoëfficiënt	1,890
$\sigma_{\text{Red}} (*)$	Verminderde indringingsweerstand $\sigma_{\text{Red}} = \sigma_p \sqrt{C_{pl}}$	182,4 kg/mm ²

(*) Voorafgaande proeven die steunden op een kleiner aantal monsters leverden voor

σ_{Red} de waarde van 215 kg/mm² op [1].

Le processus de découpage a été suivi et enregistré au moyen d'un enregistreur oscillographique UV-Visicorder de Honeywell. Sur base de 5 à 10 essais par outil, on a calculé pour chaque angle de coupe l'effort moyen et l'effort maximum (fig. 3).

Les figures 4bis, 5, 6, 7, 8, 9, 10 et 11, 11bis donnent l'évolution des efforts de coupe lors du découpage d'un bloc de petit granit au laboratoire (la longueur N des blocs découpés était de 20 cm, la vitesse de découpage de 0,25 m/s et la profondeur de passe de 0,216 mm).

Het snijproces werd met een oscillografisch registreertoestel UV-Visicorder van Honeywell gevolgd en geregistreerd. Op basis van 5 tot 10 proefnemingen per werktuig werd voor elke snijhoek de gemiddelde en de maximumbelasting berekend (fig. 3).

De figuren 4bis, 5, 6, 7, 8, 9, 10 en 11, 11bis geven de evolutie van de snijbelastingen bij het doorsnijden van een blok hardsteen in het laboratorium (de lengte N van de doorsneden blokken bedroeg 20 cm, de snijsnelheid bedroeg 0,25 m/s en de snijdiepte bedroeg 0,216 mm).

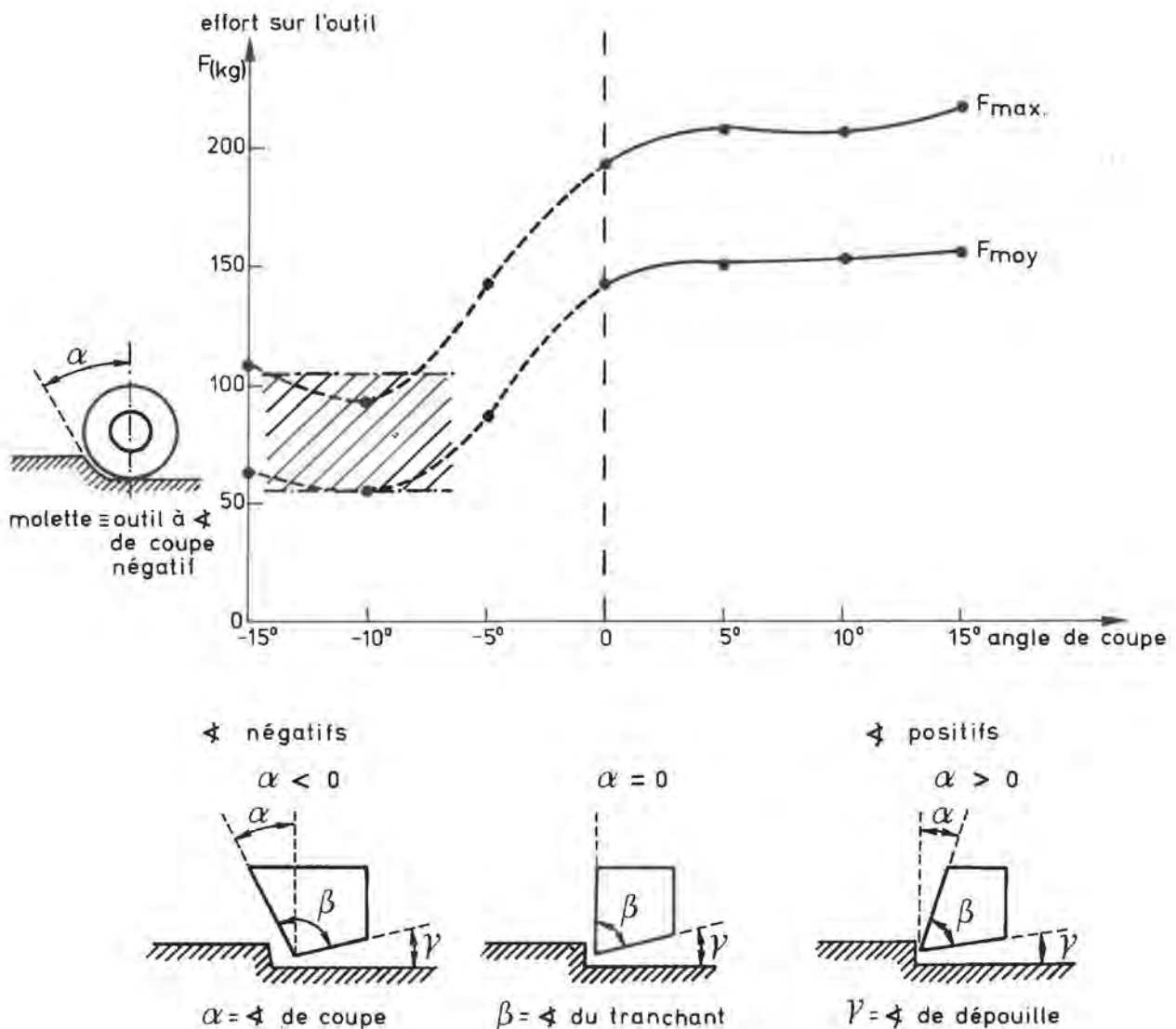


Fig. 3 — Petit granit de Soignies - efforts de coupe en fonction des angles de coupe

Hardsteen van Soignies - snijbelastingen in functie van de snijhoeken

Effort... = belasting op het werktuig

Molette... = kabelschijf - werktuig met negatieve snijhoek

$\alpha = <$ snijhoek — $\beta = <$ van de snijkant — $\gamma = <$ stelhoek

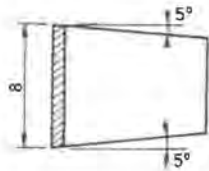
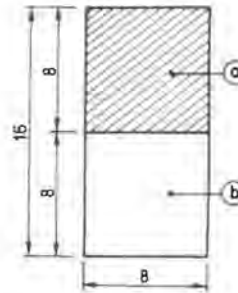
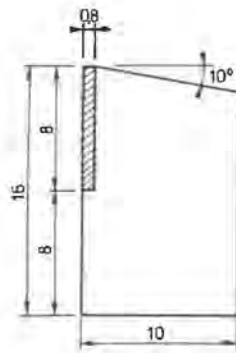


Fig. 4 — Pics autoaffûtants expérimentaux
 a - plaquette CTGST brasée sur l'acier
 b - support en acier à 45-50 kg/mm²
Experimentele zelfslipende beitels
 a - CTGST-plaatje dat op het staal gelast is
 b - stalen onderstel van 45-50 kg/mm²

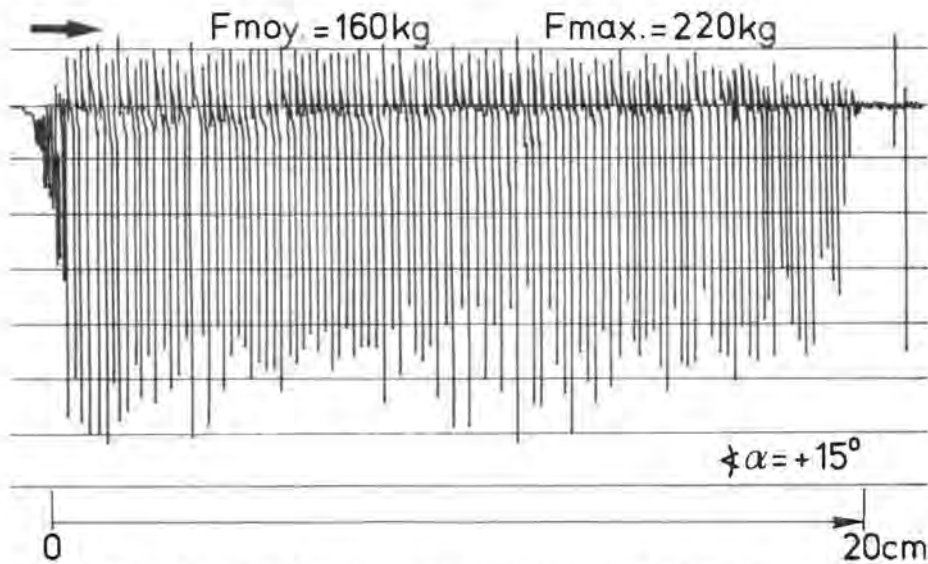


Fig. 4bis — Petit granit de Soignies - efforts de coupe par outils dont l'angle est de + 15°
Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met + 15°

Pour chaque outil testé, on obtient un profil bien caractéristique représentant la répartition de l'effort sur l'outil, tout au long de la roche découpée. Les enregistrements suivants illustrent les phénomènes de découpage pour une vitesse de déroulement du papier de 2 cm/s (avec un effort de 33,50 kg/cm en ordonnée).

On y remarque que, pour les angles de coupe nuls (fig. 7) (130 à 170 cycles), l'effort est plus ou moins uniformément réparti. Dans le cas des angles positifs (fig. 4bis, 5, 6) (80 à 100 cycles), on constate une certaine homogénéité des efforts.

Voor elk werktuig dat beproefd wordt verkrijgt men een apart profiel waarop de belasting van het werktuig over de hele lengte van het doorsneden gesteente wordt weergegeven. De volgende opnamen illustreren de doorsnijdingsverschijnselen bij een rolsnelheid van het papier die 2 cm/s bedraagt (met een belasting van 33,50 kg/cm in de ordinaat).

Er kan in opgemerkt worden dat de belasting min of meer gelijkvormig verdeeld is wanneer de snijhoeken gelijk zijn aan nul (fig. 7) (130 tot 170 cyclussen). Wanneer de snijhoeken positief zijn (fig. 4bis, 5, 6) (80 tot 100 cyclussen) kan een zekere gelijkmatigheid van de belastingen vastgesteld worden.

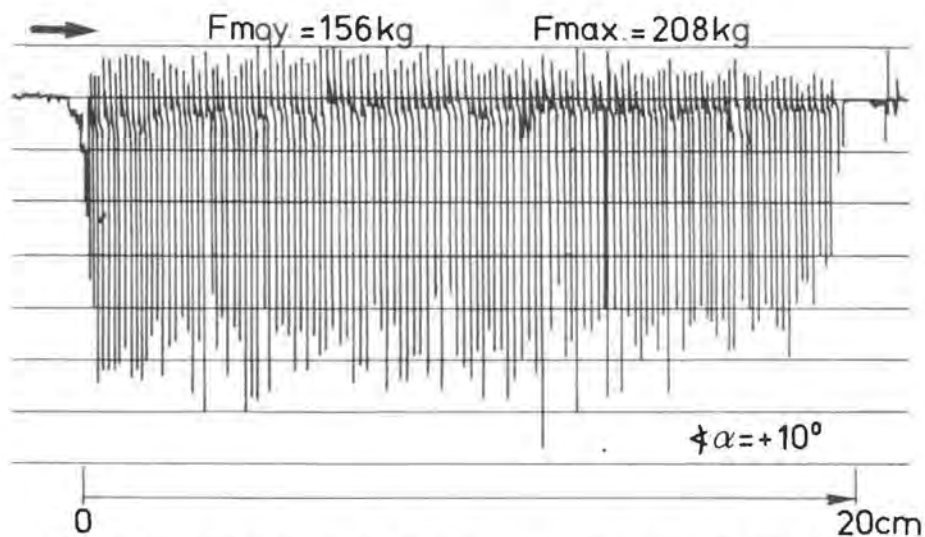


Fig. 5 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outils dont l'angle est de $+ 10^\circ$
 Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met $+ 10^\circ$

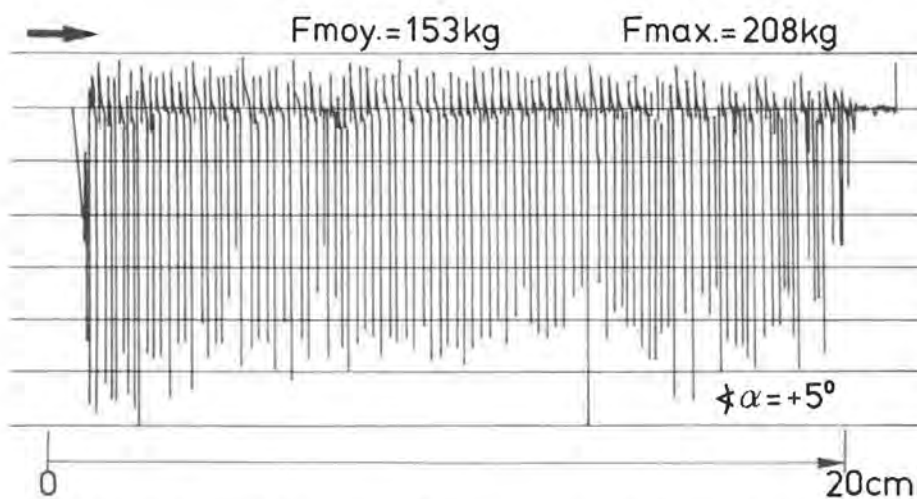


Fig. 6 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outils dont l'angle est de $+ 5^\circ$
 Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met $+ 5^\circ$

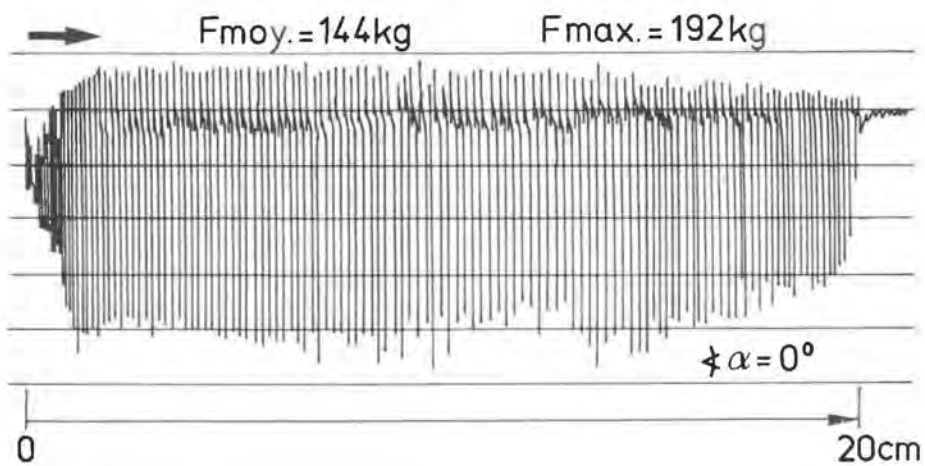


Fig. 7 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outils dont l'angle est de 0°
 Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met 0°

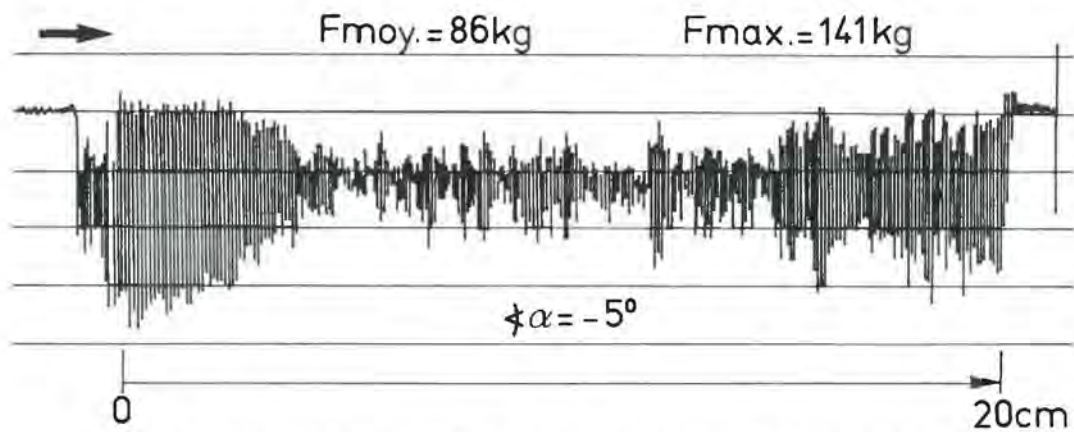


Fig. 8 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outils dont l'angle est de -5°
 Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met -5°

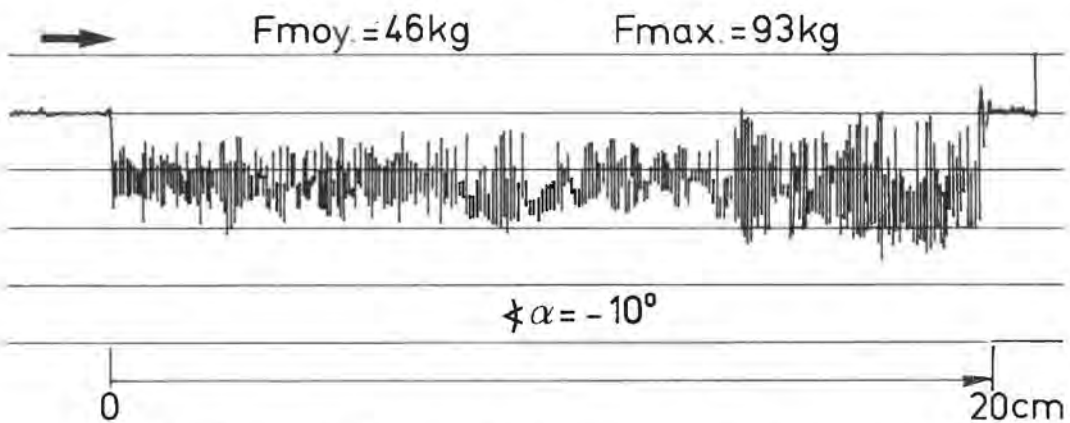


Fig. 9 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outils dont l'angle est de -10°
 Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met -10°

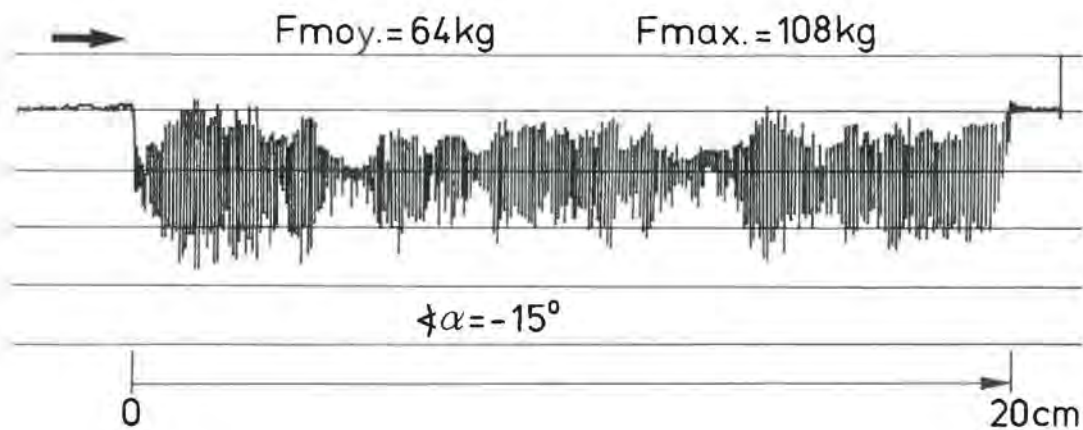


Fig. 10 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outils dont l'angle est de -15°
 Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met -15°

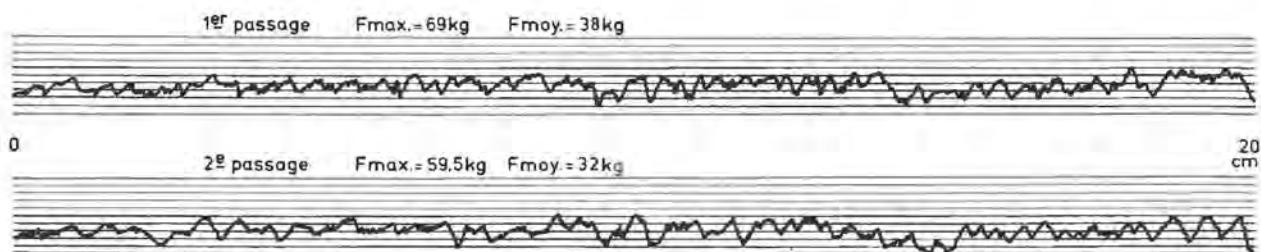


Fig. 11 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outil à molettes
Hardsteen van Soignies - snijbelastingen door werktuig met kabelschijven

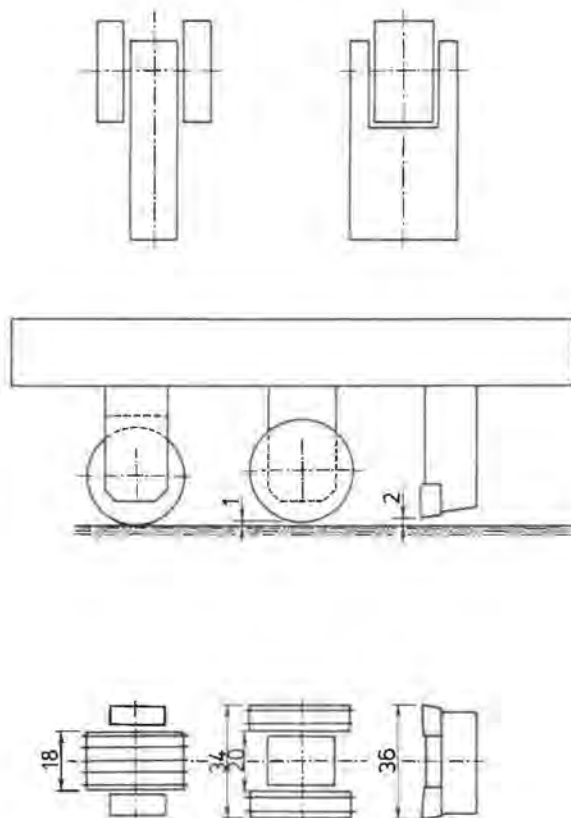


Fig. 11 bis — Les outils à molettes n° 1 et n° 2 testés sur banc d'essais au laboratoire
Werktuigen met kabelschijven nr. 1 en nr. 2, beproefd op proefbank in het laboratorium

Dans le cas des angles négatifs (fig. 8, 9, 10) (300 oscillations environ), on constate une irrégularité des efforts tout au long de la roche découpée (surtout pour les angles de -5° et -15°).

Quant aux outils à molettes (fig. 11), ils se comportent d'une façon analogue aux outils à angle de coupe négatif, ce qui confirme, dans ce cas précis, la valeur de l'effort de coupe qui a été mesurée lors d'expérimentations en laboratoire de forages, techniques exploratoires profondes et mécanique des roches de la Faculté Polytechnique de Mons.

Bij negatieve hoeken (fig. 8, 9, 10) (ongeveer 300 trillingen) wordt een zekere regelmaat van de belastingen over de hele lengte van het doorsneden gesteente vastgesteld (vooral voor de hoeken van -5° en -15°).

De werktuigen met kabelschijven (fig. 11) van hun kant vertonen een gelijkaardig gedrag als dat van de werktuigen met negatieve snijhoek. Hierdoor wordt in dit geval de waarde van de snijbelasting bevestigd, die gemeten werd tijdens proeven in het laboratorium voor boringen, exploratietechnieken op grote diepte en gesteentemechanica van de « Faculté Polytechnique de Mons ».

A la figure 2, nous avons montré, pour le petit granit de Soignies, la variation de la résistance au cisaillement par poinçonnage, en fonction de l'éloignement du poinçon par rapport au bord de la rainure.

