

Le choix d'un explosif de sécurité

par J. MARTENS,

Ingénieur en Chef-Directeur des Mines.

VOORWOORD

Alhoewel de springstoffen ongetwijfeld de meest waardevolle hulpmiddelen zijn van de mijnontginners, levert hun gebruik eveneens een der belangrijkste risico's op ten opzichte van de ontvlaming van het mijngas en het kolenstof en was verantwoordelijk voor talrijke rampen in den loop der laatste eeuw. Gedurende de jaren 1850 tot 1880 hebben de mijngasontploffingen, verwekt door het afvuren van springstoffen, zich op zulke onrustbare manier verbreid, dat de opstellers van het mijnreglement van 1884 het nodig achtten het gebruik van springstoffen in de mijngasachtige mijnen tot het uiterste te beperken. Tijdens de jaren 1879 tot 1881 waren 18 mijngasontvlammingen op 23 te wijten aan het gebruik van springstoffen.

De noodzakelijkheid van een meer intensieve ontginning van onze kolenafzettingen en de verbeteringen aangebracht aan de fabricatie van de brisante springstoffen en van de ontstekingsmiddelen, maakten een ruimere aanwending van springstoffen nodig en tevens mogelijk, terwijl het ontvlammingsgevaar beduidend verminderd werd.

Nieuwe opvattingen aangaande de veiligheidsspringstoffen worden op het huidig ogenblik bestudeerd ten einde een meer uitgebreid en nog veiliger gebruik van springstoffen mogelijk te maken, hetgeen wellicht onze kolennijverheid in staat zal stellen de rendementsverbetering te bereiken die nodig is om aan de vreemde concurrentie, die het voordeel geniet van gunstiger afzettingsvoorwaarden, het hoofd te bieden, met behoud van de werkelijke lonen van onze mijnwerkers op een bevredigend peil.

Het doel van de huidige studie is de elementen op te sporen die de keuze van een veiligheidsspringstof dienen te bepalen, met het enig doel de ongevallen te vermijden en de totale risicovoet van de ondergrondse werken der Belgische mijnen te verminderen.

Onderzoek van de totale risicovoet van de ondergrondse werken.

De werklieden gebezigd in de ondergrondse werken van de steenkolenmijnen zijn blootgesteld aan drie soorten risico's die zich overdekken :

- 1) het industrieel risico;
- 2) het mijnrisico;
- 3) het kolenmijnrisico.

Het eerste spruit voort uit al de ongevallen waaraan ieder arbeider blootgesteld is, in onverschillig welke bovengrondse nijverheid, waar grote massa's zware goederen behandeld en talrijke min of meer gemechaniseerde bedieningsapparaten gebruikt worden. Die risicovoet kan beschouwd worden als zijnde minstens gelijkwaardig aan deze van de arbeiders die uitsluitend op de bovengrondse aanhorigheden van een steenkolenmijn tewerkgesteld zijn.

Het mijnrisico is datgene waaraan elke werkman blootgesteld is die in de ondergrondse werken van een mijn werkt, onverschillig welke de aard zij van de gewonnen delfstof.

Het kolenmijnrisico spruit voort uit de gevaren die eigen zijn aan den aard van het gewonnen product, namelijk datgene voortspruitend uit de aanwezigheid van mijngas en ontvlambaar kolenstof.

Bepaling van de risicovoet.

De jaarlijkse risicovoet is vastgesteld op basis van het aantal doden en zwaar gekwetsten tengevolge van arbeidsongevallen overkomen in de ondergrondse werken van de steenkolenmijnen. Door zwaar gekwetste wordt verstaan, ieder slachtoffer dat een bestendige arbeidsongeschiktheid van 20 % of meer heeft opgelopen.

Twee risicovoeten moeten beschouwd worden :

- 1° De eerste wordt bekomen door de deling van het aantal slachtoffers door het aantal te werk gestelde arbeiders. In de hierna volgende tabellen is deze risicovoet berekend in aantal slachtoffers per 10.000

Art. 7. — Lorsque l'usager d'un vélocipède modifie la position d'un aiguillage, il doit, après son passage, rétablir immédiatement l'aiguillage dans sa position primitive.

Art. 8. — Une personne déterminée est chargée de l'entretien et du dépôt des vélocipèdes dans un local destiné à cet effet; elle veille à ce qu'on n'utilise pas de vélocipède défectueux ou se trouvant dans de mauvaises conditions d'emploi.

Art. 9. — La Direction de la mine détermine quelles sont les personnes qui peuvent utiliser les vélocipèdes; elle veille à ce qu'il en soit donné effectivement connaissance.

Art. 10. — La Direction de la mine arrête un règlement pour la conservation, la distribution et l'usage des vélocipèdes utilisés pour le transport souterrain des personnes; ce règlement doit être soumis à l'approbation de l'Inspecteur général des Mines.

(à suivre.)

Le choix d'un explosif de sécurité

par J. MARTENS,

Ingénieur en Chef-Directeur des Mines.

VOORWOORD

Alhoewel de springstoffen ongetwijfeld de meest waardevolle hulpmiddelen zijn van de mijnontginners, levert hun gebruik eveneens een der belangrijkste risico's op ten opzichte van de ontvlaming van het mijngas en het kolenstof en was verantwoordelijk voor talrijke rampen in den loop der laatste eeuw. Gedurende de jaren 1850 tot 1880 hebben de mijngasontploffingen, verwekt door het afvuren van springstoffen, zich op zulke onrustbare manier verbreid, dat de opstellers van het mijnreglement van 1884 het nodig achtten het gebruik van springstoffen in de mijngasachtige mijnen tot het uiterste te beperken. Tijdens de jaren 1879 tot 1881 waren 18 mijngasontvlamingen op 23 te wijten aan het gebruik van springstoffen.

De noodzakelijkheid van een meer intensieve ontginning van onze kolenafzettingen en de verbeteringen aangebracht aan de fabricatie van de brisante springstoffen en van de ontstekingsmiddelen, maakten een ruimere aanwending van springstoffen nodig en tevens mogelijk, terwijl het ontvlammingsgevaar beduidend verminderd werd.

Nieuwe opvattingen aangaande de veiligheidsspringstoffen worden op het huidig ogenblik bestudeerd ten einde een meer uitgebreid en nog veiliger gebruik van springstoffen mogelijk te maken, hetgeen wellicht onze kolennijsverheid in staat zal stellen de rendementsverbetering te bereiken die nodig is om aan de vreemde concurrentie, die het voordeel geniet van gunstiger afzettingsvoorwaarden, het hoofd te bieden, met behoud van de werkelijke lonen van onze mijnwerkers op een bevreemdend peil.

Het doel van de huidige studie is de elementen op te sporen die de keuze van een veiligheidsspringstof dienen te bepalen, met het enig doel de ongevallen te vermijden en de totale risicovoet van de ondergrondse werken der Belgische mijnen te verminderen.

Onderzoek van de totale risicovoet van de ondergrondse werken.

De werklieden gebezigd in de ondergrondse werken van de steenkolenmijnen zijn blootgesteld aan drie soorten risico's die zich overdekken :

- 1) het industrieel risico;
- 2) het mijnrisico;
- 3) het kolenmijnrisico.

Het eerste spruit voort uit al de ongevallen waaraan ieder arbeider blootgesteld is, in onverschillig welke bovengrondse nijverheid, waar grote massa's zware goederen behandeld en talrijke min of meer gemechaniseerde bedieningsapparaten gebruikt worden. Die risicovoet kan beschouwd worden als zijnde minstens gelijkwaardig aan deze van de arbeiders die uitsluitend op de bovengrondse aanhorigheden van een steenkolenmijn tewerkgesteld zijn.

Het mijnrisico is datgene waaraan elke werkman blootgesteld is die in de ondergrondse werken van een mijn werkt, onverschillig welke de aard zij van de gewonnen delfstof.

Het kolenmijnrisico spruit voort uit de gevaren die eigen zijn aan den aard van het gewonnen product, namelijk datgene voortspruitend uit de aanwezigheid van mijngas en ontvlambaar kolenstof.

Bepaling van de risicovoet.

De jaarlijkse risicovoet is vastgesteld op basis van het aantal doden en zwaar gekwetsten tengevolge van arbeidsongevallen overkomen in de ondergrondse werken van de steenkolenmijnen. Door zwaar gekwetste wordt verstaan, ieder slachtoffer dat een bestendige arbeidsongeschiktheid van 20 % of meer heeft opgelopen.

Twee risicovoeten moeten beschouwd worden :

- 1^o De eerste wordt bekomen door de deling van het aantal slachtoffers door het aantal te werk gestelde arbeiders. In de hierna volgende tabellen is deze risicovoet berekend in aantal slachtoffers per 10.000

gebezigde werklieden. Zijn ontwikkeling in den loop der jaren wordt beïnvloed door de lengte van den dagelijkschen arbeidsduur, want zekere individuele risico's zijn evenredig aan den duur van de aanwezigheid in den ondergrond, terwijl andere, zoals deze betrekking hebbend met het personenverkeer in de schachten en galerijen uitsluitend functie zijn van het aantal diensten en niet van hun duur.

- 2° De tweede wordt bekomen door de deling van het aantal slachtoffers door het aantal miljoenen ton voortgebracht per jaar. Deze verhouding verbeeldt beter het risico dat een industrie, waaraan de economische omstandigheden een bepaalde extractie opleggen, tegenover de gemeenschap vertegenwoordigt. Zijn evolutie is onafhankelijk van de duur van de dagelijkse arbeid en hangt vooral af van de variatie van de individuele prestaties.

Ten einde het totale risico in te delen in de drie genoemde soorten, werden de mijnongevallen gerangschikt in drie groepen. In de eerste zijn alle ongevallen ondergebracht die te wijten zijn aan mijngas- of kolenstofontploffingen, aan spontane mijngasuitbarstingen en aan verstikking; de tweede begriipt de ongevallen veroorzaakt door het verkeer in de schachten, de instortingen, de waterdoorbraken en het gebruik van springstoffen, die alle een uitgesproken mijnkarakter dragen; de derde bevat al de overige ongevallen van den ondergrond, zoals deze te wijten aan het vervoer der producten, het gebruik van machines, enz.

De ongevallen van de eerste groep zijn essentieel gebonden aan den aard van het ontgonnen product en laten dus toe het kolenmijnrisico te bepalen. Het mijnrisico spruit voort uit de totaliteit der ongevallen van de tweede groep, evenals uit een gedeelte van de derde groep, waarvan de frequentie beduidend groter kan zijn in den ondergrond als op den bovengrond, wegens de beperkte ruimte in de meeste ondergrondse lokalen en gangen, de onvoldoende verlichting en andere uitgesproken kenmerken van het ondergronds bedrijf.

De ongevallen van de derde groep moeten dus verdeeld worden over het mijnrisico en het industrieel risico. Om deze verdeling door te voeren, nemen we aan dat het industrieel risico gelijk is aan dit van de derde groep, voor zover het niet het risico van het bovengronds personeel overtreft. Indien het groter is dan dit laatste risico, wordt het overtalig aantal slachtoffers gevoegd bij de ongevallen van de tweede groep en het aldus bekomen totaal zal dienen tot het vaststellen van het mijnrisico.

