

manifestations internationales de l'année jubilaire (1) que son Directeur, malgré le peu de temps qui restait disponible, présenta au Congrès de Liège une note sur la question des explosifs de sûreté, appuyée elle-même sur une statistique comparative de l'emploi des explosifs dans les mines belges avant-guerre et après-guerre.

Parmi les travaux spéciaux, mentionnons encore une étude faite sur un détecteur à oxyde de carbone de la Station d'essai de Montluçon, appareil qui peut rendre des services lors d'incendies ou d'explosion et qui, combiné avec des masques-filtres appropriés, mériteraient de retenir l'attention des Stations belges de sauvetage auxquelles il a été signalé pour expérimentation.

Deux études de recherches scientifiques sont en cours : l'analyse exacte de nos grisous et le pouvoir absorbant des diverses houilles.

L'année 1930 a été utilisée en grande partie dans les travaux de mise au point des procédés et de l'appareillage (2).

L'analyse exacte des grisous comporte l'emploi des basses températures; après avoir espéré le ravitaillement possible en air liquide par une usine de Charleroi, après avoir essayé l'usage d'un appareil de démonstration portant de l'oxygène en bonbonnes comprimées, il fallut installer une machine industrielle qui assure notre indépendance complète et permet de travailler sans la hâte fébrile qu'impose toujours une alimentation extérieure pour un produit aussi passager que l'air liquide.

Vingt grisous provenant des bassins de Liège, de Charleroi, du Centre et surtout du Borinage ont été analysés.

Le tableau qui suit donne les principaux résultats des

(1) 1930, Centenaire de l'Indépendance nationale belge.

(2) Ces deux études sont patronnées par le Fonds National de la Recherche Scientifique, auquel nous adressons nos remerciements pour l'aide financière apportée en cette matière à l'Institut.

analyses de grisous divers prélevés en 1930 dans les mines belges. Un second tableau donne l'analyse immédiate de la plupart des charbons prélevés dans les forages où le grisou a été extrait.

Il ne peut être question de conclusions définitives puisque ces analyses doivent se poursuivre et s'étendre aux principaux horizons grisouteux de nos divers bassins.

Quelques remarques sont cependant intéressantes et méritent d'être signalées. Elles se limitent naturellement aux compositions des grisous, air déduit.

Tout d'abord, l'hydrogène n'est décelé qu'en quantité infinitésimale et dans quelques grisous seulement. Les teneurs trouvées dans les analyses 11 (grisou de la Station : 0,043 %), 22 (grisou de Neunkirchen : 0,0171) sont d'origine douteuse, les échantillons en cause ayant été emmagasinés dans des bonbonnes d'acier, susceptibles de donner naissance par réactions complexes déjà signalées (voir Hauser) à de faibles quantités d'hydrogène dans le gaz emmagasiné : l'eau qui a pu pénétrer dans la bonbonne peut donner, avec l'acide carbonique dissout, du carbonate ferreux et de l'hydrogène.

Les teneurs trouvées dans les couches Chêne (0,0020 %) et Diamant (0,0059 %) du Charbonnage des Six Bonniers (Liège) sont extrêmement réduites; la teneur la plus élevée est 0,133 % dans le grisou de la veine Dix Paumes (1) des Charbonnages de Fontaine-l'Evêque. Cette teneur est en tout cas négligeable au point de vue des propriétés du grisou, elle ne peut en altérer aucune-ment les caractéristiques. Au point de vue notamment de la diminution du retard à l'inflammation, semblable teneur est absolument sans influence.

(1) L'assimilation de cette couche à la veine Dix Paumes du Bassin de Charleroi n'est encore qu'approximative.

COMPOSITION DE

ORIGINE.	Numéro d'analyse	COMP. % AIR NON DÉDUIT				
		O ₂	N ₂	CO ₂	CH ₄	C _x H _y
Air chargé de grisou. Charbonnage Carabinier. Recoupe veine Ahurie.	7	9,23	36,57	,31	53,85	,03
Idem.	8	8,21	32,51	,17	59,11	,03
Grisou de la Station (anc. travaux de Grand-Trait à Frameries).	9 et 10	,65	20,85	2,35 2,35	76,00	—
Le même, en bonbonne, comprimé.	11	5,29	44,86	4,16	45,78	—
Petite Garde à 300 m. siège Grisoeuil des Charbonn. Belges à Frameries.	12*	2,70	10,74	,77	85,76	,013
Veine 3 Sud, étage 950 m., Siège Grand-Trait.	13	traces	—	,77 ,73	97,55	—
Couche non identifiée encore à 950 m., s. Grand-Trait à Frameries.	14	traces [†]	,87	,70	97,34	—
Veine 4 Levant au niveau de 950 m., siège Grand-Trait à Frameries	15	,15	1,59	,76	96,42	—
Couche Bouleau à 837 m., Ch. Hornu et Wasmes.	16	,90	6,65	,49	91,94	—
St-Edouard à 1.150 m. du n° 10 de Grisoeuil, Ch. Belges à Frameries.	17	traces	1,73	1,40	95,31	—
Idem, dans une autre taille.	18**	15,64	61,69	,44	21,83	—
Veine 10 Paumes des Ch. de Fontaine-l'Evêque.	19	absence	,32	,38	97,20	—
Soufflard de la mine König à Neunkirchen (Saar).	22	,17	7,35	,10	92,32	—
Couche Nooz des Charbonn. de Wérister (immédiat. après forage).	23***	,30	,42	,38	98,71	—
Idem, 3 h. après forage.	24***	,18	,57	,33	98,73	—
Idem, 6 h. après forage.	25***	,33	,52	,41	98,53	—
Chêne Plat sous 715 m. aux Charb. des Six Bonniers	26	absence	1,19	,30	96,64	—
Diamant à 875 m. des Ch. des Six-Bonniers (Liège).	27	,20	1,44	,59	97,23	—

* Le prélèvement de gaz a eu lieu 24 heures après le forage.
 ** Cette taille a communiqué, 2 mois après ce prélèvement, à d'anciens travaux. Ceci explique sans doute la forte teneur en azote.
 *** Ces analyses donnent une anomalie dans les teneurs respectives de l'oxygène et de l'azote, anomalie résultant d'erreurs d'observation inévi-

GRISOU DIVERS

			COMP. % AIR DEDUIT						
C ₂ H ₆	H ₂	He + Ne	N ₂	CO ₂	CH ₄	C _x H _y	C ₂ H ₆	H ₂	He + Ne
nd	—	nd	2,94	,56	96,45	,05	rd	—	nd
nd	—	nd	2,37	,28	97,30	,05	nd	—	nd
,12 ,13	—	nd	18,99	2,43	78,46	—	,13	—	nd
,04	,0032 ,0034	,0052 ,0054	33,20	5,56	61,18	—	,05	,0043	,0069
nd	—	,0212	,60	,88	98,48	,015	nd	—	,0244
1,69 1,69	—	,0413	—	,75	97,55	—	1,69	—	,0413
1,09	—	,0208	,87	,70	97,34	—	1,09	—	,0208
1,09	—	,0129	1,03	,77	97,69	—	1,10	—	,0130
,02	—	,0693	3,39	,51	96,01	—	,02	—	,0724
1,57 ,40	—	,0169 ,0038	1,73 9,93	1,40 1,75	95,31 86,73	—	1,57 1,59	—	,0169 ,0150
1,96	,133	,0257	,32	,38	97,20	—	1,96	,133	,0257
,05	,0171	,0085	6,76	,10	93,06	—	,05	,0171	,0086
,19 ,20 ,21	—	,0354 ,0251 ,0228	—	—	—	—	—	—	—
1,87	,0020	,0005	1,19	,30	96,64	—	1,87	,0020	,005
,54	,0058	,0441	,69	,60	98,12	—	,55	,0059	,0445

tables dans la détermination de l'oxygène, du méthane et de l'azote. Nous étudions une méthode de détermination du méthane par liquéfaction; nous espérons qu'elle nous affranchira des erreurs d'observation de la combustion eudiométrique et permettra la détermination précise des faibles quantités d'oxygène et d'azote isolées par distillation fractionnée.

Le méthane reste l'élément principal de tous les grisous examinés; si nous exceptons les grisous de la Station (9, 10 et 11), dont l'origine de vieux travaux est connue, et le grisou n° 18 prélevé dans une taille s'approchant de vieux travaux, nous constatons que la teneur en CH_4 dans les grisous belges examinés varie de 95,31 (Grisoeuil à 1.150 mètres, n° 17) à 98,73 % (Wérister, veine de Nooz, n° 24).

Le teneur en CO_2 , toujours en s'en tenant aux grisous prélevés en massif vierge, est faible, inférieure à 1 %, sauf dans le cas du n° 17 (Grisoeuil à 1.150 mètres) où l'on a relevé 1,40 %.

