

néglige d'alimenter le réservoir qui en assure le fonctionnement.

Enfin, les lits de galets ou de billes d'acier deviennent inopérants si, par suite des trépidations occasionnées par le roulement de la locomotive, des arcboutements créent dans la masse des cheminées offrant aux gaz chauds une issue facile et sans effet au point de vue de leur refroidissement (1).

Les empilages sont donc, en fin de compte, le dispositif dont le fonctionnement paraît le moins aléatoire.

Le schéma ci-contre (fig. 20) représente l'ensemble des dispositions adoptées en général dans les locomotives à benzine ou Diesel (2).

Ces machines sont pourvues évidemment d'empilages tant à l'aspiration qu'à l'échappement. Suivant les indications de l'Institut National des Mines, ceux-ci ont été réalisés conformément à ceux utilisés dans les appareils électriques antidéflagrants; ils sont composés, par conséquent, de lamelles de 50 millimètres de largeur et distantes de 0,5 millimètres. En raison des circonstances plus dures de fonctionnement des moteurs mobiles, on a exigé une épaisseur de 2 m/m pour les lamelles en métal inoxydable.

Des expériences réalisées dans ces derniers temps à l'Institut National des Mines ont eu pour but de rechercher la marge de sécurité qu'offraient de tels empilages quant à leur efficacité vis-à-vis des flammes d'hydrocarbures.

Ce sont ces expériences que détaille la note de M. l'Ingénieur principal Fripiat dans l'annexe II du présent rapport.

(1) Ces considérations ont été rappelées dans une circulaire ministérielle en date du 7 décembre 1931. Voir *Annales des Mines de Belgique*, tome XXXII, p. 1434.

(2) Nous l'avons extrait d'une brochure de la firme Deutz.

Rappelons-en simplement la conclusion : les empilages de 50 m/m — 0,5 m/m présentent un degré de sécurité suffisant pour arrêter les flammes de benzine, les flammes provenant de la combustion du gaz oil, même lorsque les hydrocarbures sont mélangés à du grisou, circonstance qu'il faut envisager au cas où les locomotives viendraient à fonctionner dans des voies où un afflux est à craindre.

RECHERCHES SCIENTIFIQUES

Etudes sur les grisous belges.

Conclusions générales.

Nous donnons en annexe la troisième note de M. Copens sur cette importante étude, entreprise en nos laboratoires avec l'appui du Fonds National de la Recherche scientifique, auquel nous nous plaisons à rendre un hommage spécial de gratitude.

Désormais, la question des compositions de nos grisous paraît épuisée; en effet, les prélèvements se sont étendus à tous nos bassins, ils ont eu lieu dans les couches les plus supérieures et les plus profondes, ils ont embrassé non seulement des grisous prélevés par sondages en veine mais encore des grisous de soufflard recoupés, dans des travaux à la pierre ou même à travers un sondage vertical de 100 mètres (grisous n^{os} 49 et 50 d'André Dumont).

Du point de vue pratique, celui qui intéresse directement le mineur, la conclusion qui s'impose est celle que nous avons dégagée dans notre rapport de 1931 : il est permis, dans la lutte contre le grisou, de le considérer comme étant du méthane pur. Celui-ci est l'élément de loin prépondérant (95 à 99°) et les autres constituants ne peuvent altérer ses caractéristiques bien connues. L'éthane, qui a atteint au maximum 2,785% du gaz, et

qui, dans les premières analyses, avait semblé caractériser les couches à dégagements instantanés, ne s'est pas révélé, dans la suite, avoir l'importance capitale que nous avons cru d'abord. Il existe des couches à dégagements instantanés sans éthane.

L'hydrogène, qui n'existe qu'exceptionnellement et en quantités très faibles (0,235% au maximum), ne peut jouer aucun rôle. De même, l'azote et l'acide carbonique, qui atteignent parfois 3%, n'altèrent pas sensiblement les caractères du méthane.

A côté de ces gaz, tous nos grisous et spécialement ceux prélevés en massif particulièrement vierge, ont décelé une certaine quantité d'hélium et de néon. L'origine de ces gaz rares peut ouvrir un champ très vaste aux discussions académiques et les savants ne seront pas unanimes sans doute sur l'explication de leur présence.

Il n'existe pas de relation visible entre la composition des couches et le grisou qu'elles débitent, tel est le résultat des analyses élémentaires effectuées sur d'assez nombreux échantillons.

Un grisou de soufflard.

Il nous paraît intéressant de donner ici quelques renseignements sur un grisou de soufflard que nous avons pu suivre pendant tout un temps. Ce soufflard s'est déclaré la nuit du 12 au 13 novembre 1932, dans un travers-bancs Sud pratiqué à l'étage de 133 mètres, à 1100 m. environ à l'Est du puits n° 7 dit Crachet-Piquery, des Charbonnages Belges de Frameries. Ce bouveau s'avance dans une région restée vierge.

Le soufflard s'est fait jour dans un banc de grès, au fond d'un sondage de 45 m/m de diamètre qui atteignait seulement 0^m,60 de longueur. Le dégagement gazeux

était violent et s'accompagnait de projections de poussières; on a pris les mesures pour évacuer le grisou : à cette fin, on a placé un tube en fer, luté, dans le sondage et on l'a relié par un flexible à un canar (tube de ventilation) aspirant. Le front du travers-bancs, qui était fissuré, a été recouvert d'argile.

Grâce à ce mode d'évacuation, nous avons pu, à plusieurs reprises, prélever des échantillons du gaz débité, et intercaler un manomètre à eau pour mesurer la pression statique du grisou. Chose curieuse, cette pression, après avoir diminué, a augmenté au point que la branche de notre manomètre, qui permettait l'enregistrement d'une pression maximum de 120 centimètres, s'est trouvée insuffisante.

M. Coppens a analysé chaque fois les grisous prélevés.

* Dates.	Nos des grisous.	Pressions statiques enregistrées en cm. d'eau.	Composition du grisou.				
			He+Ne (H ²)	N ² (Kr, Ar)	CH ⁴	C ² H ⁶ (+H ² S)	CO ²
17-11-32	74	non notée	0,0034	1,44	98,37	0,013	0,178
22-11-32	75	id.	0,0035	1,38	98,41	0,013	0,190
26-11-32		120 cm.					
30-11-32	76	67			non analysé		
6-12-32	77	65	0,0044	1,87	97,91	0,012	0,201
du 7 au 9-12		supérieure à 120					
10-12-32	78	120	0,0066	1,99	97,79	0,011	0,213
du 15-12 au 20-1		fort supérieure à 120					
20-1-33	79	id.	0,0089	2,24	97,55	0,015	0,188
20-2-33	79 ₁	120	0,0075	2,86	96,94	0,012	0,185

Le 10 décembre 1932, le personnel du charbonnage a fait une mesure approximative de débit avec un petit compteur pour marteau-pic (1). Il a trouvé 90 litres par minute.

(1) Ce compteur fut placé pendant 12 heures. On doit considérer ses indications comme exactes à plus ou moins 5 %.

En admettant que le débit ainsi mesuré soit un débit moyen, on arrive à 10.000 m³ environ pour le gaz débité entre le 12 novembre 1932 et le 20 janvier 1933.

Les 18 et 20 mars 1933, nous avons pu très aisément prélever 50 litres de grisou qui nous étaient demandés par une administration étrangère. La pression statique au sondage était encore de 110 cm. Le temps de prélèvement, en créant une contrepression par la disposition des récipients de prélèvement, a été de 2'30'' pour 5 litres (1).

Examen des charbons projetés dans des dégagements instantanés de grisou.

Au cours de l'exercice 1932, M. Coppens a examiné trois charbons de dégagements instantanés. Peut-on espérer que l'étude du pouvoir adsorbant comparé des houilles donnera des résultats intéressants? C'est possible.

Les quelques observations faites actuellement semblent l'indiquer. Mais les recherches sont extrêmement longues en raison du temps énorme qu'exigent les équilibres d'adsorption.

Il est en tout cas prématuré d'en parler; dans le courant de l'exercice 1933, M. Coppens, qui sera considérablement déchargé du côté des analyses de grisou, aura sans doute pu pousser ces recherches assez loin pour qu'il soit possible d'en exposer les premiers résultats dans le prochain rapport annuel.

Propagande de la sécurité. — Visites éducatives.

Dans le domaine de la propagande, signalons qu'il a fallu publier une seconde édition de la brochure « Un mot aux boutefeux », qui semble avoir atteint son but, puis-

(1) L'afflux de grisou a cessé presque brusquement vers le 6 avril 1933. Ce jour, on a constaté que la pression statique était tombée à zéro et un échantillon de gaz prélevé avec dépression a donné un mélange d'air et de grisou.

qu'elle a exigé une réédition à moins de douze mois d'intervalle.

Les visites éducatives (18 journées) nous ont permis de vulgariser notamment les expériences mettant en lumière les dangers des condensateurs formés par une tuyauterie souple d'air comprimé comportant des éléments métalliques isolés. En cas de rupture, les étincelles de décharge peuvent enflammer le grisou. Notre rapport de 1931 a donné sur cet objet le détail de nos essais, il a indiqué les conclusions et signalé (*Ann. Mines de Belgique*, 1932, p. 71) la réalisation, par un constructeur belge, d'un type de tuyau en caoutchouc comportant une mise en quelque sorte automatique à la terre, supprimant la possibilité d'accumulation des charges et, par conséquent, le danger des étincelles.

Il semble que les circonstances économiques particulièrement pénibles en 1932, et la grève qui a sévi dans nos exploitations, ont détourné l'attention de nos exploitants de ce point dont il ne faut pas méconnaître l'importance. Quelques charbonnages ont cependant fait l'essai, avec satisfaction, du type de tuyau prérappelé.

Parmi les visites reçues, signalons celles des Ingénieurs du Corps des Mines, des Commis et délégués à l'Inspection des Mines, des Directeurs de travaux du bassin de Charleroi, des Ingénieurs des Téléphones et Télégraphes, sonnel de maîtrise du Borinage et de la Campine, du personnel des Sauveteurs du plateau d'Ans-Montegnée, des délégués des syndicats professionnels, des membres du Groupement Général des Explosifs, des élèves Ingénieurs des Mines de l'Université de Bruxelles, des élèves des Ecoles techniques de Morlanwelz, de Frameries, des élèves des Cours d'exploitation des mines des Ecoles provinciales du Hainaut. La grève de juillet-août a empêché d'autres visites prévues.

Parmi les visiteurs étrangers, nous citerons M. Melard, Inspecteur général des Poudres, M. Douillet, Ingénieur principal des Poudres, et des membres de l'Inspection néerlandaise des Mines, sous la conduite de son éminent chef M. van Waterschoot van der Gracht.

Collaboration avec les organismes étrangers.

La collaboration avec les organismes étrangers s'est poursuivie avec fruit. Nous échangeons avec nos collègues américains, britanniques et français, des rapports trimestriels sur les travaux poursuivis. Cet échange est précieux.

Nous échangeons avec d'autres collègues (Allemagne, Pologne, Russie, Tchécoslovaquie, Hollande) des rapports qui ne sont pas périodiques.

Nous avons eu l'occasion de prêter notre collaboration pour la réception en Belgique d'un explosif antigrisouteux anglais qu'il s'agissait d'encartoucher avec gaine pulvérulente et de retourner, après essais à l'Institut, en Grande-Bretagne, où les essais à la galerie de Buxton et dans des charbonnages ont eu lieu.

Dans un autre ordre d'idées, nous avons pu visiter les bassins de Saint-Etienne et du Gard et y faire ample moisson de renseignements précieux; le 12^e Congrès de chimie appliquée, tenu à Prague, en septembre 1932, nous a permis de visiter la station de Moravska Ostrava et de nouer avec nos collègues de ce pays des relations instructives, pour lesquelles nous devons des remerciements spéciaux à M. le Dr. Fischer, chef du Département des Mines au Ministère des Travaux publics à Prague.

Pâturages, mars 1933.

Ad. BREYRE.

INSTITUT NATIONAL DES MINES A FRAMERIES-PATURAGES

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1932

ANNEXE I

Note sur des essais de tir simultané en coupage de voies (bosseyement)

par M. LEFEVRE,

Ingénieur au Corps des Mines à Charleroi.

Essais du siège n° 4 (Fiestaux) du Charbonnage de Monceau-Fontaine, Division de Marcinelle

Ces essais ont eu pour but de comparer du point de vue de l'effet utile de l'explosif et de la durée du minage, le tir par mines uniques successives et le tir simultané dans les galeries d'une taille et dans les tailles d'un même chantier.

Description du chantier.

