MINISTERE DE L'INDUSTRIE, DU TRAVAIL
ET DE LA PREVOYANCE SOCIALE

**ADMINISTRATION DES MINES**

# ANNALES DES MINES

## DE BELGIQUE

[622.05]

ANNÉE 1931

P 1273

**TOME XXXII. — 1re LIVRAISON**

35864

**BRUXELLES**
**IMPRIMERIE Robert LOUIS**
37-39, rue Borrens
—
Téléph. 48.27.84
—
1931

# Annales des Mines de Belgique

COMITE DIRECTEUR

MM. J. Lebacqz, Directeur général des Mines, à Bruxelles, *Président.*
G. Raven, Ingénieur en chef-Directeur des Mines, à Bruxelles, *Secrétaire.*
J. Swolfs, s/Directeur à l'Administration centrale des Mines, à Bruxelles, *Secrétaire-adjoint.*
V. Firket, Inspecteur général des Mines, à Liége.
G. Nibelle, Inspecteur général des Mines, à Mons.
E. Legrand, Inspecteur général des Mines, Professeur à l'Université de Liége, à Liége.
L. Den Ël, Inspecteur général des Mines, Professeur d'exploitation des Mines à l'Université de Liége, à Liége.
L. Delruelle, Ingénieur en chef-Directeur des Mines, à Liége.
A. Halleux, Ingénieur en chef-Directeur des Mines, Professeur à l'Ecole des Mines et Métallurgie (Faculté technique du Hainaut) et à l'Université de Bruxelles, à Bruxelles.
L. Lebens, Ingénieur en chef-Directeur des Mines, à Liége.
P. Fourmarier, Ingénieur en chef-Directeur des Mines, Professeur à l'Université de Liége, Membre titulaire de l'Académie Royale des Sciences, Membre du Conseil géologique de Belgique, à Liége.
A. Renier, Ingénieur en chef-Directeur des Mines, Chef du service géologique de Belgique, Chargé de cours à l'Université de Liége, Membre correspondant de l'Académie Royale des Sciences, à Bruxelles
Ad. Breyre, Ingénieur en chef-Directeur des Mines, Chargé de cours à l'Université de Liége, Directeur de l'Institut National des Mines, à Bruxelles.
A. Delmer, Ingénieur en chef-Directeur des Mines, Professeur à l'Université de Liége, Secrétaire général du Ministère des Travaux publics, à Bruxelles.

---

La collaboration aux *Annales des Mines de Belgique* est accessible à toutes les personnes compétentes.

Les mémoires ne peuvent être insérés qu'après approbation du Comité Directeur.

En décidant l'insertion d'un mémoire, le Comité n'assume aucune responsabilité des opinions ou des appréciations émises par l'auteur.

Les mémoires doivent être inédits.

---

Les *Annales* paraissent en 4 livraisons respectivement dans le courant des premier, deuxième, troisième et quatrième trimestres de chaque année.

Abonnement pour 1930 { pour la Belgique : 85 fr. par an ; pour l'Etranger : 100 fr. par an.

---

Pour tout ce qui regarde les abonnements, les annonces et l'administration en général, s'adresser à l'Editeur, Imprimerie Robert LOUIS, 37-39, rue Borrens, à Ixelles-Bruxelles.

---

Pour tout ce qui concerne la rédaction, s'adresser au Secrétaire du Comité Directeur, rue de l'Association, 28, à Bruxelles.


MINISTERE DE L'INDUSTRIE, DU TRAVAIL ET DE LA PREVOYANCE SOCIALE

**ADMINISTRATION DES MINES**

# ANNALES DES MINES

## DE BELGIQUE

[622.05]

ANNÉE 1931


TOME XXXII. — 1re LIVRAISON



P 1273
35364



BRUXELLES
IMPRIMERIE Robert LOUIS
37-39, rue Borrens
Téléph. 48.27.84
1931

**INSTITUT NATIONAL DES MINES**
**Frameries-Pâturages**

# RAPPORT

SUR LES

# Travaux de l'Exercice 1930

## SOMMAIRE


I. — *Travaux sur les explosifs :*

A) Etude du tir simultané . . . . . 4
B) Question de la gaine de sûreté . . . . . 5
C) Epuration du grisou de la Station . . . . 8
D) Etude générale sur les explosifs S. G. P. . 12
E) Recherches sur l'influence de la position des charges dans le tir au mortier . . . . 12
F) Travaux du Bois de Colfontaine . . . . 13
G) Expériences organisées au Charbonnage de Monceau-Fontaine . . . . . 15

II. — *Travaux sur les lampes :*

A) Etude sur les auréoles des lampes . . . . 16
B) Lampe Grard . . . . . 20
Grisoumètre Daloz-Arras . . . . . 32
C) Appareil d'essai pour atmosphère au repos . 45
D) Fermeture des lampes électriques . . . . 45

III. — *Travaux sur les appareils électriques antidéflagrants* . . . . . 46

IV. — *Travaux sur la question des étincelles* . . 47

A) Les étincelles de choc ou de frottement; les étincelles de l'air comprimé . . . . . 47
B) Les étincelles du courant électrique . . . 82
C) Ionisation des gaz d'explosifs . . . . . 106

V. — *Les visites éducatives en 1930* . . . . . 106

VI. — *Travaux spéciaux et recherches scientifiques.*

A) Analyse des grisous . . . . . 107
B) Pouvoir absorbant des houilles. . . . . 115
C) Etude d'un charbon de dégagement instantané . . . . . 116

VII. — *Annexes.*

1. Note de MM. Van Oudenhove et Nenquin sur les températures de détonation des explosifs S. G. P. . . . . 118
2. Note de M. Lefèvre, Ingénieur au Corps des Mines, sur les expériences de minage faites en 1930 au Charbonnage de Monceau-Fontaine . . . . . 147
3. Note de M. L. Coppens, Docteur en sciences, sur l'analyse exacte des grisous . . . . . 165
4. Note de M. L. Coppens sur l'adsorption des gaz dans les houilles et son application au gisement du grisou . . . . . 192

C'est à partir de 1930 que toutes les installations de l'Institut National des Mines se sont trouvées définitivement groupées en un seul ensemble situé à Pâturages, à 2,5 km. de Frameries. Les galeries d'essais des explosifs, des lampes, des appareils électriques, les divers laboratoires de chimie, physique, etc. sont donc transférés à Pâturages.

A l'ancien emplacement de la station d'essais, dans les dépendances du siège Grand-Trait des Charbonnages Belges, restent seulement notre captage de grisou et le premier gazomètre, d'où le gaz inflammable est amené par une canalisation souterraine à notre second gazomètre à l'Institut à Pâturages.

## I.
## TRAVAUX SUR LES EXPLOSIFS

Notre galerie de Pâturages a été mise à contribution d'une façon toute spéciale au cours de 1930.

Nous avons effectué 533 tirs pouvant se répartir comme suit :

94 tirs de classement et de reconnaissance;

57 tirs de contrôle;

9 tirs pour reclassement;

77 tirs pour l'étude du tir en volées, indépendamment de quelques autres effectués à l'occasion de visites éducatives;

21 tirs de recherche sur la gaine pulvérulente;

5 tirs de recherche sur la gaine rigide;

49 tirs de recherche relatifs à l'influence de la teneur en oxygène du mélange grisouteux;

24 tirs de recherche relatifs à l'influence des enveloppes paraffinées des explosifs gainés;

50 tirs de recherche relatifs à l'influence de la position de la charge;

149 tirs effectués à l'occasion de visites éducatives ou en guise de préparation à d'autres expériences, telles que la vérification de l'inflammabilité des poussières.

### A. — **Etude du tir simultané.**

Nous avons installé dès le début de l'année, deux mortiers dans la galerie d'essai, en avant du mortier fixe ancré dans la maçonnerie du fond.

Les tirs simultanés ont été effectués avec deux charges-limites de tous les explosifs S. G. P., en grisou et en poussières, sans obtenir d'inflammation.

Un explosif nouveau, en reconnaissance, a donné lieu à inflammation et a été refusé.

A la galerie n° 2 de Colfontaine, nous avons exécuté, dans le même ordre d'idées, des volées de mines sans bourrage, atteignant jusqu'à 6 kilogrammes d'explosifs répartis en cinq ou six mines, sans réussir à enflammer le grisou.

Dans cette seconde partie de l'étude, nous avons utilisé aussi bien du grisou vivifié par l'oxygène que le grisou naturel chargé d'azote, de la Station (1).

Pour les tirs à la galerie de Pâturages, malheureusement, nos expériences ont été faites toutes en grisou azoté, le dispositif étant déjà démonté lorsque nous nous

(1) Voir, à ce sujet, le chap. C ci-après : Epuration du grisou de la station.



sommes aperçu en août de la grande pureté des grisous prélevés en massif vierge.

Le but de cette étude était d'examiner la possibilité d'apporter un tempérament à l'article 23 du règlement de 1920 sur les explosifs qui interdit tout tir simultané dans les voies d'exploitation des mines de 2e et de 3e catégorie.

Cette interdiction, excellente en soi, est de nature à provoquer cependant dans la pratique des imprudences : le boutefeu ne refait pas les constatations du grisou avant chaque tir.

Avant de procéder à une modification du règlement, il paraît opportun que des dérogations judicieusement accordées permettent de reconnaître si leur application ne soulèverait pas d'autres inconvénients insoupçonnés.

Disons, en terminant ce chapitre, que les résultats des expériences effectuées sur le tir simultané s'expliquent malaisément et sont assez difficilement compatibles avec la diminution de la charge-limite parallèlement à la section, fait relevé précédemment en Belgique et à l'étranger.

Nous n'avons pas encore d'explication satisfaisante à fournir.

### B. — **Question de la gaîne de sûreté.**

L'arrêté ministériel de 1924 avait imposé la gaine rigide, sans aucune interposition de papier entre l'explosif et la gaine (1).

Il n'avait jamais pu être appliqué par suite des migrations de matières qui s'effectuent entre l'explosif et sa

(1) Pour nos lecteurs étrangers, rappelons que la gaine de sûreté est une enveloppe cylindrique de section annulaire entourant la cartouche d'explosif et constituée de matières extinctrices de composition spéciale. La cartouche habituelle, avec enveloppe paraffinée, est donc contenue dans un sachet de plus grand diamètre, où elle est soigneusement centrée. L'intervalle de 3 millimètres au moins d'épaisseur est donc rempli de la matière gainante.

gaine, et qui rendent, après peu de temps, l'explosif complètement inutilisable.

Pour sortir de cette situation de fait irrégulière, nous avons recherché quel poids de matière gainante était nécessaire pour pouvoir tirer, sans inflammation, une charge-limite d'explosif gainé suspendue dans une atmosphère inflammable à 8 % environ de méthane (en grisou naturel de la Station, contenant environ 20 % d'azote).

En même temps, les essais de conservation permettaient de conclure qu'il fallait limiter l'emploi du chlorure de sodium, à cause de son hygroscopicité.

D'un autre côté, diverses améliorations dans la constitution des fonds furent encouragées auprès des fabricants, de manière à supprimer toute surépaisseur inutile nuisant à la transmission de la détonation.

Les conclusions de cette étude furent sanctionnées par l'arrêté ministériel du 14 août 1930 qui fixa les conditions auxquelles doivent satisfaire les gaines : 1) poids minimum de matière gainante, 65 grammes par 100 grammes d'explosif; 2) matière gainante composée de 75 % de matière extinctrice et de 25 % de liant (plâtre ou argile). Comme matière extinctrice, on peut utiliser les fluorures de sodium ou de calcium, 65 % au maximum pouvant cependant être du chlorure de potassium ou de sodium; 3) épaisseur minimum de la gaine annulaire, 3 millimètres; 4) interdiction de paraffiner l'extérieur de la gaine.

Cet arrêté laisse le champ libre à toutes recherches en matière de gaine pulvérulente, semi-rigide ou rigide même, si l'on parvenait à en trouver une.

Nous avons repris des expériences sur les gaines rigides. Cinq explosifs différents, placés dans ces gaines, furent tenus en observation.



Les cartouches, entourées de papier parcheminé, furent conservées dans le local d'observation de la galerie, local moyennement humide, mais en tout cas moins humide que la généralité des dépôts d'explosifs de nos charbonnages.

Malgré le papier parcheminé plus ou moins imperméable, l'augmentation de poids atteignit rapidement 6 à 14 %, puis diminua sans revenir à zéro. Après 3 semaines déjà, l'explosif est altéré; après 5 semaines, la gaine se vide, devient plastique, l'ensemble forme une masse déliquescente.

Nous avons recommencé ces essais en vernissant l'intérieur de la gaine (vernis à l'alcool). Cette précaution a retardé les phénomènes sans les empêcher. L'augmentation de poids en un mois a été de 4 à 10 %.

L'altération des explosifs est moins rapide mais effective.

La gaine rigide semble donc actuellement irréalisable.

Cependant, comme l'absorption d'humidité par la surface extérieure de la gaine semble être un facteur amorçant les altérations, nous avons tenu, avant d'abandonner le sujet, à vérifier si une enveloppe extérieure en papier paraffiné — enveloppe interdite actuellement — était de nature à diminuer la sécurité de l'explosif gainé.

Nous avons donc paraffiné l'enveloppe extérieure des explosifs gainés en utilisant des charges croissantes de paraffine (de 3 à 20 grammes de paraffine par cartouche).

Au tir en galerie, nous n'avons pu constater d'aggravation du risque d'inflammation; mais les photographies des charges, faites à Colfontaine, montrent que les dards lumineux perçant à travers la gaine augmentent considérablement avec les enveloppes fortement paraffinées.

Le poids de ces gaines paraffinées reste très sensiblement constant. Il ne se produit pas d'absorption importante d'humidité.

*Conclusion.* — Dans l'état actuel, l'explosif lui-même est entouré d'une enveloppe paraffinée et aucune migration ne s'effectue entre l'explosif et la gaine.

Dès lors, aucune raison suffisante n'existe d'autoriser le paraffinage de l'enveloppe extérieure.

Mais cette question pourrait se reposer si, contre toute attente, on venait à imaginer une gaine rigide échappant aux migrations destructives signalées plus haut.

### C. — Epuration du grisou de la station.

C'est en août 1930 que les premiers résultats positifs de l'étude de M. Coppens — dont il sera parlé plus loin — nous confirmèrent que les grisous prélevés en massif vierge dans nos charbonnages différaient sensiblement de celui de notre Station par l'absence complète ou presque complète d'azote (1).

Le grisou qui alimente depuis 1902 la Station d'expériences provient d'anciens travaux du Charbonnage Grand-Trait, abandonnés en 1892 et isolés par un serrement à travers lequel notre canalisation puise le gaz.

Bien que ces travaux ne communiquent à la base avec aucune galerie, il se produit sans doute des rentrées d'air par des cassures résultant de l'exploitation : l'air oxyde, au contact, les massifs de charbon, perd donc son oxygène. L'acide carbonique produit est retenu en majeure partie à la sortie par notre épurateur, mais

(1) M. V. Firket, inspecteur général des Mines, à Liége, nous a fait part d'une constatation analogue qu'il avait faite en 1894 et qui n'avait jamais été publiée : le grisou provenant, au Charbonnage du Horloz, d'un sondage foré dans la couche Frédéric et celui capté dans un serrement fermant les vieux travaux de la couche Daignée donnaient respectivement à l'analyse les compositions suivantes : 1° $CH_4$ 96 à 97 %, $CO_2$ : 0,4, N : 1. — 2° $CH_4$ 82 à 87, $CO_2$ 2 à 3, N : 7 à 16.



l'azote reste dans le gaz capté. Notre grisou naturel a, grosso modo, une composition moyenne de 80 % de méthane (CH 4) et 20 % d'azote.

Les grisous vierges captés à ce jour dans nos charbonnages renferment au moins 95 % de méthane et au maximum 3,4 % d'azote.