De onderstaande tabellen I, II en III geven respectievelijk :

- I. De evolutie van het bovengronds risico;
- II. De verdeling van de ongevallen van de tweede en de derde groep, evenals de ontwikkeling van het mijnrisico;
- III. De ontwikkeling en de verdeling van het totaal risico.

Niettegenstaande het feit dat de ondergrondse arbeidsvoorwaarden gevaarlijker zijn dan de bovengrondse, stelt men vast dat het industrieel risico van den ondergrond in menig geval lager is dan dit van den bovengrond. Dit resultaat werd bereikt dank zij een strenger toezicht en vooral aan een veelvuldiger en aandachtiger inspectie van de ondergrondse werken. Het verschil ten gunste van den ondergrond is vooral merkbaar tijdens de periode 1930-1940 en vermindert gedurende de naoorlogsjaren wegens het feit dat het ondergronds personeel een veel grotere toevoer van onervaren buitenlandse werkkrachten heeft gekend dan dat van den bovengrond.

INTRODUCTION

Si l'explosif est l'auxiliaire le plus précieux du mineur, son emploi dans les mines de charbon constitue aussi un des plus grands risques d'inflammation des mélanges grisouteux ou poussiéreux et a été à l'origine de nombreuses catastrophes au cours du siècle dernier.

Pendant les années 1850 à 1880, les explosions de grisou, provoquées par le tir des mines, se sont multipliées de manière tellement alarmante qu'elles ont amené les auteurs du règlement minier de 1884 à réduire à l'extrême l'emploi des explosifs dans la plupart des travaux miniers des charbonnages grisouteux. Au cours des années 1879 à 1881, sur 23 cas d'inflammation de grisou, 18 ont été provoqués par le tir des mines.

La nécessité d'une exploitation plus intensive de nos gisements houillers et les améliorations apportées à la fabrication des explosifs brisants et des dispositifs de mise à feu ont rendu indispensable et possible une plus grande extension de leur emploi, tout en réduisant encore les risques d'inflammation.

De nouvelles conceptions d'explosifs de sécurité sont actuellement à l'étude, en vue d'en permettre une utilisation encore plus étendue et plus sûre, qui facilitera peut-être à notre industrie charbonnière l'amélioration des rendements, nécessaire pour lui permettre de faire face à une concurrence étrangère favorisée par des conditions de gisement plus avantageuses, tout en maintenant les salaires réels de nos ouvriers mineurs à un niveau satisfaisant.

Le but de la présente étude est de rechercher quels sont les éléments qui doivent guider le choix d'un explosif de sécurité, dans le seul but de prévenir les accidents et de réduire le taux de risque TOTAL que présentent les travaux souterrains de l'industrie charbonnière belge.

Examen du risque total des travaux souterrains.

Les ouvriers occupés dans les travaux souterrains des mines de houille sont exposés à trois types de risques qui se superposent :

- 1) le risque industriel;
- 2) le risque minier;
- 3) le risque charbonnier.

Le premier résulte de tous les accidents auxquels peut être exposé tout ouvrier occupé dans une entreprise industrielle de surface, dans laquelle il est appelé à manipuler de grandes masses de produits pondéreux et utiliser de nombreux appareils de manutention plus ou moins mécanisés. Le taux de risque correspondant peut être considéré comme équivalent, au maximum, à celui des ouvriers occupés exclusivement dans les dépendances superficielles d'une mine de houille.

Le risque minier est celui auquel est exposé tout ouvrier occupé dans les travaux souterrains d'une mine, indépendamment de la nature de la matière extraite.

Le risque charbonnier est celui qui résulte des dangers créés par le caractère propre de la matière extraite, c'est-à-dire ceux résultant de la présence du grisou et des poussières inflammables.

Définition des taux de risque.

Le taux de risque annuel est établi en se basant sur le nombre de tués et de blessés graves, victimes d'accidents de travail survenus dans les travaux souterrains d'une mine de houille; par blessé grave, il faut entendre toute victime d'accident ayant subi une incapacité permanente partielle supérieure ou égale à 20 %.

Deux taux de risque sont à considérer :

- 1^o le premier est obtenu en divisant le nombre de victimes par celui des ouvriers occupés; dans les tableaux suivants, ce taux est évalué en nombre de victimes par 10.000 ouvriers occupés; il caractérise le risque individuel de l'ouvrier mineur; son évolution dans le temps est affectée par les variations de la durée journalière du travail, car certains risques individuels sont proportionnels à la durée de la présence au fond, tandis que d'autres, tels que ceux résultant de la translation dans les puits et de la circulation dans les galeries, sont uniquement fonction du nombre de postes et non de leur durée;
- 2^o le second s'obtient en divisant le nombre de victimes par le nombre de millions de tonnes extraites annuellement; ce taux indique mieux le risque que présente, pour une collectivité, une industrie à laquelle les nécessités économiques imposent une extraction déterminée; son évolution est indépendante de la durée du travail journalier et dépend surtout des variations des rendements individuels.

Afin de permettre la décomposition du risque total suivant les trois types ci-dessus, les accidents survenus dans les travaux souterrains des mines ont été répartis en trois groupes.

Dans le premier sont réunis tous les accidents dus aux explosions de grisou ou de poussières, aux dégagements instantanés et aux asphyxies; le second comprend les accidents provoqués par la circulation dans les puits, les éboulements, les coups d'eau, l'emploi des explosifs, qui ont tous un caractère essentiellement minier; le troisième rassemble tous les autres accidents du fond, tels que ceux provoqués par le transport des produits, l'emploi des machines, etc.

Les accidents du premier groupe sont essentiellement liés à la nature de la substance extraite et permettent donc l'établissement du risque charbonnier. Le risque minier résulte de la totalité des accidents du second groupe, ainsi que d'une partie des accidents du troisième groupe, dont la fréquence peut être sensiblement plus grande dans le fond qu'en surface, du fait de l'exiguïté de la plupart des locaux et voies de transport, de l'insuffisance d'éclairage ou de toute autre caractéristique des travaux souterrains. Les accidents du troisième groupe doivent donc être répartis entre le risque minier et le risque industriel. Pour effectuer cette répartition, nous admettons que le risque industriel est égal au risque résultant des accidents du troisième groupe, dans la mesure où ce risque n'excède pas celui du personnel de surface; lorsqu'il est supérieur au risque de la surface, le nombre de victimes correspondant à cet excédent est ajouté à celui des accidents du deuxième groupe et le total ainsi obtenu sert à l'établissement du risque minier.

Les tableaux I, II et III ci-dessous donnent respectivement :

- I. l'évolution du risque d'accident en surface;
- II. la répartition des accidents des deuxième et troisième groupes, ainsi que l'évolution du risque minier;
- III. l'évolution et la répartition du risque total.

On constate que, malgré des conditions de travail plus dangereuses au fond qu'en surface, le risque industriel du fond est fréquemment inférieur à celui des dépendances de la surface; ce résultat a été atteint grâce à une surveillance plus étroite et surtout à une inspection plus fréquente et plus attentive des travaux souterrains. L'écart en faveur du fond est particulièrement notable pendant la période 1930-1940 et diminue pendant les années d'après-guerre, au cours desquelles le personnel du fond comportait une proportion d'ouvriers étrangers inexpérimentés, bien plus grande qu'à la surface.

Nous examinerons maintenant l'influence de l'emploi et du choix des explosifs sur les trois types de risque ainsi déterminés.

TABLEAU I.
Evolution des accidents de surface.

Année	Personnel occupé en surface	Production	Nombre d'accidents	Nombre de victimes	Victimes par 10.000 ouvriers		Victimes par million de tonnes	
					Nombre	% de 1900	Nombre	% de 1900
1900	34.075	23.462.817	33	33	9,70	100,0	1,41	100,0
1905	37.042	21.775.280	35	35	9,46	97,5	1,61	114,1
1910	40.258	23.916.560	36	40	9,94	102,6	1,67	118,4
1915	37.704	14.177.500	25	25	6,65	68,4	1,77	125,5
1920	49.828	22.388.770	47	47	9,45	97,2	2,10	148,8
1925	50.467	23.097.040	27	27	5,36	55,3	1,17	83,0
1930	46.236	27.414.730	53	56	12,10	124,9	2,04	144,5
1935	37.236	26.506.360	31	33	8,85	91,3	1,25	88,6
1940	36.169	25.539.190	31	35	9,13	94,1	1,24	88,0
1945	35.423	15.833.030	23	24	6,78	69,9	1,51	107,0
1948	43.285	26.691.130	25	25	5,73	59,6	0,94	66,6

TABLEAU II.
Etablissement et évolution du risque minier.

Année	Accidents du deuxième groupe			Accidents du troisième groupe			Risque minier total				
	Nombre de victimes	Victimes par 10.000 ouvriers	Victimes par million de tonnes	Nombre de victimes	Victimes par 10.000 ouvriers	Victimes par million de tonnes	P ^r 10.000 ouvriers occupés	% de 1900	Nombre de victimes corr. à ce risque	Par million de tonnes	% de 1900
1900	165	16,70	7,03	104	10,55	4,43	17,55	100,0	173	7,36	100,0
1905	127	13,01	5,84	104	10,56	4,78	14,11	80,5	138	6,35	86,3
1910	131	12,66	5,48	82	7,93	3,43	12,66	72,2	131	5,48	74,5
1915	101	11,70	7,13	45	5,22	3,18	11,70	66,7	101	7,13	97,0
1920	143	12,99	6,39	63	3,72	2,82	12,99	74,0	143	6,38	86,7
1925	109	9,94	4,74	62	5,65	2,68	10,13	57,8	111	4,82	65,5
1930	107	9,80	3,88	58	3,32	2,12	9,80	55,7	107	3,88	52,8
1935	108	12,96	4,07	40	4,81	1,51	12,96	73,8	108	4,07	55,3
1940	127	15,65	4,97	46	5,67	1,80	15,65	89,2	127	4,97	67,6
1945	85	13,09	5,37	41	6,31	2,59	13,09	74,6	85	5,37	73,0
1948	111	10,90	4,16	70	6,85	2,62	11,97	68,2	122	4,57	62,2

I. — RISQUE CHARBONNIER

Evolution du risque.

L'examen du tableau III ci-contre pourrait porter à croire que les efforts tentés en vue de la mise au point des explosifs de sécurité ont échoué, car le risque charbonnier ne montre aucune tendance à la diminution pendant les cinquante dernières années, tandis que l'on constate d'importantes réductions des deux autres risques.

Une étude plus attentive de l'évolution du risque charbonnier conduit heureusement à des conclusions très différentes; pour les faire apparaître, il est nécessaire de comparer le risque « inflammations de grisou » au cours d'une période plus longue et de distinguer la part d'intervention dans ce risque de l'emploi des explosifs.