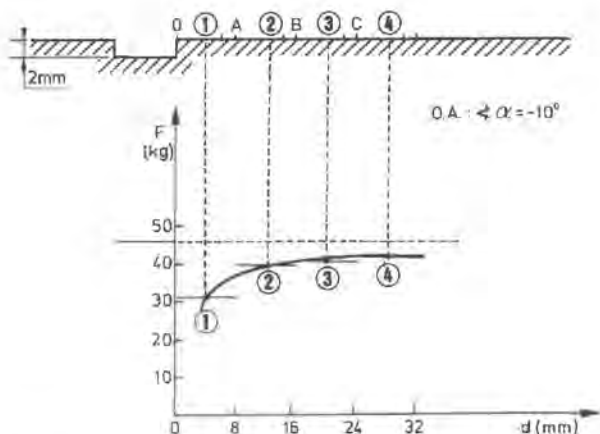
Pour démontrer la liaison entre ce test relativement simple de laboratoire et le processus de découpage, on a choisi l'outil autoaffûtant (plaquette 0,8-8 mm) à angle de coupe négatif (-10°). Une rainure de base de 2 mm de profondeur a été préalablement exécutée. On a mesuré l'effort nécessaire au découpage d'une passe de 0,216 en surface, successivement au bord de la rainure et à des distances égales à 1, 2 et 3 fois la largeur de l'outil. Ces essais effectués un assez grand nombre de fois ont permis le calcul d'une moyenne valable.

On obtient le graphique de la figure 12 où l'on retrouve une courbe analogue au cisaillement par poinçonnage (de la figure 2), ce qui peut être considéré comme vérification expérimentale dans ce domaine.

Nous basant sur les considérations théoriques et les résultats expérimentaux qui viennent d'être exposés, nous pensons que la chaîne à molettes doit trouver une place dans la gamme d'outils de havage, à condition de pouvoir résoudre encore quelques problèmes d'ordre technologique liés à l'industrialisation de ce procédé.

Le Centre T.S.I.R.A. a pris en charge la transposition semi-industrielle d'une chaîne prototype munie d'outils rotatifs, suivant le brevet de J. Brych et J. Došek (fig. 13-14).

Le programme de transposition a été subdivisé en plusieurs phases. Après avoir étudié dans une première phase (fig. 11 bis) la géométrie, la résistance et la disposition des poinçons, et dans une deuxième phase, la confirmation in situ de l'efficacité du processus de destruction du petit granit de Soignies, le Centre T.S.I.R.A. a entrepris dans les phases III et IV l'étude d'une première chaîne expérimentale industrielle.



In figuur 2 hebben we de wijziging van de breeksterkte bij indringing in functie van de afstand van de stempel tot de rand van de groef gegeven voor de hardsteen van Soignies.

Ten einde het verband tussen deze relatief eenvoudige laboratoriumproef en het versnijdingsproces aan te tonen werd het zelfscherpend werktuig (plaatje 0,8-8 mm) met negatieve snijhoek (-10°) gekozen. Er werd vooraf een basisgroef met een diepte van 2 mm gemaakt. De kracht die nodig is voor het doorsnijden van een diepte van 0,216 vanaf het oppervlak werd achtereenvolgens gemeten op de rand van de groef en op afstanden die 1, 2 en 3 keer de breedte van het gereedschap bedroegen. Deze proeven werden vrij dikwijls uitgevoerd, en ze maakten de berekening van een goed gemiddelde mogelijk.

Wij krijgen de grafiek van figuur 12 waarin we een curve vinden met een verloop dat gelijkaardig is met de snijding door indringing (van figuur 2) hetgeen als een proefondervindelijke controle op dit vlak kan beschouwd worden.

Uitgaande van de theoretische beschouwingen en van de proefondervindelijke resultaten waarover hier een uiteenzetting werd gegeven menen we dat de ketting met kabelschijven zeker haar plaats verdient in de reeks ondersnijwerktuigen. Hiervoor moeten evenwel nog enkele technologische problemen in verband met de toepassing op industriële schaal van dit procédé opgelost worden.

Het Centrum TSIRA heeft de verwezenlijking op semi-industriële schaal van een prototype van een ketting met draaiende werktuigen volgens het octrooi van J. Brych en J. Došek (fig. 13-14) op zich genomen.

Het programma hiervoor werd in verschillende fasen verdeeld. In een eerste fase (fig. 11 bis) bestudeerde het Centrum TSIRA de geometrie, de weerstand en de plaatsing van de stempels, en in een tweede fase werd de doeltreffendheid van het proces van de vernietiging van de hardsteen van Soignies in situ nagegaan. In de fasen III en IV werd dan de studie van een eerste experimentele ketting op industriële schaal uitgevoerd.

Fig. 12 — Petit granit de Soignies - variations de l'effort de coupe en fonction de la distance de la saignée de 2 mm de profondeur effectuée par l'outil n° 1

Hardsteen van Soignies - schommelingen van de snijbelasting in functie van de afstand tot de insnijding van 2 mm diepte die door werktuig nr. 1 werd uitgevoerd

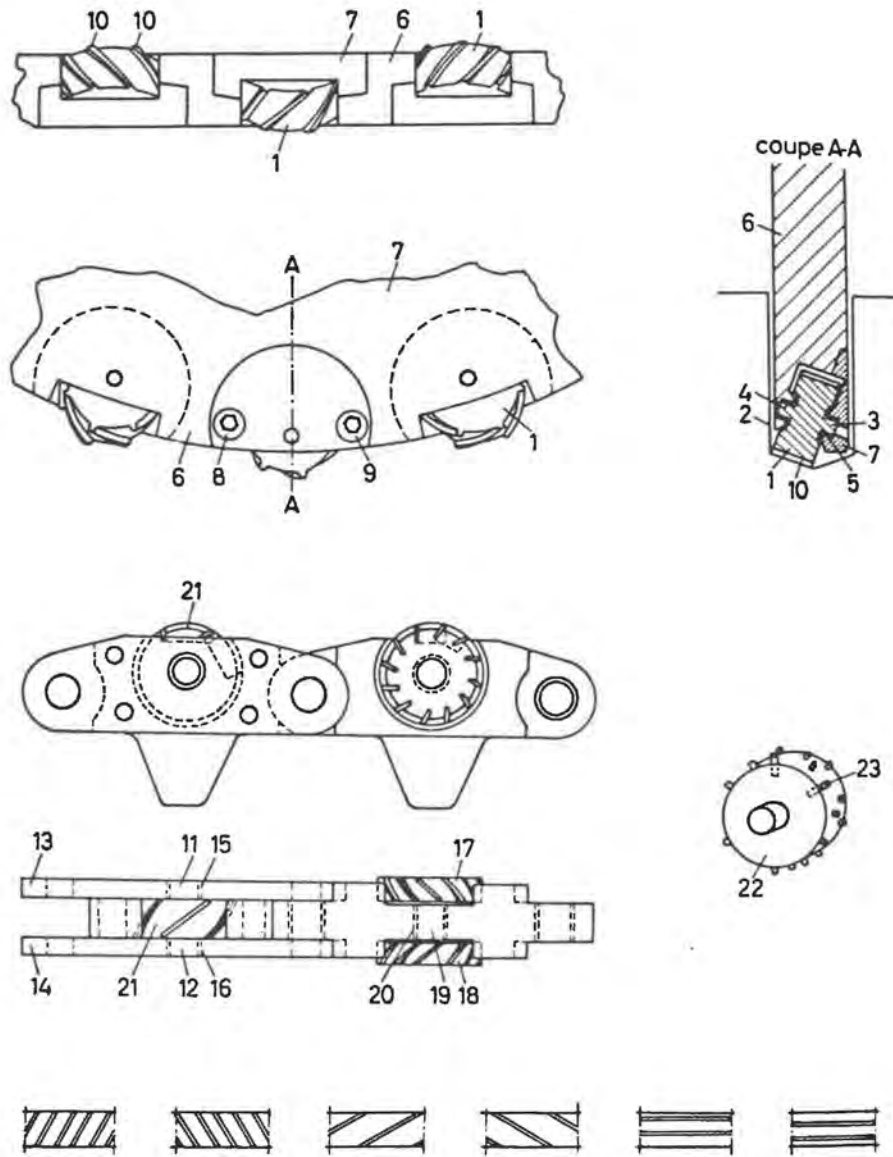


Fig. 13 et 14 — Chaîne à molettes - différentes variantes de construction (d'après Brych et Došek)
 Ketting met kabelschijven - verschillende bouwvarianten (volgens Brych en Došek)



Fig. 15 — Disque muni des molettes monté sur une fraiseuse
 Schijf met kabelschijven gemonteerd op een freesmachine

Les résultats des phases I et II étant pleinement encourageants, il a été décidé en troisième phase de réaliser un disque muni de molettes, afin de résoudre le problème d'usure des axes des molettes observée en phase II (fig. 15).

Le problème était, en effet, de trouver un coussinet capable de résister aux pressions s'exerçant sur l'axe de la molette, et pouvant travailler sans lubrification in situ (eau + poussière de roche).

Le disque a été monté sur une fraiseuse et le découpage de blocs de petit granit ou de marbre avait le caractère d'un travail de coupe continu.

Actuellement, ce dispositif expérimental nous a permis d'estimer la longueur de vie des paliers, des molettes et du dispositif de raclage de la saignée. On constate que la durée de vie des coussinets est de 40 heures (ce qui représente une semaine de travail). Les molettes, les poinçons et le système de raclage résistent actuellement à plus de 150 heures de travail, sans être complètement détériorés.

Parallèlement à ces travaux expérimentaux aux laboratoires du Centre T.S.I.R.A., viennent de commencer dans une quatrième phase, les essais en carrières de la chaîne expérimentale (fig. 16 et 17). Qu'il nous soit permis de rendre publiquement hommage à la direction des carrières Gauthier-Wincqz à Soignies, et plus particulièrement à MM. Abraham, Gauthier et Tacquet qui, de par leur disponibilité et leur esprit d'avant-garde, nous ont permis d'entreprendre ces essais in situ.

Le but de ces premiers essais n'est pas d'établir une performance, mais seulement de démontrer la fiabilité du procédé et la bonne tenue mécanique in situ de l'ensemble.

Actuellement, le métrage réalisé en carrière est au total de l'ordre de 10 m² (2 essais de reprise de saignées existantes, 1 essai avec pénétration), avec une vitesse de rotation de la chaîne de $\pm 1,5$ m/s.



Aangezien de fasen 1 en 2 erg hoopgevend waren werd beslist, in de derde fase een schijf met kabelschijven te verwezenlijken, teneinde het probleem van de slijtage van de kabelschijfassen, dat in de 2de fase werd waargenomen, op te lossen (fig. 15).

Het was namelijk moeilijk om een lager te vinden die bestand is tegen de druk op de as van de kabelschijf, en die zonder smering in situ kan werken (water + gesteentestof).

De schijf werd op een freesmachine gemonteerd, en het doorsnijden van hardsteen of marmer verliep als een doorlopend snijwerk.

Door dit experimentele toestel konden we de levensduur van de lagers, van de kabelschijven en van het schraaptoestel voor de insnijding schatten. De levensduur van de lagers bedraagt 40 uren (hetgeen overeenkomt met een werkweek). De kabelschijven, de stempels en het schraapsysteem gaan op dit ogenblik meer dan 150 werkuren mee, zonder volledig versleten te zijn.

Parallel met deze proefondervindelijke werkzaamheden in de laboratoria van het Centrum TSIRA werd zopas in een vierde fase begonnen met het uittesten van de experimentele ketting in groeven (fig. 16 en 17). We wensen de directie van de groeven Gauthier-Wincqz te Soignies, meer bepaald de heren Abraham, Gauthier en Tacquet, te danken omdat ze deze in situ-proefneming door hun welwillende medewerking en hun dynamisme hebben mogelijk gemaakt.

Deze eerste proefnemingen hebben niet de bedoeling een prestatie te verrichten; ze moeten enkel de betrouwbaarheid van het procédé en de goede mechanische werking in situ aantonen.

Op dit ogenblik worden in de groeve alles tezamen ongeveer 10 m² verwerkt (twee proeven waar reeds bestaande insnijdingen werden gebruikt, 1 proef met indringing), met een draaisnelheid van de ketting die $\pm 1,5$ m/s bedraagt.



Fig. 16 et 17 — Premiers essais en carrières de la chaîne à molettes expérimentale
Eerste proefnemingen in groeven met de experimentele ketting met kabelschijven

Nous attirons l'attention sur le fait qu'un très faible ampérage a été enregistré pendant le travail de la chaîne. Ce dernier reste *constant* pendant toute la durée de l'essai (ampérage à vide ± 20 A — ampérage en pleine charge ± 25 A, haveuse Perrier installée aux carrières Gauthier-Wincqz à Soignies).

La vitesse de sciage de 2 à 2,5 m²/h n'est pas limitative, elle n'est fonction que des possibilités d'utilisation de la machine.

En effet, elle est directement liée au nombre de passages des molettes sur la roche, c'est-à-dire à la vitesse de rotation de la chaîne.

Pour atteindre des rendements de sciage supérieurs, il suffit d'augmenter la vitesse de rotation de la chaîne ; on estime que, pour atteindre des vitesses de sciage de 4 à 5 m²/h, la chaîne devrait tourner à une vitesse de 3 m/s.

Il est à remarquer que le procédé de découpage par chaîne à molettes est très différent du découpage classique, quant à la conduite de la machine. Les réactions entre roches et outils, tant en direction qu'en intensité, sont telles que toute augmentation de la poussée au-delà de la nécessité de poinçonnage peut être néfaste et que c'est sur la vitesse de rotation de la chaîne qu'il faut agir.

Plusieurs problèmes technologiques, liés à l'industrialisation de cette chaîne, restent encore à résoudre ; nous espérons que d'ici quelques mois, tous ces problèmes seront surmontés et que nous pourrions alors commencer les essais de performances.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. BRYCH. Les outils autoaffûtants au service de havage des roches dures. Annales des Mines de Belgique, n° 2, 1975.
- [2] B. NEERDAEL. Contribution à l'étude de la destructibilité des roches dures telles que les calcaires crinoïdiques de Soignies. Faculté Polytechnique de Mons — Travail de fin d'études, juin 1975.
- [3] J. BRYCH et J. DOŠEK. Outil pour les machines à découper les roches (brevet d'invention n° 811806 du 28.03.1974).

We vestigen de aandacht op het feit dat tijdens het werken van de ketting een zeer geringe stroomsterkte werd genoteerd. Deze stroomsterkte blijft gedurende de hele proefneming *constant* (stroomsterkte onbelast ± 20 A — stroomsterkte bij volle belasting ± 25 A, ondersnijmachine Perrier, geplaatst in de groeven Gauthier-Wincqz te Soignies). De zaagsnelheid van 2 tot 2,5 m²/u. is niet beperkend ; zè wordt enkel bedongen door de gebruiksmogelijkheden van de machine.

Ze staat immers rechtstreeks in verband met het aantal doortochten van de kabelschijven op het gesteente of, met andere woorden, met de draaisnelheid van de ketting.

Om hogere zaagrendementen te verkrijgen moet enkel de draaisnelheid van de ketting verhoogd worden ; volgens de ramingen moet de ketting tegen een snelheid van 3 m/s draaien om zaagsnelheden van 4 tot 5 m²/u. te bereiken.

Er dient opgemerkt dat het snijprocédé van de ketting met kabelschijven wat de bediening van de machine betreft sterk verschilt van de klassieke snijmethode. De reacties tussen het gesteente en het werktuig zijn zowel in richting als in intensiteit van die aard, dat elke drukverhoging boven de noodzakelijke indringingsdruk erg nadelig kan zijn, en dat op de draaisnelheid van de ketting moet ingegrepen worden.

Er moeten nog veel technologische problemen opgelost worden die met de toepassing op industriële schaal van deze ketting verband houden ; we hopen dat deze problemen over enkele maanden zullen opgelost zijn, en dat we dan met de prestatieproeven kunnen beginnen.

BIBLIOGRAFIE

- [1] J. BRYCH : Zelfslijpende werktuigen voor het ondersnijden van harde gesteenten. Annalen der Mijnen van België, nr. 2, 1975.
- [2] B. NEERDAEL : Bijdrage tot de studie van de afbreekbaarheid van harde gesteenten als de crinoïdenkalksteen van Soignies. Faculté Polytechnique de Mons - Eindverhandeling, juni 1975.
- [3] J. BRYCH en J. DOŠEK : Werktuig voor machines voor het doorsnijden van gesteenten. (Uitvindingsoctrooi nr. 811806 van 28.03.1974).

Nos remerciements vont d'abord à l'I.R.S.I.A. pour le concours et l'aide financière qu'il nous a apportés et sans lesquels cette importante étude n'aurait pu être menée à bien.

Ils s'adressent ensuite à la Société de la Vieille Montagne, ainsi qu'aux centres ayant si fructueusement participé aux recherches et à leurs représentants au sein de notre Commission de Coordination, pour le souci apporté dans la réalisation de leur contrat et pour les avis et conseils précieux qu'ils n'ont cessé de nous prodiguer au long de ces deux années d'étroite collaboration. Nous citerons pour le C.R.R. : Messieurs J. Reichert, J. Huet et F. Choquet ; pour le C.S.T.C. : Messieurs H. Motteu, C. De Pauw et E. Rousseau ; pour la F.S.A.E. : Messieurs R. Impens et R. Paul ; pour l'INIEX : Messieurs P. Ledent et R. Bonsang ; pour la S.A. Dumont-Wautier : Madame Mignolet, et pour l'U.C.C.D. : Messieurs Ph. Dumont, A. Dispas et P. Amand.

...

Il nous est agréable de pouvoir dire que la réalisation de cette étude a permis à l'U.C.C.D. d'atteindre ses objectifs :

- d'une part, la découverte de divers procédés d'utilisation et/ou de transformation des boues sulfiteuses qui, transposés au plan industriel, permettront la valorisation de ces sous-produits ;
- d'autre part, la promotion de la technique de désulfuration des gaz à la chaux auprès des administrations et des industries concernées.

Nous voulons croire que la modeste pierre que nous apportons à l'immense édifice que représente la sauvegarde de l'environnement puisse, dans un avenir proche, contribuer à une amélioration de cette qualité de la vie que nous poursuivons tous.

1. AVANT-PROPOS

Dans la plupart des pays industrialisés, le dioxyde de soufre (SO_2) est considéré comme un des plus dangereux polluants atmosphériques. Les effets néfastes du SO_2 sur la santé sont bien connus. Il est admis qu'une concentration moyenne annuelle à l'immission de $100 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ est excessive. Des études épidémiologiques menées aux Etats-Unis dans la région de New York ont montré une corrélation significative entre la concentration en SO_2 et le taux de mortalité journalière. Celui-ci était de 1,5 % en dessous du taux prévu, pour des concentrations en

In eerste instantie gaat onze dank naar het I.W.O.N.L. voor zijn medewerking en financiële steun waarzonder deze belangrijke studie niet tot een goed einde zou zijn gebracht.

Onze dank wensen wij vervolgens te betuigen aan de Société de la Vieille Montagne evenals aan de centra die zo vruchtbaar hebben meegewerkt aan de onderzoeken, en aan hun afgevaardigden in onze Coördinatiecommissie voor de zorg waarmee zij hun contract hebben uitgevoerd en voor de waardevolle adviezen en raadgevingen die zij ons in de loop van deze twee jaren van nauwe samenwerking hebben verstrekt. Wij vernoemen voor het O.C.W. de heren J. Reichert, J. Huet en F. Choquet ; voor het W.T.C.B. de heren H. Motteu, C. De Pauw en E. Rousseau ; voor de F.S.A.E. de heren R. Impens en R. Paul ; voor het NIEB de heren P. Ledent en R. Bonsang ; voor de S.A. Dumont-Wautier mevrouw Mignolet en voor de V.K.K.D. de heren Ph. Dumont, A. Dispas en P. Amand.

...

Met genoegen kunnen wij u mededelen dat de V.K.K.D. met deze studie haar doelstellingen heeft kunnen bereiken :

- enerzijds de ontdekking van diverse procédés voor het gebruik en/of verwerking van sulfitehoudend afval, waarmee bij toepassing op industriële schaal, deze nevenproducten zullen kunnen worden gevaloriseerd ;
- anderzijds de promotie van de techniek voor de ontzwaveling van rookgassen door middel van kalk, bij de betrokken administraties en bedrijven.

Wij vertrouwen erop dat het steentje dat wij aandragen voor het immense gebouw dat de milieubescherming is, in de nabije toekomst mag bijdragen tot een verbetering van de kwaliteit van het leven waarnaar wij allen streven.

1. VOORWOORD

Zwaveldioxyde (SO_2) wordt in de meeste geïndustrialiseerde landen aangezien als één der gevaarlijkste luchtverontreinigers. De schadelijke uitwerking van SO_2 op de gezondheid is wel bekend. Aangenomen wordt dat een gemiddelde jaarconcentratie bij de immissie van $100 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ te hoog is. Epidemiologische studies die in de USA in de streek van New York werden gedaan, hebben aangetoond dat er zeker een verband bestaat tussen de SO_2 -concentratie en het dagelijkse sterftecijfer. Dit cijfer was 1,5 % lager dan het voorziene percentage als de SO_2 -concentratie bij

SO₂ à l'immission inférieures à 30 µg/Nm³ et 2 % plus élevé pour des concentrations de 500 µg/Nm³. Ces constatations ont été établies en tenant compte d'autres variables de la pollution atmosphérique, comme le coefficient de brouillard, la température, etc.

L'action du SO₂ est particulièrement néfaste chez les enfants de moins de 12 ans. Il a été démontré que les cas de bronchite chronique étaient plus nombreux dans les communautés fortement polluées.

Les dommages causés aux constructions et œuvres d'art sont à l'étude. Le coût économique n'a pas encore été établi, mais il apparaît déjà comme étant très important.

L'augmentation des émissions de SO₂ et la formation subséquente des sulfates provoquent une acidification des pluies. Ce phénomène a été constaté principalement dans les pays nordiques, comme la Suède et la Norvège. Il en résulte une acidification des lacs et des rivières avec, comme conséquence, une réduction de la croissance des forêts.

Une mortalité élevée des poissons du type salmonidé a été observée dans les lacs. Elle est attribuée à une diminution de la valeur du pH.

La majorité des réactions entre le SO₂ et les sulfates provoquent des effets nuisibles aux plantes. Par sa haute densité de population et sa forte activité industrielle, la Belgique est une région où la concentration en SO₂ dans l'air ambiant est particulièrement élevée. Alors que la teneur moyenne en SO₂ à l'immission est comprise entre 10 et 15 µg/Nm³, on note en Belgique dans les grandes agglomérations des teneurs de 100 à 200 µg/Nm³ [1] avec des maxima journaliers qui peuvent atteindre 1100 µg/Nm³ [2].

La consommation d'énergie dans les pays de la CEE progresse chaque année. Elle implique une augmentation de la combustion de matériaux organiques sulfureux et, par voie de conséquence, des émissions de SO₂ malgré le développement attendu de l'énergie nucléaire.

Il convient dès lors d'accorder une priorité à la réduction des émissions de SO₂ pour en limiter la concentration à l'immission.

En ce qui concerne les émissions de SO₂ en Belgique, nous reprenons ci-après des statistiques établies en 1973 [3]. Nous avons repris dans l'ordre décroissant les quantités de SO₂ émises selon la nature du combustible et le secteur économique.

	SO ₂ /an
Fuels lourds — raffinerie, cokerie, sidérurgie	415.000 t
Fuels lourds — centrales électriques	261.000 t
Brai — centrales électriques	106.000 t
Gasoil — domestique	95.500 t

de immissie lager was dan 30 µg/Nm³ en 2 % hoger bij concentraties van 500 µg/Nm³. Bij deze vaststellingen werd rekening gehouden met andere variabele factoren in de luchtverontreiniging zoals de dikte van de mist, de temperatuur, enz.

De werking van het SO₂ is bijzonder schadelijk voor kinderen onder 12 jaar. Aangehouden werd dat chronische bronchitis vaker voorkwam in fel verontreinigde milieus.

Bestudeerd wordt welke schade wordt toegebracht aan gebouwen en kunstwerken. De economische kostprijs werd nog niet berekend, maar zou toch reeds zeer hoog liggen.