Les essais ont eu lieu dans le chantier ouvert dans la couche 8 paumes à l'étage de 704 mètres. La couche, toute en charbon, a une ouverture de 50 à 55 cm. L'inclinaison varie de 15 à 20°. Les terrains encaissants sont des schistes de dureté un peu supérieure à la moyenne. Le chantier comprenait quatre tailles dont la longueur était la suivante, en partant de l'aval :

Taille 1 : 30 m.; taille 2 : 30 m.; taille 3 : 45 m.; taille 4 : 65 m. La figure 1 ci-dessous, donne le schéma du chantier.

Les fronts des tailles étant disposés en gradins renversés et les bourres entre les tailles étant de faible longueur, on ne pratiquait le bosseyement ou coupage de mur qu'aux galeries suivantes : voie 1, pilier (1) 1, 2, 3 et 4. De plus, pour obtenir des terres pour le rembrayage, on a creusé dans la taille 3 un ou deux faux piliers et dans la taille 4 quatre faux piliers. Le bosseye-

(1) Suivant le mot en usage dans le pays de Charleroi, nous désignons par pilier la voie qui limite la partie supérieure d'une taille. Le mot faux-pilier s'applique à une fausse-voie ménagée dans la taille même.

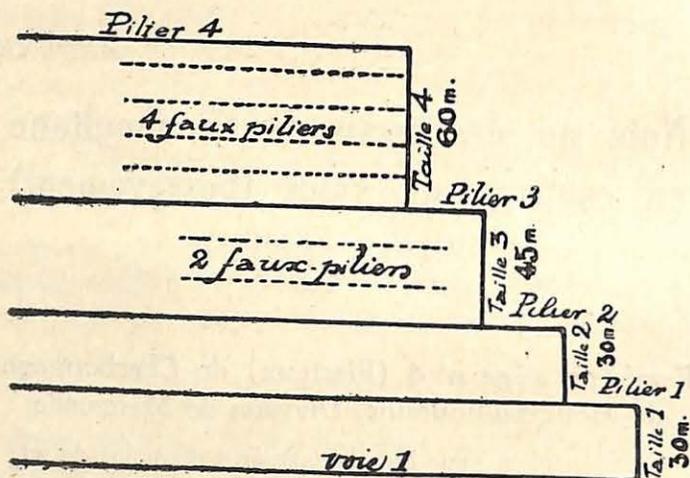


Fig. 1.

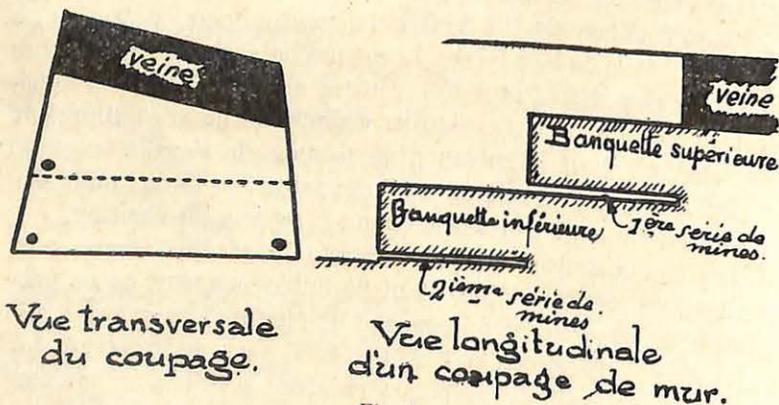


Fig. 2.

ment des galeries s'est effectué uniquement en mur, sur une épaisseur de 1 m. à 1 m. 30 et une largeur d'environ 1 m. 60. La largeur des havées était de 1 m. 30. L'explosif employé était le Flammivore Vbis.

Les galeries étaient coupées en deux trusses, la banquette supérieure étant en avant d'une havée par rapport à la banquette inférieure (voir fig. 2).

Cette disposition facilitait le travail de bosseyement et permettait, dans le tir simultané, de hâter les opérations de vérification de l'explosion normale et de l'enlèvement des terres.

Dans le cas de tir par mines uniques successives, cette disposition permettait, en outre, de hâter les opérations de chargement de la mine suivante, en donnant aux opérations d'enlèvement des terres résultant du tir, une durée minima.

On faisait sauter par tour de mines, de une à trois mines, en moyenne deux, à chaque galerie. Le chargement des mines variait de quatre à sept cartouches. On n'a pas miné tous les jours à toutes les galeries, l'avancement journalier moyen du chantier n'atteignant pas la havée.

I. — Tir par mines uniques successives.

Pendant neuf semaines, j'ai fait procéder au tir par mines uniques successives à chaque galerie. Dans le tableau I annexé, j'ai résumé les résultats par semaine pour tout le chantier et j'ai totalisé les résultats. L'avancement journalier moyen du chantier n'a été que de 0 m. 59. Sur une longueur totale bosseyée de 188 m. 60, on a tiré 274 mines. Il n'y a pas eu de ratés.

II. — Tir simultané par galerie.

Pendant neuf semaines, j'ai fait procéder au tir simultané sur chacune des galeries du chantier, les tirs par galerie étant successifs. Les mines étaient reliées en série. Ce mode de tir n'a donné lieu à aucun inconvénient. Il y a eu une longueur totale bosseyée de 324 m. 20 comportant 449 mines tirées. Il n'y a pas eu un seul raté. On tirait deux à trois mines à la fois. Le chantier a été activé d'une façon un peu plus intense. Le nombre de jours de travail a été plus élevé et l'avancement journalier moyen a été de 76 cm. Le tableau II, annexé au présent rapport, donne les renseignements relatifs à cet essai.

TABLEAU I. — TIR PAR MINES UNIQUES SUCCESSIVES.

Semaines	Dimensions du mur coupé			Avancement hebdomadaire pour toutes les voies en m.	Volume bosseyé en m ³ par semaine	Consommation de		Durée totale du minage en minutes	Volume bosseyé par cartouche en m ³	Consommation de cartouches par m. bosseyé	Durée du minage pour 1 m. bosseyage en minut	Nombre de journées de travail	Avancement journalier pour le chantier en m.
	Epais. moyen.	Larg. moyen.	Profond. moyen.			cart.	déto.						
1	1,160	1,540	1,30	12,20	22,065	91	18	390	0,243	7,45	31,95	23	0,53
2	1,150	1,610	1,30	16,35	28,68	141	25	475	0,203	8,63	29	30	0,54
3	1,143	1,585	1,30	13,75	24,34	88	19	345	0,276	6,40	25,1	27	0,51
4	1,135	1,580	1,30	24,50	45,57	165	32	630	0,277	6,75	25,7	45	0,54
5	1,100	1,575	1,30	23,30	42,59	170	37	615	0,250	7,30	26,4	40	0,58
6	1,210	1,610	1,30	22,50	44,64	163	34	560	0,273	7,25	24,9	40	0,56
7	1,280	1,680	1,30	20	43,74	158	29	495	0,277	7,90	24,75	30	0,67
8	1,230	1,650	1,30	26,40	54,88	202	34	620	0,272	7,65	23,50	40	0,66
9	1,180	1,650	1,30	29,60	59,33	236	46	765	0,251	7,98	25,80	45	0,66
Tot.	10,588	14,580	11,70	188,60	366,42	1414	274	4895	0,260	7,50	25,9	320	0,59
moyen. par semaine	1,176	1,620	1,30	20,96	40,71	157	30	544	—	—	—	35,5	—

Nombre de mines tirées par mètre courant : $\frac{274}{188,6} = 1,45$ Durée en minutes du minage par mine : $\frac{4895}{274} = 18'$

TABLEAU II. — TIR SIMULTANÉ POUR CHACUNE DES VOIES.

Semaines	Dimensions du mur coupé			Avancement hebdomadaire pour toutes les voies en m.	Volume bosseyé en m ³ par semaine	Consommation de		Durée totale du minage en minut.		Volume bosseyé par cartouche en m ³	Consommation de cartouches par m. bosseyé	Durée en minutes du minage par m.		Nombre de journées de travail	Avancement journalier pour le chantier en m.
	Epais. moyen.	Larg. moyen.	Profond. moyen.			cart.	déto.	Minage proprement dit	Vérification de l'absence de ratés			Minage proprement dit	Minage et vérificat. de l'absence des ratés		
1	1,255	1,545	1,30	29,60	58,81	254	51	515	200	0,231	8,60	17,35	21,1	45	0,66
2	1,190	1,450	1,30	31,60	64,72	255	46	490	175	0,254	8,08	15,5	21	50	0,63
3	1,190	1,550	1,30	32,60	60,25	213	42	400	145	0,283	6,53	12,25	16,75	50	0,65
4	1,170	1,570	1,30	33,80	62,28	237	44	490	155	0,263	7,02	14,5	19,05	50	0,68
5	1,150	1,630	1,30	36,80	73,40	280	56	575	185	0,262	7,60	15,6	20,15	55	0,67
6	1,190	1,590	1,30	39,90	81,24	281	58	600	215	0,289	7,05	15	20,4	55	0,73
7	1,150	1,500	1,30	41,60	72,21	283	52	635	215	0,255	6,81	15,25	20,4	50	0,83
8	1,125	1,425	1,30	32,20	53,16	219	39	515	125	0,243	6,80	15,90	19,9	32	1,
9	1,100	1,490	1,30	46,10	76,25	304	61	805	175	0,250	6,60	17,4	21,2	40	1,14
Tot.	10,520	13,750	11,70	324,20	602,32	2326	449	5025	1590	0,259	7,20	15,5	20,4	427	0,76
moyen. par semaine	1,170	1,528	1,30	36,02	66,92	258	50	558	177	—	—	—	—	47,4	—
								6,615							
								735							

OBSERVATIONS. — Il y a eu un raté dans la première semaine de l'essai. Nombre de mines par m. ct. : 1,39. — Durée de minage par mine : 14',7.

III. — Tir simultané pour toutes les galeries d'une taille.

J'ai fait procéder pendant dix semaines au tir simultané par taille. Toutes les galeries d'une même taille étaient pourvues de mines que l'on faisait exploser en une fois. Toutes les mines étaient reliées en série lors de la première semaine de l'essai. Un jour où l'on tirait neuf mines simultanément, il y a eu un raté. Il a suffi de raccorder à l'exploseur les fils du détonateur de la mine non explosée et d'actionner cet exploseur pour provoquer le départ de la mine. A la suite de ce raté, on a opéré une liaison mixte des fils des détonateurs au circuit de tir, à savoir : raccordement en série des mines d'une même galerie et raccordement en parallèle des différentes galeries. On n'a plus eu à enregistrer de ratés au cours des neuf semaines suivantes. La longueur totale bosseyée fut de 322 m. 45 pour 450 mines tirées.

L'exploseur employé était en état de provoquer le départ simultané de 50 détonateurs. Il était du type à basse tension, actionné par crémaillère. L'appareil est vieux d'une dizaine d'années. On utilisait un galvanoscope pour vérifier au préalable le circuit de tir. Le câble à miner était un câble usuel composé d'une tresse de deux conducteurs formés chacun d'un fil de cuivre de 9/10, isolé au caoutchouc et gainé de coton. Les bouts de conducteurs raccordant les mines extrêmes des différentes galeries, dans le tir en série, étaient du même type, mais avec un seul fil conducteur. La longueur du circuit variait de 250 à 300 m. Les détonateurs étaient du type Havré à fils de 2 m. de 1,55 à 1,6 ohm de résistance. Tous les détonateurs étaient essayés qualitativement au galvanoscope et certains d'entre eux avaient leur résistance mesurée quantitativement au pont Siemens.

Dans le tableau III annexé figurent les renseignements détaillés relatifs à ces essais. L'avancement moyen journalier a été de 0 m. 90.

IV. — Tir simultané pour toutes les tailles d'un chantier.

J'ai fait procéder pendant dix semaines au tir simultané par chantier. Malheureusement, sur les quatre tailles que comporte ce dernier, deux seulement ont pu être activées simul-

TABLEAU III. — TIR SIMULTANÉ PAR TAILLE.