Le tableau IV ci-dessous donne l'importance du risque « inflammations de grisou » pendant cinq périodes de dix années, choisies à diverses étapes de la réglementation sur l'emploi des explosifs dans les mines; pour les trois dernières périodes, il donne en outre l'intervention exacte dans ce risque de l'emploi des explosifs; pendant les deux premières périodes, ce risque n'a pu être isolé avec précision mais, d'après des études partielles, il peut être évalué à environ 75 % du risque d'inflammation.

Ce tableau met en lumière l'importance de la réduction du risque « inflammations de grisou » depuis la période 1868-1877 et particulièrement celle de la réduction de l'intervention dans ce risque de l'emploi des explosifs. Cette intervention, après avoir subi une réduction considérable au début du

TABLEAU III.

Année	Personnel occupé au fond	Production	Risque industriel						Risque minier					Risque charbonnier					Risque total							
			Taux par 10.000 ouvriers			Taux par million de tonnes			% du total	Taux par 10.000 ouvriers			Taux par million de tonnes			% du total	Taux par 10.000 ouvriers			Taux par million de tonnes			% du total			
			Valeur	% de 1900	% du total	Valeur	% de 1900	% du total		Valeur	% de 1900	% du total	Valeur	% de 1900	% du total		Valeur	% de 1900	% du total	Valeur	% de 1900	% du total		Valeur	% de 1900	% du total
1900	98.674	23.462.817	9,70	100,0	3,97	100,0	34,0	17,55	100,0	7,46	100,0	61,4	1,32	100,0	0,55	100,0	4,6	28,57	100,0	11,93	100,0	—				
1905	97.705	21.775.280	9,46	97,5	4,25	107,0	35,2	14,11	80,5	6,55	85,1	52,5	3,27	247,5	1,47	267,5	12,3	26,84	94,0	12,07	100,7	—				
1910	103.443	23.916.560	7,93	81,8	3,43	86,5	36,6	12,66	72,2	7,13	95,5	58,5	1,06	80,3	0,46	83,6	4,9	21,65	75,7	9,37	78,1	—				
1915	86.281	14.177.500	5,22	53,8	3,18	80,2	28,1	11,70	66,7	6,59	85,6	63,2	1,62	122,7	0,87	158,0	8,7	18,54	64,9	11,18	93,2	—				
1920	110.116	22.588.770	5,72	59,0	2,82	71,0	28,6	12,99	74,0	4,73	63,4	64,6	1,36	103,0	0,67	121,8	6,8	20,07	70,2	9,86	82,2	—				
1925	109.916	23.097.040	5,36	55,3	2,55	64,2	30,6	10,13	57,8	4,81	64,4	58,0	2,00	151,2	0,96	174,3	11,4	17,49	60,8	8,33	69,4	—				
1930	109.166	27.414.730	5,32	54,9	2,12	53,4	25,8	9,80	55,8	3,88	52,0	47,6	5,49	416,0	2,18	396,5	26,6	20,61	72,1	8,13	68,2	—				
1935	83.377	26.506.360	4,81	49,6	1,51	38,2	23,5	12,96	73,8	4,07	54,5	63,6	2,64	200,0	0,83	151,0	12,9	20,41	71,5	6,41	53,4	—				
1940	81.068	25.539.190	5,67	58,5	1,80	45,2	21,4	15,65	89,2	4,97	66,5	59,2	5,10	159,0	1,62	120,0	19,4	26,42	92,5	8,39	70,0	—				
1945	64.978	15.833.030	6,31	65,1	2,59	65,2	30,6	13,09	74,6	5,37	72,0	63,5	1,23	92,2	0,51	92,7	5,9	20,63	72,2	8,46	70,5	—				
1948	102.081	26.691.130	5,78	59,6	2,21	55,7	30,2	11,97	68,2	4,57	61,2	62,2	1,47	111,2	0,56	101,8	7,6	19,22	67,2	7,54	61,2	—				

TABLEAU IV.

Période	Personnel moyen du fond	Production annuelle moyenne	Inflammation de grisou			Inflammation par coup de mine		
			Victimes	Victimes par 10.000 ouvriers	Victimes p ^r million de T	Victimes	Victimes par 10.000 ouvriers	Victimes par million de T
1868-1877	76.921	14.205.869	51,3	6,68	5,61	—	5,01 (?)	2,71 (?)
1886-1895	84.343	19.477.923	55,3	6,56	2,84	—	4,92 (?)	2,13 (?)
1901-1910	101.705	22.736.477	8,5	0,836	0,375	4,5	0,443	0,193
1929-1938	94.336	26.832.736	27,6	2,76	1,03	4,7	0,498	0,175
1939-1948	83.749	23.923.840	9,7	1,16	0,404	5,3	0,633	0,221

siècle, reste sensiblement constante pendant les cinquante dernières années, malgré un important accroissement de la consommation en explosifs.

Pendant les premières années, cette diminution du taux de risque est due à des restrictions dans l'emploi des explosifs, ensuite à la mise au point d'explosifs de sécurité de plus en plus grande, qui a permis d'en accroître la consommation sans aggravation du risque qu'entraînait précédemment leur emploi.

La période 1868-1877 précède la mise en vigueur du règlement général du 28 avril 1884; pendant cette période, le risque moyen total était particulièrement élevé (44 victimes pour 10.000 ouvriers occupés dans le fond et 22,75 victimes par million de tonnes extraites). Pendant les années 1886-1895 l'application du règlement de 1884 allait faire tomber ce risque à 30,8 victimes pour 10.000 ouvriers occupés et 13,35 par million de tonnes; toutefois le risque minier ne suivait pas le mouvement de régression du risque total, malgré la rigueur du règlement qui interdisait l'emploi des explosifs dans les cas suivants :

- « 1° Dans toutes les mines à grisou, pour l'abatage de la houille;
- « 2° Dans les mines de la deuxième et de la troisième catégorie :
 - A. Pour l'ouverture de la galerie supérieure de retour d'air;
 - B. Pour les travaux préparatoires en veine aérés par un courant d'air descendant;
 - C. Pour tous les travaux à la pierre, lorsqu'il est à présumer que ces travaux sont sur le point de rencontrer une couche de houille exploitée et en général une excavation dans laquelle le grisou pourrait s'être accumulé;
- « 3° Dans les mines de la troisième catégorie :
 - A. Pour le creusement des galeries, lorsqu'elles sont sur le point de rencontrer une couche à dégagement instantané de grisou;
 - B. Dans les couches à dégagement instantané de grisou, pour le coupage des voies et autres travaux à la pierre qui ne sont pas ventilés par un courant d'air frais n'ayant passé sur aucun atelier d'abatage en activité. »

La réduction de l'emploi des explosifs diminuait sans doute les causes d'inflammation, mais l'exiguïté des galeries de retour d'air, qui en était la conséquence, jointe à un accroissement de l'extraction, multipliait les accumulations de grisou, même dans les endroits où le tir des mines était autorisé, et augmentait d'autant plus le risque d'inflammation que les mines étaient encore fréquemment chargées de poudre noire et amorcées à la mèche.

Le règlement du 13 décembre 1895, consacré uniquement à l'emploi des explosifs dans les mines, renforçait encore la restriction d'emploi de tous les explosifs dans certains ouvrages et prohibait entièrement l'emploi de la poudre noire et de la mèche dans les mines de la deuxième catégorie.

L'application de ces nouvelles prescriptions allait enfin amener une réduction sensible de la fréquence des inflammations de grisou, dont le taux de risque par million de tonnes extraites ne représente plus, en 1901-1910, que 10,4 % de celui de la période 1868-1877 et 13,2 % de celui de la période 1886-1895.

Les réglementations qui se sont succédées depuis 1895 ont pu, grâce aux résultats obtenus par les stations d'essai, lever progressivement les restrictions d'emploi des explosifs dans les mines, sans accroître le risque d'accident dû au choix même des explosifs; pendant la période 1939-1948, les inflammations de grisou ou de poussière ont été provoquées plus par des défauts des lignes de tir que par la nature même de l'explosif employé.

Les recherches des stations d'essai ont donc permis, sans aggravation du risque d'inflammations provoquées par le tir des mines, le développement actuel de nos exploitations charbonnières et l'amélioration des rendements, indispensables à leur maintien en activité. En rendant possible l'accroissement de la consommation d'explosifs, même dans les voies de retour d'air, la mise au point d'explosifs de sécurité a permis une meilleure ventilation des mines et la diminution de l'ensemble du risque charbonnier, par la réduction de tous les accidents dus au grisou, tant par asphyxie que par inflammations dues à d'autres causes que le tir des mines.

On peut prétendre que les explosifs de sécurité actuellement utilisés dans les mines belges présentent une sécurité absolue vis-à-vis du grisou, lorsqu'ils sont utilisés dans les conditions suivantes :

- 1) en observant scrupuleusement les prescriptions réglementaires concernant le mode de chargement;
- 2) en proportionnant les charges au travail exigé;
- 3) en ne creusant les fourneaux que dans des roches non fissurées et en les plaçant à une distance suffisante des faces dégagées;
- 4) en tirant chaque mine isolément.

Dans certaines conditions d'emploi, notamment lors des tirs en volées avec détonateurs à temps ou lors de l'abatage de roches fissurées, il subsiste encore un faible risque d'inflammation, qu'il importe de réduire, sinon de supprimer, par la recherche d'explosifs présentant une sécurité accrue; l'accroissement de la vitesse d'avancement impose en effet la généralisation des tirs en volées avec détonateurs à long ou court délai — avec ses risques de « tir d'angle » — et la régularité de ces avancements exige que l'on puisse miner en toutes circonstances, même en terrains fissurés.

* * *

L'emploi des explosifs ayant été une des causes les plus fréquentes des explosions de grisou, il n'est pas surprenant que dans les mines de houille le choix d'un explosif destiné à l'abatage du charbon ou des bancs stériles au voisinage d'une couche ait été conditionné, moins par son aptitude à la détonation et sa puissance de travail que par son inaptitude relative à enflammer un mélange d'air et de grisou ou un nuage de poussière charbonneuse.

L'aptitude à l'inflammation d'un nuage de poussière est sensiblement moindre que celle d'un mélange grisouteux, aussi c'est la sécurité d'un explosif vis-à-vis de ce dernier qui est surtout recherchée; tout explosif pouvant être tiré dans un milieu grisouteux avec une très faible probabilité d'inflammation peut être considéré comme intrinsèquement sûr, s'il est tiré dans une atmosphère poussiéreuse inflammable, en l'absence de toute trace notable de grisou.

Causes d'inflammation d'un mélange grisouteux.

Le mécanisme d'inflammation d'un mélange grisouteux par le tir d'une charge d'explosif varie suivant les conditions mêmes du tir et n'est pas encore connu avec certitude.