*Analyse des charbons provenant
des forages d'où le grisou est extrait (1).*

N° de référence du grisou.	Charbon tel quel.			Charbon sec.		Charbon pur.
	Humidité.	Matières volatiles.	Cendres.	Matières volatiles.	Cendres.	Matières volatiles.
13	1,14	18,30	11,36	18,51	11,49	20,91
14	1,11	18,45	4,82	18,66	4,87	19,61
15	1,23	18,86	13,04	19,09	13,20	22,00
16	1,77	22,77	7,67	23,18	7,81	25,15
17-18	0,84	19,70	2,57	19,87	2,59	20,40
19	0,77	13,52	38,89	13,62	39,49	22,41
23-24-25	1,24	14,29	6,91	14,46	7,00	15,56
26	1,34	13,90	7,04	14,09	7,14	15,17
27	1,31	13,80	7,43	13,98	7,53	15,12

La teneur en azote, dans les grisous vierges, n'a pas dépassé 3,39 % (couche Bouleau, Hornu et Wasmes). Dans certain grisou (Dix Paumes à Fontaine-l'Évêque) elle est de 0,32 % seulement; au contraire, nous trouvons dans le grisou du soufflard de Neunkirchen alimentant la Station de la Saar 6,76 %, dans le grisou n° 18 qui

(1) Ces analyses n'ont pu être faites pour tous les échantillons.

s'approche de vieux travaux 9,94 % (1) et dans le grisou de la Station une plus forte quantité encore.

Un élément qui paraît jouer un rôle particulier et dont la distribution est assez curieuse est l'éthane, C_2H_6 . Disons tout d'abord que c'est le seul hydrocarbure saturé autre que le méthane qui ait été trouvé à ce jour dans nos grisous. Par souci d'exactitude scientifique, M. Copenens a désiré maintenir, dans le tableau que nous commentons, la dénomination C_xH_y pour les analyses 7, 8 et 12 parce que la détermination exacte de C_2H_6 n'a pas été faite, mais il n'y a pas de doute qu'il s'agit là exclusivement de C_2H_6 . La teneur en éthane de nos grisous n'est pas négligeable, elle atteint près de 2 % dans certains. Chose curieuse, tandis qu'elle est extrêmement faible dans les grisous de mines peu grisouteuses ou même simplement grisouteuses (n°s 7, 8, 16, 23, 24, 25), la teneur s'accroît dans les grisous provenant de mines à dégagements instantanés : exemple à 950 mètres du siège Grand-Trait, nous trouvons (n°s 13, 14, 15) des teneurs de 1,69, 1,09 et 1,10 %; au n° de Grisoeuil (n°s 17-18) 1,57 et 1,59 %; à la veine Dix Paumes de Fontaine-l'Évêque, 1,96 %; et cette caractéristique se retrouve dans le grisou des couches Chêne (n° 26 : 1,87 %) et Diamant (n° 27 : 0,55 %) du Charbonnage des Six Bonniers (Liège) où les manifestations de dégagements instantanés se retrouvent sous une forme atténuée.

(1) On remarquera que tous les échantillons donnant à l'analyse un taux élevé en oxygène, contiennent, même après la déduction de l'air, des quantités élevées en azote. Il semble que, pour ces échantillons, l'air aspiré à travers les cassures du charbon, a perdu de l'azote par condensation de surface et même par oxydation partielle : on retrouve donc un taux exalté en azote dans le grisou, après déduction de l'air supposé normal. A ce point de vue, le prélèvement étanche, exempt de toute rentrée d'air, est capital. C'est pourquoi nous recommandons un bouchon si important à l'avant du sondage pour éviter pratiquement toute infiltration par les fissures du charbon dans la zone antérieure.

Cette constatation est peut-être accidentelle, et nous ne voulons en tirer aucune conclusion définitive, elle peut être contredite d'ailleurs par la suite de nos recherches, mais elle s'impose involontairement à l'esprit lorsque l'on voit d'une part la grande différence de teneur en éthane dans des grisous géographiquement très voisins (par exemple dans le Borinage : Hornu et Wasmes : 0,02, à côté des teneurs trouvées à Grisoeuil ou au Grand-Trait 1,09 à 1,69; ou encore dans le Pays de Liège : Wérister : 0,20 à côté des teneurs 0,55 et 1,87 des Six Bonniers) et, d'autre part, le taux renforcé et voisin de couches très éloignées géographiquement, mais connues par des manifestations de dégagements instantanés (exemple : Grisoeuil et Grand-Trait, 1,09 à 1,69, dans le Borinage; Fontaine-l'Evêque, 1,96, dans le bassin de Charleroi; Six Bonniers, 1,87 dans le bassin de Liège).

Signalons cette coïncidence sans nous y attarder et sans préjuger aucunement de la suite que donnera le développement de l'étude entreprise.

Remarquons, avant de quitter l'éthane, que le grisou de la Station n'en contient plus que des traces, alors que l'on se serait attendu, vu son origine, à en trouver plus de 1 %.

De même, le grisou de Neunkirchen ne renferme que des traces d'éthane.

Il est intéressant de rappeler ici que M. le Professeur Lebeau a signalé à l'Académie des Sciences de Paris le résultat d'une analyse faite, par la méthode de liquéfaction, sur un grisou prélevé en juin 1924, aux mines de Gagnières (Gard) dans une poche de chantier où s'était produit quelques jours avant un dégagement instantané.

M. Lebeau a trouvé comme composition, déduction faite de l'air :

Azote	20,21
Méthane	75,06
Ethane	2,17
Anhydride carbonique	2,52
Composés éthyléniques	0,04
	%
	100,00

Ce travail de l'analyse exacte des grisous se poursuivra encore de longs mois.

En 1931, nous espérons avoir encore une trentaine de résultats, les couches étant choisies méthodiquement dans nos divers bassins suivant suggestions de M. Renier, Chef du Service Géologique, et des Services locaux des Mines.

En annexe nous donnons une note de M. Coppens, Docteur en Sciences chimiques, chargé de poursuivre à l'Institut cette recherche spéciale. Cette note donnera au lecteur tous renseignements utiles sur la méthode employée.

Pouvoir adsorbant des houilles

L'étude en cours a surtout pour but de rechercher le mode de gisement du grisou dans nos couches.

La détermination du pouvoir absorbant d'une houille exige de très longues opérations; nous venons de modifier l'outillage de façon à pouvoir examiner six échantillons simultanément.

Le problème est extrêmement complexe, car une houille n'est pas un corps homogène et il faudra probablement, pour avoir des conclusions utilisables, séparer les divers constituants.

C'est dire que cette étude en est à ses débuts et qu'il est prématuré de parler de résultats.

On trouvera en annexe IV une note dans laquelle M. Coppens expose la question et les premiers résultats.

L'étude continuera en 1931; et comme le problème est vraisemblablement connexe de la composition microscopique des houilles, nous avons tenu à travailler, sur ce point, en collaboration avec M. Legraye, Chef des travaux de Géologie à l'Université de Liège, dont la compétence en la matière nous sera d'un précieux concours.

Examen d'un charbon à dégagement instantané

A la suite du dégagement instantané survenu à Forte-Taille le 30 octobre 1930, M. Coppens s'est livré à une série de recherches intéressantes.

Le charbon projeté ne renfermait plus de grisou.

Subdivisé en divers degrés de finesse, ce charbon montrait une pureté beaucoup plus grande dans les éléments fins.

Le pouvoir absorbant pour le grisou était sensiblement le même pour les fractions extrêmes lorsqu'on le ramène à 100 grammes de charbon, cendres et eau déduites.

A la pression de 700 millimètres de mercure et à 0°, le pouvoir absorbant en méthane pour 100 grammes de charbon est de 575 centimètres cubes.

La teneur en matières volatiles est de 14,4 % sur charbon sec sans cendres.

Un autre échantillon de charbon prélevé ensuite dans la couche, mais envoyé sans précaution (paquet non hermétique) a donné les mêmes résultats. Ce charbon ne contenait pas de méthane, le gaz originel ayant été remplacé par de l'air.

Dans les parties fines (traversée du tamis de 1.600 mailles par centimètre carré) le taux d'oxygène est fort exalté par rapport à l'azote dans le gaz retenu par le charbon.

Le charbon de ce dégagement a, d'autre part, servi à diverses expériences sur l'adsorption des gaz que l'on trouvera relatées à l'annexe IV du présent rapport.

* * *

Telle fut, exposée brièvement, l'activité de l'Institut National en 1930.

Le travail fourni fut abondant et varié; il ne fut possible que grâce à des dévouements et des sympathies auxquelles le soussigné se fait un plaisir de rendre hommage: encouragements éclairés du Président et des Membres du Conseil, dévouement de tout le personnel de l'Institut: ingénieurs, assistants, ouvriers qui ont fait face à tous les travaux avec une bonne volonté et un zèle qui ne se sont jamais démentis; sympathies agissantes et précieuses des industriels: les directions des charbonnages et les fabricants d'explosifs ont toujours répondu avec empressement à toute suggestion et nous ont toujours aidés.

Les fabricants d'appareils électriques nous ont fourni aimablement des modèles pour nos collections.

Que tous veuillent bien trouver ici l'expression de notre gratitude.

Frameries-Pâturages, mars 1931.

Ad. BREYRE.