Semaines	Dimensions du mur coupé			Avancement hebdomadaire pour toutes les galeries	Volume bosseyé en m ³ par semaine	Consommation hebdomadaire de		Durée totale du minage en minut.		Volume bosseyé par cartouche en m ³	Consommation de cartouches par m bosseyé	Durée en minutes du minage par m.			Nombre de journées de travail	Avancement journalier pour le chantier en m.
	Epais. moyen.	Larg. moyen.	Profond. moyen.			cart.	déto.	Minage proprement dit	Vérification de l'absence de ratés			Minage proprement dit	Vérification de l'absence de ratés	Minage et vérification de l'absence de ratés		
1	1,16	1,46	1,30	42,50	71,81	284	54	850	180	0,253	6,68	20	24,3	40	1,06	
2	1,14	1,43	1,30	21	34,78	129	24	355	115	0,270	6,15	16,9	22,3	21	1	
3	1,125	1,35	1,30	25,70	43,48	151	31	400	120	0,287	5,88	15,88	20,2	40	0,64	
4	1,17	1,41	1,30	36,40	65,50	264	51	590	245	0,248	7,25	16,2	22,9	35	1,18	
5	1,15	1,42	1,30	38,10	69,34	291	56	685	240	0,238	7,64	17,95	24,3	47	0,81	
6	1,13	1,47	1,30	29,10	53,22	202	42	480	190	0,263	6,94	16,45	23,0	41	0,71	
7	1,22	1,46	1,30	38,45	72,15	270	57	690	245	2,267	7,02	17,95	24,3	45	0,85	
8	1,28	1,43	1,30	43,50	77,25	319	65	730	275	0,242	7,34	16,75	23,1	45	0,97	
9	1,18	1,50	1,30	28,60	51,90	197	43	465	180	0,243	6,89	16,25	22,5	25	1,14	
10	1,18	1,46	1,30	19,10	34,25	126	27	310	130	0,272	6,60	16,25	23,0	20	0,95	
Tot.	11,735	14,30	13,0	322,45	573,68	2233	450	5555	1920	0,257	6,92	17,23	23,18	359	0,90	
moyen. par semaine	1,173	1,439	1,30	32,24	57,368	223,3	45	555,5	192	—	—	—	—	—	—	
								747,5	747,5						35,9	

OBSERVATIONS. — Il n'y a eu aucun raté au cours de l'essai. Nombre de mines par m. et. : 1,39. — Durée de minage par mine : 16',6.

tanément. Le chantier s'était engagé dans une région fortement grisouteuse et on ne pouvait pas diluer suffisamment le grison dégagé, malgré un fort courant d'air, dès que le tonnage abattu dépassait la production de deux tailles. Il a donc fallu limiter l'exploitation à ce nombre de tailles. Néanmoins, la quantité de mines tirées en une fois (12 à 19 mines) équivalait, grâce au bosseyement de faux piliers, à celle que l'on obtiendrait dans un chantier très développé où l'on n'effectuerait que le bosseyement des voies de base et de tête de chaque taille.

Les conditions de travail sont restées les mêmes que celles des tirs précédents. L'avancement journalier moyen a été de 0 m. 92. Il fallut traverser de nombreuses étreintes et, notamment, une étreinte serrée dans la taille 4, d'où nécessité de tirer un nombre plus grand de mines par mètre courant que dans les tirs précédents et diminution de l'effet utile de l'explosif. On a tiré 386 mines pour une longueur totale bosseyée de 266 m. 55.

Le tir s'est effectué, comme dans l'essai précédent, avec liaison mixte; les mines d'une même galerie étaient reliées en série et les galeries étaient en parallèle sur le circuit principal.

A quatre reprises (un jour de la huitième semaine et trois jours de la neuvième semaine), le boutefeux constata la présence d'une mine non explosée après le tir. Les conditions de tir et les engins de tir (exploseur, câble, détos) étaient les mêmes que dans l'essai précédent. Il a suffi chaque fois de raccorder à l'exploseur les fils du détonateur défailant pour obtenir le départ de la mine non explosée.

On peut attribuer ces ratés à des différences de résistances ou à des compositions de mélange explosif variables dans un lot de détonateurs déterminé et, en même temps, au fait que le circuit était relativement chargé (17 mines et 19 mines par tir) eu égard à la puissance de l'exploseur utilisé. Cet engin peut, théoriquement, provoquer le départ simultané de 50 détonateurs, mais il faut tenir compte de son âge (dix ans environ) et des conditions plutôt mauvaises (poussières) dans lesquelles il travaille, ce qui réduit, peut-être bien de plus de 50 %, sa puissance primitive. Quand il fonctionne à proximité

TABLEAU IV. — TIR SIMULTANÉ PAR CHANTIER.

Semaines	Dimensions du mur coupé			Avancement hebdomadaire pour toutes les galeries	Volume bosseyé en m ³ par semaine	Consommat. de		Durée totale du minage en minut.		Volume bosseyé par cartouche en m ³	Consommation de cartouches par m.	Durée en minutes du minage par m.		Nombre de journées de travail	Avancement journalier en m	Observations
	Epais. moyen.	Larg. moyen.	Profond. moyen.			cart.	déto.	Minage proprement dit	Vérification de l'absence de ratés			Minage proprement dit	Vérificat. de l'absence de ratés			
1	1,28	1,58	1,30	26,40	53,39	226	46	470	160	0,236	8,56	17,8	23,9	20	1,32	
2	1,16	1,52	1,30	22,70	40,02	137	32	365	145	0,292	6,04	16,1	22,5	20	1,14	
3	1,04	1,43	1,30	30,70	48,50	192	39	495	160	0,252	6,25	16,1	21,3	35	0,87	
4	1,10	1,54	1,30	38,20	66,95	263	55	680	255	0,254	6,88	17,8	24,5	35	1,09	
5	1,25	1,58	1,30	16,60	38,00	149	32	275	105	0,255	8,98	16,57	22,89	24	0,69	
6	1,25	1,53	1,30	19,40	40,72	174	34	335	135	0,234	8,97	17,27	24,2	24	0,81	
7	1,08	1,45	1,30	34,65	54,26	219	42	645	215	0,248	6,32	18,61	24,82	35	0,99	
8	1,06	1,40	1,30	19,70	29,13	132	27	350	115	0,221	6,70	17,77	23,60	28	0,70	1 raté
9	1,10	1,49	1,30	31,10	55,44	222	44	720	220	0,250	7,15	23,15	30,22	40	0,78	3 ratés
10	1,13	1,54	1,30	27,10	47,16	174	35	490	175	0,271	6,42	18,08	24,50	28	0,97	
Tot.	11,45	15,06	13,0	266,55	47,367	1888	386	4825	1685	0,251	7,08	18,10	24,4	289	0,92	
moyen. par semaine	1,145	1,506	1,30	26,655	45,541	188,8	38,6	482,5	168,5	—	—	—	—	28,9	—	

Nombre de mines par m. et. : 1,45. — Durée du minage par mine : 16',9.

de sa charge maximum pratique en mines, il suffit d'une légère différence dans la dureté des détonateurs pour avoir un raté. Ces faits mettent en évidence la nécessité qu'il y a, pour éviter les ratés, danger du tir simultané, de disposer d'un explosif d'une puissance beaucoup plus forte que celle nécessaire à la mise à feu du nombre maximum de mines que l'on veut tirer simultanément. Cette puissance devrait être portée au double de la puissance calculée.

Dans le tableau IV annexé, j'ai détaillé et résumé toutes les indications relatives à cet essai.

Comparaison des résultats.

I. — *Effet utile de l'explosif.*

L'examen des tableaux I, II, III, IV montre que le volume de terres abattues par cartouche est le suivant :

Tir par mines uniques successives	260 dm ³
Tir simultané { d'une galerie	259 dm ³
des mines { d'une taille	257 dm ³
{ d'un chantier	251 dm ³

Ces chiffres, déduits d'essais de longue durée (9 à 10 semaines pour chacun d'eux), établissent à nouveau et confirment ce que nous avons déjà vérifié lors des essais de tir de 1931 au siège n° 14 du Charbonnage de Monceau-Fontaine : L'emploi du tir simultané pour le coupage des voies ne diminue en rien la puissance de l'explosif. Pour le tir simultané par chantier, on constate une légère diminution de puissance mais cette diminution est due, ainsi qu'il est dit ci-avant, aux dérangements, étreintes serrées et autres que le chantier a eu à traverser au cours de cet essai.

Cette constatation est confirmée par l'examen des chiffres de consommation de cartouches de 100 grammes par mètre courant. Ces chiffres sont :

Tir par mines successives	7,5	cartouches
Tir simultané { d'une galerie	7,2	»
des mines { d'une taille	6,92	»
{ d'un chantier	7,08	»

Si l'on tient compte de la différence existant pour les essais, dans le volume de terres bosseyées par mètre courant, à savoir :

Tir par mines successives	1 m ³ 943
Tir simultané. { d'une galerie	1 m ³ 858
des mines { d'une taille	1 m ³ 778
{ d'un chantier	1 m ³ 780

on retrouve la même constatation que celle obtenue par l'examen du volume bosseyé par cartouche.

La preuve est donc faite une fois de plus que, pour des terrains de dureté moyenne, l'effet utile d'un explosif S.G.P. reste sensiblement le même, que l'on utilise le mode de tir par mines uniques successives ou le tir simultané.

II. — *Durée du minage proprement dit.*

Pour obtenir une comparaison rationnelle entre les différents modes de tir, nous prendrons comme élément d'appréciation la durée de minage en minutes ramenée à une mine. C'est la méthode qui nous a paru la plus juste. En effet, en prenant la durée de minage par mètre courant comme base, on n'est pas certain d'obtenir une comparaison exacte car le nombre de mines chargées et tirées par mètre courant peut ne pas être la même dans tous les essais. En fait, ici, ce nombre est variable. Il est de 1,45 — 1,39 — 1,39 — 1,45 respectivement pour le tir par mines uniques et pour le tir simultané par galerie, par taille et par chantier. On ne peut non plus prendre comme base la durée du minage par voie bosseyée car le nombre de mines chargées et minées par voie peut aussi être différent suivant les essais.

Enfin, la durée de minage par cartouche ne donnerait pas non plus des indications certaines et justes car il ne faut que très peu de temps en plus pour charger une mine de huit cartouches par rapport à une mine d'une seule cartouche. Il nous paraît donc que le plan de comparaison obtenu en ramenant les résultats à la durée de minage par mine est le plus apte à refléter fidèlement la situation dans chaque cas.

Ces durées ont été pour les différents essais :

Tir par mines uniques successives	18'	par mine	
Tir simultané de toutes les mines	}	d'une galerie	14'7 »
		d'une taille	16'6 »
		d'un chantier	16'9 »

a) Le tir simultané par galerie fait gagner, par mine, $18 - 14'7 = 3'3$ sur le tir successif.

Cette différence s'explique aisément par le fait que la durée de la plupart des opérations de minage pour le bosseyement d'une galerie est raccourcie grâce au tir simultané (dans ce dernier cas : une seule inspection de l'aérage, temps pour les connexions diminué de moitié, un seul tir par galerie).

Pour réaliser pratiquement ce que représente cette différence, dans le cas envisagé, il faut évaluer le gain de temps du boutefeux par journée de travail. Le nombre de mines tirées par semaine ayant été de 50 et le nombre de jours de travail ayant été approximativement de cinq jours par semaine, le gain de

temps s'établit à $\frac{50 \times 3,3}{5} = 33$ minutes par jour. Grâce au

tir simultané par galerie, le boutefeux peut donc gagner, par jour, 33 minutes de travail de minage proprement dit, soit 7 % de sa durée de séjour de huit heures dans les travaux souterrains;

b) Le tir simultané *par taille* a pris 16'6 par mine alors que le tir simultané par galerie n'a pris que 14'7. Cette différence, en faveur du tir par galerie, paraît, à première vue, peu explicable, étant donné que l'on est en droit de supposer qu'un tir unique, pour toute une taille, aura une durée moins longue que plusieurs tirs correspondant chacun à l'une des galeries de cette taille.

Néanmoins, si l'on réfléchit, on voit que la durée d'une seule opération de minage pour la taille, ne peut être inférieure à la somme des opérations analogues par galeries successives.

En effet, les durées d'inspection de l'atmosphère, du chargement, du bourrage et de la liaison des amorces entre elles sont les mêmes dans les deux cas. La liaison des amorces, au

câble, dans le cas du tir par galerie séparée, équivaut au point de vue durée, à la liaison des mêmes amorces aux allonges de câble que l'on est obligé de placer pour raccorder au circuit de tir les mines des différentes galeries, dans le cas du minage par taille.

Par contre, la pose de ces allonges de câble est un travail supplémentaire qui n'existe pas dans le cas du tir par galeries séparées. Il est vrai de dire qu'il faut compter, dans le cas du tir par galeries autant de fois le déroulement du câble, qu'il y a de galeries à miner successivement tandis que dans le cas du tir par taille, on ne procède qu'une fois au déroulement du câble, mais la différence de durée de cette opération, favorable au tir par taille, ne compense pas entièrement la durée du travail supplémentaire de pose des allonges de câble nécessaire dans ce dernier cas.

Quant à la durée du travail de vérification de l'explosion normale des mines, elle est théoriquement, la même dans les deux cas, le boutefeux ayant, dans les deux modes de tir, le même trajet total à effectuer. Mais dans le cas du tir par galeries, le boutefeux effectue ce trajet en plusieurs reprises (autant de reprises qu'il y a de galeries à miner) tandis que lors du tir par taille, il effectue ce trajet en une fois. Comme celui-ci consiste en la remonte d'une taille, de 40 à 70 mètres de longueur, dans une couche de 50 à 55 cm. d'ouverture, inclinée de 15 à 20° et comme le boutefeux doit emporter avec lui ses cartouchières, on conçoit que la remonte de la taille en une seule fois durera plus longtemps que le total des remontes d'une partie de taille à la fois, avec arrêt et repos en aval de chaque galerie, arrêt nécessité par le minage à chacune de celle-ci.