Diverses causes d'inflammation ont été retenues par les expérimentateurs des stations d'essai; la prédominance de chacune d'elles dans le mécanisme de l'explosion dépend essentiellement des conditions d'expérimentation; les principales sont les suivantes :

- 1) la compression adiabatique du mélange grisouteux par l'onde de choc développée par l'explosion de la charge; ce phénomène ne paraît intervenir que lorsqu'une charge d'explosif est tirée à l'air libre;
- 2) la température des gaz dégagés par l'explosion; cette cause, dont l'action paraît prépondérante dans les conditions les plus usuelles d'emploi des explosifs, est celle qui a la première retenu l'attention et a servi de base à la mise au point

des premiers explosifs S.G.P., dont la sécurité relative était recherchée par un abaissement de la température de détonation;

- 3) la projection de particules solides incandescentes, dont la décomposition exothermique se poursuit en dehors du fourneau ou dont la combustion s'achève au contact de l'air; cette cause d'inflammation, mise en évidence par l'étude des flammes d'explosion, agit particulièrement avec des explosifs très sous-oxydés ou à décomposition lente ou incomplète, particulièrement lorsque le travail demandé à la charge est insuffisant;
- 4) le dégagement par l'explosif de radicaux libres instables, amorçant des réactions en chaînes ramifiées dans le mélange grisouteux; l'étude de la combustion du méthane a fait apparaître l'action prépondérante, même à température relativement faible, de radicaux instables; de tels radicaux peuvent également être libérés par la détonation de l'explosif et subsister pendant des instants très courts dans le mélange grisouteux où ils amorcent des réactions en chaîne, susceptibles de se propager dans l'atmosphère voisine du fourneau et de se transformer en explosion.

A ces causes principales, dont l'intervention peut être simultanée dans les conditions les plus usuelles du tir, certains ajoutent des causes secondaires dont l'action n'est concevable que dans des circonstances anormales d'emploi des explosifs ou qui peuvent être considérées comme des modes d'action particuliers des causes principales ci-dessus.

Moyens de prévention.

Quels que soient le processus réel de l'inflammation et la cause que les divers expérimentateurs considèrent comme prépondérante, tous ces derniers sont d'accord pour admettre que, en dehors de la réduction de la température de détonation de l'explosif lui-même, le meilleur moyen d'assurer la sécurité du tir dans une atmosphère grisouteuse est l'emploi, soit de matières inertes, soit de sels inhibiteurs dont la décomposition sous l'action de l'explosif a un effet refroidissant.

Le rôle primitivement assigné à ces matières était de former un écran inerte entre le mélange grisouteux et les produits de l'explosion. Cette conception, basée sur une connaissance incomplète des causes d'inflammation, a conduit à l'emploi du bourrage extérieur, constitué uniquement de poussières dont on n'exigeait qu'une grande finesse et une complète incombustibilité. Ce procédé était non seulement de réalisation pratique malaisée, particulièrement pour les mines de toit qui sont les plus dangereuses, mais était aussi très souvent insuffisant et ne protégeait efficacement que contre le danger des coups débouffants, alors considérés comme les plus à craindre.

Une protection plus efficace fut ensuite assurée par l'emploi de gaines inertes, dont les constituants étaient mieux dispersés par l'explosion et en entouraient plus complètement les produits; actuellement cette protection est encore renforcée par un

choix plus judicieux des sels extincteurs incorporés dans la gaine comme dans l'explosif.

Les sels actuellement reconnus comme les plus efficaces sont les bicarbonate et chlorure de sodium; leur action prend des formes diverses et protège assez efficacement contre les principales causes d'inflammation d'un mélange grisouteux par le tir des mines : le nuage poussiéreux qu'ils forment amortit l'onde de choc, étouffe et isole les particules solides projetées par l'explosif; la chaleur absorbée par leur échauffement et leur décomposition diminue rapidement la température des fumées; leur pulvérisation crée un nuage inerte qui isole les produits de l'explosion de l'atmosphère environnante et empêche les radicaux instables d'amorcer, pendant leur très

courte existence, des réactions dangereuses dans le milieu grisouteux.

S'il n'existe pas de divergences dans le choix des meilleurs sels extincteurs, les avis diffèrent encore sur leur mode d'emploi : certains préconisent une sécurité intrinsèque basée sur l'incorporation de quantités massives de sels extincteurs dans l'explosif lui-même, alors utilisé sans gaine protectrice; d'autres recherchent la sécurité en plaçant la majeure partie des sels extincteurs dans une gaine entourant un noyau d'explosif puissant, ne contenant qu'une quantité minimale de sels et ne présentant pas par lui-même une sécurité satisfaisante vis-à-vis du grisou.

II. — RISQUE MINIER ET RISQUE TOTAL

Jusqu'à présent, le choix d'une formule d'explosif S.G.P. paraît avoir été exclusivement guidé par la recherche d'une sécurité maximum vis-à-vis du grisou et des poussières de charbon, sans assez tenir compte de sa sûreté d'emploi en tant qu'explosif, c'est-à-dire de sa bonne conservation et surtout de son aptitude à la détonation.

Du seul point de vue de la prévention des accidents et de la sécurité du travail, un explosif de mine doit cependant présenter, simultanément, une sécurité suffisante vis-à-vis du grisou et une sûreté d'emploi satisfaisante, telle qu'elle est définie ci-dessus; en effet, le risque minier dépend dans une très large mesure du choix des explosifs utilisés et sa réduction présente actuellement un plus grand intérêt que celle du risque charbonnier.

L'examen du tableau III montre que le risque charbonnier ne représente qu'une part assez faible du risque total, tandis que le risque minier reste prépondérant malgré l'amélioration constatée depuis 1900.

Le choix d'un explosif de sécurité peut influencer deux postes importants du risque minier :

- 1) le poste « accidents de minage », qu'il influence directement;
- 2) celui des « éboulements en taille », sur lequel ce choix peut avoir une influence indirecte prépondérante.

1) Accidents de minage.

Le risque des accidents par inflammations de grisou ou de poussières, provoquées par le tir des mines, n'est pas plus élevé que celui résultant des accidents survenus pendant les opérations de minage, particulièrement de ceux dus à des ratés et surtout à des culots, accidents presque toujours attribuables à une aptitude insuffisante à la détonation de l'explosif utilisé.

Pendant la période 1929 à 1938 d'une part et la période 1939 à 1948 d'autre part, les accidents dus au minage et à des explosions de grisou provoquées par le tir des mines se répartissent comme suit :

	Période 1929-1938				Période 1939-1948			
	Acc.	Tués	Bles.	Tot.	Acc.	Tués	Bles.	Tot.
Accidents de minage	67	32	50	82	52	30	32	62
Expl ^{ns} de grisou ou de pous ^{eres} provoq. par le tir des mines .	6	43	4	47	8	46	7	53

On constate que le nombre des accidents de minage a diminué malgré les circonstances anormales nées de la guerre et l'emploi généralisé des amorces à retard au cours de la dernière décade; le nombre des explosions de grisou provoquées par le tir des mines s'est légèrement accru, mais aucune n'a été due à l'emploi d'amorce à temps.

Pendant la période de 1939 à 1944, sur un total de 35 accidents de minage ayant fait 43 victimes, 21, soit les 3/5, ont été provoqués par des ratés ou des culots et ont fait 28 victimes.

Le nombre des accidents attribuables à des explosifs défectueux n'est donc pas négligeable et leurs victimes sont presque aussi nombreuses que celles dues aux explosions de grisou provoquées par le tir des mines; un certain nombre de ces explosions sont d'ailleurs imputables à des défauts des lignes de tir ou des exposeurs et non à l'explosif utilisé.

Cet élément suffirait à lui seul pour faire porter le choix d'un explosif de sécurité sur une formule qui assure, non seulement une sécurité suffisante vis-à-vis du grisou, mais aussi une grande sécurité d'emploi.

D'autres éléments doivent encore être pris en considération pour guider ce choix vers des explosifs de grande sûreté et dont ce caractère n'a pas été obtenu uniquement en sacrifiant trop de la puissance de travail. C'est d'une part la nécessité, du seul point de vue sécurité du travail, d'accroître les rendements individuels par poste, et d'autre part la possibilité de réduire au minimum le nombre des accidents dus à des éboulements en taille.

2) Eboulements en taille.

Le risque créé par les éboulements de toute nature constitue un des éléments prépondérants du

risque minier; pendant la période 1868-1877, le taux de ce risque était en moyenne de 12,35 victimes pour 10.000 ouvriers occupés et de 6,68 par million de tonnes extraites; pendant la période 1884-1895, ces taux étaient respectivement 10,07 et 4,35; au cours de la période 1929-1948, le risque

constitué par les seuls éboulements en tailles et en galeries en creusement, lequel représente environ 85 % du risque total du poste « éboulements », a évolué comme il est indiqué au tableau V ci-dessous :

TABLEAU V.
Accidents provoqués par éboulements en tailles ou en galeries en creusement.

Année	Ouvriers du fond	Production annuelle	Nombre d'accidents	Nombre de victimes	Victimes par 10.000 ouvriers	% de 1929	Victimes p ^r million de T	% de 1929
1929	105.788	26.959.950	56	57	5,39	100,0	2,12	100,0
1930	109.161	27.414.730	53	58	5,22	96,8	2,11	99,5
1931	106.410	27.042.440	58	63	5,92	109,8	2,33	109,8
1932	96.382	21.423.550	12	43	4,46	82,7	2,01	94,8
1933	93.522	25.299.780	62	67	7,17	133,0	2,65	125,0
1934	86.961	26.389.190	17	52	5,98	110,9	1,97	92,8
1935	83.377	26.506.360	36	63	7,56	140,2	2,38	112,3
1936	82.962	27.867.290	65	66	7,95	147,3	2,36	111,2
1937	86.848	29.859.240	55	57	6,56	121,7	1,91	90,0
1938	91.945	29.584.850	67	71	7,73	143,3	2,40	113,2
1939	91.390	29.843.530	39	41	4,49	83,5	1,37	64,6
1940	81.068	25.539.190	76	80	9,87	183,0	3,13	147,8
1941	84.006	26.721.620	100	105	12,50	232,0	5,94	186,0
1942	80.874	25.055.440	112	118	14,60	271,0	4,72	222,5
1943	82.022	23.736.880	100	110	13,40	248,7	4,64	219,0
1944	61.020	13.529.060	62	67	10,98	203,8	4,95	233,6
1945	64.978	15.833.030	46	47	7,23	134,0	2,97	140,0
1946	93.701	22.852.110	70	81	8,65	160,3	3,54	167,0
1947	96.354	24.436.410	65	66	6,86	127,1	2,70	127,2
1948	102.081	26.691.130	54	56	5,48	101,6	2,10	99,0

On constate que ce risque, qui constitue une part importante du risque total du fond (25 à 35 %), ne suit pas l'évolution dégressive du risque minier dont il fait partie. Le tableau V ci-dessus fait nettement apparaître une inquiétante persistance, voire même une recrudescence, du taux de risque dû aux éboulements en taille.

La majeure partie des accidents repris au tableau V est due à des éboulements de toit dans les tailles; en 1948, les accidents par éboulements en tailles et galeries se répartissaient comme suit :
en tailles :

39 accidents — 41 victimes dans les bassins du Sud;

8 accidents — 8 victimes dans le bassin du Nord;

en galeries :

5 accidents — 5 victimes dans les bassins du Sud;

2 accidents — 2 victimes dans le bassin du Nord.