Une vérification s'imposait d'urgence pour constater si nous étions encore abilités à tirer des conclusions de sécurité de nos expériences sur un grisou plus inerte que le grisou réel de nos fosses.

Heureusement, nous disposions d'un moyen rapide de rendre à notre grisou la virulence des plus purs : il suffisait, puisque pour les essais nous devons le diluer à 8-10 %, de lui ajouter de l'oxygène pur en quantité telle que cet oxygène forme, avec l'azote en excès, un mélange d'air habituel.

Il fallait donc, puisque dans l'air normal, l'oxygène est à peu près le quart de l'azote, ajouter en oxygène le quart de l'azote en excès dans le grisou.

Cette addition se fait aisément à l'aide de bonbonnes d'oxygène d'où nous transvasons le gaz dans une cloche jaugée, disposée à proximité de la galerie d'essai.

Nous ajoutons la quantité d'oxygène, calculée, au grisou naturel au moment du mélange des gaz et en réglant l'opération de telle sorte que l'addition du grisou et de l'oxygène s'effectue dans le même temps.

Lors de chaque essai important, on a soin d'analyser le mélange ainsi formé.

Comme il fallait s'y attendre, le grisou ainsi vivifié est plus dangereux.

Nous avons repassé tous les explosifs S. G. P. Chacun d'eux subit quatre essais successifs :

1°) tir au mortier de la charge-limite en grisou naturel de la Station;

2°) tir de la même charge en grisou vivifié;

3°) tir d'une charge-limite gainée suspendue en grisou naturel;

4°) tir de la même charge en grisou vivifié.

Les essais 1 et 3 nous permettaient de constater que l'explosif et sa gaine avaient conservé les qualités reconnues aux essais de classement ou de contrôle précédents.

Les essais 2 et 4 nous apprenaient ce que devient la sécurité en présence de grisou réel.

La plupart des explosifs supportèrent sans défaillance les trois premiers essais : deux durent être modifiés à la suite de l'essai 2.

Le quatrième essai ne fut supporté que très irrégulièrement et par quelques types seulement.

Comme cet essai est draconien, nous n'avons pas cru opportun d'en tirer une conclusion pratique.

L'influence de l'azote est sensible, mais n'est pas aussi importante que les chiffres de composition le feraient croire de prime abord.

Un mélange d'air à 10 % de méthane — c'est le maximum — renferme, si l'on part de CH4 d'une pureté absolue : 10 % de CH4, 18,8 % d'oxygène et 71,2 % d'azote.

Un mélange à 10 % de CH4 en partant de grisou renfermant 80 % de méthane et 20 % d'azote, contiendra :

12,5 % de grisou, soit 10 % de CH4 et 2,5 % d'azote;

87,5 % d'air, soit 69,2 % d'azote et 18,3 % d'oxygène; soit, au total, 10 % de CH4, 71,7 % d'azote et 18,3 % d'oxygène.

On voit que les deux mélanges diffèrent seulement par une diminution de 0,5 % d'oxygène, et une augmentation parallèle du taux d'azote.



Les rapports de l'oxygène à l'azote passent de 0,264 (grisou vivifié) à 0,255 (grisou avec azote).

Ceci montre l'influence énorme que peut avoir une modification légère de l'atmosphère. Nous avons eu confirmation de cette influence dans les recherches sur les étincelles dont il sera parlé plus loin.

*Conclusion.* — Plus aucun essai important n'est effectué à l'Institut sans addition d'oxygène à notre grisou naturel.

Disons qu'il n'existe dans le fond, aucun phénomène tendant à augmenter la teneur en oxygène de l'air, au contraire, diverses causes d'oxydation, indépendamment de la respiration des hommes et des chevaux, tendent à diminuer le taux d'oxygène dans l'air des mines.

* * *

La grande consommation de grisou faite en 1930 pour nos essais nous a obligés à placer un exhausteur mécanique à la sortie du puits d'air du Grand-Trait où débouche notre canalisation de captage.

Les craintes que nous avions eues un moment au sujet de l'alimentation de la Station se sont évanouies après cette installation, mais nous avons ainsi créé dans notre tuyauterie du fond, précédemment en pression, une dépression qui provoque des rentrées d'air dans notre gaz.

Ce n'est pas un inconvénient majeur, puisque ce gaz doit être dilué, mais cela augmente les quantités mises en oeuvre.

Il y a d'ailleurs, dans le fait qu'il a fallu installer un appareil d'appel, un indice d'un certain épuisement de notre source de grisou. Ce n'est pas la première fois que semblable défaillance apparait, nous la signalons pour montrer que notre attention est attirée sur ce point.

### D. — Etude générale sur les explosifs S.G.P.

Notre service chimique sécurité a fait une étude sur nos divers explosifs S. G. P.

Sauf deux qui ont une légère déficience d'oxygène, nos explosifs sont à combustion complète et les températures de détonation calculées varient de 1.353° à 1.690° si l'on admet la volatilisation du chlorure de sodium, de 1.713 à 2.091° si l'on n'admet pas cette volatilisation.

Cette étude est le début nécessaire de recherches sur les constituants et le rôle exact de chacun d'eux, recherches longues et compliquées, dont il serait prématuré d'entrevoir même actuellement le développement.

Grâce à l'arrivée en mars d'un Ingénieur-chimiste, nous avons été à même de contrôler les compositions d'explosifs agréés et d'intervenir utilement auprès des fabricants.

Le dosage de la fluorine dans les gaines a nécessité une mise au point longue et délicate à cause des qualités destructrices bien connues des composés du fluor.

Cette mise au point est terminée.

Nous donnons en annexe I le résumé de l'étude sur les températures de détonation de nos explosifs, étude faite par MM. Van Oudenhove et Nenquin.

### E. — Recherches sur l'influence de la position des charges dans le tir au mortier.

La collaboration rétablie avec les organismes étrangers similaires aux nôtres nous permet de connaître au jour le jour les recherches effectuées à l'étranger et les résultats acquis avant toute publication de ceux-ci.

Cet avantage nous a permis de connaître les constatations faites en France et en Allemagne au sujet de



l'influence de la position de la charge d'explosif sur l'inflammation du grisou.

A l'Institut, pour pouvoir relier nos essais à ceux des expérimentateurs précédents — car l'essai au mortier n'est qu'un essai relatif qui permet de donner, *dans des conditions déterminées*, une comparaison entre les divers explosifs, — nous avons toujours disposé les charges de façon que l'extrémité antérieure affleure à l'orifice du fourneau.

A la suite des expériences étrangères portées à notre connaissance, nous avons concentré les charges au fond du mortier et avons constaté que la charge-limite diminue de 100 grammes environ pour les explosifs S. G. P. sans nitroglycérine, d'une quantité plus forte allant jusqu'à 300 grammes pour ceux contenant de la nitroglycérine.

Mais nos mortiers courts ne permettent pas un enfoncement des charges-limites donnant à l'avant un vide supérieur à 12-13 centimètres.

Il nous faudra poursuivre ces recherches dès que nous aurons reçu les mortiers longs commandés à la Société Cockerill.

Aussi bien, ces constatations, quoique troublantes, ne comportaient aucune sanction immédiate, car dans le tir réel de nos mines, nous avons deux coefficients de sécurité : l'emploi du bourrage obligatoire et le fait que le tir en roche — les essais de Colfontaine l'ont encore montré — donne plus difficilement inflammation que le tir au mortier.

### F. — Travaux du bois de Colfontaine.

Nous avons surtout effectué des photographies de flammes d'explosifs. Les explosifs étaient soit placés dans des fourneaux creusés au rocher, soit suspendus à l'air libre dans la galerie.

Les photographies étaient prises soit de face, soit latéralement.

Parmi les recherches spéciales, signalons les résultats suivants :

1°) *Présence de cellulose dans les explosifs.* — Les trois explosifs dont les compositions suivent n'ont donné aucune différence appréciable dans l'étendue et la densité des flammes observées.

| | A | B | C |
|---|---|---|---|
| Nitroglycérine . . . | 10,00 | 10,00 | 10,00 |
| Nitrocoton . . . . | 0,10 | 0,10 | — |
| Charbon de bois . . | 4,90 | — | — |
| Nitrate d'ammoniaque. | 63,00 | 63,00 | 58,00 |
| Chlorure de sodium . | 22,00 | 22,00 | 22,00 |
| Farine de bois . . . | — | 4,90 | 10,00 |

Ces essais avaient pour but de voir s'il fallait éviter la farine de bois, la conclusion est négative.

2°) *Flammes des explosifs S. G. P.*

*a*) Même tirés sans bourrage, nos explosifs S. G. P. ne laissent voir que des flammes excessivement réduites, localisées uniquement aux environs de l'orifice du fourneau ;

*b*) La présence du bourrage supprime tout enregistrement lumineux sur la plaque ;

*c*) L'amorçage antérieur donne les flammes les plus réduites.

Nous avons encore effectué à Colfontaine, des tirs en volée, des photographies de charges paraffinées, etc., dont il a déjà été parlé plus haut.



## G. — Expériences organisées aux Charbonnages de Monceau-Fontaine.

Nos galeries au rocher de Colfontaine ne permettent pas un travail suffisamment intense pour pouvoir en tirer dans un délai normal des conclusions raisonnablement assises.

C'est pourquoi nous nous sommes efforcés d'élargir le cadre de ces essais au rocher en demandant la collaboration d'un charbonnage.

Ayant appris qu'une galerie en chassage à l'étage de 845 mètres du siège n° 14 de Monceau-Fontaine devait avoir environ 600 mètres de développement, nous avons obtenu la bienveillante collaboration de la Direction de la mine (1) pour faire servir ce creusement de chantier d'expérience permettant d'élucider certains points qui intéressent plus spécialement le monde minier : ces points visent la comparaison de l'emploi d'explosifs gainés ou non gainés, d'explosifs comprimés ou non, de mines successives ou simultanées.

Un programme fut établi d'accord avec M. Desenfans, Directeur du 4e Arrondissement des Mines et M. l'Ingénieur des Mines Lefèvre suivit de près le développement du travail.

En 1930, deux points ont été établis : il n'y a pratiquement aucune différence entre les explosifs gainés et les explosifs non gainés dans les terrains moyens sous le rapport, ni de la consommation d'explosifs, ni de l'avancement, ni même du prix de revient.

D'autre part, la compression modérée des explosifs marque un avantage au point de vue de la consommation et de l'avancement.

Dès à présent, on peut conclure que la formule adoptée pour ces recherches est bonne et peut être mise à profit.

Nous donnons en annexe II le rapport de M. l'Ingénieur Lefèvre résumant les essais de 1930.

(1) Nous devons ici des remerciements spéciaux à M. Edg. Stein, Directeur-Gérant, actuellement Inspecteur général des Charbonnages de la Société Générale, M. Vogels, Directeur-Gérant, M. Delarge, Ingénieur en chef et à leurs dévoués collaborateurs.

II.

## TRAVAUX SUR LES LAMPES

### A. — Etude sur les auréoles des lampes.

Cette étude a été terminée et a permis l'établissement de graphiques de vulgarisation montrés à l'occasion des visites de personnel surveillant. Nous les reproduisons ci-dessous.

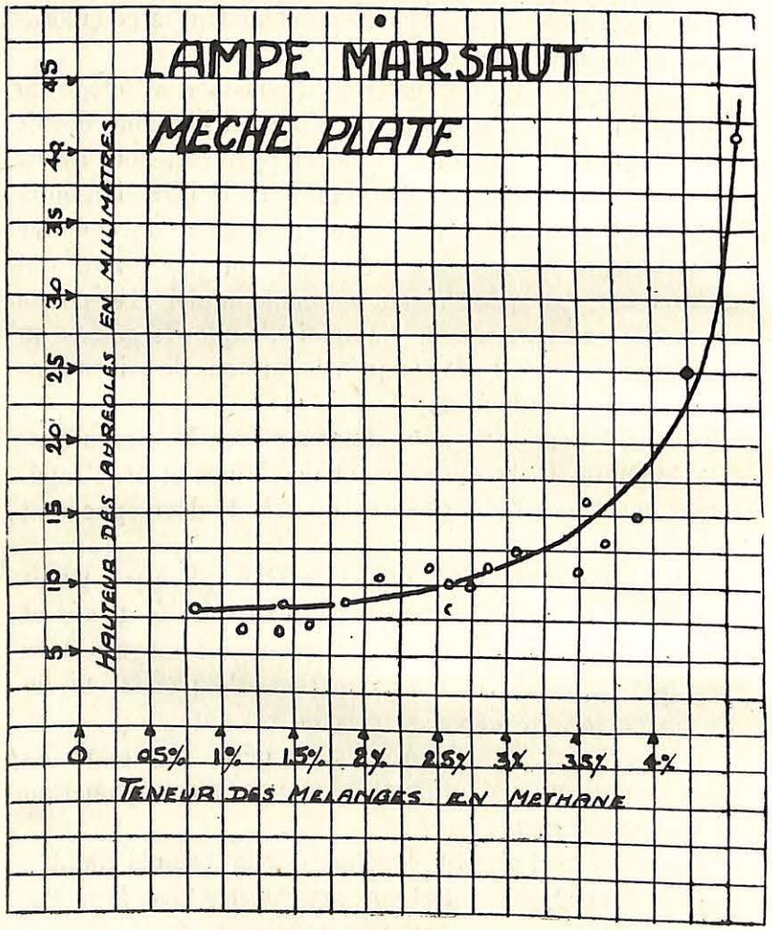



Fig. 1. — Auréoles du grisou dans les lampes à huile type Marsaut.



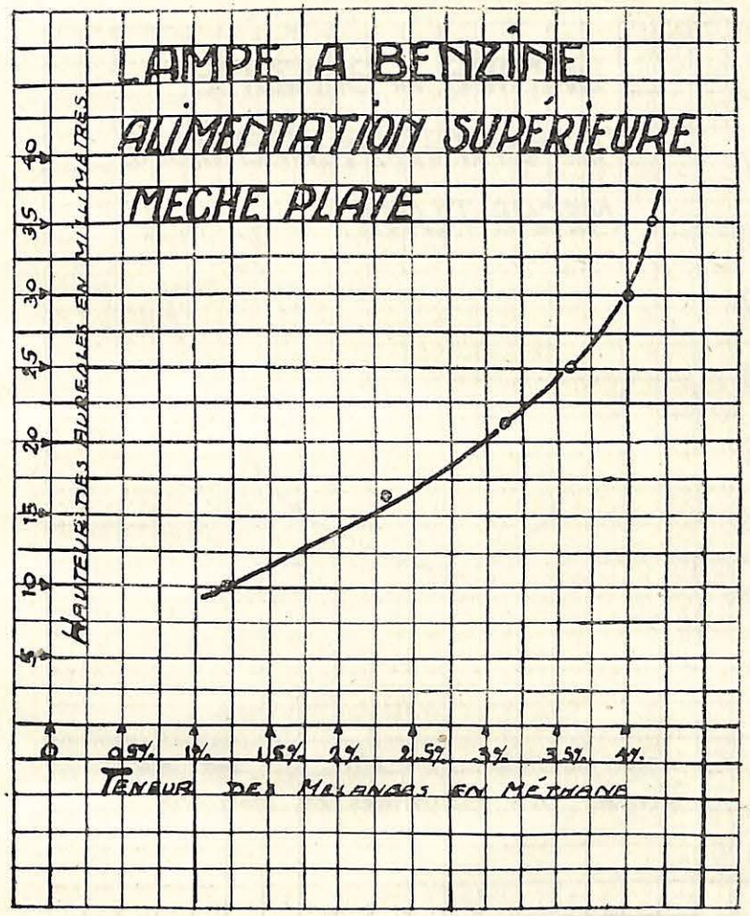



Fig. 2. — Auréoles du grisou dans la lampe Wolf à benzine à alimentation supérieure.