Ainsi peut s'expliquer, pour le cas particulier qui nous occupe (tailles assez longues, dans une couche de faible ouverture) la différence constatée en faveur du tir par galerie, en ce qui concerne la durée du minage par mine. Cette différence est $16'6 - 14'7 = 1'9$ minute par mine.

Examinons ce que représente, par journée de travail du boutefeux, cette différence de 1'9 par mine. Le nombre de mines tirées par semaine a été de 45 et le nombre de jours de travail

par semaine approximativement de cinq. La différence de 1'9

$$\frac{1'9 \times 45}{5} = 17'1$$
 minutes de
 par mine correspond donc à

travail du boutefeu, soit 3,4 % de sa durée de séjour de huit heures dans les travaux souterrains. Le tir simultané par galeries successives permet donc une économie de temps de minage proprement dit évaluée à 3,4 % de la journée de huit heures du boutefeu, lorsqu'on le compare au tir simultané par taille entière.

Si l'on compare le tir simultané par taille au tir par mines uniques successives, on trouve, en se rappelant que le tir par mines uniques successives demande une durée de minage de 18' par mine, une différence de $18' - 16'6 = 1'4$ par mine, en faveur du tir simultané par taille. Cette différence correspond à $\frac{1'4 \times 45}{5} = 12'6$ d'économie de temps de minage pro-

prement dit par jour, soit 2,6 % de la durée de séjour de huit heures dans les travaux souterrains;

c) Le tir simultané par chantier donne, au point de vue durée de minage, les mêmes indications que le tir simultané par taille. La durée de minage par mine a été, en effet, de 16'9 alors qu'elle était de 16'3 avec le tir par taille. La légère différence provient des ratés qui sont survenus lors du tir par chantier et qui ont nécessité un temps de minage plus élevé. Si nous défalquons des résultats totaux de cet essai les résultats de la semaine n° 9 où l'on a eu à enregistrer trois ratés, on trouve une durée de minage de 16'3 par mine, soit une durée identique à celle de l'essai de tir simultané par taille. Les considérations émises ci-avant lors de la discussion des résultats de ce dernier essai restent entières en ce qui concerne le tir par chantier. Il est donc inutile d'y revenir et l'on peut se reporter, pour la comparaison de l'essai par chantier avec l'essai par galerie ou par mines uniques successives, à ce qui a été dit précédemment.

III. — Durée du travail du boutefeu.

Nous nous sommes placés jusque maintenant, pour comparer les différents essais, sur le plan du minage proprement dit, c'est-à-dire que nous n'avons repris que les opérations faisant partie intégrante du minage. Il y a lieu cependant de tenir compte d'autres opérations qui sont des conséquences du minage, qui font partie du travail du boutefeu; elles constituent des variables et leur durée peut être influencée selon que l'on utilise des modes de tir différents.

Tels sont, par exemple, les déplacements nécessités par le minage. Dans le tir par mines uniques, le boutefeu doit se rendre à front pour charger, quitter celui-ci pour miner et y revenir pour vérifier le départ normal des mines autant de fois qu'il y a de mines à tirer dans une galerie. Dans le tir simultané, ces déplacements sont réduits à une seule arrivée à front, un seul départ et un seul retour, quel que soit le nombre de mines à tirer dans la galerie. Telle est également, l'opération d'enlèvement des terres après minage. Dans le cas de tir par mines successives, le boutefeu doit attendre, à peu près après chaque mine, que les terres provenant de la mine tirée et qui obstruent le trou à charger soient enlevées. Il perd donc du temps, et en fera perdre aux ouvriers des autres galeries, qui attendent son passage pour pouvoir travailler au déblayement ou au boisage.

Ce fait ne se présente pas avec le tir simultané où toutes les mines sont chargées en même temps, avant toute obstruction des fourneaux. Ou bien, dans le cas du tir successif, si le boutefeu ne veut pas rester inactif, après avoir tiré une ou deux mines à front d'une galerie, il se rendra à une autre galerie où il procédera de la même façon, puis à une troisième, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il revienne sur ses pas pour tirer les dernières mines aux premières galeries visitées. Il passera donc une partie de son temps en pérégrinations dans le chantier, ce qui n'est pas le cas avec le tir simultané.

Il ne faut donc pas seulement comparer, dans le travail d'un boutefeu, pour les différents modes de tir, la durée du minage proprement dit, mais il faut également faire porter la comparaison sur les autres opérations, liées au minage et dépendantes

de celui-ci; elles font aussi partie du travail dévolu au boutefeu.

Afin d'avoir des indications à ce sujet, j'ai fait chronométrer toutes les opérations du boutefeu pendant quelques jours, en utilisant successivement tous les modes de tir.

On a obtenu, comme durée par mine, pour les différents essais:

Tir par mines uniques successives	22'4	par mine		
Tir simultané des mines	{	d'une galerie	17'7	»
		d'une taille	19'6	»
		d'un chantier	21'1	»

Les chronométrages ont malheureusement dû être faits alors que le chantier était fort dérangé et marchait à allure réduite. Le travail du boutefeu a varié de jour en jour, de sorte que la comparaison, pour les différents essais, ne porte pas sur un travail identique.

a) Néanmoins on retrouve ici, entre le tir par mines uniques et le tir simultané par galeries, la différence, un peu accentuée, qu'ont montrée les essais antérieurs lorsque l'on ne prenait en considération que la durée du minage proprement dit. On trouve en effet, une différence de 4'7 par mine en faveur du tir simultané. Cette différence, en n'envisageant que le minage proprement dit, était, comme nous l'avons vu, de 3,3 seulement. La différence supplémentaire, favorable au tir simultané, provient de l'économie de temps sur les trajets parcourus pour le minage. Il n'y a ici aucune économie de temps sur le travail d'enlèvement des terres après minage. La cause en est que, dans le chantier siège des essais, on ne tire que deux ou trois mines par voie, ces mines étant de plus réparties sur deux parties de section décalées d'une havée, ce qui fait qu'après le tir d'une mine, lors du tir par mines uniques successives, les terres n'obstruent que très peu, voire pas du tout, l'orifice des mines restant à faire sauter.

Si nous reprenons les données précédemment indiquées pour réaliser ce que représente, en pour cent du travail du boutefeu, l'économie de 4'7 par mine (50 mines par semaine, cinq jours

de travail par semaine), nous voyons que le gain de temps s'établit à $\frac{50 \times 4'7}{5} = 47'$ par jour, soit approximativement 10 %

5

de la durée de séjour de huit heures du boutefeu dans les travaux souterrains;

b) Quant au tir simultané par taille, comparé au tir simultané par galerie, il fournit, pour les essais de chronométrage, la même différence que celle observée dans les essais antérieurs, basés sur la durée du minage proprement dit. Cette différence est de $19'6 - 17'7 = 1'9$ par mine dans les essais antérieurs.

Il n'y a rien à ajouter à ce qui a été dit précédemment lorsque ces deux essais ont été comparés;

c) Quant à l'essai chronométré par chantier, il s'est limité au tir par taille dans la taille 4 avec adjonction, certains jours, de la voie 3 et du faux pilier 3. La faible durée de l'essai et le travail irrégulier du boutefeu au cours de celui-ci ne permettent pas d'en tirer des conclusions bien solides et de prendre en considération la durée de travail par mine s'élevant à 21'1 contre 19'6 avec l'essai par taille, d'autant plus que les essais réguliers antérieurs, d'une durée de dix semaines, ont établi que le tir par chantier était équivalent au tir par taille, au point de vue de la durée de minage proprement dit.

IV. — Résumé et conclusions.

Les essais ont eu pour but de comparer, des points de vue des circonstances de travail, de la puissance de l'explosif et de la durée de minage, le tir par mines uniques successives et le tir simultané. Les essais relatifs à ce mode de tir ont été subdivisés en : tir simultané des mines d'une galerie, tir simultané des mines de toutes les galeries d'une taille et tir simultané de toutes les galeries d'un chantier.

Le chantier où ont eu lieu les essais comprenait quatre tailles ayant respectivement 30 m., 30 m., 45 m. et 65 m. L'ouverture de la couche était de 50 à 55 cm. L'inclinaison variait de 15° à 20°. Dans l'essai par chantier, seules deux tailles ont été activées

simultanément, pour des considérations d'aérage et de dégagement de grisou.

On pratiquait le bosseyement des galeries ordinaires des tailles et de quatre faux piliers dans la taille supérieure ainsi que de un ou deux faux piliers dans la taille 3. On faisait sauter de une à trois mines à chaque coupage de voie. Le front à bosseger était du schiste de dureté moyenne. L'explosif employé: le Flamavance d'une havée. Le mur, où se pratiquait le bosseyement, était du chiste de dureté moyenne. L'explosif employé le Flamivore Vbis. Les essais ont duré chacun neuf à dix semaines, à raison de cinq jours de travail approximativement, par semaine. Les longueurs bosseyées ont été, pour le tir par mines uniques, le tir simultané par galerie, par taille et par chantier, respectivement de 188 m., 324 m., 322 m. et 266 m. et le nombre de mines tirées respectivement de 274, 449, 450 et 386.

La mise en application du tir simultané n'a pas rendu plus difficiles les conditions du travail de bosseyement. Elle les a au contraire rendues plus aisées et moins longues. Elle n'a révélé, à l'expérience, aucun inconvénient ni danger inhérent à l'emploi de ce mode de tir. Il y a eu quatre ratés sur un nombre total de mines de 1.285 tirées de cette façon, soit environ 3 pour mille. Il y avait neuf mines en série lors du premier raté. Pour les ratés suivants, le circuit de tir série aménagé en branchements parallèles comprenant chacun toutes les mines d'une voie disposées en série, comportait de 17 à 19 mines. L'exploseur utilisé était capable de provoquer le départ simultané de 50 mines, mais il est déjà ancien et sujet à s'encrasser facilement.

L'effet utile de l'explosif, pour les mines de 1 m. 30 de profondeur auxquelles on a eu recours n'est pas augmenté ni diminué par la substitution au tir par mines uniques, du tir simultané. Il est resté le même dans les deux modes de tir.

L'emploi du tir simultané par galerie a fait économiser sur la durée de séjour de huit heures du boutefeu dans les travaux souterrains 33', soit 7 %, de temps de minage proprement dit et 47', soit 10 %, de temps de travail total du boutefeu.

L'emploi du tir par taille ou par chantier, pour des raisons de connexions de fils de mines et de déplacements du boutefeu, ramène dans le cas envisagé (tailles assez longues de faible

ouverture) l'économie de temps de minage à 12' par jour, soit 2,5 % du séjour de huit heures du boutefeu dans les travaux.

En conclusion, on doit estimer que le tir simultané peut, aux points de vue technique et économique, avantageusement remplacer le tir par mines uniques successives.

Les ratés, dont la détection est plus longue et plus difficile avec le tir simultané qu'avec le tir par mines uniques, seront évités par l'emploi d'un exploseur d'une puissance double de celle nécessaire à la mise à feu du nombre maximum de mines que l'on veut tirer simultanément. La vérification de l'absence de ratés après le tir simultané sera facilitée en disposant le front à bosseger en deux banquettes décalées.

Essais de tir effectués au Charbonnage du Bois du Cazier

Les essais ont eu pour but de comparer, du point de vue de la sécurité, de la puissance des explosifs et de la durée, le tir successif de toutes les mines des galeries à bosseger dans une taille et le tir simultané de ces mines, par galeries successives d'abord et pour toutes les galeries de la taille ensuite.

Les essais se sont développés dans le chantier ouvert dans la couche Gros Pierre à l'étage 907 m. du siège Saint-Charles. Ce chantier ne comprenait qu'une taille, longue de 105 m., avec une inclinaison de 15°. L'ouverture de la couche était de 1 m. On pratiquait le bosseyement à la voie supérieure de retour d'air (pilier) et dans trois faux piliers, répartis dans la taille respectivement à 32 m., 52 m. et 77 m. de la dite voie supérieure. La voie de base, ouverte en avant du chantier, n'était pas bosseyée. Le bosseyement s'effectuait exclusivement dans le mur de la couche. Ce mur était formé, immédiatement sous le charbon, d'une clou gréseux très dur, de 50 cm. d'épaisseur, reposant sur un banc de psammite très solide.

Afin de faciliter le chargement et les connexions des mines, dans le tir successif et de bâter l'opération de vérification de l'absence de ratés dans le tir simultané, on entamait le front des galeries à bosseger en deux banquettes disposées en gradins droits. Au maître pilier, on disposait en général trois mines

sous le clou, dans la banquette supérieure et deux mines au sol dans la banquette inférieure. Aux faux piliers, qui étaient coupés à dimensions plus réduites que le pilier, on ne forait, en général, qu'une mine sous le clou dans la banquette inférieure.