Door een verhoging van de SO₂-emissies en de daaruitvolgende vorming van sulfaten treedt een verzuring van de regen op. Dit verschijnsel werd voornamelijk in de noordelijk gelegen landen waargenomen, zoals in Zweden en Noorwegen. Hieruit resulteert een verzuring van de meren en rivieren met een tragere groei van de wouden als gevolg.

In de meren werd een hoge vissterfte vastgesteld, met name van zalmvis. Ze wordt aan een daling van de pH-waarde toegeschreven.

De meeste reacties tussen SO₂ en sulfaten hebben een schadelijke uitwerking op planten. België is door zijn hoge bevolkingsdichtheid en zijn grotere industriële bedrijvigheid een streek met een bijzonder hoog SO₂-gehalte in de omgevingslucht. Terwijl het gemiddelde SO₂-gehalte bij de immissie tussen 10 en 15 µg/Nm³ ligt, worden in België in de grote agglomeraties gehalten van 100 tot 200 µg/Nm³ genoteerd [1] met dagmaxima die tot 1100 µg/Nm³ kunnen bereiken [2].

Het energieverbruik in de EEG-landen stijgt elk jaar. Dit betekent dat steeds meer zwavelhoudende organische materialen worden verbrand en dus ook meer SO₂-emissies voorkomt ondanks de verwachte ontwikkeling van de kernenergie.

De beperking van de SO₂-emissie moet dus prioriteit krijgen om de concentratie bij de immissie af te remmen.

Voor de SO₂-emissie in België hebben wij hierna statistieken over 1973 overgenomen [3]. In dalende volgorde hebben wij de hoeveelheden SO₂ opgenomen die volgens de aard van de brandstof en de economische sector werden geëmitteerd.

	SO ₂ /jaar
Zware stookolie — raffinaderij, cokesfabriek, ijzer- en staalindustrie	415.000 t
Zware stookolie — elektrische centrales	261.000 t
Pek — elektrische centrales	106.000 t
Gasolie — huishoudelijk verbruik	95.500 t
Steenkool — raffinaderij, cokesfabriek, ijzer- en staalindustrie	82.000 t

Charbon — raffinerie, cokerie, sidérurgie	82.000 t
Fuels lourds — domestique	48.000 t
Carburants divers — centrales électriques	45.500 t
Charbon — domestique	45.000 t
Total :	1.098.000 t

On constate que les émissions de SO₂ proviennent principalement du fuel lourd.

On peut envisager trois techniques pour réduire les émissions sulfureuses :

- la première consiste à utiliser d'autres formes d'énergie, comme le nucléaire ou des combustibles à faible teneur en soufre ;
- la seconde consiste à abaisser les teneurs en soufre des combustibles ;
- vient ensuite la désulfuration des gaz de combustion.

Ces procédés ne sont pas concurrents mais complémentaires.

Le raffinage du pétrole brut par distillation conduit à une concentration du soufre dans les fractions lourdes. La désulfuration des combustibles pétroliers repose sur le principe de l'hydródésulfuration. Il est relativement coûteux en raison du prix élevé de l'hydrogène. La consommation d'hydrogène est d'autant plus importante que la fraction est plus lourde. Pratiquement, on peut dire que le procédé est économiquement rentable mais semble limité aux fractions lourdes.

Nous reprenons ci-après un extrait d'un rapport de la Commission des Communautés Européennes [4] sur la compétitivité des procédés de désulfuration des fuels et des fumées :

« A moyen terme, on doit donner une plus grande importance à d'autres techniques anti-pollution. Dans l'état actuel des connaissances et d'après l'expérience acquise, il semble que la désulfuration du fuel oil - huile résiduelle et le traitement des gaz de fumée ne présentent pas de grandes différences de coûts par tonne de soufre extraite.

» Cependant, si les difficultés d'approvisionnement persistent et si le prix des combustibles liquides continue à augmenter, le développement et l'introduction de techniques de désulfuration des fumées (FGD) pourraient devenir plus intéressants que les autres méthodes. La FGD peut être appliquée, en principe, à tous les types d'installations fixes neuves utilisant des combustibles solides, liquides ou gazeux et permet d'économiser plus de 7 % du pétrole brut qui serait nécessaire avec le procédé de désulfuration du fuel oil.

Zwarte stookolie — huishoudelijk verbruik	48.000 t
Diverse brandstoffen — elektrische centrales	45.500 t
Steenkool — huishoudelijk verbruik	45.000 t
Totaal :	1.098.000 t

Men stelt vast dat de SO₂-emissie voornamelijk van de zware stookolie afkomstig is.

Om de zwavelemissie tegen te gaan, kunnen drie technieken in overweging worden genomen :

- de eerste bestaat in de aanwending van andere energievormen zoals kernenergie of brandstoffen met een laag zwavelgehalte ;
- de tweede bestaat in het doen dalen van het zwavelgehalte van de brandstoffen ;
- tenslotte is er de ontzwaveling van de verbrandingsgassen.

* Deze procédés zijn niet concurrerend, maar vullen elkaar aan.

Het raffineren van ruwe olie door distillatie brengt mee dat zich zwavel gaat concentreren in de zware fracties. Het ontzwavelen van petroleumbrandstoffen berust op het principe van de hydrodesulfurering. Dit is relatief duur door de hoge prijs van de waterstof. Naarmate de fractie zwaarder is, wordt ook meer waterstof verbruikt. Praktisch mag men zeggen dat het procédé economisch renderend is, maar tot de zware fracties beperkt blijft.

Hierna volgt een uittreksel uit een rapport van de Commissie van de Europese Gemeenschappen [4] over de competitiviteit van procédés voor de ontzwaveling van olie en rookgassen.

« Op middellange termijn dient meer belang te worden gehecht aan andere technieken voor de bestrijding van de verontreiniging. Bij de huidige stand van de kennis en volgens de opgedane ervaring schijnen de kosten voor de ontzwaveling van stookolie - restolie en voor de behandeling van rookgassen niet ver uit elkaar te liggen per ton geëxtraheerde zwavel.

» Als de bevoorradingsmoeilijkheden evenwel blijven voortduren en als de prijzen van de vloeibare brandstoffen blijven stijgen, zouden de ontwikkeling en de invoering van technieken voor de ontzwaveling van rookgassen (FGD) interessanter kunnen worden dan de overige methodes. De FGD-techniek kan in principe worden toegepast op alle types van nieuwe vaste installaties die met vaste, vloeibare of gasachtige brandstoffen werken en waarmee ruim 7 % van de ruwe olie kan bespaard worden die nodig zou zijn met het procédé voor de ontzwaveling van stookolie.

» Pour cette raison, les pays membres de la CEE doivent consentir un effort pour promouvoir le développement et l'introduction rapides, à l'échelle industrielle, des procédés de désulfuration des fumées, en particulier dans les installations de combustion fixe de grandes dimensions dont les exigences en matière d'approvisionnement en combustible et d'implantation seraient ainsi assouplies ».

En ce qui concerne le procédé qui consiste à construire de hautes cheminées en vue de réduire la concentration en SO_2 au sol par dispersion des émissions en altitude, dans ce même rapport [4] on cite :

« Du point de vue de la protection de l'environnement, il n'est pas rationnel de déplacer la pollution à longue distance en direction des régions moins polluées. Aussi la technique de dispersion des polluants utilisant uniquement de hautes cheminées doit-elle être envisagée avec prudence, à moins qu'il n'existe suffisamment de preuves que le transport de l'anhydride sulfureux et des oxydes d'azote ne soit pas une nuisance en lui-même, que leur transformation dans l'atmosphère ne donne pas lieu à la formation d'autres composés nocifs et qu'ils soient rapidement éliminés de l'atmosphère. Même s'il se pose des problèmes de pollution, la technique de dispersion peut au moins être tolérée comme *méthode de secours à court terme*, pourvu que l'adjonction ultérieure d'une unité de désulfuration des fumées soit demandée dès la mise au point de telles installations ».

Il existe plus de 60 procédés de désulfuration des gaz résiduels [5]. Parmi l'ensemble de ces techniques, il apparaît que les procédés par lavage humide des gaz au travers d'une solution alcaline de chaux ont évolué plus rapidement que les autres. Ils ont largement dépassé le stade de l'usine pilote et sont appliqués aux Etats-Unis, au Japon et en Europe dans des installations industrielles importantes.

Actuellement, plus de 80 % des procédés de désulfuration des fumées seraient à base de lavage à la chaux. On a pu croire que certains procédés de désulfuration pouvant fournir des sous-produits comme du dioxyde de soufre concentré, du sulfate d'ammonium, du soufre élémentaire ou de l'acide sulfurique, se développeraient plus rapidement que les procédés à la chaux.

Il n'en a rien été par suite de la complexité des procédés de récupération, des difficultés d'écoulement des sous-produits dues à une rapide saturation du marché et du coût prohibitif des procédés malgré la valeur des produits récupérés.

» Daarom moeten de lidstaten van de EEG een inspanning doen ter bevordering van de snelle ontwikkeling en invoering op industriële schaal van de procédés voor de ontzwaveling van rookgassen, in het bijzonder van de installaties voor vaste verbranding met grote afmetingen waarvan de eisen inzake brandstofbevoorrading en vestiging op die manier zouden worden versoepeld. »

Aangaande het procédé van de bouw van hoge schoorstenen om de SO_2 -concentratie op de bodem te verminderen door een emissiespreiding in de hoogte, wordt in hetzelfde rapport [4] het volgende vermeld.

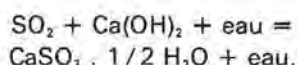
« Vanuit het standpunt van milieubescherming is het niet verstandig de verontreiniging op grote afstand te verplaatsen naar minder verontreinigde streken. Ook moet de techniek voor de spreiding van verontreinigde bestanddelen waarbij alleen van hoge schoorstenen wordt gebruik gemaakt, met de nodige voorzichtigheid worden bekeken, tenzij genoegzaam bewezen is dat het transport van zwaveldioxyde en van stikstofoxyden op zich niet schadelijk is, dat hun omzetting in de lucht geen andere schadelijke verbindingen doet ontstaan en dat ze snel uit de atmosfeer verdwijnen. Maar als zich verontreinigingsproblemen voordoen, kan de dispersietechniek minstens worden aanvaard als een *methode voor hulp op korte termijn*, op voorwaarde dat later, zodra deze installaties er zijn, er een installatie voor de ontzwaveling van rookgassen wordt opgevraagd. »

Er bestaan meer dan 60 procédés voor de ontzwaveling van restgassen [5]. Van al deze technieken lijken de procédés met een natte scheiding van de gassen doorheen een alkaline-oplossing sneller dan de overige te zijn geëvolueerd. Ze hebben het stadium van de proefabriek reeds lang achter zich en worden gebruikt in grote industriële installaties in de Verenigde Staten, Japan en Europa.

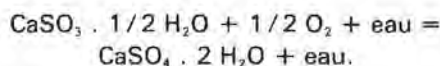
Momenteel zou bij meer dan 90 % van de procédés voor de ontzwaveling van rookgassen de scheiding met kalk worden toegepast. Men zou hebben kunnen aannemen dat sommige ontzwavelingsprocédés zich sneller zouden ontwikkelen dan de procédés met kalk, omdat zij nevenprodukten als geconcentreerd zwaveldioxyde, ammoniumsulfaat, elementair zwavel of zwavelzuur konden opleveren.

Hiervan is niets terecht gekomen, omdat de terugwinningsprocédés te ingewikkeld waren, omwille van de moeilijkheden met de afzet van de nevenprodukten omdat de markt snel verzadigd was en de te hoge kosten van de procédés ondanks de waarde van de teruggewonnen produkten.

Le procédé de désulfuration des gaz à la chaux consiste à absorber le SO_2 dans un laveur d'air (scrubber) au moyen d'une solution contenant de l'hydroxyde de calcium suivant la réaction :



Par ajustement de la valeur du pH et par contact avec l'oxygène de l'air, on peut oxyder le sulfite de calcium en sulfate de calcium ou gypse, selon la réaction :



On explique les raisons du succès de ce procédé par les avantages qu'on lui reconnaît :

- rendement en désulfuration : 90 à 95 % ;
- rendement en solide : environ 90 % (chaux) ;
- grande économie du procédé, tant au niveau des investissements que des coûts de fonctionnement.

Les problèmes d'entartrage par incrustation des sulfites et sulfates de calcium dans les scrubbers ont été résolus pour les installations dites de la deuxième génération. Des travaux de recherche ont permis de comprendre et de maîtriser le chimisme complexe des formations de dépôts de sulfite et sulfate.

Outre l'ajout de certains additifs qui augmentent la solubilité des sels formés et jouent le rôle de catalyseurs de réactions, les incrustations sont évitées par l'application des mesures ci-après :

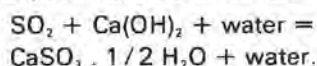
- maintien du pH en-deçà d'un seuil critique ;
- optimisation du rapport liquide/gaz ;
- structure et dimensionnement des installations.

Actuellement, la fiabilité des systèmes de désulfuration des gaz à la chaux serait supérieure à celle d'autres équipements anti-pollution, comme, par exemple, les précipitateurs électrostatiques. Certains constructeurs garantissent une disponibilité des installations de l'ordre de 95 %.

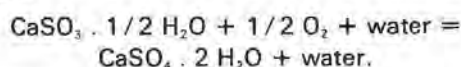
Il est plus économique d'utiliser de la chaux plutôt que du calcaire. En effet, si l'on tient compte des valeurs neutralisantes des deux matériaux correspondant à leur poids moléculaire respectif, on devra multiplier le prix du calcaire par le rapport des poids moléculaires de la chaux et du calcaire, soit par un rapport de $100/56 = 1,8$.

De plus, il faut prendre en considération que le calcaire a une réactivité plus faible que la chaux vis-à-vis du SO_2 . Il s'ensuit que les temps de réaction sont plus longs. En raison des densités en vrac des maté-

Het procédé voor de ontstoffing van gassen met kalk bestaat in het opvangen van het SO_2 in een scrubber door middel van een oplossing met calciumhydroxyde volgens de reactie :



Door regeling van de pH-waarde en door het contact met de zuurstof van de lucht kan het calciumsulfiet oxyderen in calciumsulfaat of gips, volgens de reactie :



Het succes van dit procédé vindt zijn verklaring in de voordelen die het worden toegeschreven :

- het rendement van de ontzwaveling : 90 tot 95 % ;
- het rendement van de vaste stof : ongeveer 90 % (kalk) ;
- de grote besparing van het procédé, zowel inzake investeringen als werkingskosten.

De problemen met ketelsteenaanslag door het aanzetten van sulfieten en calciumsulfaten in de scrubbers werden opgelost voor de zogenaamde installaties van de tweede generatie. Door onderzoek kon men inzicht krijgen in de ingewikkelde scheikundige vorming van sulfiet- en sulfaat-aanslag, en kon men dit fenomeen onder controle krijgen.

Naast het toevoegen van bepaalde toevoegmiddelen waardoor de oplosbaarheid van de gevormde zouten toeneemt en die de rol van reactiecatalysator spelen, wordt de aanslag vermeden door de navolgende maatregelen te nemen :

- de pH-waarde onder een bepaalde kritieke drempel houden ;
- de verhouding vloeistof/gas optimaliseren ;
- structuur en afmetingen van de installaties.

Op dit ogenblik zouden de systemen voor de ontzwaveling van gas door middel van kalk betrouwbaarder zijn dan alle overige installaties voor de bestrijding van de verontreiniging, zoals bijvoorbeeld de elektrostatische bezinkinstallaties. Sommige producenten waarborgen dat de installaties voor zowat 95 % beschikbaar zullen zijn.

Economisch gezien kan beter kalk dan kalksteen worden gebruikt. Als men immers rekening houdt met de neutraliserende waarde van beide materialen die overeenstemt met hun respectievelijk moleculair gewicht, moet men de prijs van de kalksteen vermenigvuldigen met de verhouding van het moleculaire gewicht van kalk en kalksteen, dat wil zeggen met een verhouding van $100/56 = 1,8$.

Daarenboven dient te worden overwogen dat kalksteen een geringere reactiviteit ten opzichte van SO_2 bezit dan kalk. Hieruit volgt dat de reactietijden langer zijn. Omwille van de dichtheid voor de losse

riaux et de leur valeur neutralisante, il faut prévoir un volume de stockage 2 fois plus important pour le calcaire.

Il est à noter également que le calcaire a un rendement plus faible que la chaux. Ceci tient au fait que l'absorption du SO_2 sur la particule alcaline se fait superficiellement et que le rendement en solide est inversement proportionnel au diamètre des particules. Généralement, on cite des rendements de 80 % pour le calcaire moulu et de 95 % pour la chaux.

Le seul inconvénient à une plus large application du procédé de désulfuration à la chaux est l'obtention des boues résiduelles.

Si l'on tient compte d'un rendement d'absorption de 90 % et d'une teneur en CaO disponible de 90 %, la fixation d'une tonne de SO_2 nécessite 875 kg de chaux vive. La quantité de boues résiduelles sèches sous forme de sulfite de calcium ($\text{CaSO}_3 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) sera de 2 t ou de 2,68 t sous forme de sulfate de calcium ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$). Les quantités de boues résiduelles sont donc très importantes et au prorata du niveau de la pollution engendrée par les émissions de SO_2 . Dans ces boues, la présence de sulfite pourrait, par ses propriétés réductrices, créer une autre forme de pollution par contamination des nappes phréatiques lors de l'épandage des boues.

Il convenait donc de s'intéresser particulièrement au problème du traitement des résidus.

Consciente de ce problème, à savoir : le stockage et, si possible, la valorisation des boues sulfiteuses résiduelles de la désulfuration des gaz à la chaux, l'U.C.C.D. s'est attelée à cette tâche en étroite collaboration avec les cinq centres de recherche déjà cités.

Les travaux ont été entamés en septembre 1977 et achevés en août 1979.

Le premier objectif que l'U.C.C.D. s'est fixé a été de répertorier les solutions qui ont été adoptées à l'étranger pour la mise en décharge ou la valorisation des sous-produits.

Dans plusieurs pays, des solutions ont été trouvées.

Aux Etats-Unis, un brevet déposé par la firme Corson propose d'utiliser les résidus sulfiteux pour la fabrication d'un matériau de construction routière. Les sulfites sont mélangés à des cendres volantes et à

matériaux et omwille van hun neutraliserende waarde dient een opslagcapaciteit te worden voorzien die tweemaal groter is voor kalksteen.

Tevens dient te worden opgemerkt dat het rendement van kalksteen lager is dan dat van kalk. Dit kan worden verklaard door het feit dat de absorptie van SO_2 op het alcalinedeeltje oppervlakkig gebeurt en dat het rendement van vaste stof omgekeerd evenredig is met de diameter van de deeltjes. Over het algemeen wordt een rendement van 80 % voor gemalen kalksteen opgegeven en 95 % voor kalk.

Het enige euvel bij een ruimere toepassing van het procédé voor de ontzwaveling met kalk vormt het residuele slib.

Als men rekening houdt met een absorberingsrendement van 90 % en met een gehalte aan beschikbare CaO van 90 %, is er 875 kg ongebluste kalk nodig om een ton SO_2 te binden. De hoeveelheid droge restslib in de vorm van calciumsulfiet ($\text{CaSO}_3 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) bedraagt 2 ton of 2,68 ton in de vorm van calciumsulfaat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$). De hoeveelheden restslib zijn dus zeer groot en in verhouding tot het niveau van de verontreiniging die door de emissie van SO_2 wordt veroorzaakt. In dit slib zou het voorkomen van sulfiet door zijn reducerende eigenschappen een andere vorm van verontreiniging kunnen scheppen, nl. door besmetting van het grondwater bij het verspreiden van het slib.

Er diende dus bijzondere aandacht te worden besteed aan het probleem van de behandeling van de afvalstoffen.

Zich bewust van dit probleem, nl. de opslag en zo mogelijk de valorisatie van het residuele sulfiet-slib uit de ontzwaveling van rookgassen met kalk, heeft de V.K.K.D. in nauwe samenwerking met de vijf eerder genoemde onderzoekcentra deze zaak onderzocht.

De werkzaamheden begonnen in september 1977 en werden in augustus 1979 voltooid.

De V.K.K.D. had als eerste doel een overzicht samen te stellen van de oplossingen die in het buitenland werden aangewend om zich te ontdoen van nevenprodukten of om ze te valoriseren.

In diverse landen werden oplossingen aangetroffen.

In de Verenigde Staten werd door de firma Corson een octrooi genomen op een procédé om de sulfietafvalstoffen te gebruiken voor de vervaardiging van een wegebouw materiaal. Het sulfiet wordt gemengd met vlieg-as en met een steenachtig

un agrégat pierreux. L'ajout de quelques pourcents de chaux sert de catalyseur au durcissement du mélange.

Au Japon, les sulfites sont oxydés en sulfates de calcium et utilisés pour la fabrication du ciment et du plâtre. Les centrales électriques au Japon obtiennent, comme sous-produits de la désulfuration des gaz, du gypse ou du sulfate en lieu et place des sulfites. La situation du Japon est particulière. Le pays est très industrialisé, il a une forte densité de population, très sensibilisée à la protection de l'environnement. De plus, les combustibles importés ont des teneurs en S élevées et le pays ne dispose pas de gisements naturels de gypse. Cette situation explique le développement rapide des procédés de désulfuration des gaz de combustion. La plupart des installations (on en compte une trentaine) ont une capacité moyenne de 500.000 Nm³/h. Certaines installations traitent jusque 1,5 million Nm³/h.

La grande majorité des installations utilisent de la chaux comme absorbant, donnant comme sous-produit du gypse qui est destiné à la fabrication du ciment et du plâtre. Selon le Professeur Murakami, Directeur du Centre de Recherches de la Chaux et du Gypse au Japon (exposé présenté au Congrès de la Chaux à Berlin en mai 1974), tous les problèmes relatifs à la désulfuration des gaz à la chaux sont résolus, tels le rendement de désulfuration, les problèmes d'incrustation, de corrosion, ainsi que l'obtention de gypse de bonne qualité comparable aux gypses naturels.

En Allemagne, des essais de remplissage de galeries de mines au moyen d'anhydrite, c'est-à-dire de sulfate de calcium anhydre cuit à des températures supérieures à 500°C, ont donné des résultats encourageants. Il faut souligner que chaque solution est spécifique aux conditions économiques du pays où elle est appliquée.

En ce qui concerne la Belgique, lorsqu'on parle de gypse résiduaire, on cite volontiers les cinq fabricants d'acide phosphorique qui produisent annuellement plus de 2 millions de tonnes de phosphogypse. Cependant, aux dires de certains utilisateurs, une grande partie de ces gypses ne convient pas à la fabrication du ciment et du plâtre en raison des impuretés qu'ils contiennent, tels que les résidus de phosphates, les composés fluorés et sodiques.

Dans le cas des gypses résiduaires provenant de la désulfuration des gaz, il faut remarquer que la teneur en CaO de la chaux est généralement supérieure à 90 % et qu'elle ne contient aucun sel soluble. Si les gaz de combustion sont préalablement dépoussiérés, le gypse obtenu sera très pur, donc facilement utilisable pour tous les usages connus des sulfates de calcium.

toeslagmateriaal. Het toevoegen van enkele procenten kalk dient als catalysator bij de verharding van het mengsel.

In Japan wordt het sulfiet geoxydeerd tot calciumsulfaat en gebruikt voor de produktie van cement en pleister. De elektrische centrales in Japan krijgen als nevenprodukt van de gasontzwaveling gips of sulfaat in de plaats van sulfiet. De Japanse situatie is wel apart. Het is een sterk geïndustrialiseerd land, de bevolkingsdichtheid is er hoog en het volk is zeer gevoelig voor de problematiek rond de milieubescherming. Bovendien hebben de ingevoerde brandstoffen een hoog S-gehalte en het land beschikt niet over natuurlijke gipsafzettingen. Deze situatie verklaart de snelle ontwikkeling van de procédés voor de ontzwaveling van verbrandingsgassen. Het merendeel van de installaties (er zijn er zo'n dertigtal) heeft een gemiddelde capaciteit van 500.000 Nm³/h. Sommige installaties verwerken tot 1.500.000 Nm³/h.