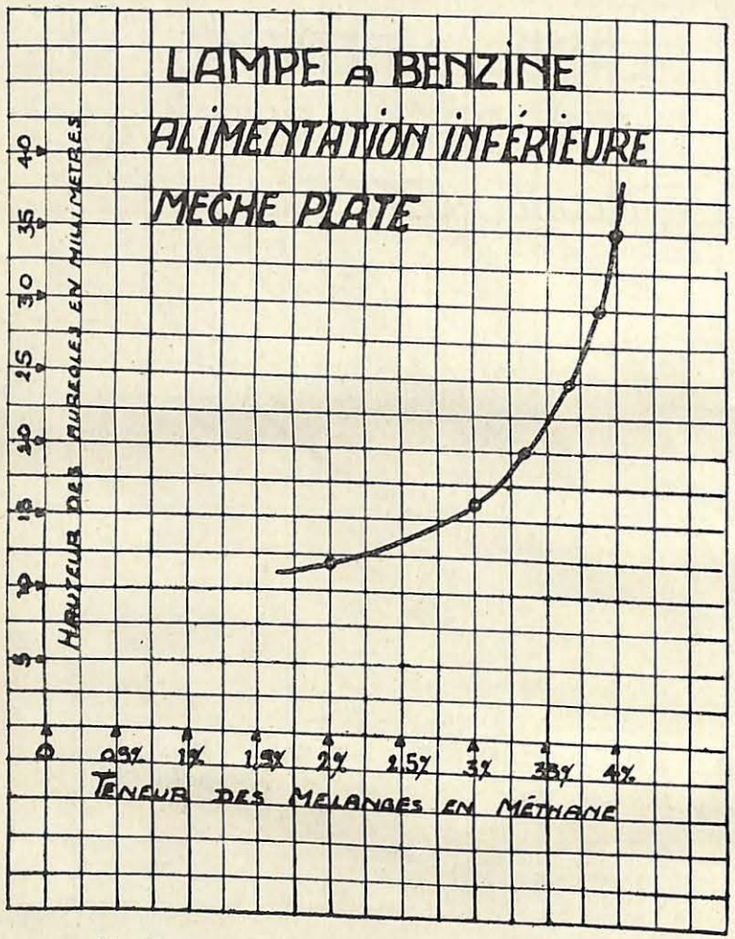



Fig. 3. — Auréoles du grisou dans la lampe à benzine à alimentation inférieure, mèche plate.



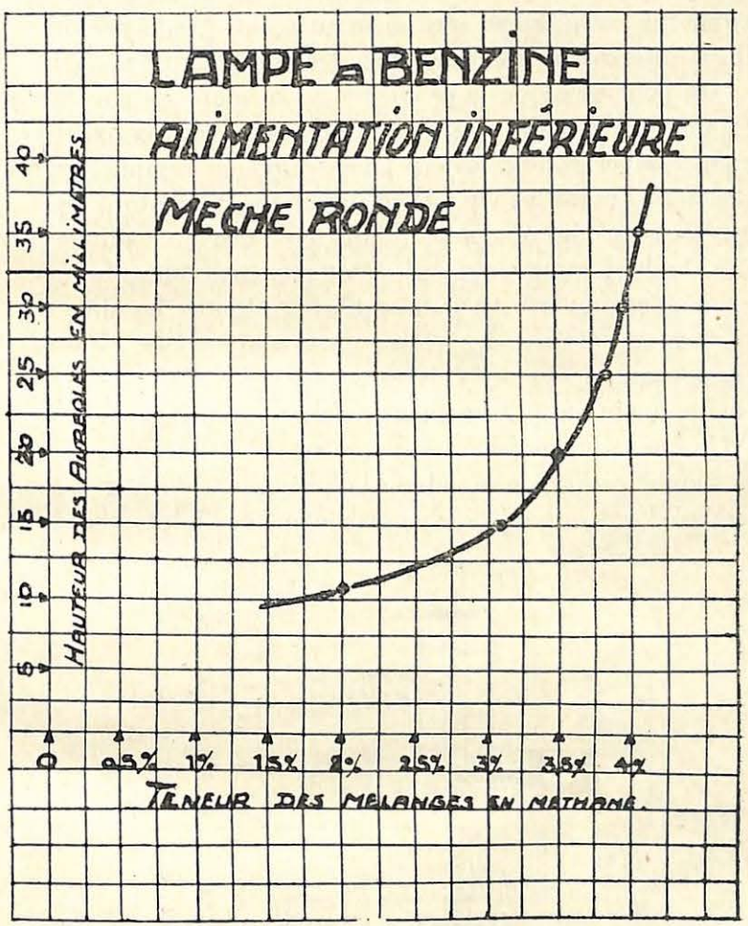



Fig. 4. — Auréoles du grisou dans la lampe à benzine à alimentation inférieure, mèche ronde.

B. — **Lampe Grard (lampe grisoumétrique à flamme).**

La lampe de M. Grard, Directeur-adjoint du contrôle des mines de la Saar, a fait l'objet d'une série d'essais qui pourront être repris lorsque la construction industrielle de cette lampe sera mise au point. Dès à présent, il est intéressant d'en souligner les caractéristiques. (1)

On peut dire que le problème de la lampe de sûreté à flamme est résolu, c'est-à-dire que nous savons exactement quelles conditions ces lampes doivent remplir pour résister à toutes les vitesses et directions de courant qu'il est possible de rencontrer dans nos travaux miniers. Les doubles tamis soigneusement proportionnés, la cuirasse avec ouvertures bien calibrées, toutes les dimensions bien définies, les verres en cristal spécial : toutes ces précautions bien précisées ont créé une série de types parfaitement sûrs du moment qu'ils sont en bon état.

Ce qui peut perfectionner les lampes à flamme, c'est la simplification du nombre de pièces — d'où grande facilité d'entretien — le remplacement des joints plus ou

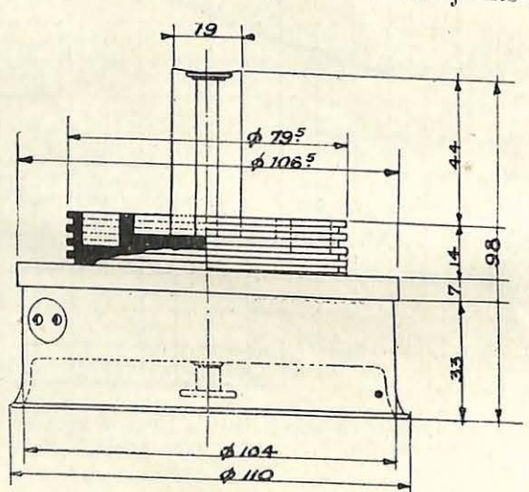



Fig. 5. — Pot de la lampe Grard.

(1) La lampe définitive, soumise en 1931 à l'examen de l'Institut en vue de l'agréation, a des dimensions réduites par rapport à celles du type examiné en 1930.



moins précaires résultant d'une ou plusieurs pièces intercalaires en amiante ou en fibre, par des assemblages plus constants, plus solides, moins sujets à usure et à négligence.

A ce point de vue, la lampe Grard à benzine est intéressante; elle est du type à alimentation inférieure.

La lampe ne comprend que cinq parties :

1) *Le pot*, muni d'un filet de quatre pas, extrêmement solide; latéralement, ce pot porte : *a*) l'anneau de commande du rallumeur horizontal et *b)* la rondelle de fermeture pour le remplissage de la benzine. Cette position de la fermeture ne peut soulever d'objection;

2) *L'anneau d'entrée d'air* (fig. 6) : il comporte quatre toiles concentriques serrées dans une armature, dont les bords supérieurs et inférieurs forment des joints dressés à emboîtement en U de 25 millimètres de développement; ces joints viennent s'appliquer sur une surface correspondante du pot d'une part, d'autre part sur la pièce représentée figure 6 pour le raccord avec le verre.

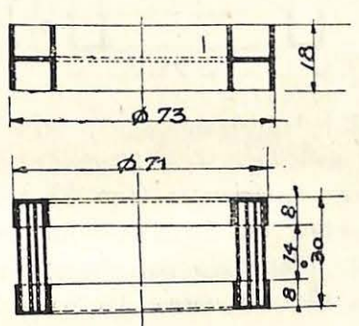



Fig. 6. — La couronne d'entrée d'air avec la pièce formant joint à emboîtement avec le verre.

Remarquons que les toiles métalliques utilisées par M. Grard sont à 64 mailles seulement par centimètre

carré, mais en fil de 0,6 millimètre. Elles donnent la même surface de passage que les toiles habituelles à 144 mailles en fils d'un tiers de millimètre, mais sont beaucoup plus solides;

3) *Le verre* (fig. 7) : il est un peu plus haut que les verres habituels; les extrémités inférieure et supérieure sont scellées dans des embases en laiton, à surface extérieure en U, s'emboîtant dans les surfaces correspondantes de l'entrée d'air et des toiles supérieures;

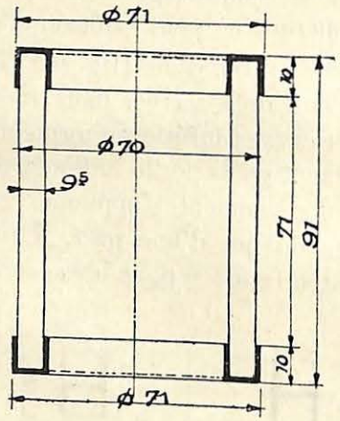



Fig. 7. — Le verre avec ses deux embases en U.

4) *Les toiles supérieures* (fig. 8) : tout comme les entrées d'air, elles sont formées de quatre toiles concentriques, réunies à leur base par une couronne en U s'emboîtant sur la tête du verre. La partie supérieure est coiffée d'un couvercle en tôle pleine, destiné à recevoir en son milieu, par une encoche appropriée, la pression d'un ressort ménagé sous le couvercle de la cuirasse, ressort qui doit fixer l'ensemble;



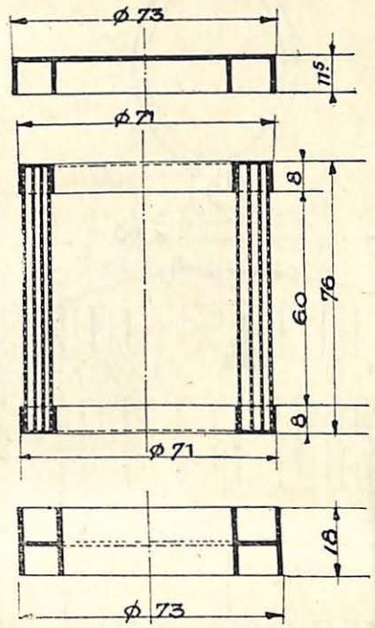



Fig. 8. — Les toiles supérieures; en-dessous le raccord avec le verre; au-dessus, le couvercle plein avec son emboîtement.

5) *L'armature avec cuirasse inamovible* (fig. 9) inséparable des barreaux protecteurs du verre et de l'anneau de base portant les encoches où se cale la fermeture magnétique de la lampe. Comme déjà dit, le couvercle de la cuirasse porte un ressort qui, lorsque l'on visse l'armature sur le pot, vient appuyer sur le couvercle des toiles et assemble toute la lampe.

La fermeture magnétique de la lampe est assurée par un fort piton s'engageant verticalement dans les encoches de l'armature. Les deux pièces polaires permettant le rappel du ressort sont placées sous le pot de la lampe. Le dévissage complet doit s'effectuer sous l'action de l'aimant.

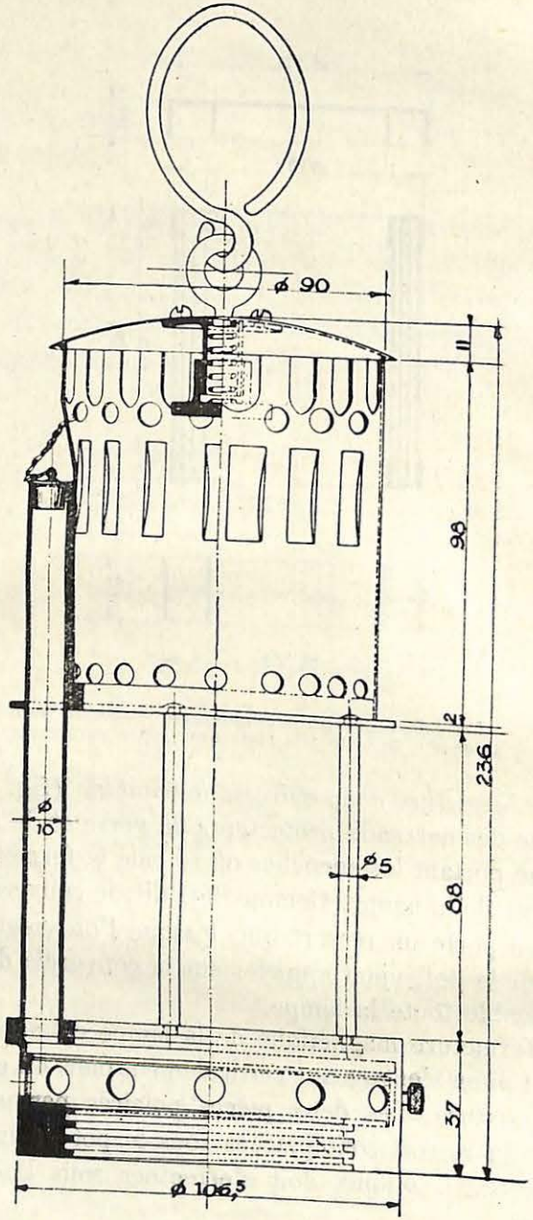



Fig. 9. — La cuirasse Grard inamovible, faisant corps avec l'armature.

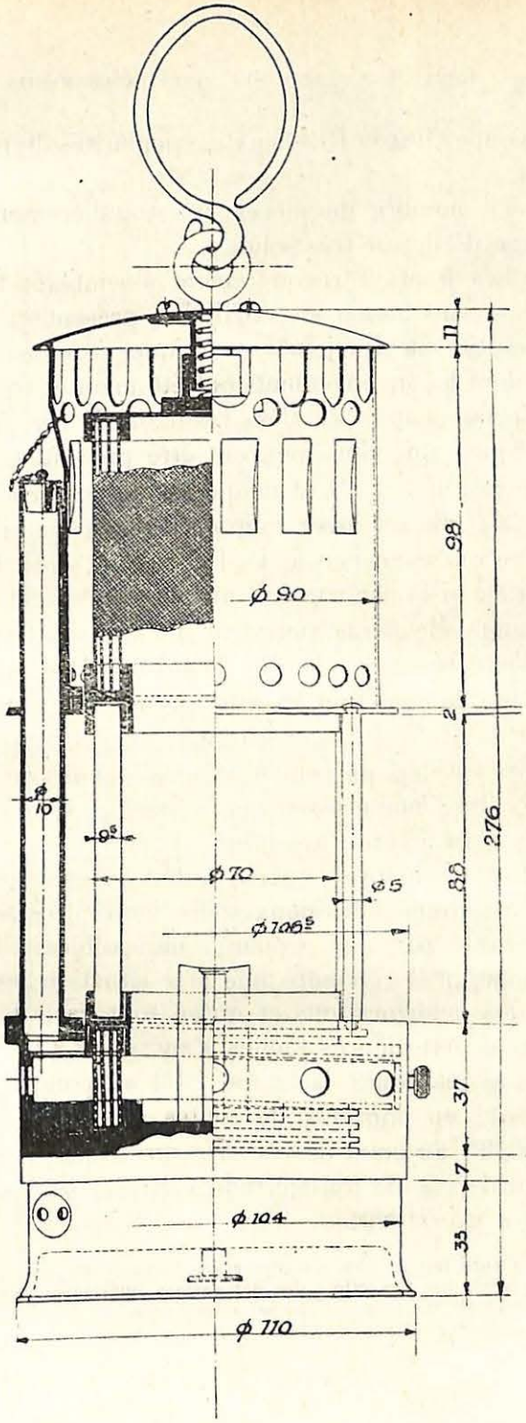



Fig. 10. — Lampe Grard assemblée.