L'explosif employé était le S.G.P. Flammivore Vbis. Les détonateurs étaient du type Havré, à fils de 1 m. 80 de longueur.

Tir successif par mines uniques.

Ce tir a été pratiqué, pendant douze jours, aux quatre galeries, en chronométrant toutes les opérations du boutefeu. On a tiré 142 mines pour une longueur totale bosseyée de 57 m. 50. Le tir se pratiquait au poste d'après-midi, en l'absence de tout personnel dans le chantier, sauf le boutefeu, son aide et un ouvrier préposé à l'enlèvement, après le tir des mines, des terres susceptibles d'obstruer l'orifice des fourneaux restant à charger et à faire sauter. Pour ne pas perdre de temps pendant cet enlèvement de terres, le boutefeu opérait en général de la façon suivante : Il tirait successivement trois mines dans la banquette supérieure au pilier; pendant qu'on déblayait hâtivement les terres à cette galerie, il descendait au faux pilier 3 et procédait au tir d'une ou deux mines; ensuite, il descendait au faux pilier 2, tirait une ou deux mines, puis au faux pilier 1 où il procédait de la même façon; il remontait ensuite aux galeries supérieures et faisait sauter le reste des mines restant à utiliser. Le nombre de mines tirées par poste variait de 9 à 15. Il ne s'est produit aucun incident au cours de l'essai.

Tir simultané de toutes les mines d'une galerie.

Cet essai a porté sur un laps de temps de neuf jours. Le nombre de mines tirées a été de 122, pour une longueur totale bosseyée de 43 m. 40. Les mines d'une même galerie étaient reliées en série et tirées simultanément. L'exploseur employé du type ordinaire, était capable de 15 mines. Le nombre maximum de mines tirées simultanément a été de cinq. Il n'y a pas eu de raté au cours de l'essai. Le nombre de mines tirées par poste variait de 11 à 17.

L'enlèvement des terres consécutif au tir des mines n'ayant plus ici aucune importance pour le chargement des mines suivantes, puisque le tir était simultané, on a pu supprimer l'ouvrier qui, dans le tir par mines successives, était préposé au déblayement.

Tir simultané de toutes les mines de la taille.

Cet essai a duré pendant onze jours. Le nombre de mines tirées a été de 151 pour une longueur totale bosseyée de 55 m. 30. Les mines d'une même galerie étaient reliées en série, chaque galerie étant en parallèle sur le circuit de tir général.

Le raccordement des mines extérieures d'une galerie au câble de minage se faisait en dénudant les deux conducteurs de celui-ci, qui couraient sur toute la longueur de la taille, au droit de chaque galerie. L'exploseur employé était capable de 50 mines. Le nombre de mines tirées simultanément a été de 13 à 14. Il n'y a pas eu de raté au cours de l'essai. De même que dans le tir simultané par galerie, on a pu supprimer l'ouvrier qui, lors du tir par mines successives, effectuait le déblayage des terres après le tir d'une partie des mines.

Le tableau V ci-dessous résume toutes les données des trois modes de tir utilisés.

Comparaison des résultats.

1. *Effet utile des explosifs.* — Ainsi qu'on le voit par l'examen des tableaux annexés, la puissance de l'explosif, pour les mines de 1 m. 40 à 1 m. 60 utilisées, n'a pas été diminuée par l'emploi du tir simultané. Le volume moyen de terres bosseyées par cartouche a été de 129 dm³ avec le tir par mines successives et de 135 dm³ avec le tir simultané. Il y a même plutôt, en faveur de ce dernier, un léger avantage de l'ordre de 4 %.

Si l'on envisage le nombre de cartouches consommées par mètre courant, on retrouve la même constatation. Ce nombre a été de 19,6 avec le tir par mines successives, pour un volume bosseyé par mètre courant de 2,5 et de 21 avec le tir simultané, pour un volume bosseyé par mètre courant de 2,8. Ramené au plan de comparaison de 2,5 m³ bosseyé par mètre courant, ce

TABLEAU V. — ESSAIS DE TIR EFFECTUÉS AU CHARBONNAGE DU BOIS DE CAZIER

Mode de tir	Galeriées bosseyées		Dimensions moyennes du mur coupé		Avancement m.	Volume bosseyé	Nombre de mines tirées	Nombre de cartouches	Volume bosseyé par cart.	Nombre de cart par m. ct	Volume bosseyé par m. ct (m ³)
	m.	m.	m.	m.							
Tir par mines ungués successives	Pilier 2	1,77	1,84	1,47	16,8	54,7	58	449	122	26,7	3,2
	Faux pilier 3	1,47	1,64	1,45	15,9	38,4	37	295	130	18,5	2,4
	Faux pilier 2	1,28	1,58	1,44	15,3	31,1	30	229	135	16,9	2
	Faux pilier 1	1,32	1,70	1,43	9,5 ⁽¹⁾	21,4	17	157	136	16,5	2,2
	Totaux et moyennes	1,46	1,69	1,45	57,5	145,6	142	1130	139	19,6	2,5
Tir simultané par galerie	Pilier 2	1,68	2,06	1,57	12,4	42,9	42	336	128	24,8	3,4
	Faux pilier 3	1,36	1,92	1,56	11,3	29,5	27	213	138	18,9	2,6
	Faux pilier 2	1,28	1,96	1,53	11,3	28,3	26	202	140	15,1	2,5
	Faux pilier 1	1,32	2	1,53	8,4 ⁽¹⁾	22,2	27	158	141	15,9	2,6
	Totaux et moyennes	1,41	1,95	1,55	43,4	122,9	122	909	135	21	2,8
Tir simultané par taille	Pilier 2	1,71	2,06	1,59	15,3	54	52	416	129	27,2	3,5
	Faux pilier 3	1,29	2,01	1,54	13,3	34,5	33	250	138	18,8	2,6
	Faux pilier 2	1,33	2	1,54	13,2	35,1	33	251	140	19	2,6
	Faux pilier 1	1,28	1,97	1,54	13,5	34	33	246	138	18,2	2,5
	Totaux et moyennes	1,40	2,01	1,55	55,3	157,6	151	1163	135	21	2,8

(1) L'avancement à ce faux pilier a été moins grand, car la taille a pivoté sur sa voie de base pendant quelques temps.

dernier nombre de consommation devient 19 cartouches par mètre courant.

2. *Durée du minage.* — Nous avons écarté des chronométrages les opérations étrangères au minage effectuées par le boutefeu. Nous n'avons retenu que les déplacements nécessités par le tir, l'inspection de l'atmosphère, le chargement et le tir des mines, ainsi que les opérations de déblayement effectués par le boutefeu. Il y aura lieu de se rappeler que pour le tir par mines successives, il y avait un ouvrier supplémentaire chargé de cette besogne, et que le boutefeu aidait parfois, suivant les circonstances et les nécessités du travail.

Nous avons rapporté la durée des opérations, à la durée par mine. C'est ce qui nous a paru établir la comparaison la plus exactement possible.

Comparant le tir par mines successives au tir simultané de toutes les mines d'une galerie, nous constatons une économie sensible apportée par le tir simultané.

La durée totale par mine est, en effet, dans ce dernier cas, de 11,4 minutes contre 23,3 minutes avec le tir par mines successives, soit un gain de 11,9 minutes par mines. Ce gain se décompose comme suit :

Déplacements	5,8 — 3,2 = 2,6 minutes
Inspection de l'atmosphère	3,5 — 1,6 = 1,9
Chargement et tir	13,2 — 6,6 = 6,7
Déblayement effectué par le boutefeu	0,7 — 0 = 0,7

Total 11,9 minutes

Le nombre de mines tirées en moyenne par jour, au cours

$$\text{des essais a été de } \frac{142 + 122 + 151}{12 + 9 + 11} = 13.$$

Le tir simultané par galerie, dans le cas qui nous occupe, fait donc économiser au boutefeu, par rapport au tir par mines successives 2 1/2 heures ou 32 % de son temps de séjour de huit heures dans les travaux souterrains.

Si nous comparons le tir simultané de toutes les mines d'une galerie au tir simultané de toutes les mines des différentes galeries d'une taille, nous voyons que les résultats sont nettement défavorables à ce dernier essai. La durée de minage par mine est de 11,4 minutes dans le tir par galerie et de 18,2 minutes dans le tir par taille, soit une différence de 6,8 minutes par mine en faveur du tir par galerie. Nous voyons que cette différence provient, tout d'abord de l'opération de déroulement du câble dans toute la taille et de connexion des mines extrêmes aux conducteurs de ce câble; cette opération dure 3 minutes par mine dans le cas du tir par taille. L'opération analogue, dans le cas du tir par galerie, a une durée insignifiante comprise dans les 6,6 minutes de minage proprement dit.

La différence provient, en outre, de l'opération de vérification de l'absence de ratés après le tir. Cette vérification est beaucoup plus longue dans le cas du tir par taille. Elle est dans ce cas de l'ordre de 3'9 minutes par mine. Cette durée plus longue tient au fait que lors du tir par taille, le boutefeux doit remonter en une seule fois la taille de 105 m. de longueur.

Comparé au tir par mines successives, le tir simultané de toutes les mines d'une taille présente l'économie de temps suivante :

Durée du minage par mine pour le tir successif	23,3 minutes
Id. tir simultané par taille	18,2

Gain en faveur du tir simultané par taille	5,1 minutes
--	-------------

Pour treize mines tirées journellement, l'économie s'élève à $5,1 \times 13 = 66,3$ minutes, soit environ 1 heure ou 13 % du séjour de huit heures du boutefeux dans les travaux souterrains.

3. *Sécurité.* — Le tir simultané tant par galerie que par taille, s'est révélé d'une sûreté absolue au cours des présents essais. Il n'y a pas eu un seul raté sur les 273 mines tirées de cette façon. Remarquons qu'on a utilisé des explosifs d'une puissance de beaucoup supérieure à celle nécessitée par le tir du nombre de mines à faire sauter. Pour le tir par galerie, l'explosif était capable de 15 mines et le nombre de mines tirées simultanément a été au maximum de cinq.

Pour le tir par taille, la puissance de l'explosif était prévue pour 50 mines alors que le nombre de mines tirées simultanément n'a pas dépassé quatorze.

Remarquons également que la disposition des fronts à bosseger en deux banquettes formant gradins droits a rendu plus aisée la vérification de l'absence de ratés après le tir.

Une autre remarque s'impose, au sujet de l'inspection de l'atmosphère lors du tir simultané de toutes les mines d'une taille. C'est la suivante : Il peut s'écouler un temps relativement long (plus d'une heure) entre le moment où le boutefeux inspecte l'atmosphère au pilier supérieur et le moment du tir. En effet, après le chargement et l'accrochage des mines à ce pilier, le boutefeux descend la taille en chargeant et accrochant successivement les mines des différentes galeries. Ces opérations lui prennent du temps. Dans le cas présent, ce temps est de plus d'une heure. Ce n'est que lorsque toutes les galeries sont fournies en mines qu'il descend dans la voie et procède au minage. Pendant l'intervalle de temps qui sépare le moment où le boutefeux a examiné l'atmosphère à la galerie la plus éloignée de l'endroit où il se place pour miner et le moment du tir, du grisou peut se dégager inopinément d'une cassure à la galerie susdite et rendre l'atmosphère inflammable en cet endroit. L'intervalle de temps dangereux peut, il est vrai, être réduit en procédant autrement : le boutefeux peut charger et accrocher ses mines en montant après une première inspection de l'atmosphère. Lorsqu'il a terminé son travail, au pilier supérieur, il peut descendre la taille en inspectant définitivement l'atmosphère à chaque galerie et arriver sur la voie où il procédera au minage. De cette façon, l'intervalle de temps maximum entre l'inspection de l'atmosphère à la galerie la plus éloignée de l'endroit de tir et le moment de ce tir sera réduit à la durée totale des examens de l'état de l'atmosphère aux différentes galeries plus la durée de descente au front de taille. Cet intervalle de temps dangereux, quoique réduit, sera néanmoins encore de l'ordre d'une demi-heure.

Enfin, une dernière réserve à propos du tir simultané par taille : la garde des issues est rendue difficile par suite de la multiplicité des centres d'explosion à garder simultanément.

A cela on peut toutefois objecter que le tir simultané pouvant se faire à un moment où personne ne se trouve dans la mine, il est inutile de garder les issues.

Conclusions.

Les présents essais ont porté sur les différents modes de tir possibles pour le bosseyement du pilier et de trois faux piliers d'une taille de 105 m. de longueur où la veine avait 1 m. d'ouverture et était incliné à 15°. Les terrains à bosseger étaient durs. On tirait en moyenne cinq mines au pilier supérieur et trois mines à chacun des faux piliers. La longueur de ces mines était de 1 m. 40 à 1 m. 50. Le front des galeries était disposé en deux banquettes formant gradins droits.