Température de détonation des principaux explosifs S. G. P.

NOTE DE

MM. F. VAN OUDENHOVE,
Ingénieur-Chimiste,

ET
NENQUIN,
Chimiste-assistant,

attachés à l'Institut National des Mines à Frameries-Pâturages.

Il a paru intéressant, dans un but documentaire utile à tous les intéressés, d'établir, pour les explosifs S. G. P. agréés en Belgique, un calcul des températures d'explosion.

On sait que ce calcul est basé sur un certain nombre d'hypothèses qu'il importe de préciser d'abord pour éclairer le lecteur.

Nous avons admis les points suivants :

1°) *Explosifs suroxygénés.* — Lorsque l'oxygène est en quantité suffisante, on admet la formation de CO^2 - H^2O et N^2 . Pour les explosifs dits suroxygénés, il y a un léger excédent d'oxygène.

2°) *Explosifs sous-oxygénés.* — Lorsque l'oxygène est insuffisant, on suppose que l'oxygène forme d'abord du CO et que l'excédent se porte par moitié sur l'oxyde de

carbone qu'il transforme en CO^2 et sur l'hydrogène qu'il transforme en H^2O .

3°) *Cas des chlorures alcalins.* — Comme il n'y a pas d'unanimité à admettre la volatilisation de ces chlorures au moment de l'explosion, nous avons chaque fois calculé la température de détonation dans les deux hypothèses suivantes :

a) les chlorures sont des résidus fixes simplement portés à la température de détonation ;

b) les chlorures sont volatilisés et l'on tient donc compte des températures de fusion et de volatilisation.

Certains auteurs ont même envisagé une hypothèse mixte dans laquelle on admettrait que 50 % des chlorures sont volatilisés.

Nous avons cru inutile de l'envisager, laissant au lecteur le loisir d'accorder à l'hypothèse *b* tel coefficient de réalisation qui lui plaira car, dans ce domaine, nous manquons totalement de toute vérification directe.

4°) *Nitrates et oxalates alcalins.* — Il y a diverses façons d'envisager la décomposition de ces produits.

Elles n'amènent pas d'ailleurs de grandes différences dans le résultat. Nous croyons que l'hypothèse la plus plausible est la formation, à l'instant de l'explosion, des oxydes ou hydroxydes.

En un cas, nous avons supposé la formation de carbonate.

Dans chacun des calculs on trouvera d'ailleurs le rappel de l'hypothèse admise.

5°) *Références.* — Nous avons adopté la méthode de calcul de M. Hauser, Inspecteur général des Mines à Madrid (Bulletin n° 100 de « Minas-Métallurgia », rapport de la Commission du grisou sur l'emploi de la Sabulite B dans les mines de houille).

Voici nos sources :

Chaleurs de formations :

H ² O	} Hauser, source indiquée.
CO ²	
NH ⁴ NO ³	
KClO ⁴	
T.N.T.	
K ² O	} Vennin et Chesneau. « Poudres et explosifs modernes », p. 13.
Na ² O	
NaOH	} Chemiker Kalendar (1929).
KOH	
Nitroglycérine	} Explosives par A. Marchall, T. II. App. II.
Cellulose	
Binitrotoluol	
Naphtaline	
Al ² O ³	
K ² CO ³	
Na ² CO ³	
NH ⁴ ClO ⁴	
Oxalate de soude	
KNO ³	
NaNO ³	} Chemist's Year Book 1917, de F.W. Atack et L. Whinyates.

Chaleurs spécifiques :

CO ²	} Hauser, source indiquée.
H ² O	
N ²	
O ²	
KCl	
NaCl	

Al²O³ Chemiker Kalendar (1929).

Na²CO³ }
K²CO³ } Tables de Landolt.

NaOH }
KOH } Calculées d'après la loi de
Na²O } Neumann et Kopp et les
K²O } données de la publication
du Bureau of Mines « Explosives », pp. 106 à 114, par Taylor et Rinkenbach.

Chaleurs de fusion :

Chlorures alcalins : Thermochemie de F. Bourion, p. 158.
Hydroxydes alcalins : Tables de Landolt.

Températures de fusion.

Ebullition, chaleurs de vaporisation :

Chlorures alcalins : Tables annuelles des constantes et données numériques. Vol. V, 1^o part., pp. 234 à 236. Données de Ruff et Wartenberg.

Hydroxydes alcalins : Tables de Landolt et tables annuelles des constantes et données numériques.

Marche des Calculs.

Partant de la formule de l'explosif, on établit l'équation de combustion en se basant sur les hypothèses énoncées plus haut :

- 1) On calcule les chaleurs de combustion à pression constante.
- 2) On y ajoute les calories nécessaires pour avoir le chiffre à volume constant, soit 0,57 calorie par molécule-gramme.
- 3) On calcule des chaleurs de décomposition des constituants de l'explosif.

La différence entre les chaleurs de combustion à volume cons-

tant et les chaleurs de décomposition, donne la chaleur équivalente au travail développé par l'explosion.

La température de détonation est donnée par l'équation de Mallard et Le Chatelier.

Soient :

$a, a', a'' \dots$ les chaleurs spécifiques moléculaires des gaz d'explosion à 0°C et à volume constant.

Ces chaleurs deviendront à t° :

$$a + bt, a' + b't, a'' + b''t, \dots$$

Soient $q, q', q'' \dots$ le nombre de molécules-grammes des gaz pour 1.000 grammes d'explosif.

La chaleur nécessaire pour porter ces gaz à la température t de détonation sera :

$$q(a + bt)t + q'(a' + b't)t + q''(a'' + b''t)t + \dots = \Sigma q(a + bt)t.$$

Soit Q_{mv} la chaleur de décomposition totale de 1.000 grammes d'explosif :

$$Q_{mv} = \Sigma q(a + bt)t$$

$$Q_{mv} = \Sigma qat + \Sigma qbt^2.$$

Posons : $\Sigma qa = A$ et $\Sigma qb = B$

$$Q_{mv} = At + Bt^2$$

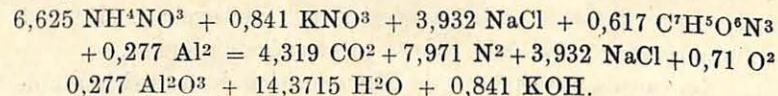
$$t = \frac{-A + \sqrt{A^2 + 4B \times Q_{mv}}}{2B}.$$

Alkalite II ancienne (Aluminium : 1,5 p. c.) (1)

HYPOTHESE : FORMATION DE KOH.

	Compos. en millièmes.	Poids moléculaire.	Composition moléculaire.
Nitrate ammonique	530	80,0	6,625
Nitrate de potasse	85	101,0	0,841
Chlorure sodique	230	58,5	3,932
T.N.T.	140	227,0	0,617
Aluminium	15	54,2	0,277
	1000		

Equation de combustion :



(1) Cet explosif est actuellement remplacé par celui dont la composition est indiquée page 127.

Volume moléculaire des gaz :

$$4,319 + 7,971 + 14,3715 = 27,3715.$$

Chaleurs de combustion :

$$\text{H}_2\text{O} : 14,3715 \times 58,3 = 837,858$$

$$\text{CO}_2 : 4,319 \times 94,3 = 407,282$$

$$\text{Al}^2\text{O}_3 : 0,277 \times 380,2 = 105,315$$

$$\text{KOH} : 0,841 \times 102,7 = 86,371$$

$$1.436,826 \text{ Cal.}$$

Chaleur de décomposition :

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 : 6,625 \times 88,6 = 586,975$$

$$\text{KNO}_3 : 0,841 \times 119,0 = 100,079$$

$$\text{TNT} : 0,617 \times 26,1 = 16,104$$

$$703,158 \text{ Cal.}$$

Il faut ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : $27,3715 \times 0,57 = 15,602$.

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :

$$(1436,826 + 15,602) - 703,158 = 749,270 \text{ Cal.}$$

CALCUL DES COEFFICIENTS « A » ET « B ».