La lampe Grard offre deux particularités du plus grand intérêt :

1°) Le nombre de pièces est singulièrement réduit. Chacune d'elle est très solide;

2°) Les joints à recouvrement assemblant les pièces dressées, sans aucun intermédiaire, présentent bien plus de garantie que les joints empiriques à anneaux superposés dont les inconvénients ont été maintes fois signalés et suppriment tous les aléas résultant de ces joints.

Quelques objections peuvent être présentées du point de vue pratique : 1°) la lampe est de construction coûteuse; 2°) elle est assez lourde et encombrante.

En ce qui concerne le 1°, l'objection serait beaucoup plus grave si l'on n'assistait au développement croissant de la lampe électrique portative. La lampe à flamme sera sans doute réservée au rôle de grisoumètre permanent, indispensable dans tout chantier de mines grisouteuses.

Pour le 2°, des améliorations ont été apportées et M. Grard est déjà parvenu à réduire le poids de sa lampe à celui d'une lampe électrique portative, sans rien enlever à son caractère de solidité.

Le fait d'employer quatre toiles concentriques peut prêter à critique : les deux toiles intérieures sont inaccessibles et, par conséquent, impossibles à vérifier; l'inventeur peut répondre que leur situation les protège contre les détériorations et qu'en tout cas, il reste les deux toiles extérieures faciles à surveiller (1).

Nous avons étudié la lampe : 1°) au point de vue de la sécurité en courants de toutes directions et toutes vitesses; 2°) au point de vue grisoumétrique, c'est-à-dire au point de vue de son aptitude à décéler les teneurs des mélanges grisouteux.

(1) M. Grard fait de plus remarquer que l'emploi de quatre tamis rend la lampe insensible aux effets des détonations intérieures. Nous compléterons nos essais sur ce point spécial à bref délai.

*I. — Tableau résumant les essais sur la sécurité.*

| N° de l'essai | Orientation du courant | Teneur en $CH_4$ | Vitesse en m. p/sec. | Durée en secondes | Résultat : × traversée ; O pas de traversée. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | crt horizontal | 8 % | 5m20 | 120" | O | Grisou brûle à la couronne d'entrée d'air. Tamis, cuirasse et pot peu chauds. Verre très chaud. |
| 2 | id. | 8 % | 9m60 | 150" | O | Grisou brûle à la couronne d'entrée d'air. Flammes jaunes assez développées. Pot chaud. Verre et cuirasse chauds. Verre très brisé; les morceaux restent jointifs. |
| 3 | id. | 8 % | 15m30 | 150" | O | Idem. Toutes les parties de la lampe sont très chaudes. Tamis intérieur est rouge. |
| 4 | crt obliq. ascendant. | 9 % | 5m20 | 90" | O | Le verre précédent a été remplacé par une autre un peu plus haut et portant la marque « Scott et Gen, Iéna ». Grisou brûle à l'entrée. Extinction après 90". Cuirasse peu chaude. |
| 5 | id. | 8 % | 5m20 | 1 20" | O | Idem, mais la lampe ne s'éteint pas. Verre et pot peu chauds. |
| 6 | id. | 8 % | 9m60 | 120" | O | Le verre est remplacé par un autre fendu verticalement de mêmes dimensions que le précédent. Grisou brûle à l'entrée d'air et dans les tamis. Peu de flammes jaunes. Tamis rouge sombre. Cuirasse et verre chauds. Pot peu chaud. Une fente supplémentaire se déclare dans le verre. |
| 7 | id. | 8 % | 15m30 | 60" | O | Grisou brûle à l'entrée d'air. Tamis noir. Cuirasse froide. Pot chaud; verre très chaud. Une nouvelle fente se déclare dans le verre. |
| 8 | courant vert. descendant | 8 % | 5m20 | 120" | O | On remplace verre des essais 4 et 5. On constate avant l'essai que le tube porte-mèche est dessoudé. Grisou brûle à l'entrée d'air. Beaucoup de flammes jaunes montant jusqu'au sommet du tamis et persistant après l'essai. Cuirasse et verre très chauds. Pot chaud. |
| 9 | id. | 8 % | 9m60 | 120" | O | Idem. Le verre est très brisé, mais les morceaux ne tombent pas. |

## II. — *Essais des qualités grisoumétriques.*

Conçue, dans l'esprit de son auteur, spécialement en vue de mesurer les teneurs des mélanges grisouteux, la lampe Grard a deux dispositifs spéciaux : tout d'abord elle porte, en face des orifices par où l'air accède à la couronne d'entrée, un anneau métallique percé de trous, visible aux figures 9 et 10, dont la rotation permet de supprimer la coïncidence des orifices et, par conséquent, de couper l'alimentation d'air : on peut donc éteindre facilement une lampe brûlant au grisou.

En second lieu, un tube débouchant extérieurement à mi-hauteur de la cuirasse arrive, à l'intérieur, à la rampe circulaire renfermant la couronne d'entrée (voir fig. 9 et 10) : en conséquence, en fermant l'entrée normale, on peut alimenter par le haut, dispositif permettant de détecter une nappe de gaz au ciel des galeries, chose ordinairement impossible avec une lampe à alimentation inférieure ordinaire.

Les hauteurs d'auréoles ont été lues à l'aide d'une graduation placée derrière la flamme et par deux opérateurs différents.

La lampe étant introduite en atmosphère grisouteuse, la hauteur de la mèche était diminuée jusqu'à obtention d'une tache jaune surmontée d'une mince ligne bleue.

Chaque opérateur réglait lui-même la lampe avant la lecture. Les mesures ont été faites avec les deux modes d'alimentation.

Dans les tableaux ci-dessous, figurent à côté de chaque teneur, la moyenne des lectures faites par les deux opérateurs.



*Première série.*

Les ouvertures inférieures d'entrée d'air sont ouvertes et le tuyau de prise est fermé par son bouchon « ad hoc ».

| Numéro de l'essai. | Teneur en %. | Moyennes des lectures. |
|---|---|---|
| 1 | 3,0 | 17,5 |
| 2 | 4,51 | 57,5 |
| 3 | 1,95 | 13,5 |
| 4 | 2,1 | 15 |
| 5 | 2,57 | 15 |
| 6 | 3,52 | 23,5 |
| 7 | 4,19 | 45 |
| 8 | 4,22 | 50 |
| 9 | 3,37 | 24,5 |
| 10 | 2,9 | 17,5 |
| 11 | 2,66 | 15,5 |
| 12 | 1,98 | 14 |
| 13 | 4,58 | 60 |

*Seconde série.*

Les ouvertures inférieures sont fermées et le tuyau de prise est libre.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1,32 | 9,5 (1) |
| 2 | 1,91 | 15 |
| 3 | 2,56 | 17 |
| 4 | 2,9 | 17,5 |
| 5 | 3,46 | 21 |
| 6 | 3,6 | 27,5 |
| 7 | 2,39 | 16 |
| 8 | 2,14 | 16 |
| 9 | 3 | 18 |

(1) La pointe est imperceptible, ne figure pas au graphique.

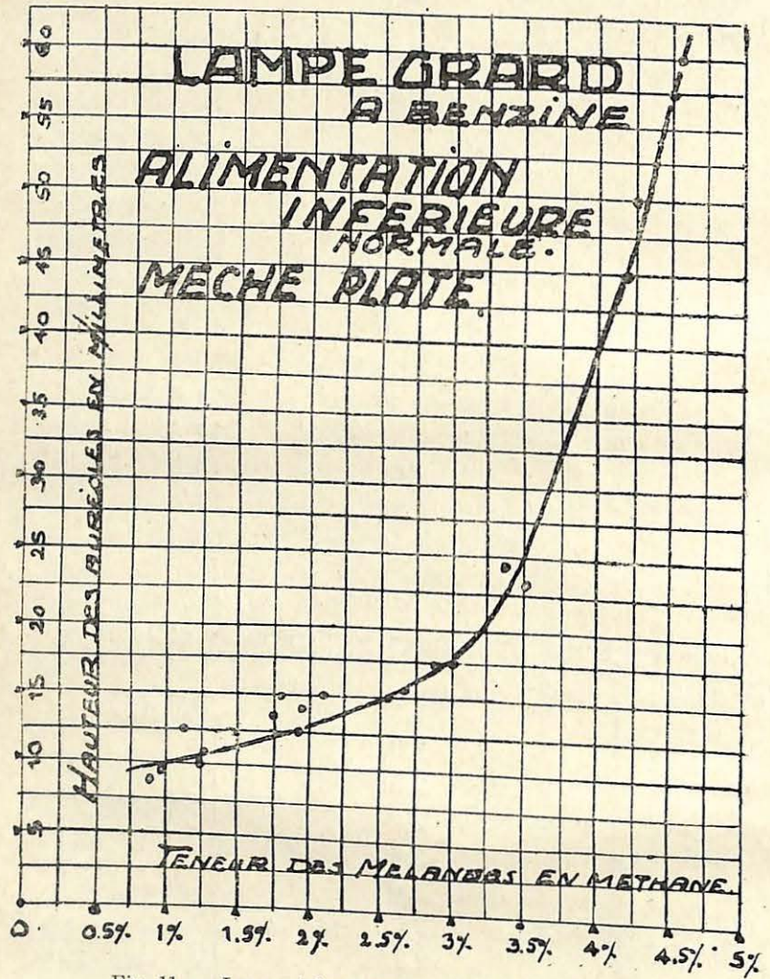



Fig. 11. — Les auréoles du grisou dans la lampe Grard alimentée normalement.



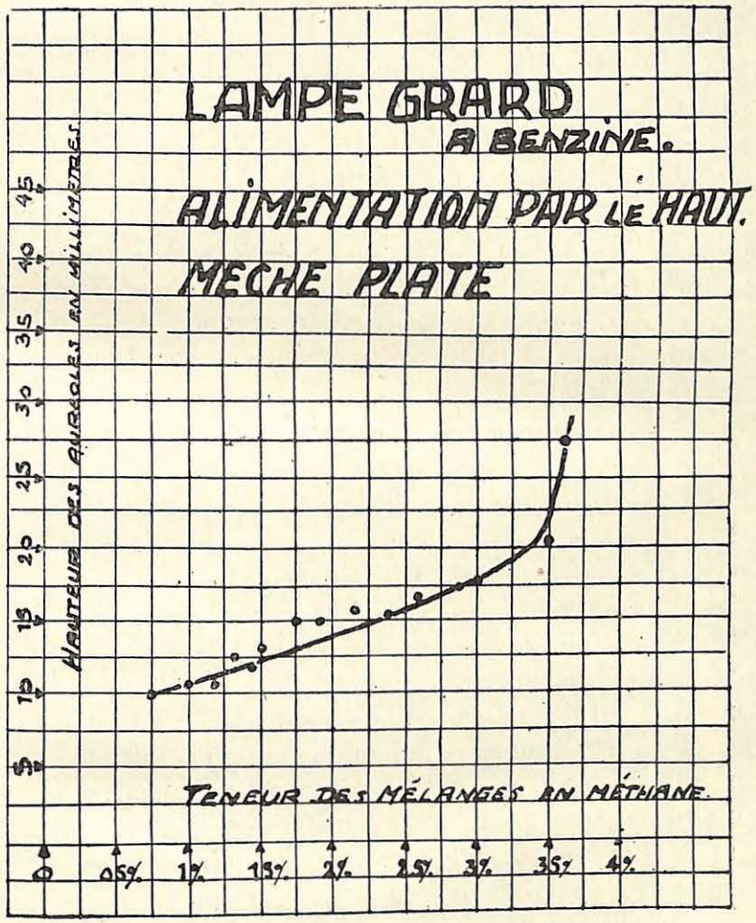



Fig. 12. — Les auréoles du grisou dans la lampe Grard alimentée par le haut à l'aide du tube latéral.

A l'aide des moyennes, on peut tracer les deux graphiques reproduits ci-contre figures 11 et 12, lesquels correspondent approximativement à ce que nous avons trouvé au cours de nos recherches sur les auréoles avec les lampes à benzine à mèche plate à alimentation inférieure et à alimentation supérieure.

La lampe Grard est donc pour le moins équivalente aux lampes à flamme ordinaires au point de vue *grisoumétrie*.

Dans l'adjonction d'un tube vertical captant l'air à mi-hauteur de la cuirasse, il faut voir la reprise d'une idée déjà ancienne; mais elle n'en constitue pas moins un perfectionnement qui corrige l'inaptitude des lampes ordinaires à déceler une nappe de grisou flottant au ciel de la galerie.

### Grisoumètre Daloz-Arras.

Une autre étude intéressant la grisoumétrie est celle du grisoumètre Daloz Arras (1).

Ce grisoumètre consiste en un eudiomètre de petite capacité, accolé latéralement à une lampe électrique portative. Une petite cloche permet de capter l'échantillon de l'air de mine à examiner. En revissant la cloche, on chasse l'air dans une petite chambre à combustion (voir fig. 13). Un contact assure en dix secondes la combustion du méthane; la lecture de la contraction en résultant se ait, après soixante secondes, sur un petit manomètre à eau placé sous la chambre de combustion. Le principe n'est pas nouveau, mais la rapidité de l'opération permet d'enregistrer immédiatement les teneurs, sans exiger les opérations habituelles : échantillonnage au fond, transport au laboratoire, transvasement dans les eudiomètres,

(1) Ce grisoumètre a été décrit dans une note technique n° 116 de mars 1930 du Comité central des houillères de France, dans la forme où il a été présenté initialement à l'Institut. On verra par les lignes qui suivent les modifications apportées à la suite de son examen.

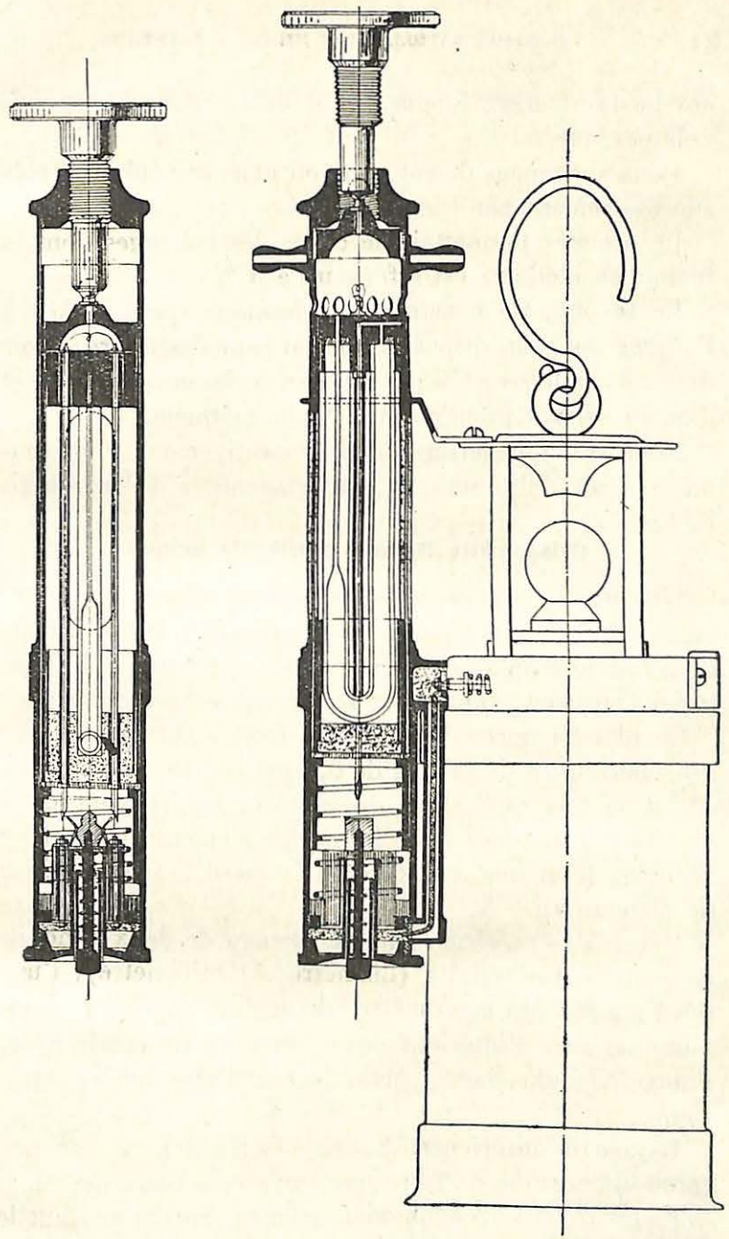


Fig. 13. — Le grisoumètre Daloz-Arras;
à droite, cloche relevée pour aspiration de l'atmosphère à examiner;
à gauche, cloche abaissée fermant la chambre de combustion.

combustions assez longues et délicates dans les grands volumes, etc.