Les résultats obtenus ont confirmé et renforcé les conclusions tirées des essais effectués au Charbonnage de Monceau-Fontaine, à savoir :

La puissance de l'explosif reste à peu près constante, que l'on utilise le tir par mines successives ou le tir simultané.

Lorsqu'on tire simultanément toutes les mines d'une galerie et que l'on procède ainsi successivement à toutes les galeries, on économise par poste, comparativement au tir successif de toutes les mines une durée de temps égale à 2 1/2 heures de la journée du boutefeü, soit 32 % de son temps de séjour de huit heures dans les travaux souterrains.

Si l'on remplace le tir simultané des mines d'une galerie avec tir successifs des différentes galeries par le tir simultané de toutes les mines des différentes galeries de la taille, le gain de temps, par comparaison avec le tir successif, n'est plus par poste que d'une heure de la journée du boutefeü, soit 13 % de son temps de séjour de huit heures dans les travaux souterrains. Cette diminution de gain de temps tient au fait que le circuit de tir est plus long à établir et que la vérification de l'absence de ratés prend plus de temps.

Le tir simultané a permis, de plus, de supprimer un ouvrier qui, dans le tir par mines successives, était préposé au déblayement des terres obtenues par les premières mines des galeries,

afin de hâter les opérations de chargement et de tir des mines suivantes.

Sur 273 mines tirées, le tir simultané, tant par galerie que par taille, n'a donné lieu à aucun incident. Il n'y a eu aucun raté. Les exploseurs employés avaient une puissance théorique triple de celle nécessaire au tir du nombre de mines que l'on faisait sauter simultanément.

INSTITUT NATIONAL DES MINES.
RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1932.

ANNEXE II.

**Recherches sur la sécurité
des empilages de lamelles vis-à-vis
des flammes de benzine ou d'autres
hydrocarbures**

NOTE

DE

J. FRIPIAT

Ingénieur principal des Mines,
Attaché à l'Institut National des Mines.

L'utilisation dans les mines grisouteuses de locomotives actionnées par moteur à combustion interne est subordonnée à l'observance de certaines précautions, dont les plus importantes au point de vue de la sécurité visent le risque d'inflammation du grisou par les gaz rejetés dans l'atmosphère.

Le risque d'inflammation par les gaz chauds se produit au moment où le cylindre du moteur est mis en communication avec l'extérieur. A ce point de vue et indépendamment de la nature du combustible utilisé, on peut classer les moteurs à combustion interne en deux catégories : ceux à quatre temps et ceux à deux temps.

Les moteurs à quatre temps comportent toujours deux soupapes : une soupape d'admission et une soupape d'échappement.

Le moteur à deux temps est généralement dépourvu de soupapes; le piston découvre successivement dans sa course des lumières pratiquées dans la paroi du cylindre; les unes servent à l'introduction d'air frais, les autres à l'évacuation des gaz brûlés.

Quel que soit le système de distribution, le fonctionnement correct du moteur exige évidemment que la combustion soit terminée au moment où le cylindre est mis en communication avec l'extérieur.

Pour que le moteur soit économique, il faut même que la température des gaz brûlés à leur sortie du cylindre soit aussi basse que possible et théoriquement voisine de la température extérieure.

Cette condition n'est évidemment jamais réalisée.

De plus, dans le cas d'un réglage défectueux de la quantité de combustible brûlant dans le cylindre, la combustion peut ne pas être terminée lorsque l'échappement commence; parfois même, elle ne l'est pas encore lorsque le cylindre est mis en communication avec la conduite d'admission.

Les effets produits par l'arrivée de flammes dans les conduites d'aspiration et d'échappement varient avec la nature du combustible employé.

Dans les locomotives à benzine ou à benzol, la conduite d'aspiration renferme d'une façon permanente de l'air carburé et peut donc devenir le siège d'une explosion violente, désignée sous le nom de « retour de flamme » ou « de retour au carburateur ».

Cet incident ne peut se produire dans les locomotives Diesel, puisque la conduite d'aspiration ne renferme que de l'air pur.

Dans toutes les locomotives, quelle que soit la nature du combustible, le pot d'échappement peut, à la faveur de ratés d'allumage survenus au cours des cycles précédents, renfermer un mélange d'air et de vapeurs combustibles d'autant plus inflammable qu'il se trouve dans une enveloppe fortement échauffée par les explosions précédentes.

Enfin, même lorsque le rapport des quantités de combustible et d'air introduites dans le cylindre est correct, un défaut d'étanchéité aux soupapes facilite le passage des flammes soit vers l'aspiration, soit vers l'échappement.

Dans le cas spécial d'un moteur fonctionnant en atmosphère grisouteuse, les phénomènes précédents se compliquent du fait que du méthane est introduit dans le cylindre en même temps que le combustible.

Dans ces conditions, la marche de la machine est troublée. Avec les locomotives Diesel notamment, nous avons constaté que certaines machines s'emballaient fortement et que d'autres, au contraire, s'arrêtaient après quelques ratés d'allumage.

Par conséquent, il y aura toujours du grisou dans la conduite d'aspiration et il convient même d'envisager sa présence dans le pot d'échappement. Nous avons donc fait des essais avec addition d'air grisouteux ou avec cet air seul.

RECHERCHES ANTERIEURES SUR LES DISPOSITIFS CAPABLES D'ARRETER LES FLAMMES D'HYDRO-CARBURES.

Les recherches les plus anciennes relatives à cette question sont celles qui ont été réalisées à Gelsenkirchen par le Bergassessor Beyling et dont un compte-rendu a paru le 13 juin 1908 dans la revue *Glückauf*.

Beyling a utilisé à cette fin un moteur fixe à benzine et expérimenté en présence du grisou les trois dispositifs suivants :

a) Empilage de lamelles de 15 mm. de largeur et distantes de 0,5 mm.;

b) Dispositif à labyrinthe constitué par un cylindre partagé en compartiments par des cloisons distantes de 20 mm. et orientées perpendiculairement à l'axe du cylindre. Chacune de ces cloisons est percée de 18 ouvertures de 10 mm. de diamètre. Les gaz chauds pénètrent par un des fonds du cylindre et s'échappent par l'autre fond.

Les perforations étant placées en chicane, les gaz ne peuvent circuler qu'en décrivant de nombreuses sinuosités;

c) Dispositif à fil (*Raumgitterschutz*) constitué par un cylindre rempli de morceaux de fil de fer coupés à la longueur de 190 mm. La circulation des gaz à l'intérieur du cylindre se fait parallèlement aux fils.

Le moteur pourvu de l'un ou l'autre de ces dispositifs était placé dans une atmosphère grisouteuse. On provoquait de violentes détonations soit à l'intérieur de la conduite d'aspiration, soit

dans la conduite d'échappement, en faisant agir un dispositif qui avait pour effet d'empêcher la fermeture complète des soupapes soit d'aspiration, soit d'échappement.

L'empilage et le dispositif à fil ont été essayés sur l'aspiration; le labyrinthe et le dispositif à fils l'ont été sur l'échappement. Tous ces dispositifs ont empêché les flammes provenant des détonations de mélanges d'air et de benzine, de se propager à l'atmosphère grisouteuse ambiante.

Néanmoins, Beyling considère le dispositif à labyrinthe comme peu sûr, à cause des flammes très vives qu'il laisse passer lorsque le moteur fonctionne à l'air libre.

D'après le même, le dispositif à fils est d'une réalisation coûteuse et l'empilage de lamelles est préférable.

A la Station Française de Montluçon, M. L. Delmas, Ingénieur en Chef des Mines, a procédé également à des essais se rapportant aux flammes d'hydrocarbures (voir *Annales des Mines de France*, juillet 1930, pp. 5 et suivantes).

Le but de ces essais était de déterminer le jeu maximum que pouvaient présenter les événements de ventilation d'appareils électriques fonctionnant dans des vapeurs d'hydrocarbures.

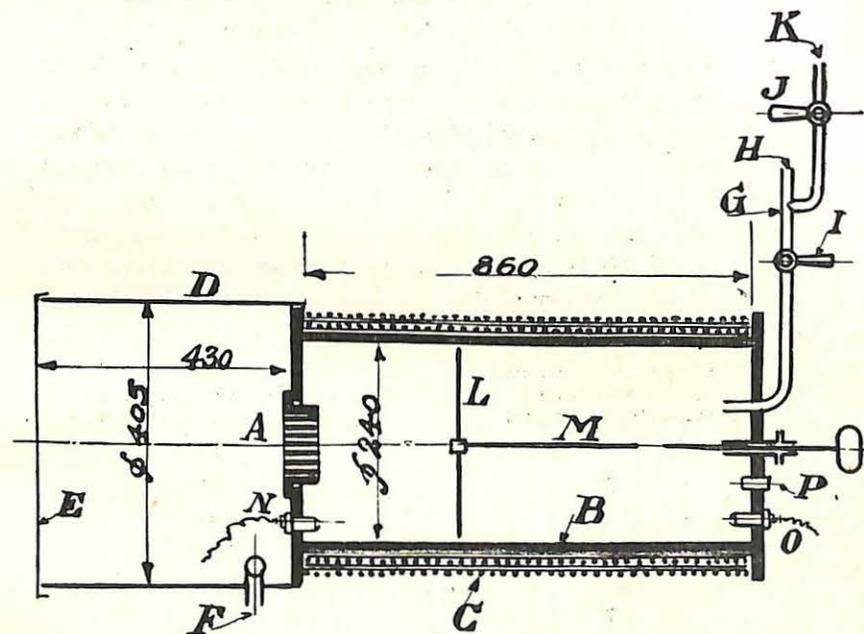
D'après ses expériences, M. Delmas a fixé comme suit l'écartement-limite des brides à l'endroit de l'évent, c'est-à-dire les valeurs que cet écartement ne peut dépasser pour qu'il n'y ait pas propagation :

NATURE DU COMBUSTIBLE	ECARTEMENT MAXIMUM	
	pour des brides de 25 mm.	pour des brides de 40 mm.
Ether de pétrole	0,8 mm	1,2 mm.
Essence de pétrole	0,6 mm.	0,9 mm.
Benzène	0,6 mm.	1,1 mm.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL UTILISE.

Nous avons utilisé le dispositif expérimental représenté dans le croquis ci-dessous. L'empilage A à essayer est fixé sur le fond d'un cylindre B en tôle d'acier d'une capacité de 39 litres. Ce volume est de l'ordre des capacités formant les tuyauteries de décharge des locomotives de mines, bien que ces capacités soient assez variables.

Le cylindre est chauffé extérieurement par un enroulement de fil résistant C parcouru par du courant alternatif à 220 volts. Nous avons tenu, en effet, à nous mettre dans les conditions les plus semblables à celles qui se présentent dans les tuyauteries d'échappement.



Un second cylindre de tôle D, sans fonds, est placé dans le prolongement du premier. Il est fermé par une feuille de papier E et renferme un tube perforé F par lequel afflue un mélange inflammable d'air et de grisou. Le combustible est introduit par le bouchon fileté H dans l'espace G compris entre deux robinets à boisseau I et J.

Le tuyau K est raccordé d'une façon permanente à une pompe débitant soit de l'air frais, soit un mélange d'air et de grisou.

Au moment voulu, on lance le combustible à l'intérieur du cylindre en ouvrant simultanément les deux robinets. Ceux-ci sont refermés aussitôt. A l'aide du disque perforé L et de la tige M passant par un presse-étoupe, on brasse ensuite le mélange intérieur.

Pour éviter que les vapeurs ne s'échappent du cylindre pendant le brassage, un clapet non représenté au croquis est appliqué sur la tranche extérieure de l'empilage. Ce clapet manœuvrable par l'intermédiaire d'un levier est relevé au moment de l'allumage.

Celui-ci est réalisé par l'une ou l'autre des bougies N ou O, placées sur les deux fonds opposés du cylindre B.

En retirant le bouchon P, on peut, avant chaque expérience et à l'aide d'un thermomètre, relever la température à proximité du fond de droite du cylindre. Cette température est évidemment inférieure à la température maximum existant à mi-longueur de l'axe du cylindre.

A l'aide d'un couple thermo-électrique disposé en cet endroit, nous avons établi le tableau comparatif suivant qui permet de se rendre compte des températures maxima auxquelles ont été soumises les vapeurs combustibles.

Température à proximité du fond du cylindre (thermomètre à mercure).	Température au centre et à mi-longueur du cylindre (couple thermo-électrique).
80°	86°
100°	120°
120°	150°
140°	285°
160°	215°
180°	245°
200°	275°
210°	300°

Nous avons utilisé les combustibles suivants :

1°) benzine analogue à celle utilisée pour les véhicules automobiles; densité : 0,745 à 15° centigrades;

2°) benzol de fours à coke; densité : 0,885 à 15° centigrades;

3°) gazoil pour locomotive Diesel; densité : 0,862 à 15° centigrades; point d'inflammation: 96°; point de combustion: 116° (1).