Veruit de meeste installaties gebruiken kalk als absorbeermiddel hetgeen gips als nevenprodukt oplevert en dit is voor de produktie van cement en gips bestemd. Volgens Professor Murakami, Directeur van het Centrum voor Onderzoek van Kalk en Gips in Japan, (uiteenzetting op het Congres over Kalk in Berlijn in mei 1974) zijn alle problemen opgelost inzake de gasontzwaveling met behulp van kalk, zoals het rendement van de ontzwaveling, de problemen met de aanslag, de corrosie en het produceren van een kwalitatief goed gips dat de vergelijking met natuurlijk gips kan doorstaan.

In Duitsland leverden proeven met het opvullen van mijn galerijen door middel van anhydriet, dat wil zeggen op meer dan 500°C gebrand, watervrij calciumsulfaat, bemoedigende resultaten op. Er dient te worden onderstreept dat elke oplossing specifiek is voor economische omstandigheden in het land waar ze wordt toegepast.

Als men spreekt over restgips, noemt men graag, wat België betreft, de vijf producenten van fosforzuur die jaarlijks meer dan 2 miljoen ton fosfogips produceren. Volgens sommige gebruikers is een groot deel van dit gips echter niet geschikt voor de produktie van cement of pleister, omdat het teveel onzuiverheden bevat zoals fosfaatresidus, fluor- en sodaverbindingen.

Voor residueel gips, afkomstig van de ontzwaveling van rookgassen, dient te worden opgemerkt dat het CaO-gehalte van kalk over het algemeen meer dan 90 % bedraagt en dat het geen enkel oplosbaar zout bevat. Als de verbrandingsgassen vooraf ontstof zijn, zal het verkregen gips zeer zuiver zijn en dus gemakkelijk te gebruiken bij alle gekende toepassingen van calciumsulfaat.

Malgré les très nombreux articles, les brevets, les rapports de voyages d'études et les conférences, on a peu de renseignements précis sur les conditions de stockage ainsi que sur les procédés d'utilisation des boues. Les propriétés du sulfite de calcium ($\text{CaSO}_3 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) obtenu par absorption du SO_2 sur la chaux, sont mal connues. Cette étude bibliographique a confirmé l'intérêt de réaliser une recherche sur le sujet.

Les participants à cette recherche ont défini leur domaine d'investigation en fonction de leurs possibilités et de leur compétence.

Le *Centre de Recherches Routières* (C.R.R.) a étudié les possibilités d'utilisation des boues comme matériaux routiers.

Le *Centre Scientifique et Technique de la Construction* (C.S.T.C.) a recherché la convenance des boues à la fabrication de matériaux de construction.

La *Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat* (F.S.A.E.) s'est penchée sur le problème de l'emploi des boues pour l'amendement des sols et les effets de l'incorporation des sulfites sur la croissance des végétaux.

L'*Institut National des Industries Extractives* (I.N.I.E.X.) a étudié les conditions de mise en décharge et les risques de pollution des nappes phréatiques.

Le *Laboratoire des Carrières et Fours à Chaux Dumont-Wautier* a axé son programme de recherche sur la valorisation des boues pour la fabrication de plâtre et d'anhydrite.

Pour mener à bien cette étude, l'U.C.C.D. devait disposer d'échantillons de sous-produits de désulfuration des gaz à la chaux.

La Société de la Vieille Montagne a fourni des lots de sous-produits provenant d'une installation de désulfuration de gaz de grillage de blende située à Viviez dans l'Aveyron. Les autres échantillons ont été obtenus par désulfuration in situ au moyen d'une installation micro-pilote fonctionnant selon le même principe qu'un appareil industriel, soit par contact intime des gaz sulfureux et d'une solution de lait de chaux.

Au moyen de cette installation, l'INIEX a prélevé des fumées de deux centrales électriques fonctionnant, l'une au fuel lourd, l'autre au charbon, et d'une verrerie. Les études ont été menées de front sur tous les types de boues obtenus. La caractérisation des échantillons et les essais entrepris nous ont permis de constater une bonne similitude entre les différents matériaux.

Ondanks de overvloed aan artikels, de octrooien, de rapporten over studiereizen en de congressen zijn er weinig preciese gegevens bekend over de opslagomstandigheden evenals over de procédés voor het gebruik van het slib. De eigenschappen van het calciumsulfiet ($\text{CaSO}_3 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) dat door absorptie van SO_2 op kalk wordt verkregen, zijn slecht gekend. Deze literatuurstudie heeft het belang van een onderzoek terzake bevestigd.

Afhankelijk van hun mogelijkheden en van hun bevoegdheid hebben de deelnemers aan dit onderzoek hun onderzoeksdomein vastgesteld.

Het *Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw* (O.C.W.) heeft de mogelijkheden voor het gebruik van het slib als wegenbouw materiaal bestudeerd.

Het *Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf* (W.T.C.B.) heeft onderzocht of het slib kon dienen voor de fabricage van bouwmaterialen.

De « *Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat* » (F.S.A.E.) heeft zich gebogen over het probleem van het gebruik van het slib voor het verbeteren van de bodem en de weerslag van de inbreng van sulfiet op de plantengroei.

Het *Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven* (NIEB) heeft de voorwaarden voor de afvoer en de risico's voor de verontreiniging van het grondwater bestudeerd.

Het *Laboratoire des Carrières et Fours à Chaux Dumont-Wautier* heeft zijn researchprogramma op de valorisatie van het slib voor de fabricage van pleister en anhydriet toegespitst.

Om deze studie tot een goed einde te brengen, moest de V.K.K.D. beschikken over monsters van nevenprodukten afkomstig van gasontzwaveling door middel van kalk.

De Société de la Vieille Montagne heeft partijen nevenprodukten geleverd die afkomstig waren van een installatie voor de ontzwaveling van gassen van het roosteren van blende, gelegen te Viviez in Aveyron. De overige monsters werden verkregen door een ontzwaveling ter plaatse met behulp van een micro-proefinstallatie; deze werkte volgens hetzelfde principe als industriële apparatuur dat wil zeggen door nauw contact van de zwavelige gassen met een oplossing kalkmelk.

Met behulp van deze installatie heeft het NIEB monsters rookgassen genomen van twee elektrische centrales waarvan de ene met zware stookolie werd gestookt en de andere met steenkool, en van een glasblazerij. De studies werden tegelijk op alle soorten slib gedaan. Door het karakteriseren van de monsters en de gedane proeven hebben wij kunnen vaststellen dat de verschillende materialen een grote mate van gelijkheid vertoonden.

En ce qui concerne la transformation des sulfites en sulfates de calcium par voie humide, la Société de la Vieille Montagne a entrepris une étude en laboratoire et à l'échelle pilote pour fixer les conditions optimales des réactions d'oxydation. Deux rapports nous ont été transmis à ce sujet. A la lecture de ceux-ci, il apparaît que le processus de transformation ne pose pas de problème majeur. Moyennant un ajustement de la valeur du pH à 4,5 par incorporation d'acide, pour un temps de séjour de trois heures à une température de 20°C, le rendement d'oxydation a été supérieur à 90 %. Le même procédé a été appliqué par l'INIEX à une plus petite échelle sur les échantillons obtenus en centrales électriques et en verrerie.

2. RESULTATS DES RECHERCHES

Le Centre de Recherches Routières a entrepris une étude préliminaire en laboratoire, en vue de caractériser et différencier les deux types de boues de désulfuration (sulfites - sulfates).

Cette distinction est fondamentale car elle devrait permettre au praticien d'intervenir, en connaissance de cause, sur les moyens à mettre en œuvre pour obtenir la compacité optimale.

Par leurs caractéristiques physico-chimiques et géotechniques, on peut rattacher les boues à des sols fins du type limon. Cependant, à l'encontre de ces sols, celles-ci sont dépourvues de cohésion et de plasticité. Elles sont sensibles à l'eau, gélives et leur gonflement à l'imbibition indique qu'il serait nécessaire, lors de leur mise en remblais, d'utiliser à la fois une protection adéquate aux intempéries et aux remontées capillaires. Cette sensibilité à l'eau ne permet pas de réaliser une mise en œuvre du matériau en remblais lors de fortes précipitations. Les caractéristiques des boues ne répondent pas aux critères de convenance pour leur utilisation comme filler routier.

Les boues de désulfuration présentent une bonne aptitude au compactage et une capacité portante suffisante, pour autant que la teneur en eau puisse être ajustée à la teneur en eau optimale de compactage et que les moyens à mettre en œuvre pour atteindre la compacité maximale selon le type de boues soient réalisés.

Il semble donc que les boues de désulfuration puissent trouver un débouché important pour la construction de remblais routiers, à condition que les précautions nécessaires contre les effets de l'eau aient été prises.

Le C.R.R. émet l'avis qu'il serait souhaitable de poursuivre les études entreprises en réalisant un remblai expérimental afin de vérifier le comportement du matériau dans des conditions réelles de mise en œuvre et d'utilisation.

Wat de omzetting van sulfiet in calciumsulfaat door middel van de natte scheiding betreft, heeft de Société de la Vieille Montagne een laboratoriumstudie uitgevoerd en proeven op grotere schaal gedaan om de optimale voorwaarden voor de oxyderingsreacties vast te stellen. Beide rapporten hierover werden ons ter henzend gesteld. Bij lezing blijkt dat het omzettingproces geen grote problemen oplevert. Als de pH-waarde op 4,5 werd afgesteld bij invoering van zuur, voor een verblijfstijd van drie uur op een temperatuur van 20°C, was het oxyderingsrendement hoger dan 90 %. Hetzelfde procédé werd door het NIEB op kleinere schaal toegepast op monsters van elektrische centrales en van een glasblazerij.

2. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

Het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw heeft een voorbereidend laboratoriumonderzoek uitgevoerd om de twee soorten ontzwavelingsslib te karakteriseren en van elkaar te onderscheiden (sulfiet-sulfaat).

Het is een fundamenteel verschil, want het zou het in de praktijk mogelijk moeten maken om met kennis van zaken op te treden bij het inzetten van de middelen tot verkrijging van een optimale dichtheid.

Door hun fysisch-chemische en geotechnische kenmerken kan het slib worden verbonden met fijne grondsoorten van het type leem. In tegenstelling met deze grondsoorten is het slib niet plastisch en heeft het geen cohesie. Het is niet waterbestendig, bevriest en het opzwellen ervan bij doorweken geeft aan dat zowel in een adequate beschutting tegen weer en wind als tegen capillaire opstijging moet worden voorzien als het slib voor opvulling wordt gebruikt. De genoemde gevoeligheid voor water maakt het onmogelijk het materiaal als opvulling te gebruiken bij forse neerslag. De kenmerken van het slib voldoen niet aan de criteria om geschikt te zijn als vulmateriaal voor wegenwerk.

Het ontzwavelingsslib is goed geschikt voor verdichting en is draagkrachtig genoeg in zoverre het watergehalte kan worden aangepast aan het optimale watergehalte voor verdichting en in zoverre de middelen voor het bereiken van een maximale verdichting, per soort slib, kunnen worden gerealiseerd.

Het ontzwavelingsslib zou dus een belangrijk afzetgebied kunnen vinden als vulmateriaal in de wegenbouw op voorwaarde dat de nodige voorzorgen tegen de uitwerking van het water zijn genomen.

Het O.C.W. is de mening toegedaan dat de gedane studies zouden moeten worden voortgezet door een experimenteel vulmateriaal te realiseren om het gedrag van het materiaal te kunnen nagaan in reële omstandigheden waarin het zal worden gebruikt en verwerkt.

L'étude bibliographique réalisée par le C.R.R. a mis en évidence l'intérêt de poursuivre les travaux dans le domaine de la fabrication de matériaux composites à base de boues sulfiteuses, de cendres volantes et de chaux. Ces mélanges présentent un caractère pouzzolanique et offrent une possibilité d'utilisation pour la réalisation de remblais et de couches de sous-fondations et de fondations. Des essais expérimentaux permettraient de tirer des conclusions sur ce point particulier.

Le Centre Scientifique et Technique de la Construction a entrepris une série d'essais de fabrication de blocs par incorporation aux boues sous forme de sulfites et sulfates de calcium hydratés, de différents matériaux :

- le ciment Portland (P 40) ;
- les laitiers d'aciéries comme les scories Thomas et LD ;
- les cendres volantes des centrales thermiques fonctionnant au charbon ;
- le laitier de haut fourneau sous différentes formes granulométriques, à savoir le laitier granulé (0/2,5 mm), prébroyé (0/1,2 mm) et moulu à une finesse Blaine de 2500 cm²/g.

Pour favoriser les réactions du type pouzzolanique des mélanges, on a utilisé deux types d'adjuvants : la chaux et la soude. Après mélange, la mise en forme des matériaux a été réalisée par vibro-compaction à la table à secousses ou par pressage à 30 N/mm².

En vue d'accélérer le durcissement des matériaux, on a soumis certains mélanges à une conservation en étuve à une température de 80°C et à une humidité relative de 100 %. Nous avons rassemblé dans le tableau I les résultats les plus significatifs de ces essais.

Deux compositions retiennent particulièrement notre attention :

1^o) Le mélange « sulfogypse-laitier-soude » dont la composition correspond à :

- 45 % sulfogypse
- 40 % laitier prébroyé
- 15 % eau
- 0,2 % soude.

Le matériau a été mis en forme par pressage à 30 N/mm², puis conservé sans étuvage.

La résistance à la compression était de 18 N/mm² à 28 jours, valeur qui permet d'envisager une utilisation comme matériaux portants.

2^o) Le mélange « sulfogypse-cendres volantes-chaux » a raison de :

- 45 % sulfogypse
- 25 % cendres volantes
- 24 % eau
- 6 % chaux vive.

Het O.C.W. heeft een literatuurstudie gemaakt waaruit blijkt dat het belangrijk is de werkzaamheden voort te zetten inzake de fabricage van materialen die op basis van sulfiet, vliegashoudend en kalk zijn samengesteld. Deze mengsels hebben een pouzzolanisch kenmerk en bieden een gebruiksmogelijkheid voor de vervaardiging van vulmateriaal en van funderings- en onderfunderingslagen. Door middel van experimentele proeven zou men op dit bijzondere punt tot besluiten kunnen komen.

Het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf heeft een reeks proeven gedaan met de vervaardiging van blokken waarbij in het slib verschillende materialen in de vorm van sulfiet of gehydrateerd calciumsulfaat werden verwerkt.

- Portlandcement (P 40) ;
- slak uit staalfabrieken als Thomas-slakken en LD-slakken ;
- vliegashoudend van thermische centrales die met steenkool worden gestookt ;
- hoogovenslak van verschillende korrelmaat, nl. de gegranuleerde slak (0/2,5 mm), voorgemalen (0/1,2 mm) en gemalen tot een fijnheid van 2500 cm²/g Blaine.

Om de reacties van pouzzolanische aard van de mengsels te bevorderen, werden twee soorten toevoegmiddelen gebruikt : kalk en soda. Na het mengen werden de materialen tot blokken gevormd door middel van trilling-verdichting met de triltafel of door persen op 30 N/mm².

Om de materialen sneller te doen verharderen, werden sommige mengsels in een oven gezet op een temperatuur van 80°C en bij een relatieve vochtigheid van 100 %. In tabel I zijn de meest relevante resultaten van deze proeven samengebracht.

Twee samenstellingen krijgen onze bijzondere aandacht.

1^o) Het mengsel « sulfogips - slak - soda » waarvan de samenstelling de volgende is :

- 45 % sulfogips,
- 40 % voorgebroken slak,
- 15 % water,
- 0,2 % soda.

Het materiaal werd tot blokken geperst op 30 N/mm² en dan in de oven gezet.

De druksterkte bedroeg 18 N/mm² na 28 dagen, een waarde waarmee een gebruik als dragend materiaal kan worden overwogen.

2^o) Het mengsel « sulfogips - vliegashoudend - kalk » met volgende samenstelling :

- 45 % sulfogips,
- 25 % vliegashoudend,
- 24 % water,
- 6 % ongebluste kalk.

ces effets bénéfiques ont été observés lors de l'ajout de très faibles quantités de boues, ce qui présente peu d'intérêt eu égard aux tonnages qui seront produits. Par ailleurs, la Faculté des Sciences agronomiques de l'Etat émet des réserves sur les effets à long terme de l'incorporation de boues dans les sols.

L'Institut National des Industries Extractives avait comme objectifs :

- de conditionner et fournir à tous les laboratoires des échantillons de boues qui provenaient principalement de l'usine de Viviez ;
- d'obtenir des boues représentatives d'une désulfuration à la chaux de gaz de fumées industrielles de centrales électriques thermiques fonctionnant au fuel et au charbon et de verreries ; ces échantillons ont été obtenus grâce à une installation micro-pilote ;
- d'étudier les risques de pollution des eaux mises en contact avec ces sous-produits lors de leur mise en décharge.

L'examen des échantillons d'eaux mis en contact avec les différents types de boues indique que leur degré de pollution est faible :

- la demande chimique en oxygène (D.C.O.) est inférieure à 30 mg/litre ;
- par la valeur élevée du pH et les faibles concentrations en métaux lourds contenus dans les boues de Viviez et des centrales, les éléments toxiques sont présents à l'état de traces.

La présence de quantités résiduelles de chaux confère aux eaux un pH basique. Il faut souligner que l'augmentation du pH des eaux n'est pas irréversible si celles-ci sont en contact avec l'air. L'anhydride carbonique ramène finalement leur pH à des valeurs inférieures à 8.

La teneur en sulfate est supérieure aux limites requises pour les eaux de surface destinées à la production d'eau alimentaire. Les résultats de l'étude menée par l'INIEX permettent de préciser les risques de pollution des eaux de surface et de percolation qui seront en contact avec les boues lors de leur mise en dépôt. Vu que le dépôt n'est pas considéré comme toxique, les teneurs en métaux lourds, la D.C.O. et la concentration en sulfate de calcium des eaux devraient permettre d'obtenir facilement les autorisations nécessaires à la création de ces dépôts et au rejet des eaux.

Le laboratoire des *Carrières et Fours à Chaux Dumont-Wautier* a analysé, en collaboration avec la Faculté des Sciences agronomiques de l'Etat à Gem-

bloux, qu'il est possible de constater que les résultats obtenus confirment ce qui a été constaté précédemment, à savoir que les boues de Viviez ne sont pas nocives pour les cultures. Il est donc possible de conclure que les boues de Viviez ne sont pas nocives pour les cultures. Il est donc possible de conclure que les boues de Viviez ne sont pas nocives pour les cultures.

De doelstellingen van het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven waren de volgende :

- aan alle laboratoria geprepareerde slibmonsters leveren die voornamelijk van defabriek van Viviez afkomstig waren ;
- slib verzamelen dat representatief was voor een ontzwaveling door middel van kalk van industriële rookgassen van thermische elektrische centrales die met olie of steenkool worden gestookt, en van glasblazerijen ; deze monsters werden met behulp van micro-proefinstallatie verkregen ;
- het bestuderen van de risico's van verontreiniging van het water dat bij de afvoer met deze nevenproducten in aanraking komt.

Het onderzoek van de monsters water dat met de diverse soorten slib in contact kwam, wijst uit dat het verontreinigingsniveau laag is :

- de chemische eis inzake zuurstof (D.C.O.) is lager dan 30 mg/liter ;
- door de hoge pH-waarde en de lage concentraties van zware metalen in het slib van Viviez en van de centrales komen de toxische elementen slechts spoorvormig voor.

Het voorkomen van resthoeveelheden kalk bezorgt het water een basische pH. Er dient onderstreept te worden dat de stijging van de pH van het water niet onomkeerbaar is want dit komt in contact met lucht. Het kooldioxyde brengt zijn pH uiteindelijk terug tot waarden onder 8.

Het sulfaatgehalte ligt boven de eisen die worden gesteld voor oppervlaktewater dat voor de productie van drinkwater is bestemd. Met de resultaten van de door het NIEB uitgevoerde studie kan nader worden omschreven welke gevaren bestaan voor verontreiniging van het oppervlaktewater en van het doorgesijpelde water dat bij de opslag met het slib in contact komt. Aangezien het opslaan niet als toxisch kan worden beschouwd, zouden het gehalte aan zware metalen, de D.C.O. en de concentratie aan calciumsulfaat in het water het moeten mogelijk maken snel de nodige vergunningen te verkrijgen voor de oprichting van deze opslagplaatsen en voor het lozen van het water.

Het laboratorium van de *Carrières et Fours à Chaux Dumont-Wautier* heeft samen met de Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat in Gembloux ana-

bloux, les boues en provenance de l'usine de Viviez et celles fournies par l'INIEX lors des prélèvements sur les fumées industrielles.

Afin de s'assurer de la représentativité des boues sulfiteuses de Viviez, des échantillons journaliers ont été analysés pendant un mois. Des essais d'assèchement des boues non oxydées par filtration sous vide sur Buchner et sur filtre presse ont montré la difficulté d'obtenir un degré de siccité inférieur à 40 %. Par contre, la filtration des boues oxydées permet d'atteindre un degré de siccité d'environ 20 %. Un procédé de transformation directe des boues sulfiteuses en sulfate de calcium anhydre selon la réaction $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O} + 1/2 \text{O}_2 = \text{CaSO}_4 + 1/2 \text{H}_2\text{O} \uparrow$ a été étudié. On a pu vérifier que les températures optimales d'oxydation par voie sèche sont comprises entre 600 et 700°C. Le contact entre l'oxygène de l'air et le sulfite de calcium doit être intime, ce qui laisse supposer qu'un procédé par lit fluide donnerait de bons résultats. A 700°C en une heure, le taux de transformation est de 95 %. L'intérêt de ce procédé est évident puisqu'on obtient simultanément en une seule opération l'oxydation et la calcination des boues sulfiteuses avec formation d'anhydrite. L'étude de la transformation des boues oxydées en plâtre ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) a été entreprise dans l'optique de la fabrication de carreaux de plâtre et d'enduits de plafonnage. Le sulfoplâtre obtenu à une température supérieure à 160°C permet de fabriquer des carreaux de plâtre d'une qualité au moins égale à celle des carreaux obtenus à partir du plâtre naturel. La finesse du sulfoplâtre nécessite une plus grande quantité d'eau de gâchage avec, comme conséquence, une diminution de la densité du matériau. Elle contribue aussi favorablement à l'état de surface du carreau.

En ce qui concerne la fabrication d'enduits de plafonnage, différentes compositions ont été étudiées et comparées aux principaux enduits commercialisés sur le marché Bénélux. Toutes ces compositions présentent :

- un meilleur rendement, ce qui signifie que, par unité de poids de matière sèche, le volume gâché est plus élevé avec un enduit à base de sulfoplâtre, en comparaison avec un enduit à base de plâtre naturel ou de phosphoplâtre ;
- un meilleur comportement sur milieu poreux, à l'exception d'une composition à base de plâtre et d'anhydrite II.

On peut conclure que le sulfoplâtre est d'une qualité égale, voire supérieure, aux plâtres naturels et synthétiques commercialisés dans le Bénélux. Des essais de transformation du sulfogypse en anhydrite à hautes résistances à des températures comprises

lyses gemaakt van slib uit de fabriek van Viviez en van slib dat door het NIEB bij bemonsteringen van industriële rookgassen werd afgeleverd.

Om zeker te zijn van de representativiteit van het sulfietslib van Viviez werden gedurende een maand dagmonsters geanalyseerd. Droogproeven met niet-geoxydeerd slib door filtrering onder Vacuüm op Buchner en op persfilter hebben aangetoond dat een droogtegraad van minder dan 40 % moeilijk haalbaar is. Daartegenover maakt het filtreren van geoxydeerd slib het mogelijk een droogtegraad van ongeveer 20 % te bereiken.