« A »

$$\text{CO}_2 : 4,319 \times 6,26 = 27,037$$

$$\text{H}_2\text{O} : 14,3715 \times 5,61 = 80,624$$

$$\text{O}_2 + \text{N}_2 : 8,681 \times 4,8 = 41,669$$

$$\text{NaCl (1)} : 3,932 \times 12,5 = 49,150$$

$$\text{Al}^2\text{O}_3 : 0,277 \times 20,4 = 5,651$$

$$\text{KOH (2)} : 0,841 \times 12,7 = 10,681$$

$$214,812$$

« B »

$$4,319 \times 0,0037 = 0,0159803$$

$$14,3715 \times 0,0033 = 0,0474259$$

$$8,681 \times 0,0006 = 0,0052086$$

$$0,0686148$$

Equation :

$$0,06861 t^2 + 214,812 t - 749,270 = 0.$$

$$t = \frac{-214,812 + \sqrt{(214,812)^2 + (4 \times 0,06861 \times 749,270)}}{2 \times 0,06861}$$

$$t = \frac{-214,812 + \sqrt{46144,1953 + 205629,659}}{0,13722}$$

$$t = \frac{-214,812 + \sqrt{251773,8543}}{0,13722}$$

$$t = \frac{-214,812 + 501,77}{0,13722}$$

$$t = \frac{286,958}{0,13722} = 2091^\circ \text{ C.}$$

Calcul de la température d'explosion en tenant compte des chaleurs de fusion et de vaporisation des chlorures et hydroxydes alcalins :

Au lieu de prendre simplement la chaleur spécifique moléculaire 12,5 du NaCl, nous devons compter :

1°) la chaleur absorbée par molécule-gramme de NaCl de 15° au point de fusion 798° C : (798-15) 12,5 calories;

2°) la chaleur de fusion par molécule-gramme : 7.220 calor. (1);

3°) la chaleur absorbée jusqu'à vaporisation (incluse) par molécule-gramme : 46.650 calories (1);

4°) la chaleur absorbée, par molécule-gramme, depuis le point de vaporisation jusqu'à la température de détonation : (t-1442) 12,5.

$$\text{NaCl} : [12,5 (798-15) + 7.220 + 46.650 + 12,5 (t - 1442)] \times 3,932$$

$$\text{NaCl} : (45632,5 + 12,5 t) \times 3,932$$

$$\text{NaCl} : 179426,99 + 49,15 t$$

Au lieu de prendre simplement la chaleur spécifique moléculaire 12,7 pour KOH, nous aurons :

1°) la chaleur absorbée par molécule-gramme de KOH, de 15° à 360° C : (360-15) 12,7 Cal.;

2°) la chaleur de fusion par molécule-gramme : 1610 calories;

(1) Ces chiffres sont empruntés à l'étude de M. Hauser, prérappelée.

3°) la chaleur absorbée jusqu'à vaporisation (incluse) par molécule-gramme : 32.450;

4°) la chaleur absorbée, par molécule-gramme, depuis le point de vaporisation jusqu'à la température d'explosion : (t - 1324) 12,7.

$$\text{KOH} : [(360-15) 12,7 + 1610 + 32.450 + (t - 1324) 12,7] 0,841$$

$$\text{KOH} : [4381,5 + 1610 + 32.450 - 16.814,8 + 12,7 t] 0,841$$

$$\text{KOH} : (21.626,7 + 12,7 t) 0,841$$

$$\text{KOH} : 10.681 t + 18.188,05$$

En remplaçant respectivement NaCl et KOH par leur valeur, dans (1) et (2) l'équation devient :

$$0,06861 t^2 + 214,812 t - 551.654,96 = 0.$$

$$t = \frac{-214,812 + \sqrt{(214,812)^2 + (4 \times 0,06861 \times 551.655)}}{0,13722}$$

$$t = \frac{-214,812 + \sqrt{46.144,1953 + 151.396,1982}}{0,13722}$$

$$t = \frac{-214,812 + \sqrt{197540,3935}}{0,13722}$$

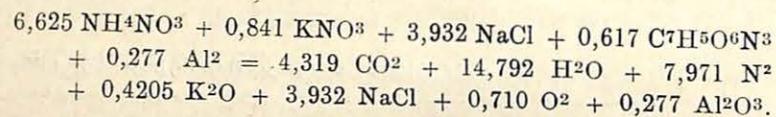
$$t = \frac{-214,812 + 444,45}{0,13722}$$

$$t = \frac{229,638}{0,13722} = 1674^\circ \text{ C (1).}$$

(1) Pour ce premier exemple, nous avons donné in-extenso les calculs. Dans les exemples suivants, nous nous contenterons, une fois l'équation établie, d'en donner la solution.

Alkalite II ancienne (aluminium : 1.5 p. c.) (1)HYPOTHESE : FORMATION DE K_2O .

	Compos. en millièmes.	Poids moléculaire.	Composition moléculaire.
Nitrate ammonique	530	80,0	6,625
Nitrate de potasse	85	101,0	0,841
Chlorure sodique	230	58,5	3,932
T.N.T.	140	227,0	0,617
Aluminium	15	54,2	0,277
			1000

Equation de combustion :*Volume moléculaire des gaz :*

$$4,319 + 14,792 + 7,971 + 0,710 = 27,792.$$

Chaleurs de combustion :

H_2O	: 14,792	×	58,3	=	862,374
CO_2	: 4,319	×	94,3	=	407,282
K_2O	: 0,4205	×	97,2	=	40,873
Al_2O_3	: 0,277	×	380,2	=	105,315
					1415,844

Chaleurs de décomposition :

NH_4NO_3	: 6,625	×	88,6	=	586,975
KNO_3	: 0,841	×	119,0	=	100,079
TNT	: 0,617	×	26,1	=	16,104
					703,158

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : $27,792 \times 0,57 = 15,841 \text{ Cal.}$

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :
 $1415,844 + 15,841 - 703,158 = 728,527 \text{ Cal.}$

(1) Voir note page 122.

CALCULS DES COEFFICIENTS « A » ET « B ».

« A »

CO_2	: 4,319	×	6,26	=	27,037
H_2O	: 14,792	×	5,61	=	82,983
$\text{O}_2 + \text{N}_2$: 8,681	×	4,80	=	41,669
K_2O	: 0,4205	×	16,8	=	7,064
NaCl (1)	: 3,932	×	12,50	=	49,150
Al_2O_3	: 0,277	×	20,4	=	5,651
					213,554

« B »

4,319	×	0,0037	=	0,0159803
14,792	×	0,0033	=	0,0488136
8,681	×	0,0006	=	0,0052086
				0,0700025

Equation :

$$0,07000 \text{ t}^2 + 213,554 \text{ t} - 728527 = 0$$

$$\text{d'où } t = 2043^\circ \text{ C.}$$

Calcul de la température d'explosion en tenant compte des chaleurs de fusion et de vaporisation des chlorures alcalins :

$$\text{NaCl} : (45.632,5 + 12,5 \text{ t}) \times 3,932$$

En remplaçant NaCl par sa valeur dans (1), on a :

$$0,070 \text{ t}^2 + 213,554 \text{ t} - 549.100 = 0$$

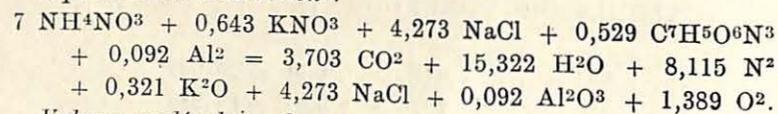
$$\text{d'où } t = 1664^\circ \text{ C.}$$

Alkalite II nouvelle (aluminium : 0.5 p. c.) (1)HYPOTHESE : FORMATION DE K_2O .

	Compos. en millièmes.	Poids moléculaire.	Composition moléculaire.
Nitrate ammonique	560	80,0	7,000
Nitrate de potasse	65	101,0	0,643
Chlorure sodique	250	58,5	4,273
T.N.T.	120	227,0	0,529
Aluminium	5	54,2	0,092
			1000

(1) Cet explosif, agréé par A. M. du 18 mai 1931, remplace le précédent.

Equation de combustion :



Volume moléculaire des gaz :

$$3,703 + 15,322 + 8,115 + 1,389 = 28,529.$$

Chaleurs de combustion :

$$\begin{array}{l} \text{H}_2\text{O} : 15,322 \times 58,3 = 893,273 \\ \text{CO}_2 : 3,703 \times 94,3 = 349,193 \\ \text{K}^2\text{O} : 0,321 \times 97,2 = 31,201 \\ \text{Al}^2\text{O}_3 : 0,092 \times 380,2 = 34,978 \end{array}$$

1308,645 Cal.

Chaleur de décomposition :

$$\begin{array}{l} \text{NH}_4\text{NO}_3 : 7 \times 88,6 = 620,200 \\ \text{KNO}_3 : 0,643 \times 119,0 = 76,517 \\ \text{TNT} : 0,529 \times 26,1 = 13,807 \end{array}$$

710,524 Cal.

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : $28,529 \times 0,57 = 16,261$ Cal.

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :

$$1308,645 + 16,261 - 710,524 = 614,382 \text{ Cal.}$$

CALCUL DES COEFFICIENTS « A » ET « B ».

« A »

$$\begin{array}{l} \text{CO}_2 : 3,703 \times 6,26 = 23,181 \\ \text{H}_2\text{O} : 15,322 \times 5,61 = 85,956 \\ \text{O}^2 + \text{N}^2 : 9,504 \times 4,80 = 45,619 \\ \text{K}^2\text{O} : 0,321 \times 16,80 = 5,393 \\ \text{NaCl (1)} : 4,273 \times 12,50 = 53,412 \\ \text{Al}^2\text{O}_3 : 0,092 \times 20,4 = 1,877 \end{array}$$

215,438

« B »

$$\begin{array}{l} 3,703 \times 0,0037 = 0,0137011 \\ 15,322 \times 0,0033 = 0,0505626 \\ 9,504 \times 0,0006 = 0,0057024 \end{array}$$

0,0699661

Equation :

$$0,0699661 t^2 + 215,438 t - 614,382 = 0$$

$$\text{d'où} \quad t = 1800^\circ \text{ C.}$$

Calcul de la température d'explosion en tenant compte des chaleurs de fusion et de vaporisation des chlorures alcalins :

$$\text{NaCl} : (45.632,5 + 12,5 t) \times 4,273$$

En remplaçant NaCl par sa valeur dans (1), on a :

$$0,0699661 t^2 + 215,438 t - 419.394,328 = 0$$

$$\text{d'où} \quad t = 1352^\circ \text{ C.}$$

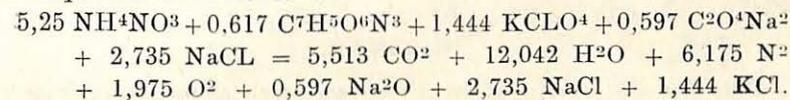
Centralite « R ».