Le peu de progrès réalisé dans la prévention des accidents par éboulements dans les tailles, malgré l'intervention d'éléments favorables tels qu'un

accroissement des avancements, l'emploi de meilleurs moyens de soutènement et un meilleur contrôle du toit, ne peut s'expliquer que par une influence antagoniste et prépondérante d'autres éléments défavorables.

Du côté matériel, la mécanisation des moyens d'abatage et d'évacuation paraît être la cause prépondérante de la multiplication des accidents par éboulements dans les tailles; le bruit continu produit par les moteurs et outils pneumatiques et les appareils à secousses, les plus fréquemment usités, ne permet plus au mineur de percevoir avec netteté les faibles bruits précurseurs d'une chute de pierre ou d'un éboulement.

C'est la qualité du personnel, particulièrement des abatteurs, qui semble avoir les conséquences les plus marquées sur l'accroissement du nombre des accidents par éboulements; cette influence se manifeste nettement au cours des années de guerre et d'après-guerre, au cours desquelles d'importants contingents de prisonniers de guerre et d'ouvriers étrangers ont été mis trop hâtivement au travail en taille. L'influence de cet élément s'atténue à mesure que l'adaptation du personnel s'accroît.

Quant à la concentration des chantiers, bien qu'elle augmente la concentration du personnel en tailles, elle ne peut avoir une influence défavorable sur le risque d'accidents par éboulements en tailles.

Le risque d'accidents par éboulement du toit est directement proportionnel aux trois éléments suivants :

- 1) la longueur L des tailles en activité;
- 2) le risque de chute de pierre ou d'éboulement par unité de surface découverte R ;
- 3) le nombre N d'ouvriers appelés à travailler ou à circuler sous l'unité de surface ci-dessus.

La longueur des tailles actives L est évidemment réduite par la concentration des chantiers qui sera, sous ce rapport, favorable à la sécurité.

Il en est de même du risque R , car si x est la probabilité de chute de pierre ou d'éboulement par unité de surface le premier jour de sa découverte, ce risque R sera donné par la formule :

$$R = x + k_1 x + k_2 x + \dots + k_n x \quad (1)$$

dans laquelle n est le nombre de jours pendant lesquels la surface est découverte et se trouve dans les allées de travail ou de circulation et $k_1 \dots k_n$, des coefficients qui tiennent compte du fait que le risque d'éboulement croît à mesure que la surface est dégagée depuis plus longtemps et aussi de l'efficacité du soutènement. On peut donc prétendre que le risque R sera d'autant plus petit que la surface restera moins longtemps découverte, c'est-à-dire que les avancements seront plus rapides et plus réguliers; non seulement des avancements rapides réduiront le risque total par diminution du facteur n , mais aussi du facteur x , car le bris du toit peut se produire avant déhouillement et ce bris préalable sera d'autant moins à craindre que l'avancement sera plus rapide.

Le nombre d'ouvriers N est égal au produit nT , dans lequel n est le nombre d'ouvriers se tenant journellement sous une surface donnée et T la durée de ce séjour; le nombre n sera inversement proportionnel à L , car plus la longueur des tailles est réduite pour une production et des rendements donnés, plus la concentration d'ouvriers sous une surface donnée sera grande; la concentration des chantiers influence donc défavorablement le facteur n . Par contre l'accroissement des avancements, que demande cette concentration, réduira la valeur de T .

La production et la largeur des allées de circulation restant constantes, on constate donc que la concentration des chantiers influence favorablement les facteurs L et R ; son influence sur le facteur N sera également favorable si elle ne provoque pas une excessive concentration des ouvriers dans les tailles.

Cette influence favorable de la concentration et des grands avancements est nettement confirmée par l'examen des accidents survenus en 1948; il en ressort que la plupart des accidents par éboulement se sont produits dans les tailles à avancement lent ou dans des parties de taille irrégulièrement travaillées. La comparaison de la fréquence de ces accidents, d'une part en Campine et d'autre part dans le Hainaut, fait également apparaître l'influence favorable

des avancements rapides et réguliers sur la bonne tenue du toit. En Campine, où la mauvaise tenue des terrains devrait accroître le nombre des accidents par éboulements en tailles, les taux de risque dû à ces accidents étaient, en 1948, de 3,2 victimes pour 10.000 ouvriers occupés et 1,01 par million de tonnes extraites; dans les charbonnages du Hainaut, malgré leurs terrains moins pesants, ces taux étaient respectivement de 6,15 et 2,45.

Pour réduire le risque d'accidents par éboulements dans les tailles, il faut donc régler l'exploitation de manière à permettre un parfait contrôle du toit, ce qui exige des avancements rapides et réguliers et par suite une grande concentration des chantiers. Pour éviter que cette concentration ait des conséquences défavorables sur le rendement à veine — ce qui pourrait réduire les effets favorables des grands avancements — il convient d'adopter des méthodes d'abatage dont l'efficacité compense la réduction de rendement due à la concentration d'un trop grand nombre d'abatteurs et à un possible durcissement des couches, consécutif à des avancements plus rapides.

3) Risque total par tonne.

Le maintien de notre activité industrielle et par suite de notre niveau de vie, exige inéluctablement la production d'un tonnage minimum de charbon; des nécessités économiques et sociales imposent que la majeure partie de ce tonnage soit extraite des gisements belges, avec d'inévitables pertes de vies humaines, d'autant plus nombreuses que les rendements seront plus réduits et par suite le nombre d'ouvriers plus élevé. Le meilleur et le plus sûr moyen de réduire la mortalité due aux accidents, soit le taux de risque par million de tonnes, est donc d'accroître les rendements individuels, pour autant que les moyens employés n'entraînent pas de risques nouveaux, ce qui a été réalisé jusqu'à ce jour; l'examen du tableau III ci-avant montre en effet que les améliorations de rendement, réalisées jusqu'à présent, ont été accompagnées d'une réduction des taux de risque.

Influence de l'emploi des explosifs sur la réduction du risque total et du risque « éboulement ».

Les conditions nécessaires à la réduction du risque total et du taux de risque des accidents provoqués par des éboulements de toit en tailles sont donc :

- 1) des avancements réguliers et rapides des fronts;
- 2) une amélioration du rendement des ouvriers occupés dans les tailles.

Un avancement régulier et rapide des fronts ne sera possible que s'il est précédé par un avancement correspondant et aussi régulier des voies en veine, ainsi que des travers-bancs de reconnaissance et de traçage; le creusement régulier et rapide de ces galeries n'est actuellement concevable que grâce à l'emploi intensif d'explosifs dont la sûreté d'emploi, réduisant les risques de ratés ou de culots qui freinent l'avancement, est au moins aussi grande que la sécurité vis-à-vis du grisou et des poussières inflammables.

Dans les gisements réguliers, l'amélioration du rendement des ouvriers en tailles sera possible grâce au remplacement des outils individuels par des machines collectives d'abatage et à l'emploi de moyens de déblocage à chargement direct et avancement latéral continu. Dans les gisements moins réguliers, malheureusement les plus nombreux, une mécanisation suffisante est irréalisable et l'augmentation du rendement, qui ne peut plus être demandée à l'accroissement de l'effort physique de l'abatteur, devra être fournie par une utilisation plus intensive de l'explosif pour l'abatage du charbon, particulièrement pour le creusement des marquages en veine.

III. — EXPLOSIF GAINÉ OU NON-GAINÉ

Il est donc bien évident que, dans le choix d'un explosif de sécurité, il ne doit pas uniquement être tenu compte de la seule sécurité vis-à-vis du grisou. Le choix d'un procédé d'immunisation relative des explosifs, quant au risque d'inflammation, doit simultanément tenir compte :

- 1) de la sécurité vis-à-vis du grisou;
- 2) de la sûreté d'emploi en tant qu'explosif;
- 3) de la capacité de travail.

Nous avons vu ci-avant que deux conceptions s'affrontent actuellement quant au mode d'incorporation, dans la cartouche, des sels inhibiteurs dont l'emploi est actuellement considéré comme le plus sûr moyen de réduire le risque d'inflammation. La première conception préconise l'emploi d'explosifs gainés, l'autre d'explosifs hyperchlorurés non gainés.

Deux types de gaines peuvent être utilisés :

- 1) la gaine inerte, seule encore autorisée en Belgique, est uniquement constituée de sels inhibiteurs ou de matières pulvérulentes, souvent agglomérés par un liant qui facilite la fabrication et la conservation des cartouches;
- 2) la gaine active est un mélange de sels agglomérés par un liant et d'une petite quantité d'un explosif puissant, qui réalise au moment du tir une complète fragmentation et une grande dispersion de la matière gainante, quelle qu'en soit l'épaisseur; le pourcentage d'explosif incorporé dans la gaine est toujours trop petit pour constituer un risque d'inflammation d'une atmosphère grisouteuse.

La comparaison des deux méthodes doit être faite en se basant sur les trois exigences ci-dessus.

1) Sécurité vis-à-vis du grisou.

Des essais récemment effectués en Grande-Bretagne par le Safety in Mines Research Board ont montré qu'un explosif gainé, dont la gaine renferme un poids de chlorure de sodium égal au tiers de celui de la cartouche, présente une sécurité sensiblement équivalente à celle d'un explosif non gainé, constitué par le mélange intime du premier explosif et de sa matière gainante; la teneur en chlorure de sodium de l'explosif non gainé est d'environ 37 %.

Dans toutes nos exploitations, le souci de la sécurité impose donc un emploi plus généralisé des explosifs; cela exige la mise à la disposition des exploitants, d'une gamme d'explosifs de sécurité ayant une capacité suffisante de travail et présentant surtout une grande sûreté d'emploi, car le danger de ratés et de culots est plus à redouter dans les chantiers à avancement rapide que dans les autres : les exigences du travail cyclique incitent à des imprudences graves de la part des bouteilleurs lors des incidents de tir et l'utilisation des chargeuses mécaniques rend difficile le tri des pierres en cas de raté total ou partiel.

Il semble donc que, pour des teneurs en sels inhibiteurs de cette importance, les deux formules présentent une même sécurité; toutefois l'emploi de la gaine permet de réaliser des explosifs dont le poids de sels inhibiteurs, incorporés dans le complexe gaine-noyau, peut atteindre des pourcentages sensiblement plus élevés que dans les explosifs non gainés.

Dans ces derniers, la quantité de sels ne peut sans inconvénient excéder 70 %; tandis qu'une cartouche à gaine active, de 40 mm de diamètre intérieur peut contenir 75 à 80 % de sels inhibiteurs tout en conservant, grâce à son noyau, une bonne aptitude à la détonation et une puissance satisfaisante; ces teneurs en sels pourraient encore être accrues par l'emploi de gaines inertes de plus forte épaisseur, sans nuire à l'aptitude à la détonation; celle-ci est au contraire améliorée par la présence de la gaine, car il a été constaté que l'aptitude à la détonation d'un explosif, tiré avec sa gaine, est meilleure que lorsqu'il est employé nu. De plus l'emploi de la gaine permet de choisir le meilleur sel inhibiteur, sans tenir compte de son incompatibilité avec les produits explosifs utilisés dans le noyau.