Er werd een procédé bestudeerd voor de rechtstreekse omzetting van sulfietslib in watervrij calciumsulfaat volgens de reactie $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O} + 1/2 \text{O}_2 = \text{CaSO}_4 + 1/2 \text{H}_2\text{O} \uparrow$. Er kon worden nagegaan dat de optimale temperatuur van het oxyderen door middel van het droge procédé ligt tussen 600 en 700°C. Er moet intensief contact zijn tussen de zuurstof van de lucht en het calciumsulfiet, wat laat veronderstellen dat een procédé met een fluidbed goede resultaten zou opleveren. Bij 700°C bedraagt het omzettingsniveau in één uur 95 %. Het belang van dit procédé is voor de hand liggend, want in één enkele bewerking verkrijgt men tegelijkertijd de oxydering en calcineren van sulfietslib met anhydrietvorming.

De omzetting van in pleister ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) geoxydeerd slib werd bestudeerd in de optiek van de vervaardiging van pleistertegels en plafonneerpleister. De op een temperatuur van meer dan 160°C geproduceerde sulfopleister maakt het mogelijk pleistertegels te fabriceren die kwalitatief minstens even goed zijn als de tegels die van natuurpleister zijn gemaakt. De fijnheid van de sulfopleister vergt een grotere hoeveelheid aanmaakwater met een daling van de dichtheid van het materiaal tot gevolg. Deze fijnheid bevordert ook het uitzicht van de tegel.

Wat de fabricage van plafonneerpleister betreft, werden verschillende samenstellingen bestudeerd en vergeleken met de voornaamste soorten pleister die in de Benelux op de markt zijn. Alle samenstellingen :

- hebben een beter rendement, hetgeen wil zeggen dat het aangemaakte volume per gewichtseenheid droge stof hoger ligt met een pleister op basis van sulfopleister ten opzichte van een pleister op basis van natuurpleister of fosfopleister ;
- zich beter gedragen op een poreuze ondergrond, behalve een samenstelling op basis van pleister en anhydrite II.

Men mag besluiten dat sulfopleister dezelfde, zo niet een hogere kwaliteit bezit als dan de thans in de Benelux op de markt verhandelde soorten natuur- of kunstpleister. Uit proeven met de omzetting van sulfaatgips in anhydriet met hoge sterkte op een

Derniers développements dans le domaine des bétons de résine

Laatste ontwikkeling op het vlak van harsbeton

Claude MICHAUX *

RESUME

Depuis près de dix ans, la section Polymères de l'INIEX s'est spécialisée dans le domaine des bétons de résine. A l'origine, cette étude devait permettre la valorisation des sous-produits de carrière en les agglomérant au moyen de liants résineux. Très rapidement, en fonction des possibilités et des qualités de ce nouveau matériau, les études initiales se sont diversifiées et ont débouché sur la fabrication de produits finis directement commercialisables ouvrant au béton de résine la porte sur de nouveaux marchés.

Après un rappel de ce que sont les bétons de résine et de leurs caractéristiques, l'accent est mis sur les différents développements et les réalisations existantes dans des domaines aussi variés que le bâtiment, le mobilier d'intérieur et de jardin, les arts et la restauration, les aménagements urbains.

A partir d'exemples précis, sont explicités les travaux de la section Polymères depuis l'élaboration des formulations jusqu'à la conception de la pièce finie et l'expérimentation des prototypes, en passant par la réalisation des moules et les essais en laboratoire sans oublier l'aide technologique aux industriels intéressés par l'exploitation des résultats de l'INIEX.

Pour terminer, quelques précisions sont apportées sur l'orientation actuelle des recherches et sur les

SAMENVATTING

Sedert tien jaar ongeveer heeft de sectie Polymeren van het NIEB zich gespecialiseerd op het vlak van het harsbeton. Deze studie had aanvankelijk tot doel de valorisatie van bijprodukten van groeven mogelijk te maken door agglomeratie met harsachtige bindmiddelen. Volgens de mogelijkheden en de kwaliteit van dit nieuw materiaal werden de oorspronkelijke studies zeer vlug gediversifieerd. Ze hebben geleid tot de vervaardiging van afgewerkte produkten die rechtstreeks op commerciële schaal kunnen gebruikt worden en ze hebben nieuwe afzetmogelijkheden voor het harsbeton mogelijk gemaakt.

Na een verklaring over het harsbeton en zijn eigenschappen wordt de nadruk gelegd op de verschillende ontwikkelingen en bestaande verwezenlijkingen op verschillende gebieden zoals de bouw, het huis- en tuinmeubilair, de kunst- en de restauratiewerken, de stedenbouw.

Uitgaande van nauwkeurige voorbeelden worden de werkzaamheden van de sectie Polymeren uiteengezet vanaf de uitwerking van de formuleringen tot het uitvoeren van het afgewerkt stuk en de proeven op prototypes. De verwezenlijking van de gietvormen en de proeven in het laboratorium worden hierbij ook aangehaald evenals de technologische hulp aan de industriëlen die belangstellen in de resultaten die in het NIEB bekomen worden.

Tot besluit worden enkele nauwkeurige inlichtingen verstrekt over de huidige oriëntering van de onder-

* Ingénieur Civil Chimiste A.I.Lg., Chargé de Recherches Principal à l'INIEX, Section Polymères, rue du Chéra 200, B-4000 Liège.

* Burgerlijk scheikundig ingenieur, Eerstaanwendend gecommiteerd onderzoeker bij het NIEB, Sectie Polymeren, rue du Chéra 200, B-4000 Luik.

projets en chantier : continuation dans la mise au point des systèmes de fixation et d'ancrage ; exploitation optimale des caractéristiques existantes ; amélioration des propriétés spécifiques en fonction d'applications particulières ; récupération des déchets solides recyclables, tel le verre provenant de collectes sélectives ; mise en œuvre de panneaux sandwichs composites, structurellement et fonctionnellement conçus pour servir d'éléments de construction portants.

ZUSAMMENFASSUNG

Seit beinahe zehn Jahren hat sich die « Abteilung Polymere » des INIEX auf Harzbetone spezialisiert. Ursprünglich sollte diese Untersuchung dazu dienen, Abfallprodukte der Steinbrüche durch Agglomeration mittels Harzbindemitteln zu verwerten. Die anfänglichen Untersuchungen wurden, entsprechend den Möglichkeiten und Eigenschaften dieses neuen Materials, sehr schnell ausgedehnt und haben schließlich zu der Herstellung von direkt kommerzialisierbaren Fertigprodukten geführt, die dem Harzbeton neue Märkte öffnen.

Nach einem Überblick über die Harzbetone und ihre Eigenschaften wird ausführlich auf die verschiedenen Entwicklungen eingegangen, und es werden die Produkte beschrieben, die auf so verschiedenartigen Gebieten, wie dem Hochbau, dem Mobiliar für Haus und Garten, den Künsten und der Restaurierung, und der Stadtplanung verwirklicht wurden.

Ausgehend von konkreten Beispielen werden die Arbeiten der Abteilung Polymere von der Entwicklung der Rezepturen bis zur Gestaltung des fertigen Teils und der Erprobung der Prototypen ausführlich beschrieben, wobei auf die Herstellung der Formen und die Labortests eingegangen wird, ohne die technologische Unterstützung der Industrieunternehmen zu vergessen, die an der Verwertung der Entwicklungen des INIEX interessiert waren.

Zum Abschluß werden die gegenwärtige Ausrichtung der Forschungen und die Baustellenprojekte genauer umrissen : Weiterführung der Arbeiten zur Entwicklung von Befestigungs- und Verankerungssystemen ; optimale Nutzung der vorhandenen Eigenschaften ; Verbesserung der spezifischen Eigenschaften entsprechend den besonderen Anwendungen ; Zurückgewinnung der wiederverwendbaren festen Abfälle, wie zum Beispiel von Glas, das aus speziellen Altmaterialsammlungen stammt ; Verwirklichung von Sandwichplatten, die strukturell und funktionell so konzipiert sind, daß sie als tragende Konstruktionselemente verwendet werden können.

zoekingen en over de projecten die op stapel staan : verdere ontwikkeling van de bevestigings- en de verankeringsystemen ; optimale exploitatie van de bestaande kenmerken ; verbetering van de specifieke eigenschappen naargelang de bijzondere toepassingen ; terugwinning van vaste afvalstoffen die kunnen gerecycleerd worden, zoals glas dat afkomstig is van selectieve ophalingen ; aanwending van samengestelde sandwichpanelen die qua structuur en functie ontworpen zijn om gebruikt te worden als dragende bouwelementen.

SUMMARY

For over ten years, the Polymer Branch at Inix has specialized in resin concretes. This investigation originated in the idea of making economic use of the by-products of quarrying by binding them with resin binders. The possibilities of use and the qualities obtained with this new material very rapidly brought about diversification of the studies, and in turn led to the manufacture of directly-saleable finished products, offering new markets for resin concrete.

The article first reminds the reader of what resin concretes are, and of their characteristics; a description is then given of the various developments and of achievements to date, in such areas as the building industry, indoor or garden furniture, art, restoration work and town amenities.

Precise examples are used to set out in detail the work of the Polymer Branch from the outset, ranging from the working out of the formulas to the design of the finished items and the experimental testing of prototypes, the preparation of moulds, laboratory tests, and technological aid to manufacturers interested in applying the results of the Inix work.

Lastly, some details are given concerning the current lines of research and the projects under way : continued improvement of fixing and anchoring techniques ; maximum utilization of existing characteristics ; improvement of specific characteristics for special applications ; recovery of recyclable solid wastes, e.g. glass from selective collection ; the use of sandwich panels designed structurally and functionally to serve as load-bearing members in buildings.

O. INTRODUCTION

Depuis près de dix ans, la section Polymères de l'INIEX s'est spécialisée dans le domaine des bétons de résine. Les précédentes Journées des Carriers de 1972, 1974 et 1977 ont permis d'illustrer l'état d'avancement des recherches effectuées à l'INIEX dans ce domaine. Dans un premier temps, il s'agissait d'étudier les possibilités éventuelles de valoriser les produits et sous-produits de carrière. Très rapidement, l'étude des bétons de résine s'est élargie et a débouché sur la mise au point de nombreuses formulations nouvelles et sur la mise en œuvre de produits finis très élaborés ouvrant de larges débouchés à ces nouveaux matériaux. Nos laboratoires ne se sont pas limités à l'élaboration de la formule et à la conception de la pièce finie, mais ont été jusqu'à la réalisation et l'expérimentation de prototypes. Une aide technologique a été également assurée aux industriels intéressés par nos travaux et désireux de s'appuyer sur l'expérience et le potentiel scientifique de l'INIEX, par exemple en ce qui concerne la détermination des caractéristiques, le contrôle de la qualité sur éprouvettes et sur éléments en vraie grandeur, l'étude des composites où le béton de résine intervient, la conception des moules, les modes de fixation à une structure existante, la réalisation de petites séries expérimentales, etc.

La présente communication sera divisée en quatre parties :

1. La première rappellera ce que nous entendons à l'INIEX par bétons de résine et quelles en sont les principales caractéristiques.
2. La deuxième reprendra un bref historique des recherches de nos laboratoires en s'appuyant sur certaines réalisations citées pour rappel.
3. La troisième présentera de nouveaux développements entrepris depuis la dernière Journée des Carriers.
4. La quatrième passera en revue quelques considérations sur les travaux en cours et les projets à plus long terme.

1. BETONS DE RESINE : DEFINITION ET PROPRIETES

Les bétons de résine tels que nous les définissons à l'INIEX sont des matériaux principalement composés de résine polyester, époxyde ou acrylique, à raison de 5 à 20 %, et de charges minérales de granulométries diverses, à raison de 95 à 80 %.

O. INLEIDING

Sedert tien jaar ongeveer heeft de Sectie Polymeren van het NIEB zich gespecialiseerd op het vlak van harsbeton. De vorige Dagen voor de Groeve-uitbaters in 1972, 1974 en 1977 hebben de gelegenheid geboden de vorderingen bekend te maken van de onderzoeken die op dat vlak worden uitgevoerd in het NIEB. Aanvankelijk betrof het de studie van de eventuele mogelijkheden om de produkten en bijprodukten van groeven te valoriseren. De studie van het harsbeton heeft zich vlug uitgebreid en heeft geleid tot de uitwerking van talrijke nieuwe formuleringen en tot de aanwending van zeer degelijke afgewerkte produkten die talrijke afzetmogelijkheden boden voor deze nieuwe materialen. Onze laboratoria hebben zich niet beperkt tot de uitwerking van de formule en tot het ontwerp van het afgewerkte stuk maar zij hebben eveneens de prototypes verwezenlijkt en beproefd.

Er werd tevens technologische hulp verleend aan de industriëlen die belangstellen in onze werkzaamheden en die een beroep wensen te doen op de ondervinding en het wetenschappelijk potentieel van het NIEB, bijvoorbeeld betreffende de bepaling van de eigenschappen, de controle van de kwaliteit van monsters en van elementen van werkelijke grootte, de studie van de samenstellingen waarbij harsbeton gebruikt wordt, het ontwerpen van gietvormen, de wijze van bevestiging aan een bestaande structuur, de verwezenlijking van kleine proefreeksen, enz...

De volgende mededeling zal in 4 delen worden ingedeeld :

1. In het eerste deel zal worden aangehaald wat wij in het NIEB bedoelen met harsbeton en welke de voornaamste eigenschappen ervan zijn.
2. In het tweede deel zal een korte historische schets worden gemaakt van de onderzoeken in onze laboratoria : hiervoor wordt uitgegaan van bepaalde verwezenlijkingen die ter herinnering worden aangehaald.
3. In het derde deel zullen nieuwe ontwikkelingen voorgesteld worden die ondernomen werden sinds de laatste Dag voor de Groeve-uitbaters.
4. In het vierde deel zal een overzicht worden gegeven van enkele beschouwingen over de werkzaamheden die momenteel worden uitgevoerd en de projecten op langere termijn.

1. HARSBETON BEPALING EN EIGENSCHAPPEN

Het harsbeton, zoals wij het in het NIEB bepalen, is een materiaal dat hoofdzakelijk is samengesteld uit polyester-, epoxy- of acrylhars naar rata van 5 tot 20 %, en uit minerale vulstoffen met verschillende korrelgrootten naar rata van 95 tot 80 %.

Indépendamment des agents de durcissement toujours nécessaires à la réticulation du polymère, des additifs en faible pourcentage comme les pigments et de produits ignifugeants sont utilisés dans certains cas. Certaines charges organiques comme la farine de bois sont parfois envisagées.

Le tableau I donne les principales caractéristiques moyennes à 23°C de formulations classiques obtenues avec des résines de type rigide.

TABEAU I
*Principales caractéristiques
des bétons de résine à 23°C*

Caractéristiques	Valeurs moyennes
<i>Traction</i>	
— tension de rupture	170 kg/cm ² (16,67 MPa)
— allongement à la rupture (%)	0,5
— module d'élasticité à l'origine	50.000 kg/cm ² (4.904 MPa)
<i>Flexion</i>	
— tension de rupture	300 kg/cm ² (29,42 MPa)
— flèche à la rupture (mm)	0,5
— module d'élasticité à l'origine	150.000 kg/cm ² (14.711 MPa)
<i>Compression</i>	
— tension de rupture	1.000 kg/cm ² (98,07 MPa)
— module d'élasticité	40.000 kg/cm ² (3.923 MPa)
<i>Résilience Charpy</i> (sans entaille)	1,75 kg/cm ² (1,72 KJ/m ²)
<i>Coefficient de dilatation</i> (mm/mm × °C)	25 - 30 · 10 ⁻⁴
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,5
<i>Usure Amsler (mm)</i> après un parcours de :	
— 1.000 m	1,8
— 2.000 m	3,5
— 3.000 m	5,2

Parmi les autres propriétés intéressantes que possèdent les bétons de résine, il faut rappeler :

- la facilité de moulage sous des formes et des aspects divers ;
- l'aspect de surface remarquable, l'entretien facile et le nettoyage aisé de tous graffiti ;
- l'excellente résistance aux agents chimiques, aux eaux usées et au vieillissement ;
- la bonne tenue à l'ensoleillement, au gel et au rayonnement U.V. ;

Buiten de verhardingsmiddelen die altijd nodig zijn voor de reticulatie van de polymeren wordt in bepaalde gevallen een gering percentage additieven gebruikt zoals pigmenten en brandwerende producten. Soms worden bepaalde organische vulstoffen zoals houtmeel toegevoegd.

Tabel I geeft de gemiddelde waarden op 23°C van de voornaamste eigenschappen van klassieke formuleringen die bekomen werden met een stijf hars.

TABEL I
*Voornaamste kenmerken
van het harsbeton op 23°C*

Kenmerken	Gemiddelde waarden
<i>Trekproef</i>	
— breukspanning	170 kg/cm ² (16,67 MPa)
— rek bij breuk (%)	0,5
— oorspronkelijke elasticiteitsmodulus	50.000 kg/cm ² (4.904 MPa)
<i>Buigproef</i>	
— breukspanning	300 kg/cm ² (29,42 MPa)
— doorbuiging bij breken (mm)	0,5
— oorspronkelijke elasticiteitsmodulus	150.000 kg/cm ² (14.711 MPa)
<i>Samendrukkingsproef</i>	
— breukspanning	1.000 kg/cm ² (98,07 MPa)
— elasticiteitsmodulus	40.000 kg/cm ² (3.923 MPa)
<i>Kerfslagsterkte Charpy</i> (zonder inkeping)	1,75 kg/cm ² (1,72 KJ/m ²)
<i>Uitzettingscoëfficiënt</i> (mm/mm × °C)	25 - 30 · 10 ⁻⁴
<i>Wateropneming (%)</i>	0,5
<i>Slijtage Amsler (mm)</i> na een afstand van :	
— 1.000 m	1,8
— 2.000 m	3,5
— 3.000 m	5,2

Ook volgende interessante eigenschappen van het harsbeton zijn het vermelden waard :

- het kan gemakkelijk gegoten worden in diverse vormen en met verschillende uitzichten ;
- het merkwaardig uitzicht van het oppervlak, het gemakkelijk onderhoud en verwijderen van krassen ;
- de uitstekende bestandheid tegen de inwerking van chemische factoren, afvalwater en tegen veroudering ;
- het goed gedrag bij het blootstellen aan de zon, de vorst en U.V.-stralen ;

- le bon comportement au feu ;
- la possibilité de renforcements et l'utilisation de formulations spéciales pour adapter les caractéristiques du produit fini dans le cas d'applications spécifiques.

2. HISTORIQUE DES RECHERCHES

La première recherche entreprise dans les laboratoires de l'INIEX a envisagé la production d'un marbre reconstitué, obtenu en agglomérant au moyen d'un liant résineux des fines et des concassés de granulométries variables pouvant atteindre 150 mm.

Deux techniques ont été mises au point :

- soit la coulée de blocs de grandes dimensions ensuite sciés et travaillés tels que le sont les produits naturels en carrière (1) ;
- soit le laminage en couche mince (quelques mm d'épaisseur) sur des supports divers pour obtenir directement un matériau décoratif semi-fini (un polissage de surface pouvant s'avérer parfois nécessaire) (1).

En ce qui concerne les chutes éventuelles résultant du sciage des blocs, une opération de clivage permet d'en obtenir des éléments non gélifs dont la résistance et l'aspect les rendent largement concurrentiels sur le marché actuel (fig. 1).



- het goed gedrag t.o.v. vuur ;
- de mogelijkheid om het materiaal te versterken en het gebruik van speciale formuleringen om de kenmerken van het afgewerkt produkt aan te passen in het geval van bijzondere toepassingen.

2. HISTORISCHE SCHETS VAN DE ONDERZOEKINGEN

Het eerste onderzoek dat in de laboratoria van het NIEB werd uitgevoerd had tot doel een hersamen-gesteld marmer te produceren ; dit marmer werd bekomen door fijne en gemalen vulstoffen met verschillende korrelgrootten, die 150 mm konden bedragen te agglomereren met een harsachtig bindmiddel. Er werden twee technieken uitgewerkt, nl. :

- het gieten van grote blokken die vervolgens worden gezaagd en bewerkt zoals de natuurlijke produkten in groeven (1),
- het walsen in dunne lagen (enkele mm dik) op diverse onderlagen om rechtstreeks een half afgewerkt decoratief materiaal te bekomen (soms dient het oppervlak gepolijst te worden) (1).

Door het splijten van de eventuele afvalbrokken afkomstig van het zagen van blokken, kunnen elementen bekomen worden die door hun weerstand en uitzicht kunnen concurreren met wat er momenteel op de markt is (fig. 1).

Fig. 1 — Blocs clivés en béton de résine; les charges minérales sont des concassés provenant de carrières de la région Ourthe-Amblève

Gekloofde blokken in harsbeton; de minerale vulstoffen zijn brokken afkomstig uit groeven in de streek van de Ourthe-Amblève

(1) Quelques aspects de l'utilisation des polymères dans l'industrie du marbre et du petit granit, Jean Bricteux (Journées des Carriers organisée par l'Institut National des Industries Extractives à Liège, le 12 décembre 1972).

Quelques exemples d'utilisation des polymères en relation avec l'industrie des carrières, C. Michaux (Journée des Carriers organisée par l'Institut National des Industries Extractives à Liège, le 10 décembre 1974).

(1) Enige aspecten van het gebruik van polymeren in de marmer- en hardsteennijverheid, Jean Bricteux (Dag van de Groeve-uitbaters, georganiseerd door het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven te Luik op 12 december 1972).

Enkele voorbeelden van het gebruik van polymeren in verband met de groeve-industrie, C. Michaux (Dag van de Groeve-uitbaters, georganiseerd door het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven te Luik op 10 december 1974).

Indépendamment de l'intérêt présenté par les caractéristiques supérieures du matériau aggloméré par rapport au produit naturel, la possibilité d'utiliser au maximum le matériau coulé constitue une valorisation optimale des sous-produits de carrière et rend possible la remise en exploitation par abattage à l'explosif de certaines carrières abandonnées.

Les excellentes qualités de résistance alliées aux propriétés de moulabilité ont également été exploitées lors de la réalisation de panneaux de couverture reproduisant par exemple l'aspect de l'ardoise ; dans ce cas particulier, la simulation de faux joints permet d'avoir un revêtement de toiture et de mur de faible épaisseur et d'entretien aisé.

Le béton de résine est un nouveau matériau et il doit être considéré comme tel ; il n'est pas question d'en faire un produit de remplacement, car l'utilisation rationnelle de ses qualités propres le désigne comme complémentaire aux potentialités du marché actuel. C'est dans cette optique que l'INIEX a poursuivi ses travaux vers des débouchés nouveaux, d'abord en mettant en œuvre, puis en apportant l'aide technologique pour la mise au point industrielle de produits coulés qui sont démoulés sous leur forme définitive et directement commercialisables : en particulier le mobilier urbain et de jardin et surtout le bâtiment. Dans ce dernier domaine, il est bon de rappeler les éléments placés depuis près de 5 ans et constituant la façade d'un bâtiment situé Avenue de l'Observatoire à Liège (fig. 2). L'excellent état dans lequel est restée cette façade prouve qu'en pratique les qualités de résistance en extérieur, de nettoyage aisé et d'aspect remarquable se conservent parfaitement dans le temps.



Buiten het belang van de uitstekende eigenschappen van het geagglomereerd materiaal t.o.v. het natuurlijk produkt, biedt de mogelijkheid om het gegoten materiaal zoveel mogelijk te gebruiken een optimale valorisatie van de bijprodukten van groeven en de verlaten groeven kunnen opnieuw worden ontgonnen door ze te doen springen door ontploffing.

Het uitstekend weerstandsvermogen samen met de eigenschappen voor het vormgieten, werden eveneens benut voor de verwezenlijking van dekpanelen die bijvoorbeeld het uitzicht van leistenen hebben ; in dit bijzonder geval maakt de simulatie van valse voegen het mogelijk een dak- en muurbekleding te bekomen met een geringe dikte en die gemakkelijk onderhouden kan worden.