HYPOTHESE : FORMATION DE Na^2O .

	Compos. en millièmes.	Poids moléculaire.	Composition moléculaire.
Nitrate ammonique	420	80,0	5,250
T.N.T.	140	227,0	0,617
Perchlorate de potasse	200	138,5	1,444
Oxalate de soude	80	134,0	0,597
Chlorure sodique	160	58,5	2,735

1000

Equation de combustion :



Volume moléculaire des gaz :

$$5,513 + 12,042 + 6,175 + 1,975 = 25,705.$$

Chaleurs de combustion :

$$\begin{array}{l} \text{H}_2\text{O} : 12,042 \times 58,3 = 702,049 \\ \text{CO}_2 : 5,513 \times 94,3 = 519,876 \end{array}$$

1221,925

Chaleurs de décomposition :

$$\begin{array}{l} \text{NH}_4\text{NO}_3 : 5,25 \times 88,6 = 465,150 \\ \text{KClO}_4 : 1,444 \times 7,9 = 11,408 \\ \text{Na}^2\text{C}_2\text{O}_4 : 0,597 \times 214,8 = 128,236 \\ \text{T.N.T.} : 0,617 \times 26,1 = 16,104 \end{array}$$

620,898

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : $25,705 \times 0,57 = 14,652$ Cal.

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :
 $(1221,925 + 14,652) - 620,898 = 615,679$ Cal.

CALCUL DES COEFFICIENTS « A » ET « B ».

« A »

CO ²	:	5,513	×	6,26	=	34,511
H ² O	:	12,042	×	5,61	=	67,556
N ² + O ²	:	8,150	×	4,80	=	39,120
NaCl (2)	:	2,735	×	12,5	=	34,187
KCl (1)	:	1,444	×	12,9	=	18,628
Na ² O	:	0,597	×	16,8	=	10,030

204,032

« B »

5,513	×	0,0037	=	0,02040
12,042	×	0,0033	=	0,03974
8,150	×	0,0006	=	0,00489

0,06503

Equation :

$$0,06503 t^2 + 204,032 t - 615,679 = 0$$

d'où $t = 1885^\circ \text{C}.$

Calcul de la température d'explosion en tenant compte des chaleurs de fusion et de vaporisation des chlorures alcalins :

Au lieu de prendre uniquement la chaleur spécifique moléculaire 12,9 du KCl, nous comptons :

- 1° la chaleur absorbée, par molécule-gramme, de KCl, de 15° au point de fusion 768° C : $(768-15) 12,9$ calories;
- 2° la chaleur de fusion par molécule-gramme : 6.410 calories;
- 3° la chaleur absorbée jusqu'à vaporisation (incluse) par molécule-gramme : 43.130 calories;

4° la chaleur absorbée, par molécule-gramme, depuis le point de vaporisation jusqu'à la température d'explosion : $(t - 1415) 12,9$.

$$\text{KCl} : [12,9 (768-15) + 6410 + 43130 + 12,9 (t - 1415)] 1,444$$

$$\text{KCl} : (41.000,2 + 12,9 t) 1,444$$

$$\text{NaCl} : (45.632,5 + 12,5 t) 2,735$$

En remplaçant respectivement KCl et NaCl par leur valeur dans (1) et (2), on a : $0,06503 t^2 + 204,032 t - 431669,824 = 0$
d'où $t = 1445^\circ \text{C}.$

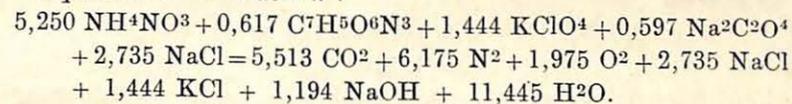
Centralite « R ».

HYPOTHESE : FORMATION DE NaOH.

	Compos. en millièmes.	Poids moléculaire.	Composition moléculaire.
Nitrate ammonique	420	80,0	5,250
T.N.T.	140	227,0	0,617
Perchlorate de potasse	200	138,5	1,444
Oxalate de soude	80	134,0	0,597
Chlorure sodique	160	58,5	2,735

1000

Equation de combustion :



Volume moléculaire des gaz :

$$5,513 + 6,175 + 1,975 + 11,445 = 25,108.$$

Chaleur de combustion :

H ² O	:	11,445	×	58,3	=	667,243
CO ²	:	5,513	×	94,3	=	519,876
NaOH	:	1,194	×	102,7	=	122,624

1309,743

Chaleur de décomposition :

NH ⁴ NO ³	:	5,250	×	88,6	=	465,150
KClO ⁴	:	1,444	×	7,9	=	11,408
Na ² C ² O ⁴	:	0,597	×	315,0	=	188,055
T.N.T.	:	0,617	×	26,1	=	16,104

680,717

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : $25,108 \times 0,57 = 14,311$.

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :
 $1309,743 + 14,311 - 680,717 = 643,337.$

CALCUL DES COEFFICIENTS « A » ET « B ».

« A »

CO ²	: 5,513 × 6,26 = 34,511
H ² O	: 11,445 × 5,61 = 64,206
O ² + N ²	: 8,150 × 4,80 = 39,120
NaCl (1)	: 2,735 × 12,50 = 34,187
KCl (2)	: 1,444 × 12,90 = 18,628
NaOH (3)	: 1,194 × 12,70 = 15,164
	205,816

« B »

5,513 × 0,0037 = 0,02040
11,445 × 0,0033 = 0,03777
8,150 × 0,0006 = 0,00489
0,06306

Equation :

$$0,06306 t^2 + 205,816 t - 643.337 = 0$$

d'où

$$t = 1954^{\circ} \text{C.}$$

Calcul de la température d'explosion en tenant compte des chaleurs de fusion et de vaporisation des chlorures alcalins et de la soude caustique :

$$\text{NaCl} : (45,6325 + 12,50 t) \times 2,735$$

$$\text{KCl} : (41.000,2 + 12,9 t) \times 1,444$$

Au lieu de prendre simplement la chaleur spécifique moléculaire 12,7 du NaOH, nous comptons :

1° la chaleur absorbée par molécule-gramme de NaOH de 15° au point de fusion 318° C : (318-15) 12,7;

2° la chaleur de fusion par molécule-gramme : 1.600 calories;

3° la chaleur absorbée jusqu'à vaporisation (incluse) par molécule-gramme : 31.500 calories;

4° la chaleur absorbée, par molécule-gramme, depuis le point de vaporisation jusqu'à la température de détonation : (t - 1388) 12,7.

$$\text{NaOH} : [(318-15) 12,7 + 1600 + 31.500 + (t - 1388) 12,7] 1,194$$

$$\text{NaOH} : (19.320 + 12,7 t) \times 1,194$$

En remplaçant NaCl, KCl et NaOH respectivement par leur valeur dans (1), (2) et (3), on a :

$$0,06306 t^2 + 205816 t - 457,023 = 0$$

d'où

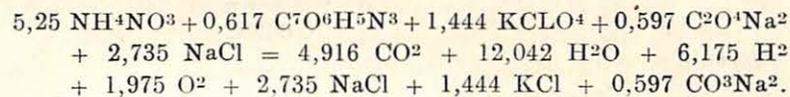
$$t = 1516^{\circ} \text{C.}$$

Centralite « R ».

HYPOTHESE : FORMATION DE Na²CO³.

	Compos. en millièmes.	Poids moléculaire.	Composition moléculaire.
Nitrate ammonique .	420	80,0	5,250
T.N.T.	140	227,0	0,617
Perchlorate de potasse	200	138,5	1,444
Oxalate de soude . .	80	134,0	0,597
Chlorure sodique . .	160	58,5	2,735
	1000		

Equation de combustion :



Volume moléculaire des gaz :

$$4,916 + 12,042 + 6,175 + 1,975 = 25,108$$

Chaleur de combustion :

$$\text{CO}_2 : 4,916 \times 94,3 = 463,579$$

$$\text{H}_2\text{O} : 12,042 \times 58,3 = 702,049$$

$$\text{CO}_3\text{Na}^2 : 0,597 \times 270,8 = 161,668$$

$$\text{-----}$$

$$1327,296$$

Chaleur de décomposition :

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 : 5,25 \times 88,6 = 465,150$$

$$\text{C}_7\text{O}_6\text{H}_5\text{N}_3 : 0,617 \times 26,1 = 16,104$$

$$\text{KCLO}_4 : 1,444 \times 7,9 = 11,408$$

$$\text{C}^2\text{O}^4\text{Na}^2 : 0,597 \times 315 = 188,055$$

$$\text{-----}$$

$$680,717$$

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : 25,108 × 0,57 = 14,311 Cal.