Les vapeurs de benzine et celles de benzol ont été enflammées à l'aide d'une des bougies auxquelles nous avons fait allusion plus haut. Pour réaliser l'allumage des vapeurs de gazoil, nous avons eu recours à des artifices spéciaux. Pour certaines expériences, nous avons utilisé des inflammateurs électriques utilisés pour la mise à feu des détonateurs. Après le brassage du mélange, l'inflammateur était introduit rapidement par l'ouverture servant à relever la température, ouverture qu'on refermait aussitôt à l'aide d'un tampon de caoutchouc.

La mise à feu de l'inflammateur provoquait dans le cylindre une explosion violente.

Dans d'autres expériences réalisées également avec le gazoil, nous provoquons l'inflammation en introduisant, avec le combustible, une petite touffe de coton nitré en fils. L'explosion se produisait 4 ou 5 secondes après que le coton nitré était arrivé dans le cylindre.

Enfin, nous avons essayé également des mélanges de vapeurs de benzine, de benzol et de gazoil avec du grisou.

Les empilages étudiés ont été les suivants :

Largeur des lamelles en mm.	Distance entre les lamelles en mm.	Nombre de joints
55	1,5	13
55	1	19
55	0,5	25
50	2	9
50	1	18
35	1	19
35	0,8	21

(1) Nous appelons « point d'inflammation », la température à laquelle une huile émet une quantité de vapeurs combustibles telle que, mélangées avec l'air, elles explosent au contact d'une flamme.

Le « point de combustion » est la température à laquelle il n'y a pas seulement explosion, mais combustion permanente.

Nous avons déterminé ces deux caractéristiques du gazoil, dans un creuset ouvert chauffé au bain de sable. Pour amorcer l'inflammation des vapeurs, nous avons utilisé une petite flamme de gaz d'éclairage brûlant à l'extrémité d'un tube de verre effilé.

RESULTATS OBTENUS.

Nous avons groupé les résultats obtenus au cours de nos expériences d'abord par combustible. Pour le même combustible, nous avons rassemblé ceux ayant trait au même empilage.

Pour chaque expérience, nous avons indiqué :

1°) la température relevée au thermomètre à mercure à proximité du fond du cylindre;

2°) la quantité en centimètres cubes de combustible introduite dans le cylindre.

Notons que 39 litres d'air (volume du cylindre) sec à 200° centigrades pèsent 29 grammes et que ce poids d'air est capable d'assurer la combustion théorique de :

2,7 cm³ de benzine;

2,5 cm³ de benzol;

2,1 cm³ de gazoil.

En réalité, nous avons toujours dépassé ces quantités théoriques, afin d'obtenir des flammes de longue durée.

Il est d'ailleurs possible qu'une partie seulement du combustible se vaporisait en arrivant dans le cylindre, d'où nécessité d'introduire des quantités supérieures à celles que nous venons d'indiquer;

3°) la teneur en méthane du mélange réalisé près de la sortie de l'empilage. Dans les expériences faites avec grisou et combustible, la teneur en méthane de l'air introduit dans le cylindre était la même;

4°) les résultats (traversée ou non traversée) suivant la position du point d'allumage;

oxygène

5°) le rapport — du mélange grisouteux. Afin de com-

azote

prendre l'excès d'azote apporté par le grisou naturel de notre station, nous avons vivifié les mélanges grisouteux par une addition d'oxygène.

Rappelons que dans un mélange d'air pur et de méthane, le

oxygène

rapport — est égal à 0,264. Dans les travaux souterrains,

azote

il n'atteint jamais cette valeur, puisque l'air y est partiellement désoxydé.

PREMIERE SERIE D'ESSAIS.

Dans le cylindre, on introduit une certaine quantité d'un des hydrocarbures : benzine, benzol ou gazoil.

BENZINE.

No de l'essai	Tempé- rature dans le cylindre	Quantité de com- bustible intro- duite	Teneur en grisou %	RÉSULTATS : 0 non traversée X traversée		Rapport oxygène azote des mélanges grisou- teux
				Allumage dans le fond op- posé à l'empilage	Allumage près de l'empilage	
<i>Empilage de lamelles de 55 mm. de largeur, distantes de 1,5 mm. (13 joints).</i>						
1	150°	3 cc.	8	0		0,262
2	156	3	8	0		»
3	160	3	8	0		»
4	135	3	8		0	»
5	151	3	6 1/2		0	»
6	176	3	6 1/2		X	»
<i>Empilage de lamelles de 55 mm. de largeur, distantes de 1 mm. (19 joints).</i>						
7	144	3	8 1/2	0		0,261
8	145	3	9 1/2	0		»
9	150	3	9 1/4	0		»
10	160	3	9 1/4	0		»
11	166	3	8 1/2	0		»
12	168	3	9	0		»
13	157	6	7 1/2	0		»
14	169	6	8 3/4	0		»
15	120	3	7 1/2		0	»
16	150	3	7 1/2		0	»
17	174	3	8 3/4		0	»
18	150	6	8		X	»
19	160	6	8		X	»
20	175	6	8 3/4		0	»
21	175	6	9		0	»
<i>Empilage de lamelles de 55 mm. de largeur, distantes de 0,5 mm. (25 joints).</i>						
22	175	3	9 1/4	0		0,257
23	178	3	7 3/4	0		»
24	180	3	9 1/2	0		»
25	187	3	7 3/4	0		»
26	180	5	9 1/4	0		»
27	180	5	9 1/4	0		»
28	180	5	10 1/2	0		»
29	183	5	9 3/4	0		»
30	184	5	7 1/2	0		»

31	185°	5 cc.	8 1/2	0		0,257
32	185	5	8 1/2	0		»
33	185	5	8 1/2	0		»
34	201	5	7 1/2	0		»
35	185	7	8 1/2	0		»
36	185	7	8 1/2	0		»
37	186	7	8 1/2	0		»
38	178	5	8		0	0,260
39	185	5	8		0	»
40	188	5	9 1/2		0	»
41	189	5	8 1/2		0	»
<i>Empilage de lamelles de 35 mm. de largeur, distantes de 0,8 mm. (21 joints).</i>						
42	180	3	9 3/4	0		0,263
43	183	5	9 1/2	0		»
44	185	5	9 3/4	0		»
45	167	3	12		0	»
46	173	3	10		0	»
47	178	3	10		0	»
48	177	5	10 1/2		0	»
49	195	5	10		0	»
50	170	6	9 1/2		0	»
51	205	6	9 1/4		0	»
52	177	7	9 1/4		0	»
53	202	5	9 1/4		0	0,264
54	207	5	9		X	»
55	208	5	9 1/4		0	»

Comme on peut en juger par l'examen des résultats obtenus avec la benzine, nous n'avons enregistré de traversées que lorsque le point d'allumage se trouvait près de l'empilage.

Ce mode d'inflammation est cependant celui qui donne les explosions les moins violentes.

En utilisant la bougie disposée dans le fond opposé à l'empilage, nous avons obtenu, au contraire, des explosions beaucoup plus puissantes, mais sans traversée.

Lors de ses recherches sur les appareils électriques antidéflagrants, Beyling avait déjà constaté que les surpressions à l'intérieur des enveloppes étaient d'autant plus élevées que le point d'allumage était plus éloigné des orifices de détente. Cette surpression est favorable évidemment au refroidissement des gaz chauds à la traversée de l'empilage, puisqu'elle accentue leur degré de détente.

Si l'on s'en rapporte à ce qui se passe en pratique, on conçoit cependant plus aisément une inflammation s'amorçant en un

point assez éloigné de l'empilage car, dans les locomotives, les explosions survenant dans la conduite d'aspiration et dans le pot d'échappement débutent généralement à proximité même des orifices du cylindre. Il convient cependant d'envisager le cas extrême où l'allumage des vapeurs combustibles est déclenché tout près de l'empilage. Quelle que soit la position du point d'allumage, l'empilage de 35 mm. de largeur, avec écartement de 0,8 mm. entre les lamelles, paraît suffisamment sûr. Celui-ci a donné lieu à une seule inflammation (voir essai n° 54), alors que

le rapport ——— du mélange grisouteux correspondait à la composition théorique de l'air pur, ce qui n'est jamais réalisé dans la mine.

BENZOL.

N° de l'essai	Température dans le cylindre	Quantité de combustible introduite	Teneur en grisou %	RÉSULTATS : 0 non traversée X traversée		Rapport oxygène azote des mélanges grisouteux
				Allumage dans le fond opposé à l'empilage	Allumage près de l'empilage	
<i>Empilage de lamelles de 55 mm. de largeur, distantes de 1,5 mm. (13 joints).</i>						
56	145°	3 cc.	9 %	0		0,262
57	150	3	8 3/4	X		»
58	150	3	8 3/4	0		»
59	152	3	8 1/2	0		»
60	161	3	8	X		»
61	165	3	9	0		»
62	101	3	9 1/2		0	»
63	128	3	9 1/4		0	»
64	148	3	9 1/2		X	»
65	155	3	9 1/2		X	»
66	161	3	9 1/2		X	»
67	168	3	9 1/2		X	»
<i>Empilage de lamelles de 55 mm. de largeur, distantes de 1 mm. (19 joints).</i>						
68	156	3	9 1/4	0		0,262
69	164	3	9 1/2	0		»
70	173	3	9 1/4	0		»
71	150	5	9 1/2	0		»

72	154 ^o	5	8 $\frac{1}{2}$	0		0,262
73	171	5	9 $\frac{1}{4}$	0		»
74	153	3	9 $\frac{1}{2}$		0	»
75	154	3	8 $\frac{3}{4}$		0	»
76	156	3	9		0	»
77	173	3	8 $\frac{1}{4}$		0	»
78	173	5	8 $\frac{1}{4}$		X	»
79	173	5	9		X	»
<i>Empilage de lamelles de 35 mm. de largeur, distantes de 1 mm. (19 joints).</i>						
80	169	5	8 $\frac{1}{4}$		X	0,256
81	186	5	8 $\frac{3}{4}$		X	»
<i>Empilage de lamelles de 35 mm. de largeur, distantes de 0,8 mm. (21 joints).</i>						
82	173	3	9	0		0,263
83	170	5	9 $\frac{1}{2}$	0		»
84	176	7	9 $\frac{1}{2}$	0		»
85	140	2	7 $\frac{3}{4}$		0	»
86	152	3	8 $\frac{1}{4}$		0	0,262
87	198	3	10 $\frac{1}{4}$		0	»
88	200	3	10		0	»
89	215	4	10 $\frac{3}{4}$		0	»
90	180	5	9 $\frac{1}{4}$		0	»
91	183	5	8 $\frac{3}{4}$		0	»
92	190	2	9 $\frac{1}{4}$		0	0,263
93	198	3	9 $\frac{1}{4}$		0	0,264
94	206	3	9 $\frac{1}{4}$		0	»

L'examen d'ensemble des résultats obtenus avec le benzol montre également que la traversée est plus aisée lorsque l'allumage est réalisé à proximité de l'empilage.

De même que pour les vapeurs de benzine, l'allumage dans le fond opposé à l'empilage donne les explosions les plus violentes, mais sans traversée.

Nous avons fait d'ailleurs les mêmes constatations avec le gazoil. La comparaison des essais nos 1 à 6 (benzine) et nos 56 à 67 (benzol) montre que les flammes de benzol traversent plus aisément l'empilage de 55 mm, écartement 1,5 mm., que les flammes de benzine.

Cet empilage a laissé passer, en effet, les flammes de benzol, alors que l'allumage était réalisé à l'extrémité opposée du cylindre, ce qui ne s'était pas produit avec la benzine.

Les autres empilages, au contraire, paraissent également aptes à arrêter les flammes des deux combustibles : benzine et benzol.

Enfin, l'empilage de 35 mm., écartement 0,8 mm., n'a donné lieu à aucune traversée, alors que la teneur en oxygène des mélanges grisouteux était relativement élevée.

GAZOIL.