Het harsbeton is een nieuw materiaal en het moet als zodanig beschouwd worden ; dit materiaal is geen vervangingsprodukt want de rationele aanwending van zijn eigen kwaliteiten bestemt dit produkt als een aanvulling voor wat reeds op de huidige markt bestaat. In dat opzicht heeft het NIEB zijn onderzoekingen voortgezet naar nieuwe mogelijkheden : eerst door de aanwending ervan en daarna door technologische hulp te bieden voor de industriële oppuntstelling van gegoten produkten die in hun definitieve vorm uit hun vorm worden genomen en rechtstreeks in de handel kunnen gebracht worden, in het bijzonder voor het stads- en tuinmeubilair en vooral voor de bouwnijverheid. Op dit laatste gebied is het interessant de elementen aan te halen die 5 jaar geleden werden geplaatst om de gevel te vormen van een gebouw in de Avenue de l'Observatoire te Luik (fig. 2). De uitstekende staat waarin deze gevel behouden bleef bewijst dat de bestandheid in de buitenlucht, het gemakkelijk onderhoud en het merkwaardig uitzicht in de praktijk volkomen behouden blijven na verloop van tijd.

Fig. 2 — Façade en béton de résine d'un bâtiment situé Avenue de l'Observatoire à Liège
Gevel in harsbeton van een gebouw dat zich bevindt in de Avenue de l'Observatoire te Luik

3. DERNIERS DEVELOPPEMENTS

Après ce rappel, on passe en revue quelques-unes des principales réalisations pour lesquelles l'INIEX a élaboré les formulations de base, a étudié la conception des moules et a mis en œuvre les prototypes. Dans le cas d'un nombre limité de pièces, les laboratoires de l'Institut ont coulé eux-mêmes les exemplaires souhaités : cette façon de faire est notamment adoptée lorsque sont programmés des essais de laboratoire ou in situ en grandeur réelle.

Les marchés abordés étant très variés, les exemples donnés sont groupés suivant leurs domaines d'application :

3.1. Bâtiment

La façade de la Cité Administrative de l'Etat, rue Paradis à Liège, est actuellement en construction ; les éléments en béton de résine décoratif sont placés au moyen d'un système de fixation étudié à l'INIEX (fig. 3). Sur la figure 4 apparaît une des façades, tandis que la figure 5 reprend une partie montrant les éléments plans de 2 cm d'épaisseur en béton de résine alternant avec les éléments du même type possédant un relief.

La finition d'un building dans un quartier résidentiel de la périphérie liégeoise (fig. 6) est un autre exemple pratique démontrant que le béton de résine est un matériau nouveau, complémentaire et possédant son propre champ d'application. Les éléments de balcons constitués de colonnettes aux formes arrondies, reliées par des pièces en U de près de 3 m, sont fabriqués en béton de résine. Il s'est avéré que cette solution était la plus économique ; d'une part, une pierre naturelle travaillée est plus coûteuse à l'achat et, d'autre part, le béton traditionnel, moins cher au point de vue matières premières, nécessite un travail de pose onéreux compensant largement la différence de prix au niveau des composants.

De plus, les problèmes de teinte, d'aspect et d'entretien dans le temps, bien connus avec le béton traditionnel, n'existent pas avec les bétons de résine.

3.2. Mobilier d'intérieur et de jardin

Sur la figure 7 est rassemblée une série de tables, tabourets, bancs, jardinières en béton de résine. Sur la figure 8, on remarque notamment une table plus grande à aspect décoratif. A ce propos, rappelons que formes, dimensions et aspects peuvent varier en fonction de l'effet recherché et du but poursuivi.

3. LAATSTE ONTWIKKELINGEN

Na deze historische schets overlopen we enkele van de voornaamste verwezenlijkingen waarvoor het NIEB de basisformuleringen heeft uitgewerkt, de gietvormen heeft ontworpen en de prototypes heeft aangewend. In het geval van een beperkt aantal stukken hebben de laboratoria van het NIEB zelf de gewenste exemplaren gegoten : deze werkwijze wordt onder meer aangenomen wanneer de proeven in het laboratorium of in situ op werkelijke grootte worden geprogrammeerd.

Aangezien er een zeer gevarieerde markt bestaat voor deze producten worden de gegeven voorbeelden gegroepeerd volgens hun toepassingsgebied :

3.1. Gebouwen

De gevel van het Rijksadministratief Centrum, rue Paradis te Luik wordt momenteel opgetrokken ; de elementen in decoratief harsbeton worden geplaatst door middel van een bevestigingssysteem dat door het NIEB bestudeerd werd (fig. 3). Op figuur 4 is een van de gevels afgebeeld terwijl we op figuur 5 een gedeelte zien dat de vlakke elementen toont van 2 cm dik in harsbeton afwisselend met elementen van hetzelfde type maar met een reliëf.

De afwerking van een building in een buitenwijk van Luik (fig. 6) is een ander praktisch voorbeeld dat aantoont dat het harsbeton een nieuw aanvullend materiaal is dat zijn eigen toepassingsgebied heeft. De balkonelementen, gevormd door kleine afgeronde zuiltjes die met elkaar verbonden zijn door U-vormige stukken van 3 m, zijn vervaardigd in harsbeton. Dit bleek de voordeligste oplossing te zijn ; enerzijds is een bewerkte natuursteen duurder bij de aankoop en anderzijds is het plaatsen van gewoon beton, waarvan de grondstoffen goedkoper zijn, duurder. Dit compenseert ruimschoots het prijsverschil van de bestanddelen.

Bovendien zijn er met het harsbeton geen problemen van kleur, uitzicht en onderhoud die na verloop van tijd onvermijdelijk opduiken voor het gewoon beton.

3.2. Huis- en tuinmeubilair

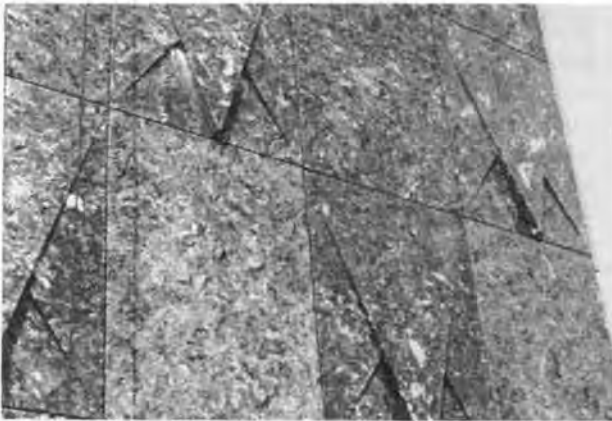
Op figuur 7 wordt een reeks tafels, krukjes, banken en bloemenbakken in harsbeton voorgesteld. Op figuur 8 zien we onder meer een grotere tafel met een decoratief aspect. In verband hiermee herinneren we eraan dat de afmetingen en het uitzicht kunnen variëren naargelang het nagestreefde doel.



3



4



5



6

3 Système de fixation étudié à l'INIEX et utilisé pour la façade en béton de résine de la Cité Administrative de l'Etat
Bevestigingssysteem bestudeerd in het NIEB en aangewend voor de gevel in harsbeton van het Rijksadministratief Centrum

4 Pignon en béton de résine décoratif (Cité Administrative de l'Etat à Liège)
Zijgevel in decoratief harsbeton (Rijksadministratief Centrum te Luik)

5 Vue en gros plan du pignon de la Cité Administrative de l'Etat
Dichtbij-opname van de zijgevel van het Rijksadministratief Centrum

6 Eléments de balcon en béton de résine de teinte blanche
Balkonelementen in harsbeton met een witte kleur



Fig. 7 — Mobilier de jardin
Tuinmeubilair

3.3. Art et restauration

De nombreux artistes viennent à l'INIEX en vue d'obtenir une aide et/ou des conseils lors de la réalisation d'œuvres d'art et sculptures diverses. Les figures 9 et 10 sont des exemples de pièces en béton de résine, coulées à partir de moules en caoutchouc de silicone ; les modèles initiaux étaient en plâtre.

Plusieurs travaux de restauration ont été effectués à l'INIEX, notamment dans le cadre de la rénovation de bâtiments publics à l'occasion du Millénaire de la Principauté de Liège. A cet effet, une technique spéciale, celle du moule à peau, a été étudiée et appliquée (fig. 11 à 13).

3.4. Aménagements urbains

Des réalisations en béton de résine, comme les bancs publics, les bacs à papier, les boîtes aux lettres, sont envisageables à partir de formulations avec des charges minérales calcaires et siliceuses. Les exemples qui précèdent l'ont déjà prouvé. Mais d'autres possibilités de récupération de déchets solides sont également offertes en utilisant les liants résineux. C'est ainsi que le verre recyclé, provenant des collectes sélectives organisées dans les villes lors du ramassage des immondices, est actuellement incorporé sous forme de poudres et morceaux broyés dans des bétons de résine mis au point à l'INIEX. Deux applications à partir de ces formulations existent

3.3. Kunst en restauratie

Talrijke kunstenaars komen naar het NIEB om hulp en/of raad te vragen voor de verwezenlijking van diverse kunstwerken en beeldhouwwerken. Figuur 9 en 10 zijn voorbeelden van stukken in harsbeton die gegoten werden in vormen van siliconenrubber ; de oorspronkelijke modellen waren van gips.

Het NIEB voerde verscheidene herstellingswerken uit, onder meer in het raam van de renovatie van openbare gebouwen ter gelegenheid van het Millennium van het Prinsbisdom Luik. Hiervoor werd een speciale techniek met vormen van huid bestudeerd en toegepast (fig. 11 tot 13).

3.4. Stedenbouw

Verwezenlijkingen in harsbeton, zoals zitbanken, papierbakken, brievenbussen, op basis van formuleringen met kalkachtige en kiezelachtige minerale vulstoffen worden toegepast. De aangehaalde voorbeelden hebben dit bewezen. Maar er bestaan ook andere mogelijkheden om vaste afvalstoffen terug te winnen door harsachtige bindmiddelen te gebruiken. Zo wordt gerecycleerd glas dat afkomstig is van selectieve huisvuilophalingen in de steden, momenteel in de vorm van poeders en gemalen brokken ingewerkt in harsbeton dat in het NIEB werd uitgewerkt. Er bestaan momenteel twee toepassingen op basis van deze formuleringen te Luik : een wandelstraat in



8



9



10

8 Mobilier avec notamment une table de grande dimension de forme ovale

Mebilair met onder meer een grote, ovaalvormige tafel

9 Moulage d'une automobile disposée sur un socle (modèle réduit d'un prototype)

Het vormgieten van een auto die op een voetstuk geplaatst werd (verkleind model van een prototype)

10 Sculpture : moulage en béton de résine

Beeldhouwwerk : vormgeving in harsbeton



11



12



13

11 Moules réalisés suivant la technique du moule à peau; le silicone souple est soutenu par une enveloppe rigide (par exemple en plâtre ou en stratifié) facilement démontable

Gietvormen verwezenlijkt volgens de techniek van het vormen met huid; de soepele siliconen worden ondersteund door een stijf omhulsel (bijvoorbeeld in gips of in laminaat) dat gemakkelijk kan gedemonteerd worden.

12 Reproduction d'un pinacle de la Grand-Poste à Liège : en haut, à droite, pinacle d'origine réparé sommairement; au milieu, moule en caoutchouc silicone avec son enveloppe en stratifié; à l'avant, demi-pinacle moulé en béton de résine

Reproductie van een tinne van de Grote Post te Luik; boven rechts : oorspronkelijke tinne die oppervlakkig hersteld werd; in het midden : vorm in siliconenrubber met een omhulsel in laminaat; vooraan : halve tinne die gegoten werd in harsbeton

13 Gros plan sur l'opération de démoulage : le silicone souple est facilement enlevé et laisse apparaître le demi-pinacle en béton de résine

Opname van dichtbij van het uit de vorm nemen : het soepel silicone kan gemakkelijk verwijderd worden en de halve tinne in harsbeton komt vrij

actuellement à Liège : une rue piétonne dans le centre de la ville (fig. 14) et des bacs à papier placés à Liège et dans la périphérie à raison de plusieurs centaines d'exemplaires (fig. 15).

La figure 16 montre un projet au stade expérimental dans le site de l'INIEX : des piquets d'entrave avec blason en relief.

4. CONSIDERATIONS SUR LES TRAVAUX EN COURS ET LES PROJETS A PLUS LONG TERME

Les exemples de réalisations commercialisées ou en voie de l'être qui viennent d'être explicités ne sont pas limitatifs, mais ont permis de circonscrire les créneaux du marché ouvert actuellement au béton de résine.

Les travaux de l'INIEX se poursuivent en vue, d'une part, d'aider les industriels à utiliser rationnellement le matériau et, d'autre part, de mettre au point des formulations permettant d'élargir le champ d'application existant.

Le tableau I prouve que le béton de résine possède une excellente résistance qui, alliée à d'autres caractéristiques comme la recherche de l'esthétique, la facilité d'entretien, la non-gélivité, imposent ce produit nouveau pour des applications allégées où le traditionnel nécessiterait de fortes épaisseurs et des formes massives, lourdes et peu économiques.

Cet allègement au niveau de la pièce finie offre donc de nouvelles perspectives au concepteur de projet et l'INIEX continue ses travaux dans ce sens en exploitant au mieux l'aptitude du béton de résine à enrober de façon étanche d'éventuels inserts, tiges renforçantes ou âmes à faible densité. La figure 17 donne quelques exemples étudiés à l'INIEX,

- à gauche, sont utilisés une âme en bois et des renforcements qui sont ici des fers à béton, mais pourraient être des joncs en stratifié verre-résine ;
- à côté, l'âme est une mousse allégeant au maximum la pièce finie, par exemple une colonne ;
- le troisième échantillon en partant de la gauche montre la coulée autour d'un tuyau ou d'un tube creux, renforcé si nécessaire par un enroulement en stratifié (l'élément central servira dans certains cas de logement pour canalisations, câbles et/ou conduites) ;
- à droite, est mis en évidence le rôle joué par des barres renforçantes lors notamment de la fabri-

het centrum van de stad (fig. 14) en honderden papierbakken die in Luik en omgeving geplaatst werden (fig. 15).

Figuur 16 toont een ontwerp dat beproefd wordt op het terrein van het NIEB : afsluitingspaaltjes met blazon in reliëf.

4. BESCHOUWINGEN OVER DE WERKZAAMHEDEN DIE MOMENTEEL WORDEN UITGEVOERD EN DE ONTWERPEN OP LANGERE TERMIJN

De hiervoor aangehaalde voorbeelden van verwezenlijkingen die op commerciële schaal toegepast werden of zullen toegepast worden, vormen geen beperking maar ze maken het mogelijk een indruk te krijgen van de markt die er op dit ogenblik bestaat voor harsbeton.

De werkzaamheden van het NIEB worden verdergezet, enerzijds om de industriële te helpen met materiaal rationeel te gebruiken en anderzijds om formuleringen uit te werken die het toepassingsgebied kunnen uitbreiden.

Tabel I toont aan dat het harsbeton een uitstekende weerstand heeft die samen met andere kenmerken, zoals de vormgeving, het gemakkelijk onderhoud en de bestandheid tegen vorst, dit nieuw produkt aanwijzen voor lichtere toepassingen waarbij het traditioneel materiaal aanzienlijke dikten en massieve, zware en economisch weinig verantwoorde vormen zou vereisen.

Deze verlichting van het afgewerkte stuk biedt dus nieuwe vooruitzichten aan de ontwerper en het NIEB zet zijn werkzaamheden in die zin verder ; het NIEB maakt zoveel mogelijk gebruik van het feit dat het harsbeton de verankeringen, versterkende stangen of kernen met een geringe dichtheid kan omgeven zodat het geheel lucht- en waterdicht is. Figuur 17 toont enkele voorbeelden die in het NIEB bestudeerd werden ;

- links wordt een houten kern gebruikt met verstevigingen die in dit geval betonijzers zijn maar die eveneens ringen in gestratificeerd glas-hars zouden kunnen zijn ;
- daarnaast bestaat de kern uit schuimplastiek die het gewicht van het afgewerkte stuk, bijvoorbeeld een zuil, tot een minimum herleidt ;
- het derde model, links, toont het vormgieten rond een buis of een holle buis, die zo nodig versterkt wordt door een gelaagde wikkeling (het centraal element zal in bepaalde gevallen dienen om er leidingen, kabels en/of pijpleidingen in aan te brengen) ;
- rechts wordt de aandacht gevestigd op het belang van de staven die dienen voor de verstevi-



14

14 Rue piétonne
Wandelstraat



15

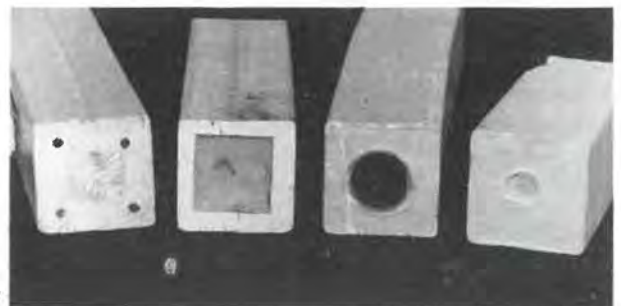
15 Bac à papier avec le blason de la ville de Liège, placé dans la rue piétonne - Applications de béton de résine à base de verre recyclé
Papierbak met het blazoen van de stad Luik, geplaatst in de wandelstraat - Toepassingen van harsbeton op basis van gerecycleerd glas



16

16 Piquets d'entrave : prototypes
Afsluitingspaaltjes : prototypes

17 Exemples d'utilisation de renforcements et d'âmes de types divers
Voorbeelden van het gebruik van versterkingen en kernen van verschillende types



17

cation d'éléments de construction ; ces barres serviront entre autres de raidisseurs pour des pièces de portée importante, tout en transmettant les charges aux appuis d'extrémité.

Ces études se prolongent vers la mise en œuvre de panneaux sandwichs composites, structurellement et fonctionnellement conçus pour servir d'éléments portants faisant office de parois modulaires de grandes dimensions dans les bâtiments à un ou plusieurs étages (fig. 18).

Les mâts et les tissus de verre sont également envisagés dans les laboratoires de l'INIEX, soit dans la masse en couches successives distantes de quelques mm, soit en renforçant plus simplement une des faces extérieures du produit fini. Dans ce dernier cas, le plus souvent retenu (fig. 19), le but est double :

- augmenter la résistance à la flexion, le renforcement de verre se situant là où se produiront les contraintes maximales en traction ;
- éviter, lors de fissurations accidentelles en service, que la pièce ne se rompe en de nombreux morceaux rendant impossible toute réparation ultérieure et constituant, dans le cas d'éléments suspendus, un danger pour l'environnement.

Des fibres de verre courtes et des fibres métalliques ont été également incorporées en vue d'étudier leur action sur la résistance aux chocs des bétons de résine.

Celle-ci est suffisante pour bon nombre d'applications non soumises à des chocs importants. Cependant, les autres qualités du béton de résine lui ouvrent le marché pour des réalisations soumises accidentellement ou périodiquement à des sollicitations par impact : dallages, mobilier urbain, bordures, etc. Afin de valoriser au mieux le matériau, l'INIEX a notamment mis au point et testé une série de formulations avec un pourcentage croissant de fibres de verre courtes, de longueurs et de type divers. Les premiers essais ont permis de conclure que l'augmentation de la résilience enregistrée en fonction de la teneur en verre tend vers un maximum. En calculant le pourcentage en fibres par rapport à la quantité de résine et en tenant compte de l'impact économique (calcul du prix de revient), il ressort que 10 % de fibres courtes constituent un optimum qu'il ne serait pas rentable de dépasser.

La figure 20 montre les résultats encourageants obtenus lors des essais de résilience Charpy (recommandation ISO R179).

Comme il a été mentionné plus haut dans le cas particulier de la façade de la Cité Administrative de l'Etat, l'INIEX continue à étudier des systèmes pratiques en vue de fixer des pièces de grandes di-

ging, onder meer voor de vervaardiging van bouwelementen ; deze staven zullen onder meer dienen als verstevigers voor stukken met een aanzienlijk draagvermogen en voor het overbrengen van de lasten naar de steunpunten aan de uiteinden.

Deze studies worden voortgezet voor het aanwenden van samengestelde sandwichpanelen die volgens hun structuur en hun functie werden ontworpen om gebruikt te worden als draagelementen voor modulaire wanden met grote afmetingen in gebouwen met een of meerdere verdiepingen (fig. 18).

De glasvezelmatten en glasweefsels worden bestudeerd in de laboratoria van het NIEB, hetzij in de massa van opeenvolgende lagen die enkele mm van elkaar verwijderd zijn, hetzij om enkel de buitenwanden te verstevigen van het afgewerkt produkt. In dit laatste geval dat het meest in aanmerking komt, wordt een dubbel doel nagestreefd :

- de buigsterkte verhogen aangezien de versteviging d.m.v. glas zich voordoet waar de maximale trekspanning zich voordoet ;
- tijdens toevallige scheurvormingen bij gebruik, vermijden dat het stuk zich breekt in talrijke brokken ; bij verbrokkeling kan het stuk niet meer hersteld worden en de opgehangen elementen die beschadigd worden kunnen een gevaar zijn voor de omgeving.

Korte glas- en metaalvezels werden eveneens ingewerkt om hun invloed op de schokweerstand van harsbeton te bestuderen.

Deze weerstand is voldoende voor een groot aantal toepassingen die niet aan hevige schokken onderworpen zijn. De andere eigenschappen van het harsbeton maken het mogelijk dit harsbeton te gebruiken voor verwezenlijkingen die toevallig of geregeld onderworpen worden aan schokken : bevloering, stadsmeubilair, kantstenen, enz... Om het materiaal optimaal te valoriseren heeft het NIEB onder meer een reeks formuleringen met een toenemende percentage korte glasvezels van verschillende lengten en aard uitgewerkt en beproefd. Uit de eerste proeven kon afgeleid worden dat de toename van de vastgestelde kerfslagsterkte groter wordt naargelang het glasgehalte. Door het percentage van de vezels te berekenen in verhouding met de hoeveelheid hars en rekening houdend met de economische weerslag (berekening van de kostprijs), kunnen we afleiden dat een optimale werking bekomen wordt met 10 % korte vezels. De overschrijding van dit percentage zou niet meer rendabel zijn.

Figuur 20 toont de bemoedigende resultaten die bekomen werden tijdens de proeven op de kerfslagsterkte Charpy (aanbeveling ISO R179).