Deux spécimens de cet appareil nous ont été présentés successivement par l'inventeur.

Le premier permettait de doser des mélanges dont la teneur en méthane est inférieure à 3 %.

Le second, de construction identique, peut, grâce à l'adjonction d'un dispositif spécial supplémentaire, avoir deux sensibilités et analyser des mélanges pauvres et d'autres titrant jusqu'à 4 1/2 % de méthane.

Nous les appellerons donc respectivement « grisoumètre à sensibilité unique », « grisoumètre à deux sensibilités ».

### Grisoumètre Daloz à sensibilité unique.

L'appareil à sensibilité unique est représenté en coupe; la chambre de combustion est constituée par une cloche de forme hémisphérique qu'une vis, manoeuvrée de l'extérieur, permet d'appliquer fortement sur un plateau.

Ce plateau porte deux bornes isolées entre lesquelles est tendu un fil de platine de 0,1 millimètre de diamètre.

Sur la face inférieure du plateau, se trouvent deux cavités cylindriques dans lesquelles s'engagent les deux branches d'un tube en verre en forme d'U faisant office de manomètre.

Grâce à la présence dans le plateau de deux conduits de section très réduite (diamètre : 1 millimètre), l'une des branches du manomètre, de section capillaire, communique avec l'intérieur de la chambre de combustion, l'autre, de plus large section, avec l'atmosphère extérieure.

La partie inférieure du manomètre repose sur une pièce cylindrique en fibre que traversent deux tiges métalliques isolées en connexion avec les bornes portant le fil de platine de combustion.



Les extrémités inférieures de ces deux tiges sont filetées et pourvues d'écrous dont le serrage maintient en place le manomètre.

Le plateau de la chambre de combustion ainsi que toutes les pièces qui en sont solidaires sont fixés dans une gaine cylindrique en bronze, percée d'ouvertures allongées vis-à-vis du manomètre et de trous circulaires au niveau du plateau.

Cette gaine et les organes qu'elle protège forment un bloc mobile à l'intérieur d'un cylindre, la seule partie visible extérieurement et, comme dit précédemment, solidaire de la tête de la lampe.

Les deux extrémités du cylindre sont filetées intérieurement.

Le filet supérieur reçoit l'écrou dans lequel s'engage la vis permettant le serrage de la cloche sur son plateau. Le filet inférieur renferme une bague filetée sur laquelle repose une pièce cylindrique de fibre servant d'appui à un fort ressort.

Ce ressort est comprimé par le bloc mobile à l'intérieur du cylindre dès que la vis de serrage de la cloche est complètement enfoncée.

Dans cette position, les deux bouts filetés des tiges conductrices connectées au fil de platine se trouvent vis-à-vis de deux lames élastiques en laiton fixées sur le cylindre de fibre et raccordées aux pôles de l'accumulateur.

Un bouton-poussoir, visible dans la coupe de gauche de la figure 13, mobile suivant l'axe du cylindre et portant à son extrémité supérieure une pièce isolante en forme de poire, peut écarter les deux lames élastiques et les amener en contact avec les tiges conduisant le courant au fil de platine.

Le bouton est rappelé vers le bas par un ressort. Le cylindre est percé d'ouvertures circulaires situées au niveau du plateau de la chambre de combustion lorsque la cloche est soulevée.

Il est, en outre, ajouré à hauteur du manomètre pour permettre la lecture des dépressions.

L'étanchéité de l'appareil est assurée par des joints de caoutchouc aux extrémités du manomètre. En outre, la cloche est fixée par une rotule à sa vis de serrage, disposition qui permet l'ajustement parfait des joints dressés de la chambre de combustion.

*Mode d'emploi.*

L'exécution d'un dosage comporte les opérations suivantes :

1°) Ouverture de la chambre de combustion en desserrant complètement la vis solidaire de la cloche;

2°) Introduction de l'air grisouteux à analyser en agitant la cloche verticalement une dizaine de fois;

3°) Fermeture de la chambre de combustion en serrant à fond la vis de la cloche;

4°) Lecture du niveau du liquide;

5°) Combustion du gaz en appuyant sur le bouton-poussoir;

6°) Lecture du niveau du liquide après combustion.

*Examen de l'appareil.*

*Sécurité d'emploi en atmosphère grisouteuse.*

La présence d'organes électriques dans le grisoumètre nous oblige à l'examiner au point de vue du danger d'inflammation par étincelles. Au cours du fonctionnement normal, il ne peut jaillir d'étincelle qu'à l'interrupteur et pendant la combustion seulement.



Or, à ce moment, l'espace où se trouve l'interrupteur ne communique avec l'atmosphère que par des joints à frottement doux : un de 30 millimètres de longueur entre le bouton-poussoir et sa douille de guidage, et un autre de 38 millimètres entre la gaine et une bague de laiton intérieure s'appuyant sur la pièce de fibre qui supporte le manomètre.

S'il survient une avarie aux isolants, des étincelles de court-circuit peuvent se produire entre les conducteurs amenant le courant au fil de platine.

Or, la plus grande partie de ces conducteurs est soustraite au contact de l'atmosphère extérieure, sauf toutefois les deux tiges conductrices supportant le manomètre.

Ces tiges sont assez distantes l'une de l'autre (7 mm. au moins) et sont suffisamment tendues pour qu'on n'ait pas à envisager l'éventualité d'un contact (1).

Reste le danger d'inflammation par le fil de platine. Pour que la chose soit possible, il faut supposer un défaut d'étanchéité au joint de la chambre de combustion ou le bris du manomètre.

Un défaut d'étanchéité au joint est sans conséquence si ce n'est au point de vue de l'exactitude de la mesure, car on ne peut porter le filament à l'incandescence qu'après enfoncement complet du bloc-manomètre.

Une inflammation se produisant à l'intérieur de la chambre de combustion ne pourrait atteindre l'atmosphère extérieure qu'en passant par un joint à frottement doux de 12 millimètres au moins de longueur.

(1) Il convient de remarquer que l'inflammation de mélange d'air et de grisou par des étincelles de court-circuit d'accumulateurs exige des débits très élevés. A l'aide d'une batterie de six accumulateurs au plomb, nous n'avons pu enflammer un mélange à 8 1/4 % de méthane qu'avec un courant supérieur à 100 ampères. D'autre part, le courant de court-circuit des accumulateurs de lampes portatives utilisées en Belgique est de l'ordre de 50 ampères.

En cas de bris du manomètre, la chambre de combustion communique avec l'extérieur par un conduit de 3 millimètres de longueur et de 1 millimètre de diamètre pratiqué dans le plateau.

Or, les expériences anglaises ont montré qu'un trou de 1,5 millimètre de diamètre percé dans une plaque de 3,2 millimètres d'épaisseur ne se laissait pas traverser par la flamme provenant de l'explosion d'un volume de 8 litres de mélange grisouteux à 8,5 % de méthane (2).

Notons de plus que le volume réduit de la chambre de combustion (2 $cm^3$) exclut la possibilité de chasse violente d'air chaud et, par conséquent, l'éventualité de la traversée d'une flamme par des orifices aussi étroits que ceux percés dans le plateau.

Les considérations qui précèdent s'appliquent en réalité à l'appareil en bon état.

Si le cylindre extérieur a reçu des chocs violents empêchant le jeu du ressort qui, normalement, doit pousser le bloc manométre vers le haut, on pourra simultanément alimenter le fil de platine et dévisser la cloche de la chambre de combustion.

On notera néanmoins que si le bloc manomètre reste calé au point bas de sa course, les ouvertures de la gaine de protection ne sont pas en coïncidence avec celles du cylindre extérieur et il n'est pas possible, d'autre part, de mettre le fil de platine en contact avec l'atmosphère extérieure, car la partie supérieure de la gaine porte des appendices élastiques qui s'opposent au retrait complet de la cloche.

En résumé, on peut dire que le grisoumètre présente une sécurité équivalente à celle de la lampe électrique à laquelle il est adapté.

(2) Voir Paper n° 21 du « Safety in Mines Research Board », *Flameproof electrical apparatus for use in coal mines.*



*Recherches relatives à l'exactitude des indications grisoumétriques.*

Comme nous l'avons dit plus haut, l'appareil à sensibilité unique ne peut être utilisé que si la teneur en $CH^4$ est inférieure à 3 % (1).

Pour l'étude du fonctionnement de l'appareil, nous avons préparé des mélanges grisouteux dans un gazomètre de laboratoire d'une capacité de 250 litres.

Le mélange à analyser était introduit dans la chambre de combustion à l'aide d'une bague en laiton munie de deux tubulures et glissant sur le cylindre extérieur du grisoumètre.

Cette bague étant amenée en coïncidence avec les ouvertures circulaires donnant normalement accès au mélange à doser, on réalisait un remplissage parfait de la chambre, en agitant d'après le mode indiqué plus haut, la vis de blocage de la cloche.

Au cours des essais, nous avons observé d'abord les prescriptions indiquées par le constructeur pour l'exécution d'un dosage, c'est-à-dire combustion du mélange pendant 10 secondes, puis lecture de la dénivellation au manomètre une minute après la fin de la combustion.

Nous avons ensuite varié les conditions de durée indiquées ci-dessus afin de rechercher les erreurs qui pouvaient en résulter.

Les temps ont été mesurés exactement à l'aide d'un chronomètre. Les conditions des essais et les résultats auxquels nous avons été conduits sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Nous n'avons retenu que les moyennes des lectures données pour chaque groupe d'essais.

(1) Diamètre intérieur du tube gradué 1,1 millimètre.

*Mélange à 2,98 % de méthane.*

| Numéro des essais. | Durée de la combustion. | Temps écoulé entre la fin de la combustion et la lecture. | Moyenne des dénivellations. |
|---|---|---|---|
| 1 à 15 . | 10'' | 60'' | 22,75 |
| 16 à 20 . | 8'' | 60'' | 22,8 |
| 21 à 25 . | 6'' | 60'' | 21,7 |
| 26 à 30 . | 10'' | 50'' | 22,9 |
| *Mélange à 1,89 % de méthane.* | | | |
| 31 à 45 . | 10'' | 60'' | 12,8 |
| 46 à 50 . | 8'' | 50'' | 11,7 |
| 51 à 55 . | 8'' | 70'' | 10,55 |
| 56 à 60 . | 10'' | 70'' | 8,45 |
| *Mélange à 0,985 de méthane.* | | | |
| 61 à 67 . | 10'' | 60'' | (1) |
| 68 à 80 . | 10'' | 60'' | 5,44 |

Les résultats obtenus avec le mélange à 2,98 % montrent que des erreurs affectant la durée de la combustion ou le temps écoulé entre la combustion et la lecture n'influent pas considérablement sur les résultats.

La moyenne des essais 21 à 25, pour lesquels la combustion a été moins longue, est inférieure de 4,4 % seulement à celle des essais 1 à 15 effectués dans les conditions normales.

Si on compare les moyennes des résultats fournis par les séries 31 à 45 et 46 à 50, l'erreur atteint 7,8 % lorsque la durée de la combustion et le temps de la lecture sont écourtés respectivement de 2'' et 10''.

Les essais 51 à 67 ont donné des résultats anormaux par suite de l'épuisement de l'accumulateur.

En résumé, les conditions indiquées par le constructeur ne doivent pas être observées avec une précision

(1) Résultats anormaux dûs à la décharge de l'accumulateur.



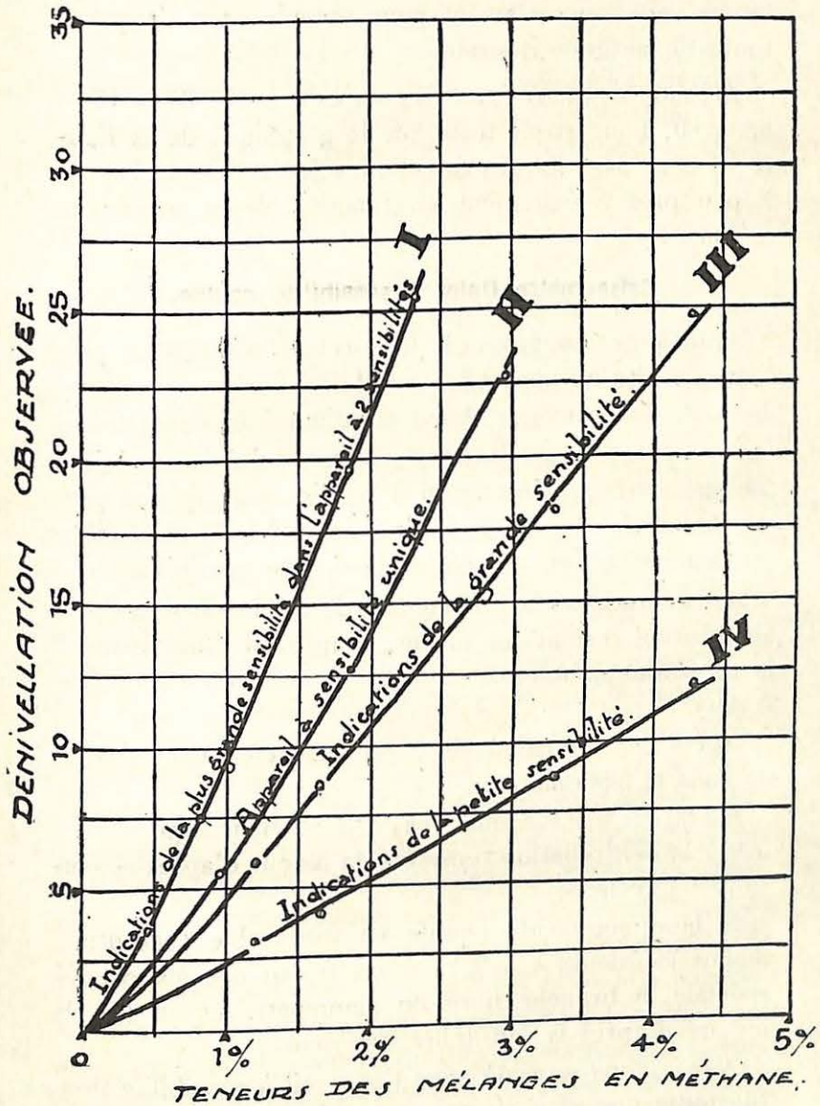



Fig. 14. — Diagrammes des indications du grisoumètre Daloz. Courbe II : tube gradué de 1,1 millimètre de diamètre. Courbe I : tube gradué de 0,7 millimètre de diamètre. Courbes III et IV : tube gradué de 1,6 millimètre de diamètre, deux sensibilités.

rigoureuse et il suffit d'apprécier les durées en comptant les secondes mentalement pour obtenir avec l'appareil toute l'exactitude désirable.

A l'aide des moyennes des séries 1 à 15, 31 à 45 et 68 à 80, nous avons tracé sur le graphique de la figure 14 la courbe d'après laquelle les dénivellations varient à peu près linéairement en fonction de la teneur en méthane.

### Grisoumètre Daloz à sensibilité double.

Suite à nos suggestions, le constructeur nous a présenté ensuite un appareil à sensibilité double permettant de doser des mélanges titrant jusqu'à 4,5 % de méthane.