Du seul point de vue de la sécurité vis-à-vis du grisou, les explosifs gainés paraissent donc plus intéressants que ceux à sels incorporés dans la cartouche, car la première formule permet d'adapter la sécurité à tous les risques d'emploi, sans réduire la puissance de travail et la sécurité du tir; lorsque les risques d'inflammation sont minimes, on utilisera un explosif puissant, à gaine d'épaisseur réduite; lorsque les risques sont plus grands — notamment dans les tirs en charbon où le diamètre de forage peut être accru sans inconvénient — l'emploi de la gaine permet de préparer des explosifs à noyau de petit diamètre et à gaine de grande épaisseur; on réalise ainsi une sécurité satisfaisante, même si le fourneau de mine est traversé par des crevasses ou risque d'être découvert par le départ d'une mine voisine.

2) Sûreté d'emploi.

L'incorporation de la totalité des sels extincteurs dans l'explosif ne réalise une sécurité satisfaisante que si le pourcentage de matières inertes est élevé,

ce qui conduit à des explosifs n'ayant qu'une faible aptitude à la détonation; de plus cette dernière risque encore d'être réduite par l'altération plus rapide du mélange, due à une trop grande dispersion de l'explosif dans une grande masse de sels hygroscopiques.

Le pourcentage de sels mélangés à l'explosif ne peut varier que dans les limites étroites qu'imposent, d'une part, une puissance et une aptitude à la détonation convenables, et d'autre part, une sécurité suffisante. Ce pourcentage ne peut sans inconvénient excéder 70 %; à ce taux l'explosif n'a qu'une aptitude médiocre à la détonation, ce qui constitue un dangereux risque de culot ou de raté: lorsque la teneur en sels est réduite à 54 %, l'aptitude à la détonation est encore satisfaisante, mais la sécurité n'est plus suffisante pour satisfaire aux essais d'agrément imposés en Belgique. L'incorporation par mélange total ne permet donc pas de préparer des explosifs qui, tout en conservant une sûreté d'emploi suffisante, présentent une sécurité satisfaisante dans toutes les conditions d'emploi.

Par contre, les explosifs gainés permettent l'incorporation dans le complexe noyau-gaine des quantités de sels inhibiteurs conférant à l'explosif une grande sécurité et une parfaite aptitude à la détonation; la fabrication d'un explosif zonal maintient, dans toutes les formules adoptées, un noyau central à grande aptitude à la détonation, dont la réduction de diamètre peut au besoin être compensée par une concentration plus forte d'explosif à grande vitesse de détonation qui conserve à la cartouche une bonne aptitude à la détonation.

3) Capacité de travail.

La capacité de travail est, elle aussi, un important élément dans la recherche de la réduction du risque d'accident, au même titre que la sûreté d'emploi et la sécurité vis-à-vis du grisou.

Il importe qu'un explosif ait une capacité de travail adaptée à toutes les exigences du minage, dans des terrains de dureté et de compacité très variables, tout en présentant une sécurité et une sûreté adaptées aux conditions de tir. Cette capacité dépend principalement de la puissance de l'explosif, mais aussi d'autres éléments tels que la brisance, la densité de chargement et l'aptitude à la détonation; l'influence de certains de ces facteurs peut même devenir prépondérante dans certaines conditions d'emploi. La capacité de travail dépend aussi de la régularité et de la constance de ces divers éléments; car l'emploi d'un explosif, dont l'aptitude et la puissance varieraient par suite de l'instabilité de certains constituants, d'irrégularités de fabrication ou d'une mauvaise conservation, inciterait les bou-tefeux à surcharger plus ou moins les fourneaux; ces surcharges provoquent, non seulement un amoindrissement de la sécurité, mais aussi une réduction de l'efficacité dans les tirs en volées, où le départ d'une mine surchargée peut amener la décapitation de mines voisines et entraîner ainsi un raté de tir.

L'emploi d'explosifs de sécurité non gainés ne permet pas d'obtenir une capacité de travail suffisante

et régulière, particulièrement lorsque la nature des terrains exige une grande puissance de travail ou une certaine brisance. La sécurité d'un non-gainé ne peut être obtenue que grâce à l'incorporation dans l'explosif de très fortes teneurs en sels inhibiteurs ou à l'emploi d'explosifs dont les formules prévoient le mélange à un explosif brisant de grandes quantités de nitrate ammonique et de sels refroidissants. Le mélange à l'explosif d'une grande quantité de sels, le plus souvent très hygroscopiques, réduit sensiblement la puissance et confère à l'explosif une aptitude à la détonation très irrégulière, amenant le tir fréquent de fourneaux surchargés; il en est de même de l'incorporation de fortes teneurs de nitrate ammonique, dont les capacités explosives dépendent très largement des conditions de fabrication et des altérations dues à une mauvaise conservation.

Les multiples combinaisons que rend possibles l'emploi de la gaine, inerte ou active, permettent au contraire de mieux adapter les caractéristiques d'un explosif aux exigences cumulées de la sécurité et de l'efficacité du tir. A chaque besoin du minage peut correspondre un explosif présentant toute la sécurité qu'exige la nature grisouteuse ou poussiéreuse du lieu de tir, tout en comportant une capacité de travail adaptée à la nature de la roche et du dispositif de minage. Le diamètre du noyau ne dépend plus des exigences minima d'une aptitude à la détonation, que réduit le mélange à l'explosif de grandes quantités de sels inhibiteurs ou de nitrate ammonique; il peut être porté à la valeur optimum que commande un allongement approprié des charges, réalisant le meilleur rendement du tir.

De nombreux essais effectués en 1947 par M. Roger LEFEVRE ont en effet montré qu'un allongement de la charge, consécutif à une réduction de diamètre du noyau, augmentait sensiblement la capacité de travail utile.

L'emploi de la gaine renforcée réalise une sécurité accrue, tout en permettant au besoin d'écarter de la composition du noyau des produits explosifs de puissance et d'aptitude à la détonation faibles ou irrégulières, tels que le nitrate ammonique; on obtient ainsi des explosifs dont la brisance et la puissance sont mieux adaptées aux exigences du minage et dont la constance dans la capacité de travail permet de calculer plus exactement les charges nécessaires à un travail régulier et sûr.

Inconvénients des explosifs gainés.

Les avantages que présentent les explosifs gainés l'emportent de loin sur les inconvénients qui leur sont imputés et auxquels il peut d'ailleurs être largement remédié.

Ces inconvénients sont les suivants :

1) Difficulté de réaliser une gaine pulvérulente — la plus efficace — et de lui donner une épaisseur uniforme et constante; il est vrai que la fabrication d'une gaine pulvérulente est difficilement réalisable à l'échelle industrielle et que sa bonne conservation est difficile, mais il peut être remédié à ces inconvénients, sans appréciable réduction de la sécurité, par l'emploi de gaines agglomérées par une quantité minime de liant dont la fabrication à

épaisseur régulière et constante est aisée et peu coûteuse;

2) Le défaut de fragmentation et de dispersion de la matière gainante, lorsqu'elle est agglomérée comme dit ci-dessus; ce défaut n'existe pas lorsque l'épaisseur de gaine n'excède pas 5 mm; au delà, il peut être remédié aisément à un défaut de dispersion par l'emploi de gaines actives; dans certaines conditions de tir (tir d'angle notamment), on constate un accroissement notable de la sécurité lorsqu'on emploie des gaines de grande épaisseur, même inerte; il semble donc qu'à un accroissement d'épaisseur des gaines, même au delà de 5 mm, correspond un notable accroissement de la sécurité vis-à-vis du grisou, lorsque les conditions de tir sont particulièrement dangereuses;

3) La possibilité de dégainage de la cartouche, particulièrement tentant lorsque le trou de mine a été foré irrégulièrement ou à diamètre trop réduit. Cet inconvénient n'existe pas avec la gaine active, puisque son enlèvement réduirait sensiblement la puissance de l'explosif; les essais effectués par M. Lefèvre montrent en effet que l'emploi d'explosifs à gaine active fournit un supplément de travail utile, correspondant au poids de nitroglycérine incorporé dans la gaine. Dans les autres cas, il peut être remédié à cet inconvénient, non seulement par une meilleure formation des boute-feux, mais aussi par une surveillance attentive des outils de forage, lesquels devraient être rebutés dès que leur diamètre a subi une réduction excessive; cette surveillance pourrait aisément être exercée par les délégués à l'inspection des mines, pourvus à cet effet de calibres appropriés;

4) L'emploi de cartouches gainées, surtout à gaine renforcée, exige le forage de trous de mine de grand diamètre. Cet inconvénient était sensible lorsque les outils de forage, encore rudimentaires, ne permettaient pas le creusement aisé et rapide de trous de mine de grand diamètre; la nécessité de limiter le diamètre des fourneaux a eu une influence prépondérante sur le choix des formules de nos explosifs actuels S.G.P.; les exigences du forage imposent un diamètre maximum du noyau de 30 mm, permettant de fixer à 3 mm au moins l'épaisseur de la gaine sans exiger un diamètre de forage excessif pour les moyens de perforation alors disponibles; d'autre part, la composition du noyau ne permet pas de réduire le diamètre de celui-ci sans nuire à l'aptitude à la détonation; ces deux exigences ont conduit à la fabrication de cartouches de 36 mm de diamètre extérieur, avec noyau de 28 à 30 mm, dont le poids de la gaine ne dépasse guère le minimum imposé de 65 g pour 100 g d'explosif. Cette

limitation du poids de la gaine n'assure une sécurité satisfaisante que si le noyau renferme une grande quantité de nitrate ammonique et une assez forte proportion de sels inhibiteurs, ce qui réduit fortement la puissance et l'aptitude à la détonation de l'explosif et le rend peu apte à satisfaire à toutes les exigences du minage.

L'explosif non gainé, à forte teneur en sels inhibiteurs, ne peut, lui aussi, être fourni qu'en cartouches d'assez grand diamètre sous peine de réduction, à une limite dangereuse, de son aptitude à la détonation.

Même en roches dures, un accroissement du diamètre des fourneaux est actuellement possible grâce aux perfectionnements des appareils de forage; dans le minage en charbon, qu'il importe de développer, le diamètre des trous de mine n'est pratiquement pas limité. Dans les deux cas, les explosifs gainés paraissent plus satisfaisants que ceux à forte teneur en sels; pour le forage en roche, le diamètre du noyau peut être réduit par accroissement des teneurs en explosifs à grande vitesse de détonation, ce qui permettra de réaliser des explosifs suffisamment puissants, entourés d'une gaine dont le surcroît d'épaisseur, rendu possible par l'ameutissement du noyau, compensera la réduction de sécurité de ce dernier; dans le tir en charbon, la sécurité du noyau pourra être portée au maximum compatible avec une bonne aptitude à la détonation et une sécurité renforcée — adaptée aux conditions de tir les plus dangereuses — pourra être obtenue grâce à l'emploi de gaines très épaisses que permet l'accroissement aisé du diamètre des fourneaux.