Zoals hierboven werd aangehaald voor het bijzonder geval van de gevel van het Rijksadministratief



Fig. 18

Prototypes de panneaux sandwichés avec parois en béton de résine
Prototypes van sandwich-panels met wanden in harsbeton



Fig. 19

Tabourets renforcés par mat et tissu de verre
Krukjes verstevigd met glasvezelmatten en glasweefsels

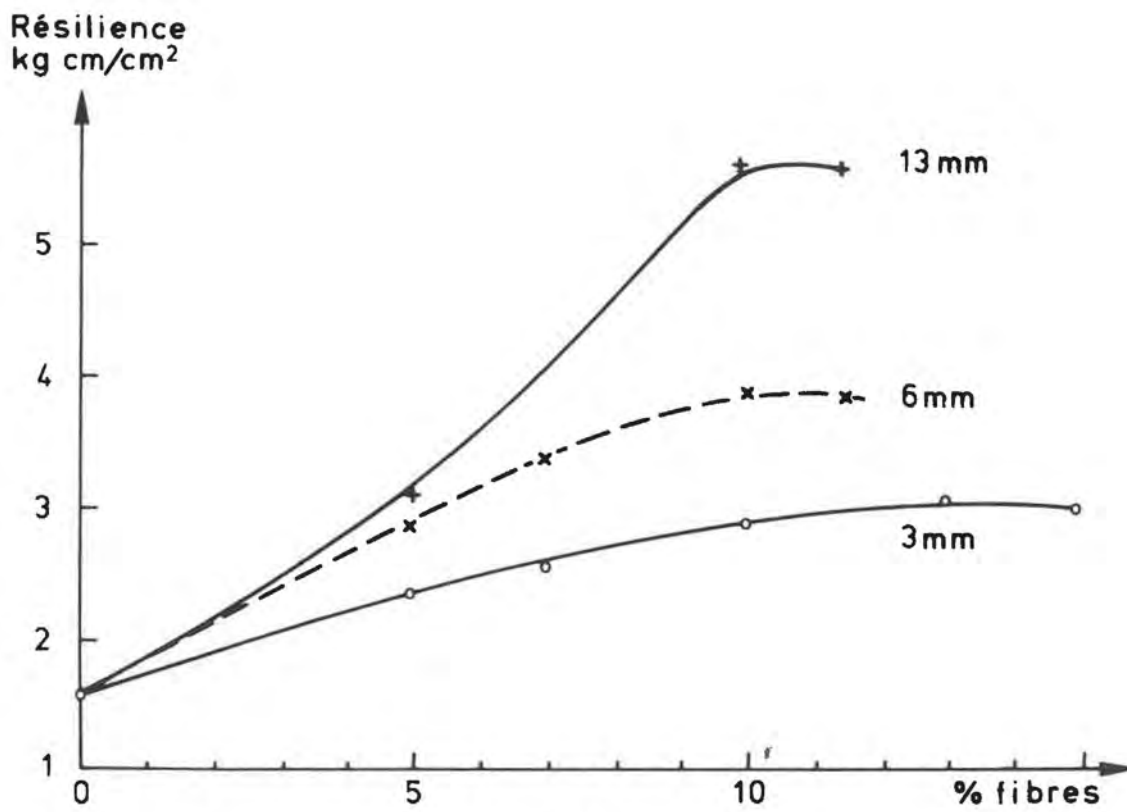


Fig. 20

∅ Résilience Charpy en fonction de la teneur en fibres (en % par rapport à la résine)
Kerfslagsterkte Charpy naargelang het gehalte aan vezels (in % t.o.v. het hars)

mensions à une structure portante ; les dispositifs solidarissant l'élément au bâtiment tiennent compte des dilatations différentielles des matériaux en présence et sont expérimentés lors de tests sévères sur éléments réels. La facilité de noyer des inserts dans le béton de résine a été exploitée au maximum dans toute une série de pièces à emboîter ou à assembler.

Ces quelques exemples représentent un échantillonnage des travaux, à court ou à moyen terme que l'INIEX effectue afin de valoriser le béton de résine, soit en optimisant ses caractéristiques propres, soit en l'envisageant en combinaison avec d'autres matériaux pour présenter des produits finis plus élaborés.

Avant de terminer, il ne faut pas oublier que les différents essais de récupération des sous-produits de carrières se poursuivent en fonction des desiderata de la profession ; c'est ainsi qu'actuellement, une série de recherches spécifiques est en cours à partir de pierres, concassés et fines provenant des carrières de la Province de Luxembourg.

* * *

Nous profitons également de l'occasion pour remercier toute l'équipe technique de la Section Polymères sans la collaboration de laquelle les études sur le béton de résine n'auraient pas abouti à des résultats aussi concluants pour le présent et encourageants pour l'avenir ; nous citerons en particulier Mme Mauri pour les formulations et les essais spéciaux, MM. Blanche et Rouma pour la réalisation des moules et les coulées de pièces finies, MM. Bruwier et Hansen pour les essais de contrôle et de vieillissement.

Centrum, zet het NIEB de studie verder van de praktische systemen om grote elementen te bevestigen aan een dragende structuur ; de toestellen die het element aan het gebouw bevestigen houden rekening met de differentiële uitzetting van de materialen en worden onderworpen aan strenge proeven op reële elementen. De verankeringen kunnen gemakkelijk omgeven worden met harsbeton en dit wordt zoveel mogelijk toegepast voor een reeks stukken die in elkaar geschoven of geassembleerd moeten worden.

Deze enkele voorbeelden geven een overzicht van de werkzaamheden op korte of middellange termijn die in het NIEB worden uitgevoerd om het harsbeton te valoriseren, hetzij door zijn eigen kenmerken te optimaliseren, hetzij door het te gebruiken met andere materialen om beter afgewerkte produkten te bekomen.

Alvorens te eindigen moet men niet vergeten dat de verschillende proeven voor de recuperatie van bijprodukten van groeven worden voortgezet naargelang de desiderata van de ontginners ; zo wordt op dit ogenblik een reeks specifieke onderzoeken uitgevoerd met fijne vulstoffen, gemalen vulstoffen en stenen uit groeven in de Provincie Luxemburg.

Wij nemen eveneens de gelegenheid te baat om de gehele technische ploeg van de Sectie Polymeren te danken. Zonder hun medewerking zouden de studies over het harsbeton niet tot resultaten geleid hebben die op dit ogenblik erg overtuigend zijn en die hoopgevend zijn voor de toekomst ; wij vermelden in het bijzonder Mevrouw Mauri voor de formulering en de speciale proeven, de HH. Blanche en Rouma voor de verwezenlijking van de gietvormen en het gieten van afgewerkte stukken, de HH. Bruwier en Hansen voor de controle- en verouderingsproeven.

Sélection des fiches d'INIEX

INIEX 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 12

Fiche n. 69.660

E.V. TERENT'EV. Tectonique des gisements et des bassins houillers de l'URSS. — **Industrie Minérale. Les Techniques**, (6) ; 297-306 (juin 1980) ; 8 fig., 1 tabl., 4 réf.

Les systèmes de structures tectoniques qu'on observe dans les bassins houillers dépendent du type de genèse tectonique du bassin et de la position de la formation houillère dans la structure géo-tectonique actuelle de l'écorce terrestre. Sept groupes de bassins, comportant des systèmes voisins, sont distingués. Mise au point d'une classification de ces structures selon leurs dimensions avec 5 subdivisions. La méthode d'élémentarisation des systèmes donne des résultats positifs. La géométrisation des structures tectoniques est un des principaux objectifs de la prospection détaillée des gisements de charbon. La structure d'un gisement détermine fréquemment les

procédés, les matériels et les aspects économiques de l'extraction du charbon. Le problème non résolu et le plus délicat est celui de la géométrisation des catégories des accidents tectoniques petits et très petits. Sa solution est recherchée en développant les études géophysiques détaillées directement dans les travaux miniers ainsi qu'en recourant plus largement au procédé d'exploitation par rabattage.

IND. A 12

Fiche n. 69.764

R.G. BURDICK et R.A. SPEIRER. Development of a method to detect geologic faults and other linear features from Landsat images. *Mise au point d'une méthode pour déceler les failles géologiques et autres caractéristiques linéaires des images Landsat.* — **US Bureau of Mines. Report of Investigations 8413.** 1980, 74 p., 16 fig., 5 réf.

Description d'une méthode de détection de failles géologiques mise au point et utilisant un mini-ordinateur. La méthode comprend une suite de program-

mes qui analyse une image pour toutes ces caractéristiques « potentielles ». A partir de ces données partiellement analysées, les caractéristiques finales sont rassemblées par d'autres méthodes de routine. Cette méthode a été essayée dans une zone du Wyoming et a donné de bons résultats.

IND. A 20 Fiche n. 69.716

J. TATSCH. Coal deposits. Origin, evolution and present characteristics - *Gisements de charbon. Origine, évolution et caractéristiques actuelles.* — **Tatsch Associates.** Sudbury, 120 Thunder Road, Massachusetts 01776, USA, 1980, 590 p., Nomb. fig. et réf.

L'importance du charbon comme source d'énergie a été soulignée en 1973, suite à une augmentation importante et non prévue du prix du pétrole. Depuis lors, le charbon a acquis une importance croissante dans les problèmes économiques et sociaux et également lors des discussions politiques concernant l'approvisionnement énergétique mondial. Il n'y a aucun doute à avoir, le charbon, combustible fossile le plus abondant, jouera un rôle décisif, dans le futur, dans le budget énergie du monde. Cet ouvrage examine, d'une manière détaillée, les résultats d'une analyse globale de l'origine, de l'évolution et des caractéristiques actuelles des gisements mondiaux de charbon. Il montre comment le modèle tectonosphérique de la terre peut être utilisé comme outil supplémentaire dans l'exploration des gisements qui n'ont pas encore été localisés. Une très abondante bibliographie complète cet ouvrage.

IND. A 2534 Fiche n. 69.661

L.P. THOMAS, HARDJONO et al. Coal exploration in East Kalimantan, Indonesia - *Prospection du charbon dans le Kalimantan Oriental, Indonésie.* — **Industrie Minérale. Les Techniques,** (6) ; 327-334 (juin 1980) ; 3 fig., 1 tabl., 12 réf.

Les couches étudiées sont des sédiments du Miocène de faciès deltaïque plissées en une série d'anticlinaux à pente raide et de synclinaux à pente douce. Techniques de prospection : des observations sur place sont faites et une série de forages avec prélèvement de carottes sont creusés jusqu'à 350 m environ. Les données sont enregistrées sur des cartes spécialement conçues pour faciliter leur usage, la standardisation des résultats ainsi que le stockage en ordinateur et la récupération. Des informations sont également obtenues à partir d'examens de photographies aériennes et de radars aéroportés à vue latérale et à partir de carottes pour connaître la chimie du charbon ainsi que la pétrologie et la paléontologie des roches.

IND. A 2549 Fiche n. 69.677

X. Le gisement de charbon du Bassin de l'Arc (Houillères de Provence). — **Industrie Minérale,** Supplément au n° de juin 1980. 116 p., Nomb. fig., tabl. réf.

Numéro spécial consacré au gisement de charbon du Bassin de l'Arc (Houillères de Provence). J.P. Durant et G. Guieu : Cadre structural du Bassin de l'Arc. J.P. Durand : Sédiments fuvéliens du synclinal de l'Arc. M. Donsimoni, G. Farjanel et al. : Etude des microfaciès et de la microflore des assises fuvéliennes du sondage GW 1. G. Gonzales : Pétrologie de la Grande Mine de Gardanne. G. Glantzboeckel : Le gisement de charbon du Bassin de l'Arc : reconnaissance de l'extension du gisement. M. Bideaud : Une étude sismique dans le Bassin de l'Arc. F. Lebreton : Apport des diagrapies à l'étude de la subsurface dans les sondages de Gardanne. G. Durozoy : Hydrogéologie du Bassin de l'Arc. G. Guieu : Perspectives de recherches du gisement lignifère au sud du massif de l'étoile en bordure du Bassin de Marseille. M. Reynard : L'exploitation aux Houillères de Provence. P. Gaviglio : La fracturation dans le gisement de lignite du Bassin de l'Arc. J.P. Josien : Le comportement des terrains autour de l'exploitation : les coups de terrain du Bassin de Provence. J. Arca-mone : les affaissements de surface dans le Bassin de Gardanne.

IND. A 40 Fiche n. 69.755

J.L. PITON, P. TOUYAROT et al. L'observation de la terre par satellites : images et réalités. — **Annales des Mines (de France) ;** 7-18 (avril-mai 1980) ; 6 fig., 4 tabl.

L'auteur présente brièvement cette nouvelle technologie et le vocabulaire qui s'y rattache et donne un aperçu des applications actuelles en Amérique du Nord comme en France. Il souligne les difficultés rencontrées dans son utilisation ; elles sont dues essentiellement à une politique de promotion trop volontariste et à une surestimation de ses possibilités. Une nouvelle approche des utilisateurs semble devoir être adoptée.

IND. A 40 Fiche n. 69.756

X. Troisième colloque international du GDTA. Traitement et exploitation cartographique des images spatiales. — **Annales des Mines (de France),** 21-250 (avril-mai 1980) ; nomb. fig., tabl. et réf.

Ce colloque international s'est tenu à Toulouse en juin 1979, sous l'égide du Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale

(GDTA). Ce numéro contient le texte intégral des différentes communications présentées. Le colloque a été organisé en 6 sessions d'une demi-journée selon le programme suivant : 1. Etat des besoins et applications. 2. Prétraitement du type photogrammétrique. 3. Extraction de l'information cartographique. 4. Apport à la cartographie topographique. 5. Perspective en cartographie thématique apportée par l'observation spatiale. 6. Perspectives ouvertes par les projets en cours.

B. ACCES AU GISEMENT — METHODES D'EXPLOITATION

IND. B 4111 Fiche n. 69.707

H. HEIERMANN et E. BUHREN. Durchfahren einer ausgebauten Strecke im Flöz - *Traversée par une taille d'une voie en couche démantelée* (textes allemand et anglais). — **Glückauf**, 116 (13) ; 646-651 (10 juil. 1980) ; 11 fig., 2 tabl., 12 réf.

Au puits Prosper III, il existait un panneau de 570 m de longueur contenant 400.000 t nettes de charbon divisés par une voie démantelée et parallèle au front de taille. La solution choisie a été celle de la traversée de cette voie démantelée plutôt que celle d'un remontage de l'autre côté de la voie car elle permettait une exploitation rentable du panneau. On a remblayé la voie avec un matériau de confection d'épi de remblai et on a ensuite exploité normalement la taille avec une abatteuse-chargeuse et soutènement bouclier. Coût du remblayage et prix de revient de la production.

IND. B 426 Fiche n. 69.685

M. BENECH. Les évolutions techniques récentes dans le domaine du soutirage. — **Industrie Minérale. Les Techniques**, (5) ; 233-245 (mai 1980) ; 41 fig.

Activités du groupe Co. R.T. soutirage (composition, participants, contacts, réunions, coopération, sujets abordés). Soutirages en dressants, consolidation, taille sans homme. Essais de soutènement bouclier à soutirage à Blanzay ; historique, essai de piles bouclier à soutirage (conditions de l'essai, matériel utilisé pour le soutènement, pour l'abattage, pour le transport du charbon lors du défilage, lors du soutirage, lors de la vie de la taille) et essais en Aquitaine. Evolution des soutènements marchants à soutirage à l'étranger (soutènement en service et soutènement en projet ou vendu). Le soutirage en dressants (essai de taille verticale et essai de concentration des points de soutirage). Orientations des recherches.

IND. B 44 Fiche n. 69.734

M. DUROCHER. Choix et mise au point d'une méthode d'exploitation descendante sous remblais cimentés pour la mine filonienne de la Société Penarroya à Noailhac-Saint-Salvy (France). — **Industrie Minérale**, 62 (7) ; 475-481 (juillet 1980) ; 10 fig.

La mine métallique française la plus récemment ouverte est celle de Noailhac-Saint-Salvy près de Castres. C'est aussi le plus important gisement de zinc du pays ; la mise en exploitation par la Société Penarroya a eu lieu en décembre 1975. La structure filonienne, à laquelle appartient Saint-Salvy, se caractérise par une très mauvaise tenue des terrains et par d'importantes variations de puissance ; c'est pourquoi il n'a pas été possible d'appliquer le modèle classique d'exploitation. Les contraintes imposées de sécurité, sélectivité, récupération par tranches horizontales descendantes sous remblais cimentés connues dans leur conception mais originales dans leur application. Le choix du remblai, de son transport, de sa mise en place et la recherche de systèmes de contrôle appropriés ont fait l'objet d'études approfondies et de vérifications dans un chantier pilote spécialement aménagé à cet effet 6 mois avant le démarrage de l'exploitation. Résumé de la Revue.

IND. B 511 Fiche n. 69.714

X. Surface mining problems run deep - *Problèmes lorsqu'on passe de l'exploitation à ciel ouvert à l'exploitation en souterrain.* — **Coal Age**, 85 (5) ; 130-137 (mai 1980) ; 6 fig.

Un problème fréquemment rencontré aux USA dans l'exploitation du charbon est le passage de l'exploitation à ciel ouvert, d'un faisceau de couches pentées, à l'exploitation souterraine. On exploite à ciel ouvert le plus bas possible en utilisant les divers matériels disponibles. Pour la recherche de la solution la plus économique on utilise fréquemment l'ordinateur avec des programmes très sophistiqués, mais la solution la plus économique n'est pas facile à trouver, surtout lorsque le faisceau comporte plus de 3 couches.

IND. B 511 Fiche n. 69.715

N.P. CHIRONIS. Casting overburden by blasting. - *Enlèvement des morts-terrains par minage.* — **Coal Age**, 85 (5) ; 172-180 (mai 1980) ; 10 fig., 2 tabl.

Des ingénieurs ont mis au point une méthode de rejet des morts-terrains par minage non pas simplement pour fragmenter les terrains de couverture mais pour en rejeter le maximum, jusque 60 % et même

plus, jusqu'au tas de stériles. Avantages de cette méthode qui a d'abord été appliquée dans les petites exploitations et qui l'est maintenant dans des exploitations plus importantes. L'évacuation des déblais restants est effectuée par des engins classiques tels que draglines, bulldozers, ... Abaques indiquant comment réaliser les tirs et paramètres intervenant dans les abaques. Comment utiliser les abaques — 10 étapes ; exemples. Améliorations possibles de la méthode.

C. ABATTAGE ET CHARGEMENT

IND. C 230 Fiche n. 69.758

J.C. LIBOUTON. Contribution à l'étude expérimentale des détonations dans les gaz. Rôle de la cinétique chimique. — **Explosifs**, (1) ; 3-24 (janvier-mars 1980) ; 9 fig. 33 réf. (2 et 3) ; 44-63 (-avril-septembre 1980) ; 23 fig. 1 tabl. 7 réf.

I. Etude des réactions de combustion dans lesquelles on distingue 2 grandes classes : les déflagrations et les détonations. Evolution historique du concept de détonation. Description de la structure tridimensionnelle et approches expérimentales utilisées. Description de l'appareillage : partie mécanique, allumage de la détonation, enregistrement de la structure, enregistrement de la vitesse moyenne de détonation, définitions utilisées pour décrire la composition du mélange. Théorie unidimensionnelle des détonations : équations de base de la théorie, calcul des variables du front de détonation.

II. Caractères généraux décrivant la structure : relation entre le temps caractéristique et le temps d'induction, description phénoménologique de l'écoulement à l'intérieur de la maille. Discussion systématique des divers effets : influence de la pression et de la dilution, influence de la nature du combustible, inhibition par les composés halogènes et influence relative de ces divers composés, influence de la richesse sur l'inhibition, influence de la nature du diluant sur la structure des ondes de détonation.

IND. C 230 Fiche n. 69.760

M.L. BERNARD. Corrélation entre les propriétés physico-chimiques et propriétés détoniques dans les familles naturelles d'explosifs. Cas des esters nitriques. — **Explosifs** ; (2 et 3) ; 38-43 (-avril-septembre 1980) ; 4 fig., 1 tabl. 7 réf.

L'étude des variations de la vitesse de détonation idéale de 19 esters nitriques (solides ou liquides) en fonction de leur masse moléculaire et de la densité du complexe activé dans l'onde de choc fait apparaître une corrélation entre ces propriétés où intervient

également le nombre de fonctions explosophores de la molécule d'explosif. Cette corrélation qui se manifeste chez les esters nitriques introduit un aspect structural dans la théorie cinétique de la détonation qui avait déjà été présentée.

IND. C 240 Fiche n. 69.674

X. Sécurité dans la perforation et l'utilisation des explosifs en souterrain. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains**, (39) ; 173-176 (mai-juin 1980).

Ce texte énumère les principales recommandations qu'il est nécessaire d'observer pour utiliser les explosifs avec le minimum de sécurité. Il est basé, d'une part, sur l'application des règles de l'Art et, d'autre part, sur le respect de la réglementation française. Sécurité de l'utilisation des explosifs (explosifs, détonateurs, exploseurs et de la mise en œuvre), plan de tir, transport, chargement de mines. Précautions à prendre pendant et après le tir. Consignes. Qualification du personnel.

IND. C 4215 Fiche n. 69.671

H.E. TAYLOR et W.J. JARVIS. Chainless haulage systems - *Systèmes de halage sans chaîne*. — **The Mining Engineer**, 139 (221) ; 655-667 (févr. 1980) ; 5 fig., 11 tabl.

Le propos de cet article est de fournir les informations sur l'expérience faite dans le South Nottinghamshire Area du NCB avec différents types de systèmes de halage sans chaîne. Introduction. Développement des systèmes de halage pour abatteuse-chargeuse. Systèmes pour éliminer la chaîne : Rack-a-track, Peratrak, Pin Wheel, Star Track. Halage à chaîne : étude de l'efficacité suivant différents types de couches. Effet des systèmes de halage sans chaîne sur l'élimination des niches. Profondeur de coupe et halage sans chaîne. Détails et expériences avec différents systèmes de halage sans chaîne. Discussion

IND. C 4232 Fiche n. 69.708

M. BERNAUER. Gewinnungsbohren in steil gelagerten Kohlenflözen - *Abattage par tarière en couches fortement pentées*. (textes allemand et anglais). — **Glückauf**, 116 (13) ; 646-651 (10 juil. 1980) ; 11 fig., 2 tabl., 12 réf.

Entre 1969 et 1978 mise au point, au Charbonnage Blumenthal, d'une installation d'abattage du charbon composée de 3 tarières pour des couches pentées de 40 à 100 grades. Description des essais préliminaires. Description de l'installation et caracté-

ristiques des tarières. Mesures prises pour lutter contre les poussières et les explosions de poussières. Description des essais qui ont permis de forer des trous de 200 m de longueur avec une déviation maximum de 0,50 % et jusque 1,20 m de diamètre. L'installation mise au point permet une utilisation de la commande automatique séquentielle.

IND. C 5

Fiche n. 69.673

W.A. SUMMERS et D.A. SUMMERS. The application of high pressure water jets to longwall mining. - *L'application de jets d'eau sous haute pression à l'exploitation en longue taille.* — **The Mining Engineer**, 139 (225) ; 915-924 (juin 1980) ; 5 fig. 3 tabl.

Introduction. Historique du problème. Problème d'inflammation par étincelles entre les pics de haveuse et des layettes de grès. Production de poussière. Concentration en eau. Dimension des morceaux et particules de charbon coupés. Développement de l'abattage hydraulique. Premiers essais en charbonnage. Dessins de l'ajutage et mise au point ultérieure. Evaluation de la méthode et conclusions : plus de poussière, plus d'inflammation, bonne cuttabilité pour des puissances non exagérées, dimensions des produits plus grandes qu'avec une haveuse, bon nettoyage de la taille. Il faut aussi noter que tous les essais ont été faits dans des zones détendues non sujettes aux pressions du toit.

D. PRESSIONS ET MOUVEMENTS DE TERRAINS — SOUTÈNEMENT

IND. D 11

Fiche n. 69.759

O. STEPHENSSON, G. LANDE et al. Etude sismique des roches à joints superficiels. — **Explosifs**, (2 et 3) ; 27-37 (avril-septembre 1980) ; 14 fig. 2 tabl. 4 réf.

L'emploi des méthodes classiques de la géophysique de surface dans la détermination de structures géologiques souterraines est bien connu mais, par contre, il est moins connu que les méthodes géophysiques peuvent fournir des informations sur la qualité et les propriétés élastiques des roches qui sont utiles au stade de l'étude et de la construction dans les travaux de géologie appliquée. Dans cette étude, les auteurs ont élaboré une théorie de la propagation des ondes dans les roches à joints superficiels. Cette théorie a été vérifiée par des expériences sur modèles comportant des joints artificiels dans des blocs de béton et elle a été confirmée par des essais sur le terrain (parois rocheuses dans une fouille et des galeries de mine).

IND. D 21

Fiche n. 69.680

J. ARCAMONE. Les affaissements de surface dans le Bassin de Gardanne. — **Industrie Minérale**. Supplément au n° de juin 1980. 111-116, 3 fig., 4 tabl., 5 réf.

Particularités du recouvrement : aspects géologique et géomécanique. Pour la détermination des mouvements de surface, des études précises d'affaissement ont été réalisées sur le Canal de Provence, elles ont constitué un outil de prévision des affaissements. Mesures sur le Canal de Provence, définition d'un profil d'affaissement. Calcul par abaques et prévision de l'affaissement maximal. Pour améliorer l'outil de prévision et pour mieux approcher le mécanisme des affaissements, 2 bases de relevés ont été installées au-dessus des tailles de l'Etoile et de Sainte-Victoire ; des mesures planimétriques ont été faites mensuellement ; les mesures planimétriques et altimétriques ont permis de déterminer les déformations. Résultats obtenus et conclusions.