Cet appareil est construit comme celui à sensibilité unique, sauf qu'il est muni d'un dispositif spécial permettant de fermer ou d'ouvrir à volonté la branche libre du manomètre, ce qui donne la double sensibilité.

Les opérations de remplissage de la chambre et de la combustion restent les mêmes, l'appareil étant placé à la sensibilité moindre, c'est-à-dire branche du manomètre fermée.

Après la combustion, on observe la remontée du liquide dans le manomètre.

Si elle est assez grande (cas d'une teneur supérieure à 3 %) la dénivellation renseigne la teneur d'après la sensibilité inférieure.

Si la remontée du liquide est très faible (cas d'une teneur inférieure à 3 %), on ouvre par une manoeuvre spéciale la branche libre du manomètre et on fait la lecture d'après la sensibilité supérieure.

Nous avons procédé avec l'appareil à sensibilité double toute une série de mesures qui nous ont donné des résultats satisfaisants tant que la teneur des mélanges a été inférieure à 2,5 %. Nous utilisions la grande sensibilité (1).



Toutes les mesures ont été faites en suivant les indications du constructeur, c'est-à-dire combustion pendant 10 secondes, lecture 1 minute après la combustion.

| Num. des essais. | Teneur en méthane. | Moyenne des lectures. |
|---|---|---|
| 1 à 15 . | 0,483 | 3,5 |
| 15 à 25 . | 0,82 | 7,5 |
| 26 à 36 . | 1,87 | 19,5 |
| 37 à 49 . | 2,32 | 25,5 |

Les moyennes des résultats reportées au graphique de la figure 14 donne la courbe I qui montre une relation sensiblement linéaire entre la dénivellation observée et la teneur en méthane.

Lorsque nous avons voulu opérer avec l'appareil pour des teneurs en grisou plus élevées, donc avec la sensibilité réduite, nous avons observé des anomalies que nous avons attribuées à un défaut d'étanchéité du manomètre au joint de la branche communiquant avec la chambre de combustion.

Nous avons renvoyé l'appareil au constructeur; lorsqu'il nous est revenu, nous avons été amenés à utiliser un autre tube manométrique venant du constructeur : ce tube a donné des hauteurs très différentes du premier (2) ; de plus, il a permis, avec une sensibilité suffisante, de doser des mélanges allant jusqu'à 4 1/2 %, sans qu'il soit indispensable d'utiliser deux sensibilités différentes : c'est ainsi que nous avons reporté les courbes III et IV sur la figure 14.

Ceci semble indiquer : 1°) qu'il est inutile de compliquer l'appareil en prévoyant deux sensibilités différentes; 2°) que les dimensions du tube manométrique jouent un rôle prépondérant, à cause des très petites dimensions

(1) Le diamètre intérieur du tube capillaire était 0,7 millimètre.
(2) Le diamètre intérieur du tube capillaire était 1,6 millimètre.

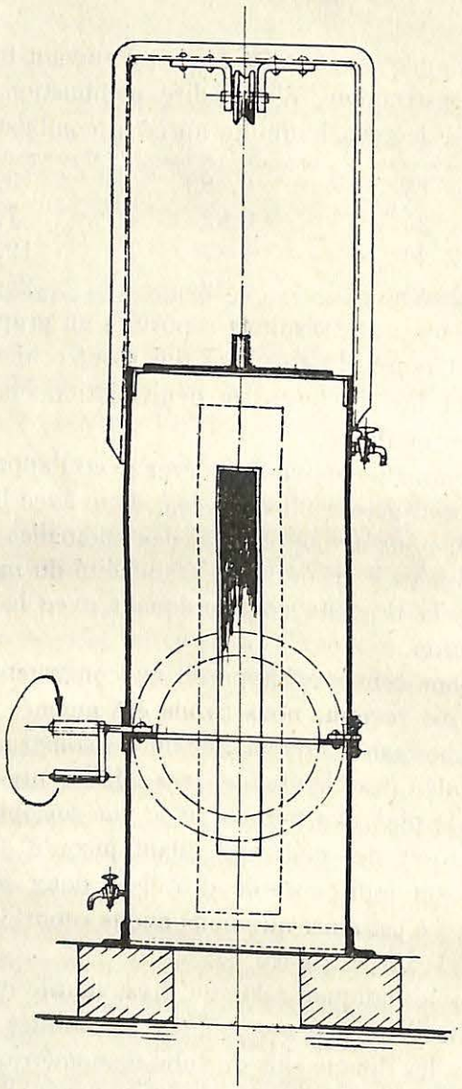


Fig. 15. — Appareil pour l'essai de lampes dans une atmosphère au repos. La poulie permet d'élever la lampe et de la laisser tomber. Une glace permet l'observation. Une manivelle latérale commande un agitateur annulaire assurant l'homogénéité du mélange.



de la chambre de combustion. Dès lors, ces dimensions doivent être soigneusement déterminées et garanties, sinon chaque appareil exigerait son étalonnage spécial, à reviser à chaque changement de tube (1).

En résumé, il reste une mise au point qui n'est pas encore réalisée.

### C. — **Appareil d'essai pour atmosphère au repos.**

Diverses lampes à flamme ont été soumises pour examen à l'Institut. C'est à la suite de l'examen de l'une d'elles que nous fûmes amenés à construire un petit appareil permettant d'essayer les lampes dans une atmosphère grisouteuse au repos.

Cet appareil (voir fig. 15) permet de reproduire le geste d'un mineur soulevant sa lampe pour rechercher le grisou et la retirant brusquement en s'apercevant qu'elle se remplit de gaz.

L'appareil a donné des inflammations avec un défaut minime pour lequel l'appareil à courant ne nous avait pas donné de traversée de flamme.

### D. — **Fermeture des lampes électriques.**

Une fermeture défectueuse de lampes électriques, au sujet de laquelle l'Institut fut consulté, nous a amené à étudier la question dans son ensemble.

Cette étude se poursuit actuellement.

Avant de quitter le sujet des lampes, signalons les efforts faits pour améliorer l'éclairage souterrain, un des points qui ont le moins progressé dans l'évolution si rapide de notre outillage minier pendant les dernières années : l'Institut a eu à étudier à ce sujet la lampe intensive à accus Joris, la lampe électropneumatique

(1) Rappelons les diamètres intérieurs mesurés sur la branche capillaire des tubes manométriques que nous avons eus à l'examen : 0,7, 1,1, 1,59, 1,61 millimètre. Les variations de sensibilité s'expliquent donc aisément.

Wolf, greffée directement sur la conduite d'air comprimé, l'outillage Siemens pour l'éclairage intensif des tailles.

Ces dispositifs ont été décrits dans la brochure mentionnée ci-dessous (Les appareils électriques antigrisouteux à l'Institut National des Mines, note de MM. Ad. Breyre et J. Frupiat, 1930).

## III.
## TRAVAUX SUR LES APPAREILS ELECTRIQUES ANTIDEFLAGRANTS

Les appareils électriques de tout genre soumis à l'Institut en 1930 furent particulièrement nombreux :

Six moteurs, 3 interrupteurs, 2 controllers, 2 combinateurs, 1 transformateur, 2 coffres d'accumulateurs pour locomotives, 4 armatures de protection pour lampes à incandescence à poste fixe, 12 appareils de signalisation, 3 appareils divers et 15 haveuses anciennes modifiées.

La nouvelle cuve d'essais de l'Institut a permis l'essai des plus grands appareils soumis. Dans les derniers essais, nous avons fait usage de grisou vivifié.

Pour l'épreuve de coffres à accumulateurs, nous faisons usage, comme atmosphère intérieure se trouvant dans l'appareil essayé, d'un mélange air-hydrogène pour tenir compte du dégagement possible d'hydrogène après la charge des accumulateurs.

Au cours de nombreuses visites d'Ingénieurs reçues dans le courant de l'année, nous avions remarqué combien cette question des appareils électriques antigrisouteux était peu connue, faute d'une publication vulgarisant le sujet.



C'est cette lacune que nous avons voulu combler par la brochure « *Les appareils électriques antigrisouteux à l'Institut National des Mines* », qui a été rapidement diffusée : tous les Ingénieurs du Corps des Mines et tous les charbonnages en ont reçu un exemplaire.

## IV.
## TRAVAUX SUR LA QUESTION DES ETINCELLES

### A. — Les étincelles de choc ou de frottement. Les étincelles de l'air comprimé.

*Etude du danger d'inflammation des mélanges grisouteux par étincelles dues à des particules incandescentes.*

Cette étude, entreprise dès 1925, reprise plusieurs fois depuis, a été recommencée en 1930.

La question de l'inflammation du grisou par les étincelles ou particules incandescentes a fait l'objet de nombreuses expériences, d'apparences contradictoires, en divers pays.

Les principales sont rappelées dans le document n° 8, 1925, du « Safety in Mines Research Board » : the ignition of firedamp. Depuis lors, les recherches ont continué dans les diverses stations. Il n'est pas sans intérêt de rappeler ici les essais faits à l'Institut National.

Les premières données sont principalement extraites d'un rapport de M. Bacq, Ingénieur au Corps des Mines, en ce moment attaché à l'Institut National, en date du 29 octobre 1925.

Bien que les dernières expériences de 1930 aient déforcé la manière de voir des premiers expérimentateurs en montrant l'influence prépondérante des phénomènes

de charges électriques dans le cas de l'air comprimé, il n'est pas sans intérêt de rappeler les premiers essais :

*Essais résumés de 1925.* — Des barres d'acier de divers types : acier doux, acier dur, acier à outils, mises au contact d'une roue d'émeri à gros grains, de 12 centimètres de diamètre, tournant à la vitesse de 3.000 tours par minute, donnaient des gerbes nourries d'étincelles brillantes : on dirigeait vers la roue et la gerbe d'étincelles un bec Bunsen alimenté au grisou : on s'est vite rendu compte que le courant d'air créé par la roue devait empêcher toute inflammation.

Des blocs de roche pyriteuse au contact d'une roue d'acier donnent des étincelles moins abondantes et noyées dans un nuage de fines poussières.

On évite le courant d'air en battant, au moyen d'un pic à air comprimé, des blocs de grès dur : mais alors les étincelles sont très peu nourries et n'enflamment pas le gaz.

Une autre tentative qui n'a pas eu plus de succès était basée sur l'observation des étincelles accompagnant les jets d'air comprimé : si l'on introduit de la limaille de fer dans une conduite terminée par un ajutage en fer et qu'on alimente cette conduite en air comprimé à quelques atmosphères, l'ajutage crache une belle gerbe d'étincelles brillantes et si l'on dispose à quelque distance de l'orifice un obstacle quelconque, une tôle par exemple, de nouvelles et nombreuses étincelles s'allument contre cet obstacle.

L'étincelle est produite par l'élévation de température d'une particule de fer ou d'autres matières arrachées à son support, la chaleur étant apportée, soit par le frottement : arrachement de la particule par le pic, frottement



contre la paroi de l'ajutage, soit par le choc : particule lancée à grande vitesse contre un obstacle.

Dans le cas des particules de fer, la température s'élève par suite de l'oxydation du métal.

On peut admettre que pour enflammer le grisou, l'étincelle doit réunir les trois conditions suivantes :

1°) température supérieure à la température d'inflammation du mélange;

2°) durée du contact de la particule avec les mêmes molécules du mélange, supérieure à la valeur du retard à l'inflammation de cette température;

3°) quantité de chaleur suffisante pour se maintenir à la température voulue pendant toute la durée du retard.

Les étincelles de choc, apparaissent ainsi comme particulièrement dangereuses du fait qu'au moment du choc, la vitesse des particules s'annule et la durée de leur contact avec les mêmes molécules de gaz est prolongée.

La quantité de chaleur apportée par une particule est d'ailleurs proportionnelle à sa masse.

En 1925, M. Bacq s'était surtout préoccupé de la suppression des étincelles projetées par les jets d'air comprimé.

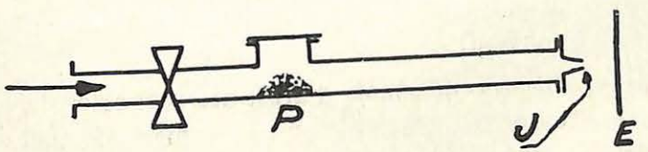



Fig. 16.

Cette préoccupation était née à la suite d'une inflammation de grisou à front d'un montage dont la partie supérieure était infestée de gaz que l'on voulait déloger en lançant un jet d'air comprimé.

Cédons la parole à M. Bacq :

« Si l'on introduit (fig. 16) des particules de rouille ou de limailles en P dans une tuyauterie en fer alimentée en air comprimé à quelques atmosphères et terminée par un ajutage J, également en fer, il se forme à la sortie de l'ajutage une gerbe d'étincelles et si l'on dispose en E, même à un mètre de distance de l'origice, un écran de fer, cuivre ou bois, de nombreuses étincelles s'allument encore par choc des particules contre cet obstacle.

. . . . . .

On connaît les raisons qui font croire au plus grand danger de ces étincelles de choc : il est donc indispensable de les supprimer elles aussi.

Deux moyens se présentent : le premier serait de retenir à l'intérieur de la tuyauterie toutes les particules; le second, de les rendre inoffensives avant qu'elles ne s'en échappent, par exemple en les oxydant : le calcul montre en effet que la transformation intégrale de l'énergie de force vive en chaleur au moment du choc ne peut porter les parcelles de fer qu'à des températures de 200° à 300° qui ne sont pas dangereuses au point de vue de l'inflammation du grisou.

1. — Un procédé simple d'arrêt des particules dans la tuyauterie consistait à disposer les derniers éléments de celle-ci de manière à multiplier les changements de direction et à créer des culs-de-sac où la limaille se serait amassée.



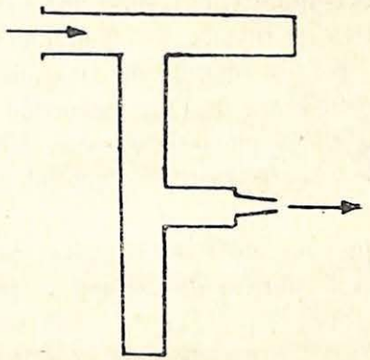


Fig. 17.

Il s'est montré pratiquement insuffisant : chaque fois qu'on établissait le courant d'air, des étincelles apparaissaient à l'ajutage, les remous remettant probablement la limaille en suspension.

2. — De meilleurs résultats ont été obtenus en intercalant dans la conduite un élément de grand diamètre : la vitesse du courant d'air comprimé y est réduite et les particules ne pouvant être emportées plus loin s'y déposent.

L'étude précise d'un tel dispositif comporte la recherche de la vitesse maximum du courant d'air qui permet le dépôt des particules et la fixation des dimensions à donner au cylindre d'arrêt pour réaliser cette vitesse.

La détermination exacte de ces éléments présentant des difficultés d'ordre expérimental, on s'est contenté d'en rechercher l'ordre de grandeur au moyen d'essais sommaires dont voici les résultats :

1°) La vitesse du courant d'air à la pression atmosphérique capable de soulever et d'emporter de la fine limaille de fer gisant dans un tube horizontal est de trois mètres par seconde;

2°) Dans la conduite qui a servi aux essais, formée de quelques mètres de tuyaux de 50 millimètres de diamètre, terminée par un ajutage de 10 millimètres de diamètre et alimentée par de l'air comprimé à 5 atmosphères, la vitesse théorique de l'air, calculée en supposant que la détente à la sortie est adiabatique, est de 8 mètres par seconde.

Si on adopte ces chiffres, il suffit, pour réduire la vitesse de 8 à 3 mètres, de donner au tube d'arrêt un diamètre de

$$50 \times \sqrt{\frac{8}{3}} = 82 \text{ mm}.$$

Mais il faut remarquer que la vitesse de 3 mètres par seconde est celle nécessaire pour mettre la limaille en suspension dans le courant d'air; en réalité, ce qui nous intéresse, c'est la vitesse du courant dans laquelle des particules déjà en suspension se déposent : elle est plus faible que la première; que la densité de l'air à la pression de 5 atmosphères est cinq fois plus élevée qu'à la pression normale pour laquelle on a déterminé la vitesse de 3 mètres par seconde, d'où nouvelle réduction de celle-ci; que, dans le calcul, on suppose que la vitesse est uniforme dans toute la section, ce qui n'est pas.