No de l'essai	Température dans le cylindre	Quantité de combustible introduite	Teneur en grisou	RÉSULTATS: 0 non traversée X traversée		Rapport oxygène azote des mélanges grisouteux
				Allumage dans le fond opposé à l'empilage	Allumage près de l'empilage	
<i>Empilage de lamelles de 50 mm. de largeur, distantes de 2 mm. (9 joints).</i>						
95	210 ^o	8	10 $\frac{1}{4}$	0		0,263
96	218	8	7 $\frac{1}{2}$	X		»
97	230	8	8 $\frac{1}{2}$	0		»
98	195	10	6 $\frac{1}{2}$	0		»
99	213	10	7 $\frac{3}{4}$	0		»
100	225	10	10	0		»
101	195	15	10 $\frac{3}{4}$	0		»
<i>Empilage de lamelles de 50 mm. de largeur, distantes de 1 mm. (18 joints).</i>						
102	214	6	10 $\frac{1}{4}$		0	0,260
103	206	8	9		0	»
104	207	8	10		0	»
105	215	8	10 $\frac{1}{4}$		0	»
106	210	10	6 $\frac{1}{2}$		0	»
107	202	8	8 $\frac{1}{2}$		0	0,265
108	212	8	7 $\frac{1}{4}$		0	»
109	222	8	9		0	»
110	223	8	7 $\frac{1}{2}$		0	»
<i>Empilage de lamelles de 35 mm. de largeur, distantes de 1 mm. (19 joints).</i>						
111	215	8	8 $\frac{1}{2}$	0	X	0,256
112	186	8	8 $\frac{3}{4}$		0	»
113	202	8	9 $\frac{1}{2}$		0	»
<i>Empilage de lamelles de 35 mm. de largeur, distantes de 0,8 mm. (21 joints).</i>						
114	220	8	9	0		0,256
115	205	10	9 $\frac{1}{2}$	0		»
116	212	10	8	0		»
117	202	8	8		0	0,260
118	210	8	8 $\frac{1}{4}$		0	»
119	225	8	11		0	»
120	215	10	8		0	»
121	221	10	7 $\frac{3}{4}$		0	»
122	225	10	8 $\frac{3}{4}$		0	»
123	215	8	7 $\frac{1}{2}$		0	0,264
124	220	10	6		0	»

L'empilage de 50 mm. de largeur, écartement de 1 mm., n'a donc pas été traversé par les flammes de gazoil, alors même que l'inflammation était provoquée à proximité de l'empilage (voir essais nos 102 à 110). Or, cette condition est favorable à la propagation, nous le savons par les résultats obtenus avec la benzine et le benzol.

Si l'on se reporte aux essais réalisés avec la benzine et le benzol, on constate que les flammes de ces deux combustibles peuvent traverser un empilage dans lequel l'écartement était également de 1 mm., tandis que la largeur des lamelles était de 55 mm. (voir essais nos 15 à 21 pour la benzine, voir essais nos 74 à 79 pour le benzol).

Les flammes de gazoil sont donc plus faciles à arrêter que celles des deux autres combustibles expérimentés.

Enfin, l'empilage de 35 mm., écartement de 0,8 mm., empêche la propagation d'une inflammation de gazoil.

DEUXIEME SERIE D'EXPERIENCES.

Au cours de cette seconde série d'expériences, nous n'avons introduit dans le cylindre qu'un mélange d'air et de grisou. Le cylindre était chauffé comme pour les essais réalisés avec des vapeurs combustibles.

No de l'essai	Température dans le cylindre	Teneur en grisou %	RÉSULTATS		Rapport oxygène azote des mélanges grisouteux
			0 non traversée X traversée	Allumage dans le fond opposé à l'empilage	
<i>Empilage de lamelles de 55 mm. de largeur, distantes de 1,5 mm. (13 joints).</i>					
125	Cylindre non chauffé				
126	»	9 1/2	0		0,262
127	»	10	0		»
128	»	10	0		»
129	»	9 1/2		0	»
130	»	9 3/4		0	»
131	»	10 1/2		0	»
<i>Empilage de lamelles de 55 mm. de largeur, distantes de 1,5 mm. (13 joints).</i>					
131	Cylindre chauffé 105°	9 1/4	0		
132	»	108	0		
133	»	118	0		»
134	»	176	0		»
135	»	180	0		»
136	»	90	0		»
137	»	104		X	»
138	»	113		X	»

<i>Empilage de lamelles de 55 mm. de largeur, distantes de 1 mm. (19 joints).</i>					
139	159	7 1/2	0		0,262
140	161	7 3/4	0		»
141	114	8 1/2		0	»
142	136	8 1/2		0	»
143	137	9		0	»
144	153	7 1/2		0	»
<i>Empilage de lamelles de 50 mm. de largeur, distantes de 1 mm. (18 joints).</i>					
145	95	8 3/4		0	0,260
146	208	7 1/2		0	»
147	217	6 1/4		0	»
148	91	10		0	0,265
149	192	6 3/4		0	»
150	200	9 1/4		X	»
151	225	11		X	»
<i>Empilage de lamelles de 35 mm. de largeur, distantes de 1 mm. (19 joints).</i>					
152	150	11 3/4	0		0,256
153	153	9 1/2	0		»
154	160	10		0	»
155	170	9 1/4		0	»
156	175	9 3/4		0	»
157	213	7 1/2		0	»
158	215	7 1/2		0	»
<i>Empilage de lamelles de 35 mm. de largeur, distantes de 0,8 mm. (21 joints).</i>					
159	198	9 1/2	0		0,263
160	214	9 1/2	0		»
161	222	9 1/2	0		»
162	183	9 1/4		0	»
163	206	9 1/2		0	»
164	207	9 1/2		0	»

D'une façon générale, nous n'avons obtenu des traversées de flammes de grisou que lorsque le mélange était enflammé à proximité de l'empilage. En examinant les résultats des essais nos 125 à 138, on constate que l'empilage de 55 mm., écartement de 1,5 mm., laisse traverser la flamme de grisou dès que le cylindre est chauffé.

L'élévation de la température initiale du mélange contribue donc à affaiblir l'efficacité d'un empilage vis-à-vis d'une flamme d'explosion. Cette constatation démontre donc qu'en chauffant notre cylindre d'explosion, nous nous sommes placés dans les conditions les plus favorables pour obtenir des traversées.

Enfin, la conclusion pratique à retenir de nos essais est qu'un empilage de 35 mm. de largeur, écartement de 0,8 mm., est encore suffisant pour empêcher la propagation d'une explosion dans un mélange grisouteux, même dans le cas de températures très élevées.

TROISIEME SERIE D'EXPERIENCES.

Le cylindre renferme à la fois des vapeurs combustibles et du méthane.

BENZINE ET GRISOU.

No de l'essai	Température dans le cylindre	Quantité de combustible introduite cc.	Teneur en grisou	RÉSULTATS		Rapport oxygène azote des mélanges grisouteux
				0 non traversée X traversée	Allumage dans le fond opposé à l'empilage	
<i>Empilage de lamelles de 35 mm. de largeur, distantes de 0,8 mm. (21 joints).</i>						
165	185	1	7 $\frac{3}{4}$	0		0,262
166	187	1	8	0		»
167	184	2	8	0		»
168	185	2,5	8	0		»
169	192	2,5	8	0		»
170	185	3	7 $\frac{3}{4}$	0		»
171	130	1	8 $\frac{3}{4}$		0	0,262
172	90	3	8 $\frac{3}{4}$		0	»
173	118	3	8 $\frac{3}{4}$		0	»
174	180	3	8		0	»
175	185	2	9 $\frac{1}{4}$		0	0,264
176	190	2	9 $\frac{1}{4}$		0	»
177	199	2	9 $\frac{1}{4}$		0	»

BENZOL ET GRISOU.

<i>Empilage de lamelles de 35 mm. de largeur, distantes de 0,8 mm. (21 joints).</i>						
178	172	1	9	0		0,262
179	180	2	8 $\frac{1}{4}$	0		»
180	185	2	8	0		»
181	180	2,5	10	0		»
182	194	3	8 $\frac{1}{4}$	0		»
183	195	3	8	0		»
184	112	1	9		0	»
185	157	1	9 $\frac{3}{4}$		0	»
186	184	1	9 $\frac{3}{4}$		0	»
187	130	2	9 $\frac{1}{2}$		0	»

188	165	2	9 $\frac{1}{2}$	0	0,262
189	176	2	9 $\frac{1}{2}$	0	»
190	181	1	9 $\frac{1}{4}$	0	0,264
191	195	2	9 $\frac{1}{4}$	0	»
192	214	2	9 $\frac{1}{2}$	0	»

L'empilage de 35 mm. de largeur avec écartement de 0,8 mm., qui n'avait donné lieu à aucune traversée avec la benzine, le benzol et le grisou, est également efficace vis-à-vis des flammes combinées du grisou avec l'un ou l'autre des deux combustibles benzine et benzol.

GAZOIL ET GRISOU.

<i>Empilage de lamelles de 55 mm. de largeur, distantes de 1,5 mm. (13 joints).</i>						
193	160	2	9 $\frac{1}{4}$	0		0,262
194	172	2	9	0		»
195	176	2	9 $\frac{1}{4}$	X		»
196	132	3	8 $\frac{1}{4}$	0		»
<i>Empilage de lamelles de 55 mm. de largeur, distantes de 1 mm. (19 joints).</i>						
197	173	15	9	0		0,262
198	174	15	9 $\frac{1}{2}$	0		»
199	160	3	7 $\frac{3}{4}$		0	»
200	171	6	9 $\frac{1}{4}$		0	»
201	172	6	9		0	»
202	180	6	9 $\frac{1}{2}$		0	»
<i>Empilage de lamelles de 50 mm. de largeur, distantes de 1 mm. (18 joints).</i>						
203	198	2	10		0	0,260
204	195	3	9 $\frac{1}{2}$		0	0,265
205	210	3	9 $\frac{1}{4}$		X	»
206	195	5	9 $\frac{1}{4}$		0	»
<i>Empilage de lamelles de 35 mm. de largeur, distantes de 0,8 mm. (21 joints).</i>						
207	197	3	9 $\frac{3}{4}$		0	0,264
208	204	3	9		0	»
209	218	4	9 $\frac{1}{2}$		0	»
210	210	5	9 $\frac{1}{4}$		0	»
211	215	5	9		0	»
212	225	5	9 $\frac{1}{2}$		0	»
213	230	5	9 $\frac{1}{4}$		0	»
214	195	3	9 $\frac{1}{2}$		0	0,265
215	207	3	9 $\frac{1}{4}$		0	»

L'empilage de 55 mm. de largeur avec écartement de 1 mm. (19 joints) et celui de 35 mm. avec écartement de 0,8 mm. (21 joints), suffisants pour arrêter soit une flamme de grisou, soit une flamme de gazoil, arrêtent également les flammes combinées de gazoil et de grisou.

CONCLUSION GENERALE.

Les résultats des essais rapportés ci-dessus montrent qu'un empilage de lamelles de 35 mm. de largeur maintenues à un écartement de 0,8 mm. suffit amplement pour arrêter les flammes des combustibles employés habituellement dans les locomotives de mines.

L'efficacité de cet empilage subsiste même en présence des explosions combinées de grisou avec l'un des combustibles benzine, benzol ou gazoil. Il présente cependant une marge de sécurité trop faible pour être utilisé comme dispositif de protection dans les locomotives. En effet, en portant à 1 mm. l'écart entre les lamelles, nous avons obtenu des traversées avec le benzol (voir essais n^{os} 80 et 81) et avec le gazoil (voir essais n^{os} 111 à 113), alors que l'allumage était provoqué dans le fond opposé à l'empilage.

Nous n'avons pas procédé aux mêmes essais en présence de la benzine, mais il y a tout lieu de croire que nous aurions obtenu également des traversées.

Les empilages identiques à ceux utilisés dans les appareils électriques antidéflagrants, c'est-à-dire constitués de lamelles de 50 mm. de largeur et maintenues à l'écartement de 0,5 mm., conviennent parfaitement pour la protection des locomotives, car ils sont plus efficaces que ceux de 35 mm. de largeur et de 0,8 mm. d'écartement, dont l'aptitude à arrêter les flammes d'explosion a été confirmée par nos essais.

J. FRIPIAT.

Pâturages, mars 1933.

INSTITUT NATIONAL DES MINES A FRAMERIES-PATURAGES

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1932.

ANNEXE III.

La composition des grisous belges ⁽¹⁾

PAR

Louis COPPENS,

Docteur en Sciences.
Attaché à l'Institut.

Nous consignons dans la présente note, l'ensemble des résultats obtenus au cours d'une étude des grisous belges que nous avons entreprise il y a trois ans. Plus de 80 échantillons prélevés en différents points de nos gisements ont été examinés. Il est donc peu probable que l'analyse de nouveaux échantillons puisse infirmer les conclusions générales qui se dégagent de notre travail; nous croyons celles-ci définitives.

Dans la première partie de cette note, nous indiquons brièvement les méthodes d'analyse employées pour les vingt derniers échantillons; pour plus de détails concernant la partie expérimentale, nous renvoyons à nos notes précédentes annexées aux Rapports sur les travaux de 1930 et 1931. Dans une seconde partie, nous donnons les tableaux résumant dans leur ensemble nos résultats expérimentaux. Dans la troisième partie, on trouvera les conclusions.

(1) Cette importante étude, poursuivie depuis trois ans, est réalisée grâce à l'appui bienveillant du Fonds National de la Recherche Scientifique, auquel nous adressons nos bien vifs remerciements. Ad. Breyre.