Les avantages que présentent les explosifs gainés sur ceux à matière gainante incorporée à l'explosif sont donc évidents et justifient le maintien et l'extension de leur emploi. Le remplacement des gaines inertes par des gaines actives devrait être préconisé, ces dernières permettant d'accroître à la fois la capacité de travail et la sécurité du tir; en effet, dans les conditions d'emploi les plus dangereuses en milieu grisouteux, le tir de charges composites, constituées de cartouches à gaine active et d'autres composées exclusivement de matière gainante active, permet de réaliser les conditions de tir les plus sûres, sans nuire à la capacité de travail et à la sûreté d'emploi. Le placement d'une cartouche amorce de matière gainante, à l'orifice des fourneaux, constitue une protection efficace contre les coups débourants; il assure aussi une bonne sécurité dans les tirs en voies avec détonateurs à temps, où la présence de cette cartouche de gaine pare aux dangers que pourrait créer la décapitation de tout ou partie du bourrage.

CONCLUSIONS

Jusqu'à présent, les travaux de notre station d'essais ont permis, sans aggravation du risque d'inflammation par tir des mines, de mettre à la disposition des exploitants un type d'explosif gainé assurant une sécurité satisfaisante dans les conditions normales et réglementaires d'emploi dans les mines grisouteuses. Ces explosifs de sécurité ont rendu

possible la levée progressive de la plupart des interdictions édictées par les anciens règlements sur l'emploi des explosifs dans le but de réduire la multiplication inquiétante des inflammations de grisou provoquées par le tir des mines. L'accroissement de consommation d'explosifs qui en est résulté n'a pas seulement eu comme conséquence de permettre

l'actuel développement de nos exploitations charbonnières et l'amélioration des rendements indispensables à leur maintien en activité, il a aussi favorisé la lutte entreprise en vue de la réduction des accidents et notamment du risque charbonnier, en facilitant l'élimination du grisou, cause fondamentale de ce risque. Le danger que constitue le grisou, aussi bien par inflammation que par asphyxie, ne pourra être écarté que grâce à une ventilation énergétique des travaux, qui exige le creusement de galeries à grande section que le minage seul peut permettre d'effectuer économiquement, rapidement et régulièrement.

Jusqu'à ce jour, les travaux de l'Institut National des Mines — comme la réglementation sur l'emploi des explosifs dans les mines qui s'en est inspirée — ont surtout visé à la réduction du risque charbonnier, la lutte contre le grisou étant la raison essentielle de la création des stations de recherche; il est maintenant indispensable d'orienter les recherches vers la mise au point d'explosifs à même de garantir une sécurité au moins aussi grande que précédemment, mais qui permettent, par une plus grande sûreté d'emploi et une plus grande efficacité de travail, une réduction sensible du risque total et particulièrement du risque minier.

Le développement nécessaire de la mécanisation et de la concentration des chantiers exige aussi que les importants résultats déjà obtenus par l'emploi des explosifs S.G.P. soient accrus par une modification fondamentale de leur conception, comme de la réglementation concernant leur mise en œuvre.

1) Explosifs nouveaux.

La réglementation actuelle ne permet en fait que l'emploi d'un seul type d'explosif S.G.P.; malgré leur apparente diversité de composition, toutes les formules agréées ont les mêmes caractéristiques fondamentales: teneur en sels de l'explosif sensiblement uniforme, oscillant entre 25 et 28 % — forte teneur en nitrate ammonique — gaine inerte agglomérée et de faible épaisseur. Ces explosifs réalisent un compromis entre les exigences de la sécurité vis-à-vis du grisou, la puissance de travail et la sûreté d'emploi, c'est-à-dire une aptitude suffisante à la détonation. Leur puissance est parfois insuffisante pour certaines utilisations et les font écarter au profit d'explosifs plus brisants, mais ne présentant aucune sécurité; par contre, dans certaines conditions d'emploi particulièrement dangereuses, telles que le tir en veine avec amorces à temps, leur sécurité peut encore être mise en défaut.

La formule actuelle réalise un explosif passe-partout, bien adapté à des exigences moyennes, mais qui n'est pas entièrement satisfaisant lorsqu'une plus grande puissance ou une plus grande sécurité est requise; elle ne permet donc pas l'indispensable intensification d'emploi des explosifs que réclame l'accroissement de la sécurité totale du travail et des rendements.

De plus grandes latitudes dans la composition de l'explosif et de la gaine, ainsi que dans l'épaisseur de cette dernière, permettraient, en faisant varier les quantités de sels inhibiteurs incorporés dans la gaine et dans le noyau, de réaliser une gamme com-

plète d'explosifs présentant à la fois une grande sécurité et une grande sûreté d'emploi et dont les puissances respectives varieraient de manière à assurer un travail efficace et sûr en toutes circonstances: en veine, en chassage et en travers-bancs.

Pour satisfaire à toutes les exigences de l'exploitation et de la sécurité, les explosifs S.G.P. devraient combiner l'utilisation de noyaux de puissances variées et de gaines, actives ou inertes, d'épaisseurs diverses. Dans tous les cas, la composition et le diamètre du noyau devraient garantir une aptitude à la détonation à même d'éviter tout raté ou culot.

Trois groupes d'explosifs de sécurité devraient être prévus:

- 1) le premier comprendrait des explosifs de grande puissance, avantageusement utilisables en travers-bancs en roches dures, lors de la recoupe des couches, et dont la sécurité de tir serait suffisante pour en permettre l'emploi, sans risque d'inflammation, dans une atmosphère non grisouteuse, mais où un nuage de poussières inflammables pourrait être soulevé au cours du tir d'une volée de mines amorcées de détonateurs à temps;
- 2) le deuxième, comprendrait les explosifs voisins du type actuel, dont les gaines auraient été améliorées par l'emploi de meilleurs sels que ceux actuellement utilisés; ces explosifs auraient une puissance moyenne, une bonne aptitude à la détonation et une sécurité satisfaisante vis-à-vis du grisou; ce groupe ne comprendrait pas seulement des explosifs répondant aux formules actuelles de nos S.G.P. et satisfaisant aux essais imposés à ces derniers, mais aussi des types nouveaux dont la puissance et la brisance devront être accrues grâce à un accroissement de sécurité dû à un renforcement du poids et de l'efficacité de la gaine;
- 3) le troisième, particulièrement destiné à l'abatage du charbon, comporterait des explosifs à faible densité de chargement, se caractérisant par une très grande sécurité de tir, même dans des conditions d'utilisation particulièrement dangereuses; ils seraient constitués d'un petit noyau allongé d'explosif suffisamment puissant, entouré d'une épaisse gaine inerte ou active, dont le grand diamètre extérieur ne constituerait qu'un inconvénient négligeable grâce à la facilité du forage en charbon; ces explosifs de grande sécurité pourraient aussi être employés en roche, lorsque les conditions de tir seraient momentanément et particulièrement dangereuses.

Les essais d'agrégation des explosifs devraient être adaptés aux caractéristiques de ces trois groupes et tenir compte du rapport puissance/sécurité, demandé à chacun d'eux.

Les essais auxquels devraient satisfaire les explosifs du troisième groupe devraient être particulièrement sévères, réalisant les conditions de tir qui se sont révélées les plus dangereuses dans une atmosphère grisouteuse.

Sont à considérer comme particulièrement dangereux les tirs effectués dans les conditions suivantes:

- 1) dans un massif de roche préalablement fissuré ou dont les bancs sont décollés;
- 2) dans un fourneau préalablement dégagé sur tout ou partie de sa longueur par le départ d'une mine précédente (tir d'angle);
- 5) tir d'une mine très légèrement bourrée à l'orifice du fourneau.

Les conditions de tir exposées ci-dessus comportent un risque d'inflammation du grisou plus grand que le tir à l'air libre; certains explosifs qui n'enflamment pas une atmosphère grisouteuse lorsqu'ils sont tirés à l'air libre, en charge suspendue de 900 grammes, enflamment le mélange lorsqu'ils sont tirés dans un mortier rainuré en charge de 400 grammes; des résultats qualitativement analogues sont obtenus lorsqu'une faible charge est tirée dans un mortier court ordinaire, dont l'orifice est obturé par une légère plaquette d'acier, ou dans un intervalle étroit ménagé entre deux plaques d'acier parallèles. De même, une charge d'explosif, qui n'enflamme pas une atmosphère grisouteuse lorsqu'elle est tirée à l'air libre en cartouches nues et suspendues, enflamme le mélange lorsqu'elle est tirée dans un mortier rainuré, en cartouches gainées.

Bien qu'attribué à des causes différentes, le danger que présentent les trois conditions de tir ci-dessus paraît pouvoir être attribué à un même phénomène: la concentration des effets inflammateurs dans un secteur réduit, compliquée éventuellement d'effets de résonance ou de réflexion sur des parois proches de la charge.

Lorsqu'une charge suspendue, même constituée de cartouches non gainées, est tirée à l'air libre, les effets de l'explosion se font sentir uniformément dans tout l'espace entourant la charge; il en résulte un amortissement assez prompt de l'onde de choc et une dispersion rapide des gaz chauds, des particules solides projetées et éventuellement des radicaux instables libérés par l'explosion; lorsque la charge est composée de cartouches gainées, les sels inhibiteurs de la gaine sont aussi uniformément dispersés dans tout l'espace environnant; il en résulte que le rapport de sécurité « sels inhibiteurs/facteurs d'inflammation, développés par l'explosif », est uniforme dans tout l'espace de dispersion et proportionnel au rapport « poids d'inhibiteurs/poids matières explosives ».

Au contraire, lorsque la charge est tirée dans les conditions énumérées ci-dessus, les effets de l'explosion sont concentrés dans un secteur angulaire réduit; lorsque la charge est tirée dans un mortier rainuré, suivant la disposition indiquée à la figure 1 ci-dessous, les produits de l'explosion sont projetés dans le secteur quadrangulaire hachuré et y concentrent leurs effets inflammateurs d'un mélange grisouteux; il en est de même si la charge est tirée entre deux plaques d'acier parallèles et légèrement espacées ou si les produits de l'explosion d'une charge tirée en mortier s'échappent immédiatement dans l'espace annulaire ménagé entre la plaquette obturatrice et l'orifice du fourneau. On conçoit aisément que, dans de telles conditions de tir, le risque d'inflammation du grisou est sensiblement plus grand que lorsque le tir est fait à l'air libre, surtout en charge suspendue.