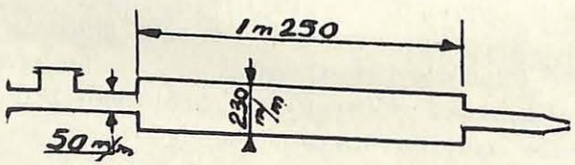



Fig. 18.

C'est ainsi qu'un tube de 230 millimètres de diamètre (fig. 18) et de 1 mètre de longueur n'arrête pas toutes



les particules et n'empêche pas complètement la formation d'étincelles au sortir de l'ajutage.

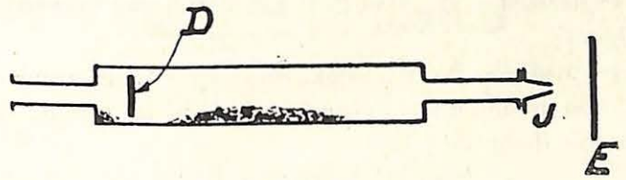



Fig. 19.

Il suffit de briser le courant en calant à l'entrée de ce tube un disque D (fig. 19) en tôle, de 180 millimètres de diamètre, pour arriver au but poursuivi : plus d'étincelles, ni par frottement à l'ajutage, ni par choc à l'écran E.

On retrouve la limaille dans le tube en amont et en aval du disque. Pourtant, il s'en échappe encore quelques très fines particules : on peut le constater en fixant une feuille de papier blanc sur l'écran E : on y recueille de rares parcelles très fines, encastrées dans le papier; elles ne doivent pas être dangereuses puisqu'elles ne donnent pas d'étincelles visibles.

Il importait de s'assurer de ce dernier point : dans ce but, on a essayé dans la tuyauterie ordinaire avec ajutage de fer (fig. 16) de la limaille tamisée au préalable :

La portion retenue par un tamis de 144 mailles par centimètre carré a été écartée;

Celle retenue par un tamis de 324 mailles donne de très abondantes étincelles;

Celle retenue par un tamis très fin de 500 mailles environ donne aussi de nombreuses étincelles, mais moins abondantes cependant;

Enfin, avec la portion qui a traversé le tamis de 500 mailles, on a constaté exactement deux étincelles : il est bien probable qu'elles étaient dues à deux particules plus grosses qui se trouvaient dans la conduite, bien qu'on eût pris soin de purger celle-ci.

Dans le but de concentrer en amont du disque D toute la limaille, on l'a remplacé par les dispositifs dont croquis ci-dessous (fig. 20 et 21). Les résultats n'ont pas été meilleurs.

Il est utile de fixer au-delà du disque D un anneau A (fig. 22) pour éviter l'entraînement de la limaille dans les parois du tube.

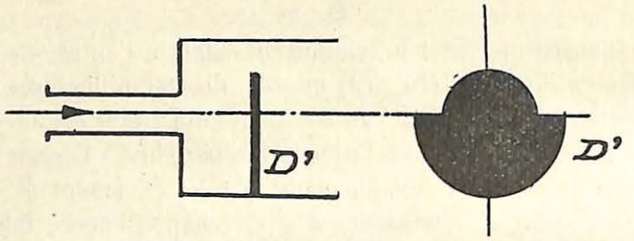



Fig. 20.

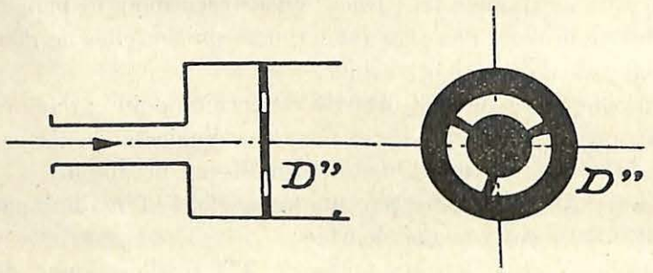



Fig. 21.

3°) Une nouvelle amélioration est apportée par un ajutage placé en K et dirigé vers le centre du disque D (voir fig. 23).

Non seulement, on ne constate plus d'étincelles, mais on ne recueille plus aucune particule, si fine soit-elle sur la feuille de papier de l'écran E. De plus, presque toute la limaille est ramassée en amont du disque.



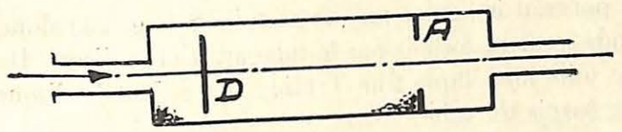



Fig. 22.

Ce dispositif avait été essayé d'abord dans l'espoir d'oxyder toutes les particules dans la chambre-arrêt, par choc contre le disque D; mais cela ne se réalisa pas : en effet, si on recueille la limaille accumulée en *l* et qu'on l'introduit dans la tuyauterie de la figure 23, on obtient encore des étincelles.

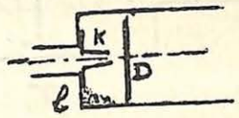



Fig. 23.

Il faudrait vérifier si la perte de charge occasionnée par l'ajutage K n'est pas trop élevée.

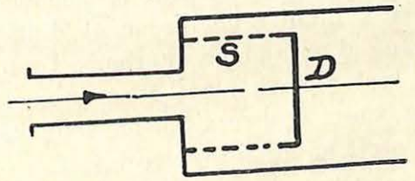



Fig. 24.

4°) Une solution radicale consisterait à recueillir toutes les particules dans une chambre perméable à l'air : ainsi

on pourrait imaginer un sac en toile S (fig. 24) dont les fonds seraient formés par le tube arrêt et le disque D, ou une toile métallique fine T (fig. 25) reliant le disque D aux parois du tube.

Mais ces organes ne résisteraient pas à l'humidité dont est chargé l'air comprimé.

Dans les systèmes simples des figures 19 et 23, on a constaté que l'humidité de l'air a pour effet d'amalgamer

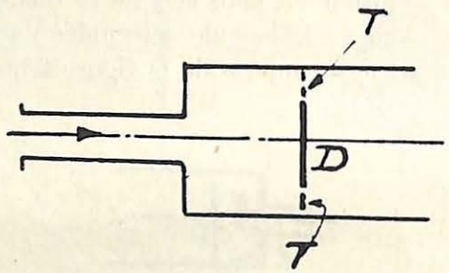



Fig. 25.

les particules qui se cimentent sur le disque et les parois du tube.

5°) En résumé, le système qui paraît présenter le plus de garantie consiste à établir un élément d'arrêt de grand diamètre, muni d'un disque et d'un anneau et, éventuellement, d'un ajutage intérieur. Tout élément de conduite et tout ajutage placé à sa suite doit être de cuivre ou de laiton, et il serait même souhaitable de réaliser le tube-arrêt lui aussi avec ce métal.

Le diamètre et la longueur du tube-arrêt sont à déterminer en fonction du diamètre de la tuyauterie.

Ce procédé assure-t-il une protection absolue?

On n'oserait l'assurer, car une seule particule qui s'échappe peut suffire à enflammer le grisou — pour



autant qu'une particule en soit capable — et on doit seulement considérer ce système comme diminuant le risque.

Il faudrait prendre soin de placer le tube arrêt horizontalement et surtout d'éviter d'incliner vers le bas l'extrémité de sortie, ce qui projetterait les particules dans la tuyauterie. »

* * *

Les essais de M. Bacq ne purent être continués par suite de travaux plus urgents et aussi parce que les dispositifs envisagés paraissent se prêter difficilement à l'adaptation aux nécessités de l'exploitation.

En août 1927, d'autres essais furent repris d'un point de vue général, c'est-à-dire sans limiter l'origine des étincelles aux tuyauteries d'air comprimé.

On adopta le meulage comme mode de production des étincelles, parce qu'il était le mieux à notre portée.

Voici le résumé de ces expériences conduites par M. l'Ingénieur Frupiat :

« Notre machine à meuler comportait un moteur électrique de 1/2 HP., alimenté par du courant continu à 110 volts. Sur le bout d'arbre, en porte-à-faux, nous pouvions caler des meules de matières diverses.

A l'aide de ce dispositif très simple, nous avons effectué au total 400 séances d'expériences, dont nous résumons ci-dessous les circonstances ainsi que les résultats.

En 1927, nos expériences ont été exécutées dans les dépendances de l'ancienne station de Frameries, en utilisant la cuve d'essai des appareils électriques antidéflagrants.

Pour faciliter la compréhension de ce qui va suivre, nous rappellerons comment cette installation était disposée.

La cuve, de forme rectangulaire et sans fond, reposait sur une aire en béton. Elle était fermée vers le haut par une feuille de papier.

Dans l'une des parois débouchait un injecteur à air comprimé entraînant à la fois le grisou et l'air nécessaire pour la réalisation du mélange inflammable (voir fig. 26).

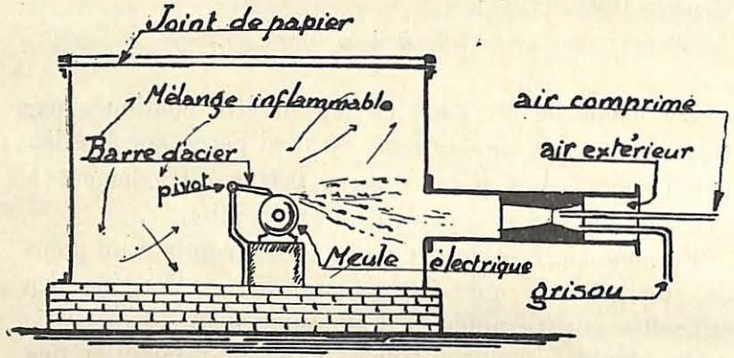



Fig. 26. — Dispositif de 1927 pour l'étude des étincelles.

Des perforations pratiquées dans la paroi opposée à l'arrivée du mélange facilitaient sa circulation.

La machine à meuler fut donc placée à l'intérieur de la cuve. Un dispositif très simple maintenait sur la meule la barre de métal à expérimenter.

A l'aide d'une meule en carborandum, nous avons meulé successivement des morceaux d'acier à outil, d'acier à canon et d'acier à aimant.

L'atmosphère grisouteuse remplissant la cuve et titrant de 8 à 10 % de méthane était tantôt en mouvement, tantôt au repos.

Enfin, les étincelles étaient projetées soit vers l'entrée, soit vers la sortie du mélange inflammable.

Pour augmenter la durée du contact entre le gaz et les particules et pour greffer un choc augmentant les chances d'inflammation, nous avons placé sur le trajet



de celles-ci, des obstacles tels que des planches ou objets métalliques.

Dans aucun cas, nous n'avons obtenu d'inflammation.

Sans plus de succès, nous avons fait intervenir des matériaux facilement inflammables (graisses, poussières de charbon, chiffons imprégnés de pétrole, amadou) sur lesquels nous dirigions la gerbe d'étincelles.

Nous avions ainsi été amenés à conclure que la non-inflammation était due à l'importance relative du retard à l'inflammation du mélange grisouteux pour la température correspondant à celle des étincelles.

Nous nous sommes donc efforcés de diminuer ce retard en chauffant la barre à meuler.

Celle-ci fut entourée de spires de fil résistant (fil constantan) portées à haute température par le passage d'un courant électrique.

Ce dispositif nous a permis de porter l'extrémité des barreaux en contact avec la meule à une température de 400°.

Dans ces conditions, nous avons obtenu des gerbes nourries d'étincelles très brillantes sans réussir néanmoins l'inflammation du mélange.

Nous avons alors modifié une première fois notre dispositif expérimental.

Le mélange grisouteux fut réalisé dans un caisson en acier mesurant $0^m,400 \times 0^m,400 \times 0^m,400$, pourvu d'ouvertures fermées par des feuilles de papier (voir fig. 27).

Un ventilateur, placé à l'intérieur, commandé de l'extérieur par une manivelle, permettait de brasser l'atmosphère interne après introduction d'une quantité déterminée de grisou mesurée à l'aide d'un compteur.

La meule et la barre d'acier étaient disposées de manière à lancer les étincelles sur une des ouvertures obstruées du caisson.

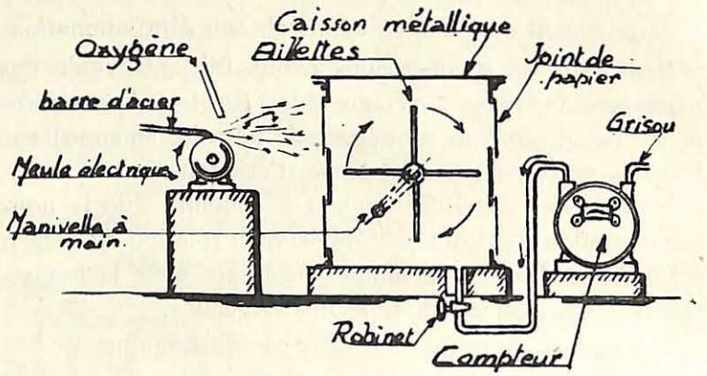



Fig. 27. — Second dispositif employé en 1927 pour l'étude des étincelles.

La meule étant mise en marche, on perçait la feuille de papier lorsque la gerbe d'étincelles paraissait suffisamment nourrie.

Bien que la barre meulée eut été portée à une température de 415°, nous n'avons pas enregistré d'inflammation, sauf une seule fois, et encore en dirigeant un jet d'oxygène sur la gerbe d'étincelles.

Nous avons alors chauffé le mélange inflammable. Celui-ci, préparé d'avance dans un gazomètre de laboratoire, était amené par un tuyau de caoutchouc dans un tube de porcelaine.

Par l'extrémité libre de ce tube, on lançait les étincelles, lesquelles circulaient « à contre-courant » dans le mélange inflammable.

L'échauffement du gaz fut réalisé à l'aide de spires chauffantes entourant le tube de porcelaine.

Comme on le verra plus loin, ce dispositif à contre-courant a été utilisé tel quel dans toutes nos recherches ultérieures.



Bien que le tube de porcelaine fût porté à une température de 600°, nous n'avons pas réussi à enflammer le mélange grisouteux en utilisant une meule d'acier rapide et différentes pierres siliceuses.

Nous avons eu les mêmes résultats négatifs avec une meule de carborandum et une barre d'acier à outil.

A partir de 1928, nous avons effectué nos recherches en utilisant exclusivement le dispositif décrit ci-dessus avec cette différence que le tube de porcelaine était remplacé par un tube de verre (voir fig. 28).

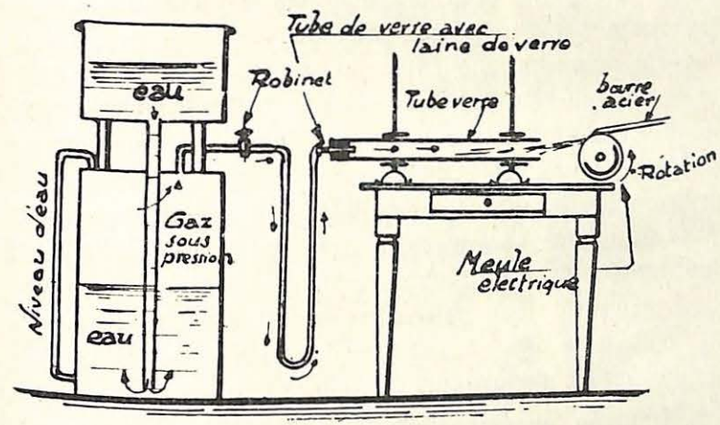



Fig. 28. — Dispositif utilisé depuis 1928 pour l'étude des étincelles.