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :

$$(1327,296 + 14,311) - 680,717 = 660,890 \text{ Cal.}$$

CALCUL DES COEFFICIENTS « A » ET « B ».

« A »

CO ²	: 4,916 × 6,26 = 30,774
H ² O	: 12,042 × 5,61 = 67,556
N ² + O ²	: 8,150 × 4,80 = 39,120
NaCl (1)	: 2,735 × 12,5 = 34,187
KCl (2)	: 1,444 × 12,9 = 18,628
Na ² CO ³	: 0,597 × 28,9 = 17,253

207,518

« B »

4,916 × 0,0037 = 0,01819
12,042 × 0,0033 = 0,03974
8,150 × 0,0006 = 0,00489

0,06282

Equation :

$$0,06282 t^2 + 207,518 t - 660,890 = 0.$$

d'où

$$t = 1988^{\circ} \text{C.}$$

Calcul de la température d'explosion en tenant compte des chaleurs de fusion et de vaporisation des chlorures alcalins :

$$\text{KCl} : (41.000,2 + 12,9 \text{ t}) 1,444$$

$$\text{NaCl} : (45632,5 + 12,5 \text{ t}) 2,735$$

En remplaçant NaCl et KCl respectivement par leur valeur dans (1) et (2), on a :

$$0,06282 t^2 + 207,518 t - 476.880,824 = 0$$

d'où

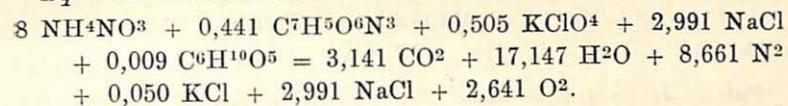
$$t = 1560^{\circ} \text{C.}$$

Favier N° 5 Antigrisou.

	Compos. en millièmes.	Poids moléculaire.	Composition moléculaire.
Nitrate ammonique	640	80,0	8,000
Trinitrotoluène	100	227,0	0,441
Perchlorate de potasse	70	138,5	0,505
Chlorure sodique	17,5	58,5	2,991
Cellulose	1,5	162,0	0,009

1000

Equation de combustion :



Volume moléculaire des gaz :

$$2,641 + 3,141 + 17,147 + 8,661 = 31,590.$$

Chaleur de combustion :

$$\text{H}_2\text{O} : 17,147 \times 58,3 = 999,670$$

$$\text{CO}_2 : 3,141 \times 94,3 = 296,196$$

1295,866

Chaleur de décomposition :

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 : 8 \times 88,6 = 708,800$$

$$\text{KClO}_4 : 0,505 \times 7,9 = 3,990$$

$$\text{T.N.T.} : 0,441 \times 26,1 = 11,510$$

$$\text{Cellulose} : 0,009 \times 230,4 = 2,074$$

726,374

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : $31,590 \times 0,57 = 18,0063 \text{ Cal.}$

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :

$$1295,866 + 18,0063 - 726,374 = 587,498 \text{ Cal.}$$

CALCUL DES COEFFICIENTS « A » ET « B ».

« A »

$$\text{CO}_2 : 3,141 \times 6,26 = 19,663$$

$$\text{H}_2\text{O} : 17,147 \times 5,61 = 96,195$$

$$\text{O}_2 + \text{N}_2 : 11,302 \times 4,80 = 54,250$$

$$\text{NaCl (1)} : 2,991 \times 12,50 = 37,387$$

$$\text{KCl (2)} : 0,505 \times 12,90 = 6,514$$

214,009

« B »

$$3,141 \times 0,0037 = 0,01162$$

$$17,147 \times 0,0033 = 0,05658$$

$$11,302 \times 0,0006 = 0,00678$$

0,07498

Equation :

$$0,07498 t^2 + 214,009 t - 587,498 = 0$$

$$\text{d'où } t = 1713^\circ \text{ C.}$$

Calcul de la température d'explosion en tenant compte des chaleurs de fusion et de vaporisation des chlorures alcalins :

$$\text{KCl : } (41.000,2 + 12,9 t) \times 0,505$$

$$\text{NaCl : } (45.632,5 + 12,5 t) \times 2,991$$

En remplaçant NaCl et KCl respectivement par leur valeur dans (1) et (2), on a :

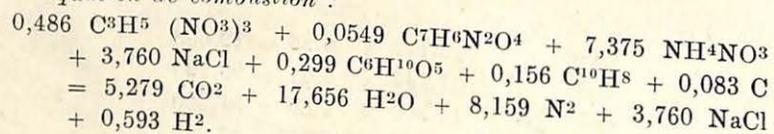
$$0,07498 t^2 + 214,009 t - 430.306,092 = 0$$

$$\text{d'où } t = 1353^\circ \text{ C.}$$

Flammivore Vbis.

	Compos. en millièmes.	Poids moléculaire.	Composition moléculaire.
Nitroglycérine . . .	110,5	227,0	0,486
Binitrotoluol . . .	10,0	182,0	0,0549
Nitrate ammonique . .	590,0	80,0	7,375
Chlorure sodique . . .	220,0	58,5	3,760
Cellulose	48,5	162,0	0,299
Naphtaline	20,0	128,0	0,156
Noir de fumée	1,0	12,0	0,083
	<hr/>	1000,0	

Equation de combustion :



Volume moléculaire des gaz :

$$= 5,279 \text{ CO}_2 + 17,656 \text{ H}_2\text{O} + 8,159 \text{ N}_2 + 3,760 \text{ NaCl} \\ + 0,593 \text{ H}_2.$$

Explosif sous-oxygéné.

Chaleurs de combustion :

$$\text{H}_2\text{O : } 17,656 \times 58,3 = 1029,344$$

$$\text{CO}_2 : 5,279 \times 94,3 = 497,809$$

$$1527,153$$

Chaleurs de décomposition :

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 : 7,375 \times 88,6 = 653,425$$

$$\text{Nitroglycérine : } 0,486 \times 94,2 = 45,781$$

$$\text{Binitrotoluol : } 0,0549 \times 13,8 = 0,757$$

$$\text{Naphtaline : } 0,156 \times (-22,8) = -3,556$$

$$\text{Cellulose : } 0,299 \times 230,4 = 68,889$$

$$765,296$$

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : $31,687 \times 0,57 = 18,0616 \text{ Cal.}$

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :

$$1527,153 + 18,0616 - 765,296 = 779,9186 \text{ Cal.}$$

CALCUL DES COEFFICIENTS « A » ET « B ».

« A »

$$\text{CO}_2 : 5,279 \times 6,26 = 33,046$$

$$\text{H}_2\text{O : } 17,656 \times 5,61 = 99,050$$

$$\text{H}_2 + \text{N}_2 : 8,752 \times 4,80 = 42,009$$

$$\text{NaCl (1) : } 3,760 \times 12,50 = 47,000$$

$$221,105$$

« B »

$$5,279 \times 0,0037 = 0,01953$$

$$17,656 \times 0,0033 = 0,05826$$

$$8,752 \times 0,0006 = 0,00525$$

$$0,08304$$

Equation :

$$0,08304 t^2 + 221,105 t - 779,918 = 0$$

$$\text{d'où } t = 2010^\circ.$$

Calcul de la température d'explosion en tenant compte des chaleurs de fusion et de vaporisation des chlorures alcalins :

$$\text{NaCl : } (45632,5 + 12,5 t) \times 3,76$$

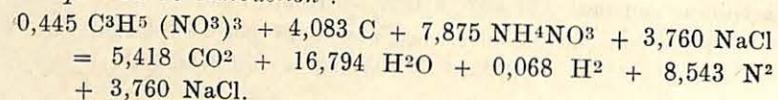
En remplaçant NaCl par sa valeur dans (1), l'équation devient:

$$0,08304 t^2 + 221,105 t - 608,339,8 = 0$$

$$\text{d'où } t = 1685^\circ.$$

Matagnite V.

	Compos. en millièmes.	Poids moléculaire.	Composition moléculaire.
Nitroglycér.-gélatinée	101	227,0	0,445
Charbon	49	12,0	4,083
Nitrate ammonique	630	80,0	7,875
Chlorure sodique	220	58,5	3,760
	<hr/>		
	1000		

Equation de combustion :*Volume moléculaire des gaz :*

$$5,418 + 16,794 + 0,068 + 8,543 = 30,823.$$

*Explosif sous-oxygéné.**Chaleur de combustion :*

$$\text{H}^2\text{O} : 16,794 \times 58,3 = 979,090$$

$$\text{CO}^2 : 5,418 \times 94,3 = 510,917$$

$$\underline{\hspace{1.5cm}} \\ 1490,007$$

Chaleur de décomposition :

$$\text{Nitroglycérine} : 0,445 \times 94,2 = 41,919$$

$$\text{NH}^4\text{NO}^3 : 7,875 \times 88,6 = 697,725$$

$$\underline{\hspace{1.5cm}} \\ 739,644$$

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles
à volume constant : $30,823 \times 0,57 = 17,569.$

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :

$$1490,007 + 17,569 - 739,644 = 767,932.$$

CALCUL DES COEFFICIENTS « A » ET « B ».