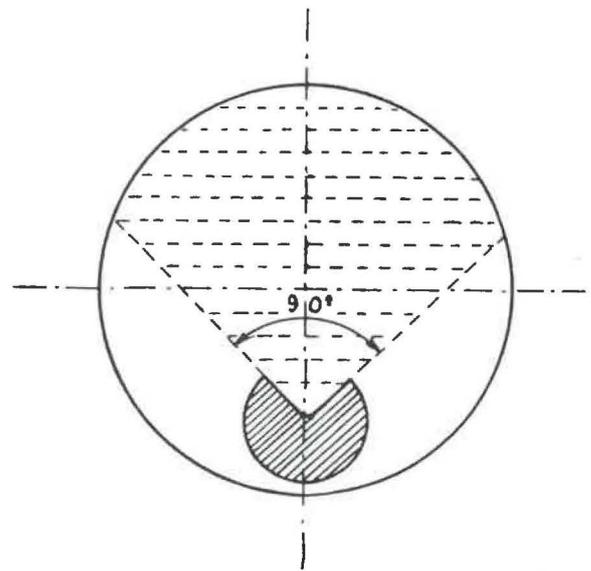


Fig. I.

Lorsqu'une charge, tirée dans les conditions exposées ci-dessus, est constituée par des cartouches gainées, seuls les produits d'un étroit secteur de la gaine peuvent se répandre immédiatement dans le secteur de dispersion, tandis que la totalité des effets de l'explosion y est concentrée; le rapport entre la concentration de sels inhibiteurs et les facteurs d'inflammation du grisou y est ainsi sensiblement plus faible que si la charge est tirée à l'air libre, ce qui accroît dangereusement le risque d'inflammation.

Tous les phénomènes anormaux constatés dans les trois cas ci-dessus pourraient donc se ramener

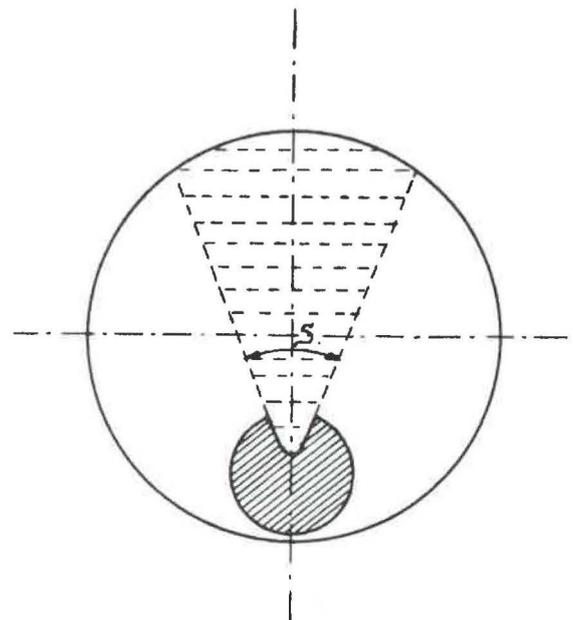


Fig. II.

à un seul : la réduction du rapport « sels inhibiteurs/facteurs d'inflammation » dans un secteur d'expansion réduit.

S'il en est ainsi, la disposition de tir en mortier rainuré, reproduite figure 2, serait plus dangereuse que celle indiquée figure 1.

Un explosif gainé, dont le rapport « $R = \text{poids de sels inhibiteurs/poids de matières explosives}$ » est assez grand pour assurer une sécurité suffisante dans un tir en charge suspendue, peut donc présenter un risque sérieux d'inflammation lorsqu'il est tiré dans les conditions reprises ci-avant. Pour lui conserver une égale sécurité dans de telles conditions, il sera donc nécessaire d'accroître le poids total de matières gainantes de manière à réaliser la relation $a/b = R$, dans laquelle :

- a est le poids de sels inhibiteurs contenu dans le secteur S projeté par l'explosion dans le secteur de dispersion de la charge;
- b est le poids total de matières explosives de la cartouche.

La valeur la plus dangereuse de S devrait être déterminée expérimentalement.

Les explosifs du troisième groupe devraient donc être pourvus de gaines renforcées et être soumis à des épreuves d'agrément, comportant des essais de tirs effectués dans des conditions se rapprochant de celles considérées comme les plus dangereuses.

Si le danger d'inflammation que présentent les trois types d'essais actuellement proposés — tir en mortier rainuré, tir en mortier obturé par une plaque et tir entre deux plaques d'acier — est dû à une même cause, il suffirait de choisir, parmi ces trois types d'essais, celui qui est le plus aisément réalisable et d'opérer dans les conditions qui garantissent une sécurité maximum à l'explosif qui satisfait au type d'essai adopté.

Le tir au mortier rainuré est celui qui paraît le plus aisé et qui permet de réaliser des essais sur des charges de toute nature et de toute importance; il se fait dans des conditions très voisines de celles qui peuvent se présenter le plus souvent dans la pratique du minage, particulièrement lors des tirs en volées avec détonateurs à temps.

Des constatations faites tant au cours d'essais en galeries expérimentales que lors des enquêtes menées à la suite de récentes inflammations de grisou, il ressort nettement que le tir d'angle est celui qui présente le plus de risque d'inflammation d'une atmosphère grisouteuse et que les explosifs qui ont subi avec succès les essais de tir en mortier rainuré sont ceux qui offrent le maximum de garantie contre le risque d'inflammation, même lorsqu'ils sont utilisés dans les conditions les plus dangereuses de la pratique du minage.

Le tir au mortier rainuré ne réalise pas seulement la concentration dans un secteur réduit des effets inflammatoires de caractères thermique et chimique, mais aussi une accentuation des ondes de choc suivant les deux plans prolongeant les parois de la rainure; ce groupement des ondes de choc, qui apparaît nettement sur les photographies des flammes d'explosion, facilite des effets de réflexion sur les parois voisines de la rainure, provoquant ainsi une aggravation du risque aisément décelable à l'expé-

rience. Des essais effectués à la station de Derne montrent qu'on peut en effet faire varier notablement la rigueur des essais au mortier rainuré en disposant une paroi métallique plane au voisinage de la rainure et parallèlement à celle-ci. La charge limite d'un explosif donné variera, d'une part avec la distance entre la charge et la paroi et d'autre part suivant l'angle que fait avec cette paroi l'une des faces de la rainure.

Il ne paraît cependant pas que la pratique effective du minage permette de réaliser les conditions les plus dangereuses du tir d'angle, qui sont obtenues lorsque la paroi plane est disposée perpendiculairement à l'une des faces de la rainure, à 0,35 m environ de l'arête extérieure de celle-ci. Dans les tirs en galeries les échelons de retard vont en croissant du centre vers les parois et les tirs d'angle possibles sont donc toujours orientés vers le centre de la galerie, à une bonne distance de toute paroi susceptible de réfléchir l'onde de choc.

Le tir au mortier rainuré disposé à proximité d'une paroi de réflexion permet d'accroître la rigueur des essais d'agrément, mais ne paraît pas correspondre à un risque susceptible d'être rencontré dans la pratique du tir en bosseyement comme en travers-bancs.

Les essais au mortier rainuré récemment effectués à l'Institut National des Mines ont démontré que seuls les explosifs à gaine inerte renforcée offrent une sécurité suffisante vis-à-vis du grisou; les explosifs à gaine active actuellement soumis aux essais sont moins réguliers, les divergences dans les résultats enregistrés paraissent dues à des irrégularités de fabrication ou à une migration de la nitroglycérine vers l'extérieur de la gaine.

Par contre, les essais effectués à la station de Derne ont montré que la gaine active est celle qui assure la sécurité optimum. En dehors de l'influence de possibles irrégularités de fabrication, les différences entre les résultats obtenus dans les deux stations sont vraisemblablement dues aux différences de composition des explosifs utilisés; la gaine inerte renforcée paraît être la meilleure avec des explosifs à forte teneur en nitrate ammonique, dont la vitesse de détonation est sensiblement plus faible que celle de la nitroglycérine, tandis que la gaine active donne de meilleurs résultats avec les mélanges riches en nitroglycérine ou autres explosifs brisants.

Les essais au mortier rainuré ont également fait apparaître le danger que présentent les explosifs S.G.P. à gaine mince, ainsi que les explosifs dits à gaine incorporée, c'est-à-dire les explosifs non gainés à très fortes teneurs en sels inhibiteurs; deux de ces derniers, l'un à teneur en Na Cl de 58 %, l'autre de 68,5 %, enflammèrent le grisou lorsqu'ils furent tirés au mortier rainuré à des charges respectives de 100 et de 200 g. Tous les explosifs S.G.P. gainés précédemment agréés, tirés dans les mêmes conditions, ont enflammé le grisou avec des charges variant de 200 à 400 g.

Il apparaît donc bien que la sécurité d'un explosif vis-à-vis du grisou ou de poussières de charbon dépend essentiellement de l'importance et de la nature de la gaine qui l'entoure et ne peut plus être recherchée dans la seule incorporation aux produits

détonants de plus ou moins grandes quantités de sels inhibiteurs.

2) Réglementation nouvelle.

La réglementation sur l'emploi des explosifs devrait être profondément remaniée pour tenir compte, non seulement des nouveaux explosifs de sécurité, mais aussi de nouvelles méthodes de minage, notamment de l'emploi de charges étagées et surtout de charges mixtes, composées de cartouches d'explosif normal et de cartouches d'explosif à faible puissance et de grande sécurité, du type de la bicarbite (15 % de nitroglycérine, 82 % de bicarbonate de soude, 2 % de kieselguhr et 1 % de talc).

La réglementation nouvelle fixerait un certain nombre d'échelons de tir, combinant l'emploi des divers types d'explosifs, et de détonateurs — instantané, à court ou à long délai — il appartiendrait alors au Directeur divisionnaire du bassin minier d'imposer l'échelon de tir autorisé, en s'inspirant des conditions particulières, même momentanées, de chaque chantier.

A cet assouplissement de la réglementation sur l'emploi des explosifs devrait correspondre une rigueur plus grande dans la fixation de la teneur limite en grisou, admise dans le courant d'air des chantiers. La sécurité dépend plus de la réduction

de cette teneur limite, qui réduit les risques d'accumulations dangereuses, que d'une suppression irréalisable de toutes les causes d'inflammation dont certaines sont mal connues et que la mécanisation nécessaire de nos mines ne peut que multiplier dangereusement.

Les moyens de ventilation actuellement disponibles et les nouvelles possibilités de creusement facile de galeries à grande section permettent d'évacuer tout le grisou normalement dégagé en le diluant rapidement jusqu'à une teneur qui lui enlève toute sa nocivité. D'autre part, il est maintenant possible de drainer préalablement le grisou existant en quantités anormalement abondantes dans les couches très grisouteuses.

Il conviendrait que la réglementation nouvelle tienne largement compte de ces possibilités et incite tous les exploitants à rechercher dans le drainage préalable du grisou, non seulement une source appréciable de recettes par la vente du gaz capté, mais surtout un moyen d'assainissement de nos mines grisouteuses et d'accroissement de leur sécurité. Les avantages indirects, que procurerait le drainage préalable du grisou, compenseraient largement les dépenses nécessitées par le captage, même si la teneur en méthane du mélange extrait était insuffisante pour en permettre une vente facile.