IND. D 231

Fiche n. 69.679

J.P. JOSIEN. Le comportement des terrains autour de l'exploitation ; les coups de terrain du Bassin de Provence. — **Industrie Minérale**, Supplément au n° de juin 1980, p. 100-110, 10 fig.

Comportement caractéristique du gisement et description des coups de terrain qui sont accompagnés d'une expulsion brutale de la couche. Formation des coups de terrain dont l'ampleur est directement fonction du potentiel énergétique disponible avant rupture ; ce potentiel dépend du volume contraint, de la géométrie de l'exploitation et du niveau de contrainte atteint. Localisation des coups de terrain et conditions d'exploitation. Comportement du massif en avant du front. Détection des zones dangereuses. Traitement du massif. Perspectives d'avenir. Biblio. : 12 réf.

IND. D 66

Fiche n. 69.706

F. BREIT, J. KRAHE et al. Das Hinterfüllen von Streckenausbau mit Bullflex-Schläuchen - *Le remplissage des vides derrière le soutènement des voies au moyen de flexibles Bullflex* (textes allemand et anglais). — **Glückauf**, 116 (13) ; 639-643 (10 juil. 1980) ; 8 fig. 2 tabl. 7 réf.

On montre d'abord l'importance d'un remplissage soigné entre les cadres de voie et le massif rocheux. Le système Bullflex a été appliqué à la mine Rosensray pour stabiliser le soutènement dans les voies de la couche Matthias de 1,40 m d'ouverture, creusées avec une machine à attaque partielle Robo-

ter. Description du procédé et son application. Profondeur moyenne des vides derrière les cadres, matériaux utilisés. Les flexibles utilisés ont un diamètre de (3 cm. Prix de revient et résultats obtenus.

E. TRANSPORTS SOUTERRAINS

IND. E 0 Fiche n. 69.672

C. SHEPHERD et S. GILBERT. A review of underground transport systems in the Barnsley Area of the NCB - *Une synthèse des systèmes de transport dans le fond à la Barnsley Area du NCB.* — **The Mining Engineer**, 139 (225) ; 903-912 (juin 1980) ; 4 fig., 3 tabl.

Les principales fonctions du transport sont : 1) le transport des hommes ; 2) le transport des produits minéraux extraits ; 3) le transport du matériel. Pour ces 3 fonctions, les auteurs examinent le contexte du transport et les différents systèmes existants dont ils jugent les avantages et les inconvénients. Les auteurs envisagent aussi certaines alternatives apportées par des développements récents dans le transport du matériel. Une comparaison est faite entre les coûts de creusement et les coûts de fonctionnement d'un puits ou d'une galerie inclinée pour une profondeur identique.

IND. E 19 Fiche n. 69.670

J.K. ONLEY. Recent developments in transport systems - *Développements récents des systèmes de transport.* — **The Mining Engineer**, 139 (221) ; 645-653 (février 1980) ; 5 fig., 4 tabl.

L'article passe en revue les progrès qui ont été faits avec le développement de systèmes de transport non classiques dans les exploitations de charbon. Le NCB a étudié l'utilisation de pipelines à la fois pour les transports hydraulique et pneumatique. Le concept du transport automatique, tant pour le personnel que le matériel, a atteint le stade de l'application pratique. Le développement des techniques de recouvrement des voies ainsi que la description des véhicules sont faits. L'auteur conclut en proposant des améliorations pour les systèmes classiques de transport par rail.

IND. E 252 Fiche n. 69.770

J.H. JOHNSON. An overview of monitoring and control methods for Diesel pollutants in underground mines using Diesel equipment - *Revue des méthodes de surveillance et de contrôle des polluants Diesel dans les mines souterraines employant des équipements Diesel.* — **CIM Bulletin**, 73 (819) ; 73-87 (juillet 1980) ; 18 fig., 6 tabl., 44 réf.

L'auteur présente une revue des méthodes les plus avancées de surveillance et de contrôle des polluants Diesel dans les mines souterraines utilisant du matériel Diesel. L'analyse du contrôle est surtout axée sur les opérations des équipements LHD dans les mines métalliques et non métalliques, non grisouteuses et utilisant la méthode d'exploitation par chambres et piliers. Beaucoup de principes énoncés peuvent être appliqués à d'autres mines moyennant de légères modifications.

F. AERAGE — ECLAIRAGE — HYGIENE DU FOND

IND. F 110 Fiche n. 69.669

F.B. HINSLEY. Airflow in mines with polytropic conditions - *Ecoulement de l'air dans les mines ayant des conditions polytropiques.* — **The Mining Engineer**, 139 (221) ; 633-639 (févr. 1980) ; 3 fig, 2 réf.

Cet article traite de la théorie simple de l'écoulement de l'air dans les puits et boueux de mines quand les conditions polytropiques sont obtenues. L'air est idéalisé comme ayant une composition chimique constante et n'entraînant ni évaporation ni condensation d'eau. Introduction. Théorie générale. Ecoulement dans un puits d'entrée d'air dans des conditions polytropiques. Relations entre température, pression et densité avec la profondeur. Diagramme. Pression. Vitesse. Conclusion. Appendice.

IND. F 110 Fiche n. 69.675

C. FROGER. Les conditions climatiques dans les travaux souterrains - *The climatic conditions in the mine* (textes français et anglais). — **Industrie Minière**, 62 (6) ; 427-431 (juin 1980) ; 4 réf.

Caractérisation des chantiers miniers. L'objectif est de rendre le milieu ambiant des chantiers miniers compatible avec les interventions nécessaires de l'homme ; il faut maintenir dans des limites bien définies : la teneur dans l'air de gaz comme le grisou et/ou le gaz carbonique, l'oxyde de carbone, etc... ; la concentration en poussières respirables ; la température et l'humidité de l'air. Conditions climatiques à respecter. Facteurs ayant une influence sur le climat. Actions possibles pour améliorer le climat. Conclusions.

IND. F 115 Fiche n. 69.676

C. FROGER. Les études d'aérage pratiquées par le Cerchar - *Ventilation networks worked out by Cerchar*

IND. H 20

Fiche n. 69.732

A. SCHWARZENBACH. Reflexions fondamentales sur la production combinée de chaleur et d'électricité. — **Revue Brown Boveri**, 67 (3) ; 160-165 (mars 1980) ; 7 fig., 5 réf.

On peut juger de la rentabilité des centrales en calculant les coefficients d'exploitation d'énergie des différentes installations et en les comparant entre eux. Sur la base de cette estimation, on obtient pour les centrales produisant simultanément chaleur et électricité des variantes de couplage extrêmement économiques dont les frais d'exploitation variables restent faibles. Par une bonne utilisation de la centrale dans le temps, on peut également influencer les frais de capital de façon favorable.

IND. H 9

Fiche n. 69.761

P. COLS. Pourquoi l'énergie nucléaire en Europe et particulièrement en Belgique ? — **Electricité**, (170) ; 3-23 (juin 1980) ; 24 fig. 21 tabl.

Si l'on a réussi à éviter — provisoirement tout au moins — une pénurie physique d'énergie menant au rationnement, l'époque de l'énergie abondante et à bon marché paraît bien définitivement révolue. En Europe comme en Belgique, l'énergie nucléaire paraît être, avec le recours au charbon et au-delà des indispensables économies d'énergie, la principale possibilité qui nous soit offerte de réduire de manière significative nos importations de pétrole et de gaz qui couvrent aujourd'hui environ les 3/4 de nos besoins. Besoins énergétiques mondiaux. Ressources disponibles (charbon, pétrole, gaz, ressources nucléaires, hydraulique et autres). Nécessité et possibilités de l'énergie nucléaire. Examen de la situation énergétique de la CEE et ses objectifs. Programmes nucléaires de la CEE. Situation énergétique de la Belgique. Eléments d'une politique de l'énergie. Quelques aspects de la sécurité nucléaire.

IND. H 9

Fiche n. 69.762

A. DELMER. La géothermie en Belgique — Perspectives d'avenir. — **Electricité**, (170) ; 25-28 (juin 1980) ; 11 réf.

Examen des gisements géothermiques existant en Belgique et conclusions concernant la disponibilité de l'énergie géothermique. Les investissements nécessaires à la mise en œuvre de cette énergie sont énormes mais, par contre, les frais d'exploitation n'existent pas.

J. AUTRES DEPENDANCES DE SURFACE

IND. J 6

Fiche n. 69.704

J. SNEL. Een ernstige bedreiging voor het water en het milieu : de luchtverontreiniging - *Une grave menace pour l'eau et le milieu : la pollution de l'air.* — **Hydrographica**, (2) ; 6-15 (1980) ; 4 fig., 1 tabl., 4 réf.

La composition de l'eau des cours d'eau et de l'eau souterraine est affectée par la pollution atmosphérique. Les principaux agents de cette pollution sont les foyers et appareils de chauffage, les gaz d'échappement des voitures, les gaz de combustion des ordures et des déchets, enfin les multiples fumées industrielles parmi lesquelles certaines sont fort nocives. En dehors de la pollution anthropogène, une pollution naturelle se manifeste par le dépôt et la formation de poussières résultant de la violence des vents, des volcans, des tremblements de terre, etc... L'étude de la composition des eaux, qui recueillent et concentrent les résidus de la pollution atmosphérique à sa retombée sur terre, explique le processus de cette forme de pollution de l'eau dont l'importance augmente d'année en année.

K. CARBONISATION

IND. K 12

Fiche n. 69.740

CERCHAR. Retrait-poussée dans les fours à coke. — **Commission des Communautés Européennes. Recherche Technique Charbon.** EUR 6257, 1980, 59 p., 24 fig., 13 tabl.

Etude systématique des mécanismes et des lois qui gouvernent le retrait latéral de la charge à la station expérimentale de Marienau dans des fours de 400 kg. Ce rapport comporte 4 parties. La 1ère donne la description du dispositif de mesure du retrait latéral. Dans la 2ème partie, on donne les valeurs du retrait latéral mesuré à la fin de la cuisson et leurs variations en fonction de la nature des charbons et des facteurs de fabrication. Dans la 3ème partie, interprétation de l'allure des différents types de courbes de variation du retrait latéral en fonction de la durée de cuisson, corrélativement avec les courbes de poussée sur les piédroits. Pour terminer, analyse de la correspondance entre le retrait latéral et la poussée sur les piédroits.

L. GAZEIFICATION

IND. L 21 Fiche n. 69.712
M. ROSSBACH et R. LORSCHIEDER. Inbetriebnahme der Saarberg-Otto-Kohlendruckvergassungsanlage — *Mise en service officielle de l'installation de gazéification sous pression suivant le procédé Saarberg-Otto.* — **Glückauf**, 116 (13) ; 668-669 (10 juill. 1980) ; 2 fig.

Renseignements sur l'installation pilote de Völklinger-Fürstenhausen utilisant le procédé Saarberg-Otto pour la gazéification sous pression du charbon. Schéma du procédé. L'installation traite 11 t/h de charbon à la pression de 25 bar et à la température de 2400°C, elle produit 22.000 m³/h de gaz riche en CO et H₂. Le coût de l'installation s'élève à 72 Mio.DM.

M. COMBUSTION ET CHAUFFAGE

IND. M 210 Fiche n. 69.731
R. CHAUVIN. La recherche sur la combustion du charbon pulvérisé. — **Revue Générale de Thermique**, XIX (222-223) ; 537-543 (juin-juillet 1980) ; 3 fig., 9 réf.

L'auteur présente les recherches effectuées en France de 1958 à 1970 sur les charbons pulvérisés à faible indice de matières volatiles. Essais en centrales thermiques. Etudes sur maquettes. Etude en four pilote de brûleurs à turbulence. Etudes sur modes mathématiques. Etudes de laboratoire. Comparaison de l'aptitude à l'inflammation de différents charbons. Etude des mécanismes d'inflammation du charbon pulvérisé. Recherches en cours. Grandes orientations de la recherche à l'étranger sur la combustion du charbon pulvérisé.

IND. M 6 Fiche n. 69.763
A. DUMEZ et C. PETTEAU. Les cendres volantes, résidu obligé de l'utilisation du charbon dans les centrales électriques belges. — **Electricité**, (170) ; 29-34 (juin 1980) ; 1 fig., 2 tabl., 6 réf.

Suite à la reconversion au charbon des centrales électriques brûlant du fuel-oil extra lourd, on a un accroissement considérable du tonnage de cendres produites ; un tableau donne l'évolution de ce tonnage de 1973 à 1990. Ce tonnage important doit être soit évacué dans des remblais ou, mieux, constituer un matériau qui pourrait être utilisé avantageusement comme matériau de construction ou de remblais et être valorisé comme tel. Situation géographique des centres de production. Caractéris-

tiques des cendres. Modes d'évacuation. Utilisation des cendres volantes en Belgique et état de la question. Principales utilisations des cendres volantes à l'étranger : France, Grande-Bretagne, RFA, USA. Développement de l'utilisation des cendres volantes en Belgique - espoirs.

Q. ETUDES D'ENSEMBLE

IND. Q 1100 Fiche n. 69.702 I
C.L. WILSON. Coal : bridge to the future - *Le charbon : un pont vers l'avenir.* — **Ballinger Publishing Company**, 17 Dunster Street, Cambridge, MA 02138, 247 p. Nomb. fig. et tabl.

Ce rapport présente une solution valable pour assurer l'approvisionnement mondial en énergie dont la demande ira toujours en augmentant. Il montre comment le charbon permettra de satisfaire cette demande croissante en énergie, comment le charbon peut être exploité et transporté et de quelles manières le charbon sera utilisé pour que la législation, toujours plus contraignante concernant l'environnement, soit respectée. Déjà actuellement, la part du charbon dans la consommation mondiale d'énergie est de 25 %. Les réserves de charbon sont abondantes et la technologie de son utilisation est bien établie, relativement peu coûteuse et il est vraisemblable qu'elle le restera. L'analyse de la demande mondiale en énergie et en charbon jusqu'en l'an 2000 a été préparée par le World Coal Study (Wocol) qui est une étude internationale à laquelle ont participé 18 experts provenant des 16 principaux pays producteurs et consommateurs de charbon. Les principales conclusions de cette étude sont : 1. La production de charbon augmentera de 2,5 à 3 fois et le commerce mondial de charbon sera multiplié par 10 à 15 d'ici la fin du siècle. 2. La part du charbon dans la demande supplémentaire en énergie sera de 50 à 66 %. 3. Le charbon est déjà compétitif dans beaucoup de régions tant pour la production d'électricité que pour d'autres usages industriels. 4. Les capitaux nécessaires pour augmenter la production peuvent se trouver sur les marchés nationaux et internationaux. Le charbon n'est pas considéré comme la ressource énergétique ultime mais comme une « énergie pont » pour l'avenir.

IND. Q 117 Fiche n. 69.689
R. PITT. China The coal industry of tomorrow - *La Chine. L'industrie charbonnière de demain.* — **Colliery Guardian**, 228 (4) ; 14-16 (avril 1980) ; 2 fig.

La Chine produit actuellement plus de 600 Mio.t de charbon/an, dont 96 % proviennent de mines

souterraines. Les réserves prouvées sont de l'ordre de 600.000 Mio.t. Le charbon se rencontre dans plusieurs régions de Chine tant au N qu'au S. Dans la zone de la rivière Yangtze, les réserves sont très dispersées, mais il y a de grandes réserves de charbon vapeur (dont le pouvoir calorifique est d'environ 1.000 kcal/kg). L'auteur cite les bassins houillers

principaux et leur production ainsi que leurs problèmes. Il étudie l'évolution de l'équipement, l'influence des contacts de la Chine avec le monde occidental, fait l'historique de l'industrie charbonnière en Chine, compare la situation actuelle et les possibilités futures et donne des chiffres sur les exploitations de faibles dimensions.



Technique minière et know-how de niveau international.

Bergbau '81.

Le numéro 1 des expositions minières spécialisées, en tête dans le monde entier. Le plus important rendez-vous du monde pour branches et experts concernés par la construction minière, l'exploitation de minerais, de la potasse et de sels minéraux; par l'exploitation des fonds sous-marins et la construction de tunnels. La bourse internationale du savoir-faire. Des possibilités d'informations et de contacts uniques en 1981.

Ne manquez aucun des congrès spécialisés.

C'est toute la technique, le savoir-faire, les discussions et l'échange d'expériences réunis au Palais des Congrès, Düsseldorf.

Coupon. Veuillez nous envoyer gratuitement:

- Prospectus visiteurs Bergbau
- Programme du congrès Bergbau
- Programme du congrès Tunnelbau
- Programme du congrès Interocéan

Veillez nous faire parvenir au prix unitaire de 135.-F + 10.-F de frais d'envoi sus, catalogues Bergbau, payable par chèque au nom de Debelux lors de votre commande. Les catalogues seront publiés début mai 1981.

Renseignement et cartes d'entrée
 CHAMBRE DE COMMERCE BELGO-LUXEMBOURGEOISE-ALLEMANDE
 1040 Bruxelles, Rue du Commerce, 20, 2e Et.
 Boite 2. Tél.: 02/511.38.36.



Exposition Minière
Internationale et Congrès

Düsseldorf, 11.-17.6.1981



Congrès sur la
construction de tunnels

Düsseldorf, 11.-13.6.1981
A l'occasion de Bergbau 81



Congrès international sur
l'exploitation des fonds
sous-marins

Düsseldorf, 15.6.1981
Dans le contexte
de Bergbau 81

Bibliographie

A. PERRODON. — GEODYNAMIQUE PETROLIERE — GENESE ET REPARTITION DES GISEMENTS D'HYDROCARBURES. — 384 p., 220 fig., 3 tabl., nombr. réf. Société Nationale Elf Aquitaine (production) BP 65, F-64001 Pau Cedex 01.

L'exploration pétrolière, dont la tâche est de plus en plus difficile avec la découverte, repose sur des techniques principalement géophysiques, et sur une connaissance des mécanismes de formation des gisements de pétrole et de gaz. Les progrès en ce domaine sont rapides, particulièrement depuis une vingtaine d'années. Les idées actuelles permettent de mieux situer les accumulations d'hydrocarbures dans le contexte géologique du bassin sédimentaire, de son architecture et de son histoire, et de déchiffrer la logique, souvent complexe, de leur distribution. La description d'un certain nombre de champs et de provinces pétrolières apporte, en complément, quelques cas types. Pour les pétroliers, et en particulier pour les responsables de l'exploration, l'exposé de ces mécanismes, illustré de nombreuses monographies, doit contribuer à dégager les fils directeurs de leurs prospections. Rédigé par un ingénieur géologue responsable de l'exploration, puis des programmes de recherche, cet ouvrage présente l'avantage d'associer étroitement le résultat des dernières connaissances et le fruit d'une longue expérience. Aux pétroliers, en général, il apporte une vue d'ensemble de l'exploration des hydrocarbures, aux géologues non pétroliers, il présente un chapitre particulier mais fondamental, des Sciences de la Terre. Un index à la fin de l'ouvrage, fait de celui-ci une vaste source d'informations.

J. BODELLE, J. MARGAT. — L'EAU SOUTERRAINE EN FRANCE. — 1980, 208 p., 77 fig., 26 tabl., nombr. biblio. Ed. Masson.

D'où vient l'eau ? Quels sont ses rôles dans la nature et dans notre société industrielle ? Quelle valeur possède-t-elle ? Jusqu'à quel point peut-on s'en servir ? Risquons-nous d'en manquer ? Voilà quelques-unes des questions que l'on peut se poser sur l'eau.

Bibliografie

En particulier, parmi les eaux de notre environnement et celles que nous utilisons, une espèce est encore souvent très méconnue : *l'eau souterraine*, la moins visible et pourtant présente sous nos pieds presque partout ; la plus vouée aussi à l'imagination et pourtant la plus stable dans la réalité. Aussi est-ce sur l'eau souterraine que nous avons voulu apporter un éclairage particulier dans cet essai d'information destiné au public français : à tous ceux qui sont désireux de comprendre pour entreprendre plus et s'y prendre mieux ; à tous ceux qui ont à connaître et à réaliser en matière d'eau : professionnels et usagers, parlementaires et fonctionnaires, enseignants et journalistes. On a réuni à cette fin dans ce petit livre des renseignements et des idées, dans un esprit de décloisonnement, en passant de l'histoire naturelle de l'eau souterraine aux aspects techniques, économiques et administratifs de son utilisation, sans dissocier l'eau du sous-sol de l'eau dans sa totalité.

P. ANTOINE, D. FABRE. — GEOLOGIE APPLIQUEE AU GENIE CIVIL. — 1980, 304 p., 126 fig., 6 tabl., nombr. biblio. Ed. Masson ISBN 2-225-65472-7.

Cet ouvrage se propose de faciliter aux géologues l'exploitation de leurs connaissances et l'adaptation de leurs méthodes usuelles de travail au domaine particulier des travaux de génie civil. Les auteurs ont constaté à l'expérience que la transition entre la pratique académique de la géologie et l'utilisation qui en est faite en matière de travaux de génie civil est parfois laborieuse. L'ouvrage comprend deux parties. Dans la première, le premier chapitre expose des généralités. Il récapitule les principales différences entre la géologie fondamentale et la géologie appliquée, le cadre général dans lequel se déroulent ordinairement les études (définition des différents partenaires, déroulement chronologique des études, etc.), l'esprit général de la géologie appliquée au génie civil. Enfin, la seconde partie (5 chapitres) traite plus spécialement des travaux en fournissant des données techniques complémentaires ainsi que la démarche générale des études spécifiques aux terrassements, fondations, travaux souterrains, barrages, ainsi qu'à la recherche des matériaux de construction.

ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

OFFICIEEL ORGAAN

van het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven en van de Administratie der Mijnen

Uitgever : EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

Borrensstraat, 35-43 - 1050 Brussel - Tel. (02) 640 10 40

BERICHT

De Annalen der Mijnen van België verschijnen maandelijks. In 1979 werden 1168 bladzijden tekst alsmede talrijke tabellen buiten tekst gepubliceerd.

Het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven neemt de taak van het bestuur en de redactie van het tijdschrift op zich. Dit laatste vormt een wezenlijk arbeidsinstrument voor een groot aantal nationale bedrijven dank zij het verspreiden en het algemeen bruikbaar maken van een zeer rijke documentatie :

- 1) Zeer recente statistieken betreffende België en aangrenzende landen.
- 2) Originele memoires, gewijd aan al de problemen van de extractieve nijverheden, de kolen- en de ijzer- en staalnijverheid, de chemische nijverheid en andere, onder haar veelvoudige technische, economische, sociale, statistische en financiële aspecten.
- 3) Regelmatige verslagen — principieel jaarlijks — opgesteld door bevoegde personaliteiten, betreffende bepaalde grote problemen zoals de mijntechniek in 't algemeen, de veiligheid in de mijnen, de mijnhygiëne, de evolutie van de sociale wetgeving, de statistiek van de mijnen, van de groeven, van de ijzer- en staalnijverheid, van de agglomeratenfabrieken voor België en aangrenzende landen, de toestand van de steenkolenijverheid over de gehele wereld enz.
- 4) Vertalingen, samenvattingen of ontleding van aan buitenlandse tijdschriften ontleende artikelen.
- 5) Een bibliografische inhoudsopgave, opgesteld na grondig onderzoek van alle publicaties ter wereld die betrekking hebben op de door de Annalen der Mijnen behandelde onderwerpen.

Elk artikel wordt voorafgegaan van een beknopte samenvatting in 't Frans, in 't Nederlands, in't Duits en in 't Engels.

N.B. — Men abonneert zich door de som van 2.465 F (BTW inbegrepen) (2.700 BF voor het buitenland) over te schrijven op de postrekening n° 000-0104829-69 van « Editions Techniques et Scientifiques », Borrensstraat 35-43 te 1050 Brussel.

Alle abonnementen nemen aanvang van 1 januari af.

Men bekomt, kosteloos en op aanvraag, de publiciteitstarieven alsmede een proeflevering.

Imprimerie Robert LOUIS, s.p.r.l., rue Borrens 35-43, 1050 Bruxelles
Drukkerij Robert LOUIS, p.v.b.a., Borrensstraat 35-43, 1050 Brussel