« A »

$$\text{CO}^2 : 5,418 \times 6,26 = 33,917$$

$$\text{H}^2\text{O} : 16,794 \times 5,61 = 94,214$$

$$\text{N}^2 + \text{H}^2 : 8,611 \times 4,80 = 41,333$$

$$\text{NaCl (1)} : 3,760 \times 12,50 = 47,000$$

$$\underline{\hspace{1.5cm}} \\ 216,464$$

« B »

$$5,418 \times 0,0037 = 0,02005$$

$$16,794 \times 0,0033 \times 0,05542$$

$$8,611 \times 0,0006 = 0,00517$$

$$\underline{\hspace{1.5cm}} \\ 0,08064$$

Equation :

$$0,08064 \text{ t}^2 + 216,464 \text{ t} - 767932 = 0$$

$$\text{d'où} \quad \text{t} = 2023^\circ \text{ C.}$$

*Calcul de la température d'explosion en tenant compte des
chaleurs de fusion et de volatilisation des chlorures alcalins :*

$$\text{NaCl} : (45632,5 + 12,5 \text{ t}) \times 3,76$$

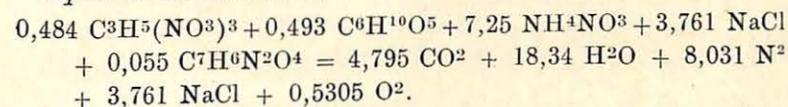
En remplaçant NaCl par sa valeur dans (1), l'équation devient:

$$0,08064 \text{ t}^2 + 216,464 \text{ t} - 596,354 = 0$$

$$\text{d'où} \quad \text{t} = 1690^\circ \text{ C.}$$

Nitrobaélenite III.

	Compos. en millièmes.	Poids moléculaire.	Composition moléculaire.
Nitroglycérine	110	227,0	0,484
Cellulose (Farine bois)	80	162,0	0,493
NH ⁴ NO ³	580	80,0	7,250
NaCl	220	58,5	3,761
Binitrotoluol	10	182,0	0,055
	<hr/>		
	1000		

Equation de combustion :*Volume moléculaire des gaz :*

$$4,795 + 18,34 + 8,031 + 0,530 = 31,696.$$

Chaleur de combustion :

$$\text{H}^2\text{O} : 18,34 \times 58,3 = 1069,222$$

$$\text{CO}^2 : 4,795 \times 94,3 = 452,168$$

$$\underline{\hspace{1.5cm}} \\ 1521,390$$

Chaleur de décomposition :

$C^3H^5(NO^3)^3$: 0,484 × 94,2 =	45,593
$C^6H^{10}O^5$: 0,493 × 230,4 =	113,587
NH^4NO^3	: 7,25 × 88,6 =	642,350
Binitrotoluol	: 0,055 × 13,8 =	0,759

802,289

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : $31,696 \times 0,57 = 18,067$.

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :
 $1521,390 + 18,067 - 802,289 = 737,168$ Cal.

CALCUL DES COEFFICIENTS « A » ET « B ».

« A »

CO^2	: 4,795 × 6,26 =	30,017
H^2O	: 18,34 × 5,61 =	102,887
$O^2 + N^2$: 8,561 × 4,80 =	41,093
$NaCl$ (1)	: 3,761 × 12,5 =	47,012

221,009

« B »

4,795 × 0,0037 =	0,0177
18,34 × 0,0033 =	0,0605
8,561 × 0,0006 =	0,0051

0,0833

Equation :

$$0,0833 t^2 + 221,009 t - 737,168 = 0$$

d'où $t = 1931^\circ C.$

Calcul de la température d'explosion en tenant compte des chaleurs de fusion et de vaporisation des chlorures alcalins :

$$NaCl : (45632,5 + 12,5 t) 3,761$$

$$NaCl : 171623,8325 + 47,012 t.$$

En remplaçant NaCl par sa valeur dans (1), on a :

$$0,0833 t^2 + 221,009 t - 565544,168 = 0$$

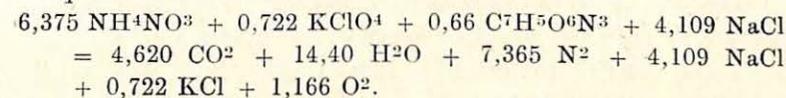
d'où $t = 1597^\circ C.$

Sabulite Bbis.

	Compos. en millièmes.	Poids moléculaire.	Composition moléculaire.
Nitrate ammonique	510	80,0	6,375
Perchlorate de potasse	100	138,5	0,722
T.N.T.	150	227,0	0,660
Chlorure sodique	240	58,5	4,109

1000

Equation de combustion :



Volume moléculaire des gaz :

$$4,620 + 14,40 + 7,365 + 1,166 = 27,551$$

Chaleur de combustion :

H^2O	: 14,40 × 58,3 =	839,520
CO^2	: 4,62 × 94,3 =	435,666

1275,186

Chaleur de décomposition :

NH^4NO^3	: 6,375 × 88,6 =	564,825
$KClO^4$: 0,722 × 7,9 =	5,704
T.N.T.	: 0,660 × 26,1 =	17,226

587,855

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : $27,551 \times 0,57 = 15,704$ Cal.

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :
 $1275,186 + 15,704 - 587,855 = 703,035$ Cal.

CALCUL DES COEFFICIENTS « A » ET « B ».

« A »

CO^2	: 4,62 × 6,26 =	28,921
H^2O	: 14,40 × 5,61 =	80,784
$O^2 + N^2$: 8,531 × 4,80 =	40,949
$NaCl$ (1)	: 4,109 × 12,5 =	51,362
KCl (2)	: 0,722 × 12,9 =	9,314

211,330

« B »

$$\begin{array}{r}
 4,620 \times 0,0037 = 0,01709 \\
 14,40 \times 0,0033 = 0,04752 \\
 8,531 \times 0,0006 = 0,00512 \\
 \hline
 0,06973
 \end{array}$$

Equation :

$$0,06973 t^2 + 211,33 t - 703035 = 0$$

d'où $t = 1931^\circ \text{C.}$

Calcul de la température d'explosion en tenant compte des chaleurs de fusion et de vaporisation des chlorures alcalins :

$$\begin{array}{l}
 \text{KCl} : (41.000,2 + 12,9 t) \times 0,722 \\
 \text{NaCl} : (45.632,5 + 12,5 t) \times 4,109
 \end{array}$$

En remplaçant NaCl et KCl respectivement par leur valeur dans (1) et (2), on a :

$$0,06973 t^2 + 211,33 t - 485.928,914 = 0$$

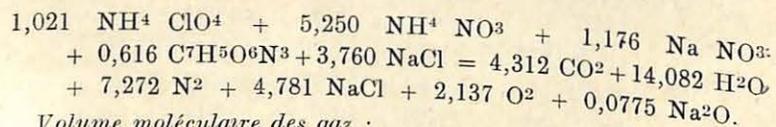
d'où $t = 1528^\circ \text{C.}$

Yonckite Antigrisou.

HYPOTHESE : FORMATION DE Na_2O .

	Compos. en millièmes.	Poids moléculaire.	Composition moléculaire.
Perchlorate ammoniq.	120	117,5	1,021
Nitrate ammonique .	420	80,0	5,250
Nitrate de soude . .	100	85,0	1,176
T.N.T.	140	227,0	0,616
Chlorure de soude .	220	58,5	3,760
	1000		

Equation de combustion :



Volume moléculaire des gaz :

$$4,312 + 14,082 + 7,272 + 2,137 = 27,803.$$

Chaleur de combustion :

$$\begin{array}{r}
 \text{H}_2\text{O} : 14,082 \times 58,3 = 820,981 \\
 \text{CO}_2 : 4,312 \times 94,3 = 406,622 \\
 \text{Na}_2\text{O} : 0,0775 \times 100,2 = 7,765 \\
 \text{NaCl} : 1,021 \times 97,9 = 99,956 \\
 \hline
 1335,324
 \end{array}$$

Chaleur de décomposition :

$$\begin{array}{r}
 \text{NH}_4\text{ClO}_4 : 1,021 \times 79,7 = 81,374 \\
 \text{NH}_4\text{NO}_3 : 5,250 \times 88,6 = 465,150 \\
 \text{NaNO}_3 : 1,176 \times 110,7 = 130,183 \\
 \text{C}_7\text{H}_5\text{O}_6\text{N}_3 : 0,616 \times 26,1 = 16,078 \\
 \hline
 692,785
 \end{array}$$

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : $27,803 \times 0,57 = 15,848 \text{ Cal.}$

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :
 $1,335.324 + 15,848 - 692,785 = 658,387 \text{ Cal.}$

CALCUL DES COEFFICIENTS « A » ET « B ».

« A »

$$\begin{array}{r}
 \text{H}_2\text{O} : 14,082 \times 5,61 = 79,000 \\
 \text{CO}_2 : 4,312 \times 6,26 = 26,993 \\
 \text{O}_2 + \text{N}_2 : 9,409 \times 4,80 = 45,166 \\
 \text{NaCl (1)} : 4,781 \times 12,50 = 59,762 \\
 \text{Na}_2\text{O} : 0,0775 \times 16,8 = 1,302 \\
 \hline
 212,223
 \end{array}$$

« B »

$$\begin{array}{r}
 14,082 \times 0,0033 = 0,0464706 \\
 4,312 \times 0,0037 = 0,0159544 \\
 9,409 \times 0,0006 = 0,0056457 \\
 \hline
 0,0680707
 \end{array}$$

Equation :

$$0,0680707 t^2 + 212,223 t - 658,387 = 0$$

d'où $t = 1920^\circ \text{C.}$

Calcul de la température d'explosion en tenant compte des chaleurs de fusion et de vaporisation des chlorures alcalins :

$$\text{NaCl} : (45.632,5 + 12,50 \text{ t}) 4,781$$

En remplaçant NaCl par sa valeur dans (1), on a :

$$0,0680707 \text{ t}^2 + 212,223 \text{ t} - 440.218 = 0$$

d'où

$$t = 1424^\circ \text{ C.}$$

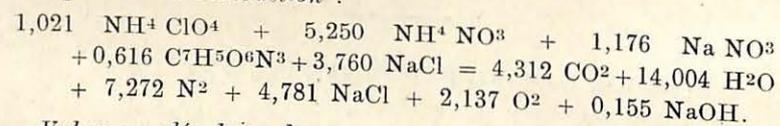
Yonckite Antigrisou.

HYPOTHESE : FORMATION DE NaOH.

	Compos. en millièmes.	Poids moléculaire.	Composition moléculaire.
Perchlorate ammoniq.	120	117,5	1,021
Nitrate ammonique .	420	80,0	5,250
Nitrate de soude . .	100	85,0	1,176
T.N.T.	140	227,0	0,616
Chlorure de soude . .	220	58,5	3,760

1000

Equation de combustion :



Volume moléculaire des gaz :

$$4,312 + 14,004 + 7,272 + 2,137 = 27,725.$$

Chaleur de combustion :

$$\begin{aligned} \text{H}^2 \text{O} &: 14,004 \times 58,3 = 816,433 \\ \text{CO}^2 &: 4,312 \times 94,3 = 406,622 \\ \text{NaCl} &: 1,021 \times 97,9 = 99,956 \\ \text{NaOH} &: 0,155 \times 102,7 = 15,918 \end{aligned}$$

1338,929

Chaleur de décomposition :

$$\begin{aligned} \text{NH}^4 \text{ ClO}^4 &: 1,021 \times 79,7 = 81,374 \\ \text{NH}^4 \text{ NO}^3 &: 5,250 \times 88,6 = 465,150 \\ \text{C}^7 \text{H}^5 \text{O}^6 \text{N}^3 &: 0,616 \times 26,1 = 16,078 \\ \text{NaNO}^3 &: 1,176 \times 110,7 = 130,183 \end{aligned}$$

692,785

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : $27,725 \times 0,57 = 15,803 \text{ Cal.}$

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :

$$1.338,929 + 15,803 - 692,785 = 661,947 \text{ Cal.}$$

CALCUL DES COEFFICIENTS « A » ET « B ».

« A »

$$\begin{aligned} \text{CO}^2 &: 4,312 \times 6,26 = 26,993 \\ \text{H}^2 \text{O} &: 14,004 \times 5,61 = 78,562 \\ \text{O}^2 + \text{N}^2 &: 9,409 \times 4,80 = 45,166 \\ \text{NaCl} (1) &: 4,781 \times 12,50 = 59,726 \\ \text{NaOH} (2) &: 0,155 \times 12,70 = 1,968 \end{aligned}$$

212,451

« B »

$$\begin{aligned} 4,312 \times 0,0037 &= 0,0159544 \\ 14,004 \times 0,0033 &= 0,0462132 \\ 9,409 \times 0,0006 &= 0,0056454 \end{aligned}$$

0,0678130

Equation :

$$0,0678130 \text{ t}^2 + 212,451 \text{ t} - 661.947 = 0$$

d'où

$$t = 1928^\circ \text{ C.}$$

Calcul de la température d'explosion en tenant compte des chaleurs de fusion et de vaporisation des chlorures alcalins et de la soude caustique :

$$\text{NaCl} : (45.632,5 + 12,50 \text{ t}) 4,781$$

$$\text{NaOH} : (19.320 + 12,70 \text{ t}) 0,155$$

En remplaçant NaCl et NaOH par leur valeur respectivement dans (1) et (2), on a :

$$0,0678130 \text{ t}^2 + 212,451 \text{ t} - 440.784 = 0$$

d'où

$$t = 1426^\circ \text{ C.}$$

Tableau résumant les températures de détonation des Explosifs S. G. P.

EXPLOSIF.	Chaleur de combustion par kilog. d'explosifs (en petites calories)	Chaleur de décomposition par kilog. d'explosifs (en petites calories)	Chaleur équivalente au travail développé par l'explosif		Volume moléculaire des gaz	Températures de détonation		REMARQUES.
			Chlorures alcalins			Fixes	Chlorures alcalins	
			Fixes	Fondus et vaporisés				
Alcalite II (Al : 1,5 %). Formation K ₂ O.	1.431.685	703.158	728.527	549.100 K ₂ O = fixe	27.792	2043	1664 K ₂ O = fixe	Explosif suroxygéné.
Alcalite II (Al : 1,5 %). Formation de KOH.	1.452.428	703.158	749.270	551.655	27.371	2091	1674	Idem.
Alcalite II (Al : 0,5 %). Formation K ₂ O.	1.324.906	710.524	614.382	419.594 K ₂ O = fixe	28.529	1800	1352	Idem.
Centralite R. Formation de Na ₂ O.	1.236.577	620.898	615.679	431.670 Na ₂ O = fixe	25.705	1885	1445 Na ₂ O = fixe	Idem.
Centralite R. Formation de Na ₂ CO ₃ .	1.341.607	680.717	660.890	476.881 Na ₂ CO ₃ = fixe	25.108	1988	1560 Na ₂ CO ₃ = fixe	Idem.
Centralite R. Formation de NaOH.	1.324.064	680.717	643.337	457.023	25.168	1954	1516	Idem.
Favier 5 Antigrisou.	1.313.872	726.374	587.498	430.306	31.590	1713	1353	Idem.
Flammivore 5 Bis.	1.545.215	765.296	779.919	608.340	31.687	2010	1685	Explosif sous-oxygéné.
Matagnite 5.	1.507.576	739.644	767.932	596.354	30.823	2023	1690	Idem.
Nitrobacléite III.	1.539.457	802.289	737.168	565.544	31.696	1931	1597	Explosif suroxygéné.
Sabulite B bis.	1.290.890	587.855	703.035	485.929	27.551	1931	1528	Idem.
Yonckite-Antigrisou. Formation Na ₂ O.	1.351.172	692.785	658.387	440.218 Na ₂ O = fixe	27.803	1920	1424 Na ₂ O = fixe	Idem.
Yonckite-Antigrisou. Formation NaOH.	1.354.733	692.785	661.947	440.784	27.725	1928	1426	Idem.

INSTITUT NATIONAL DES MINES,
A FRAMERIES-PATURAGES.
RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1930.

ANNEXE II.

Expériences de minage
au Charbonnage de Monceau-Fontaine

NOTE

DE

M. LEFEVRE,

Ingénieur au Corps des Mines à Charleroi.

Le but poursuivi est l'obtention d'indications quant à la consommation d'explosifs, à l'avancement journalier et au prix de revient dans une galerie en percement dans laquelle on utilisera différents modes de chargement des fourneaux et différents procédés de minage.

Les points du programme à réaliser sont les suivants :

A. — Tir par mines uniques, successives.

- Comparaison des résultats obtenus en employant successivement l'explosif S. G. P. ordinaire et l'explosif S. G. P. gainé;
- Comparaison des résultats obtenus en employant l'explosif S. G. P. ordinaire, les cartouches étant déposées bout à bout, légèrement dans les trous de mines et les cartouches étant comprimées lors du chargement dans ces trous;
- Comparaison des résultats obtenus avec l'explosif S. G. P. ordinaire en utilisant d'abord des fourneaux de mines d'un diamètre voisin de celui des cartouches et ensuite des fourneaux de mines d'un diamètre sensiblement supérieur à celui des dites cartouches de façon à laisser autour de celle-ci un vide périphérique;
- Comparaison des résultats obtenus avec l'explosif S. G. P. ordinaire en déposant d'abord les cartouches bout à bout dans les trous de mines et en interposant ensuite, entre les cartouches consécutives d'un même fourneau, des matières inertes cohérentes ou, simplement, en ménageant un espace vide.