Nous avons constaté d'abord que le meulage de barreaux d'aluminium et de cuivre donnait très peu d'étincelles.

Avec ces matériaux, nous n'obtenions pas de gerbes nourries comme c'était le cas pour le fer; par contre, nous avons constaté que les étincelles de fer allumaient aisément la poussière d'aluminium obtenue par meulage, laquelle, à son tour, provoquait l'inflammation du grisou.

Dans les mêmes conditions, la poussière fine de cuivre était inopérante.

Ces constatations montrent le danger pouvant résulter de frottements anormaux dans les turbo-ventilateurs à air comprimé pourvus d'aubages en aluminium.

Nous avons procédé ensuite à de nombreuses expériences au cours desquelles nous avons utilisé des mélanges d'air et de grisou naturel vivifié par des additions d'oxygène.

Le grisou naturel de notre Station possède, en effet, un pourcentage élevé d'azote dont la présence ne peut jouer qu'un rôle défavorable quant à l'aptitude à l'inflammation des mélanges grisouteux.

Nous avons commencé par ajouter des quantités d'oxygène dans des proportions telles que le rapport de l'oxygène à l'azote fût largement supérieur à la valeur caractérisant l'air pur (0,264).

Lorsque ce rapport est de 0,36, on obtient facilement des inflammations soit en meulant une barre d'acier avec une meule en carborandum ou de corindon, soit en meulant un morceau de grès avec une meule d'acier rapide.

Avec des teneurs inférieures en oxygène, les inflammations sont beaucoup plus difficiles.

Nous sommes parvenus cependant à enflammer un mélange présentant la composition ci-dessous :

| | |
|---|---|
| $CO^2$ | 0,71 |
| $O^2$ | 20,97 |
| $CH^4$ | 8,10 |
| $N^2$ | 70,22 |

$$\text{Rapport } \frac{O^2}{N^2} = 0{,}299.$$

Nous n'avons pas eu d'inflammation avec d'autres mélanges analogues pour lesquels le rapport $O^2/N^2$ variait aux environs de 0,29.

Nous avons recherché également si l'addition de quelques pour cents d'hydrogène facilitait l'inflammation.



Le résultat a été négatif avec les mélanges suivants :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $CO^2$ | 0,24 | 0,34 | 0,35 | 0,48 |
| $O^2$ | 19,67 | 20,56 | 19,85 | 20,30 |
| $H^2$ | 6,69 | 6,86 | 3,95 | 2,58 |
| $CH^4$ | 8,86 | 6,15 | 5,78 | 6,98 |
| $N^2$ | 64,54 | 66,09 | 70,07 | 69,66 |
| Rapport $\frac{O^2}{N^2}$ | 0,304 | 0,311 | 0,283 | 0,291 |

Mais nous avons eu inflammation avec le mélange répondant à la composition marquée ci-dessous :

| | |
|---|---|
| $CO^2$ | 0,38 |
| $O^2$ | 20,31 |
| $CH^4$ | 9,09 |
| $H^2$ | 4,34 |
| $N^2$ | 65,88 |

$$\text{Rapport } \frac{O^2}{N^2} = 0{,}308.$$

Ces quelques résultats montrent que l'inflammation du grisou à l'aide de particules arrachées par meulage est très difficile, à moins qu'on ne fasse intervenir un corps facilement inflammable comme la poussière d'aluminium ou que l'on modifie la composition du gaz mis en oeuvre.

Nous nous sommes demandé si l'inflammation ne serait pas facilitée par la présence de matériaux s'oxydant plus énergiquement que le fer.

Nous avons été amenés ainsi à meuler des morceaux de ferro-silicium, mais cet alliage donne trop peu d'étincelles.

Néanmoins, nous avons constaté que les poussières de ferro-silicium facilitaient les inflammations du mélange grisouteux lorsqu'elles étaient atteintes par des étincelles.

Nous avons obtenu des inflammations avec deux mélanges présentant respectivement les compositions suivantes :

| | % | | % |
|---|---|---|---|
| $CO^2$ . . | 0,26 | $N^2$ . . . | 71,43 |
| $O^2$ . . . | 19,64 | $CH^4$. . . | 8,31 |
| $CH^4$. . . | 8,09 | $O^2$ . . . | 19,72 |
| $N^2$ . . . | 72,01 | $CO^2$ . . | 0,54 |

Le rapport $O^2/N^2$ est de 0,276 pour le premier et de 0,273 pour le second.

Il est encore nettement supérieur à celui qui existe dans l'air pur, mais il s'en rapproche cependant.

Il est à noter qu'avec les étincelles de fer seules, donc sans intervention de poussières étrangères, nous n'avons jamais enregistré d'inflammation lorsque la teneur en oxygène était aussi faible.

Nous avons aussi recherché si les poussières fines d'un charbon riche en matières volatiles ne pouvaient faciliter l'inflammation.

Nous avons garni le tube à grisou de poussières fines d'un charbon à 33 % de matières volatiles. La gerbe d'étincelles était dirigée sur les poussières.

Nous avons eu une inflammation alors que le rapport $O^2/N^2$ du mélange était 0,258, soit inférieur au taux normal de l'air.

Le gaz avait la composition suivante :

$O^2$. . 19,20 $CH^4$. . 6,4 $N^2$. . 74,4

Malgré de nombreux essais, nous n'avons pu renouveler cette inflammation. »

* * *

Au début de 1930, notre attention ayant été de nouveau attirée sur l'air comprimé à la suite d'une inflammation survenue en décembre 1929 dans une mine belge, par suite de la rupture brusque d'un joint d'air comprimé, au pied d'une taille, nous avons monté la petite installation figurée au croquis ci-dessous (fig. 29).



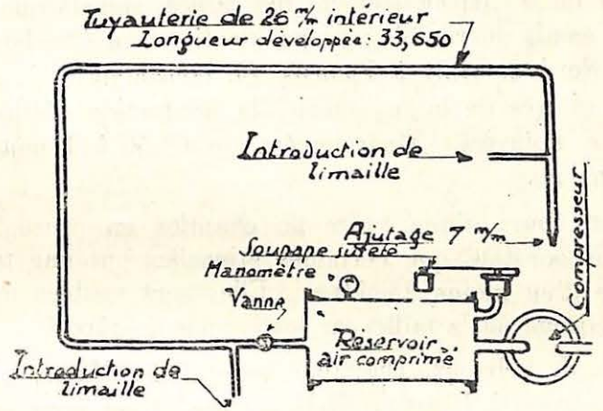



Fig. 29. — Premier dispositif 1930.

Une grosse difficulté est d'assurer le transport de la limaille sans provoquer immédiatement une obstruction des tuyauteries.

Il faut opérer d'une façon discontinue par petites pincées.

L'introduction des limailles, qui se faisait au début très près du réservoir d'air comprimé, fut reportée ensuite dans la dernière partie de la tuyauterie pour éviter les nombreux arrêts par obstruction.

Cet appareillage ne nous a donné que des résultats négatifs, bien que l'on pût voir nettement, dans l'obscurité, les étincelles sortant de l'ajutage de 7 millimètres de diamètre intérieur qui termine la tuyauterie.

Nous eûmes alors l'occasion d'étudier en grand un cas spécial : celui des étincelles jaillissant des tuyauteries du remblayage pneumatique.

## Les étincelles du remblayage pneumatique en mélange grisouteux.

En mars 1930, M. Sténuit, Ingénieur en Chef-Directeur du 5e Arrondissement des Mines, signala que, lors des essais de remblayage pneumatique au Charbonnage du Nord de Gilly à Fleurus, on constatait, à la sortie des pierres de la tuyauterie, la production d'étincelles assez nourries, généralement sur 0m,50 à 1 mètre de longueur.

Au cours d'une visite au chantier en cause, nous avons constaté que certaines étincelles ont une trajectoire d'au moins 2 mètres. Elles sont visibles malgré l'éclairage de la taille par les lampes de sûreté.

M. J. Lebacqz, Directeur général des Mines, soumit la question à l'Institut National des Mines pour essais.

Le remblayage pneumatique présentait l'occasion d'étudier en grand un cas particulier des étincelles de l'air comprimé.

Nous nous mîmes immédiatement en rapport avec M. Ferauge, Directeur-Gérant du Charbonnage intéressé, en lui faisant connaître que nous ferions volontiers les expériences voulues, s'il pouvait nous fournir en prêt le matériel indispensable.

Nous avons rencontré auprès de la Direction de la mine toute l'aide désirable et notamment M. Jean Bockholtz, Ingénieur-Chef du Service des études, ne ménagea aucune peine pour nous aider à remplir tout le programme tracé.

Il collabora d'une façon active à la réalisation des expériences plus spécialement confiées à M. Frupiat, Ingénieur du Corps des Mines, attaché à l'Institut.



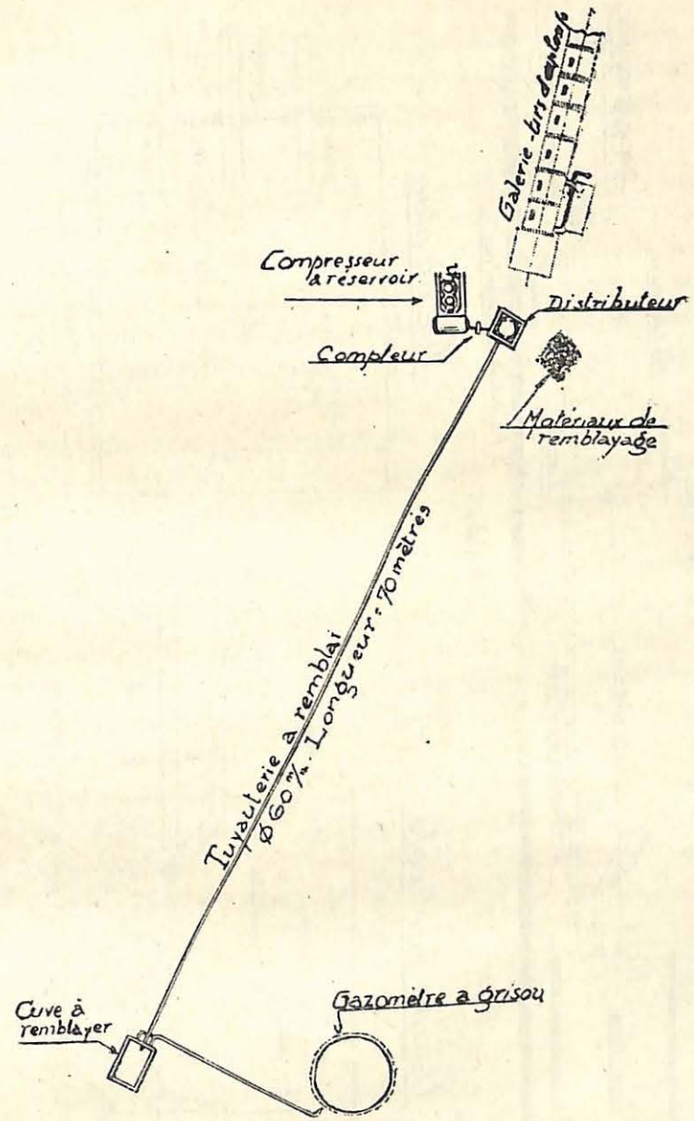



Fig. 30. — Disposition d'ensemble de l'installation d'étude du remblayage pneumatique.

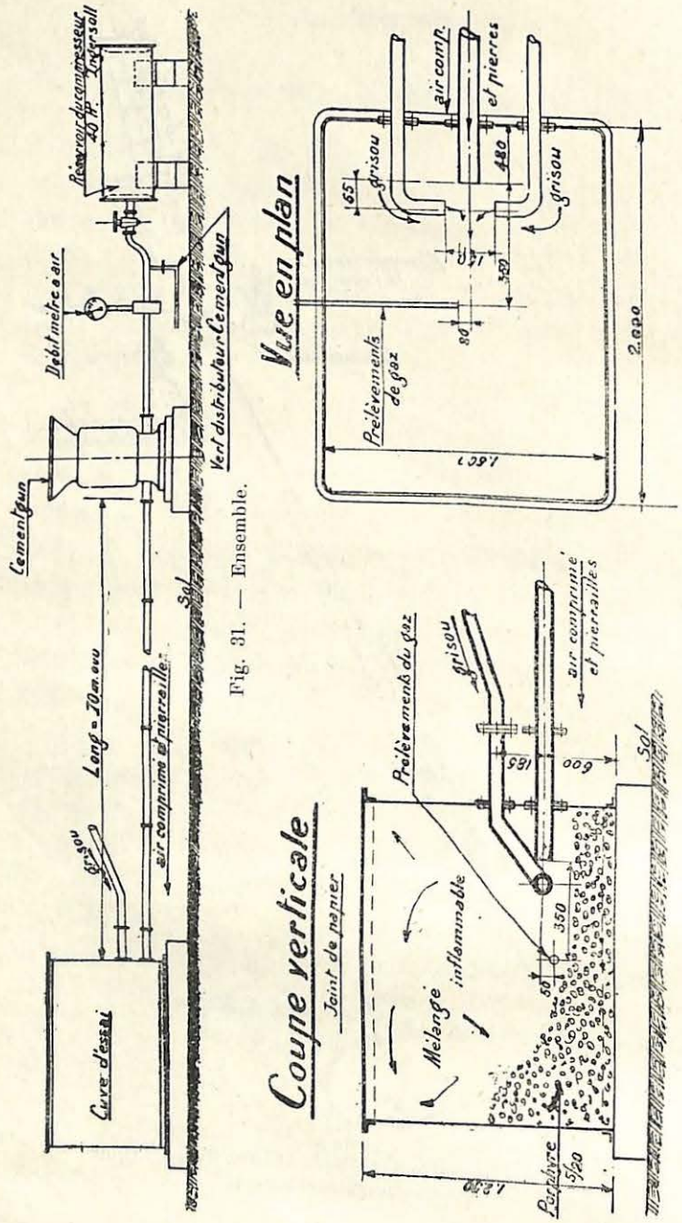



Fig. 31. — Ensemble.




Fig. 32. — Détails de la cuve.



Le Charbonnage intéressa à la question son fournisseur, la firme Ingersoll-Rand, qui mit obligeamment le matériel (compresseur et distributeur) à la disposition de l'Institut.

L'installation a été faite sur un pied industriel : un compresseur Ingersoll, avec commande par moteur à essence, d'une puissance de 40 HP., fut installé près de la galerie d'essai des explosifs; un appareil mélangeur du type utilisé pour le gunitage des galeries était disposé à côté et recevait les matériaux à véhiculer par l'air comprimé.

Une tuyauterie de 70 mètres de longueur — 60 millimètres de diamètre intérieur — reliait l'appareil-mélangeur à la cuve à remblayer, disposée à proximité de notre gazomètre à grisou.

La figure 30 représente l'installation dans son ensemble. Les figures 31 et 32 donnent certains détails : notre cuve à remblayer avait les dimensions suivantes : $2^m,20 \times 1^m,50 \times 1^m,20$. Elle était munie d'un regard latéral, permettant d'observer la décharge de la tuyauterie à remblai.

Dans nos essais en plein jour, on ne voit que très rarement une étincelle suffisamment lumineuse pour être perçue.

Au chantier, au contraire, comme dit précédemment, les étincelles sont très visibles.

La partie supérieure de la cuve était fermée par une feuille de papier solide maintenue en place par un cadre en fer plat posé sur le bord supérieur de la cuve.

Celle-ci était perçée, du côté opposé à l'arrivée du temblai, d'une série de trous de 10 millimètres de diamètre permettant l'échappement de l'air après dépôt du remblai.

Notre programme était de faire déboucher les premières étincelles dans un milieu inflammable et de maintenir l'inflammabilité de ce milieu pendant le remblayage.

L'alimentation en grisou fut, au début, difficile à réaliser. On avait imaginé d'abord de ménager, dans la tuyauterie d'arrivée du remblai, un ou deux tronçons de petite longueur recevant le grisou par des ajutages savants disposés de manière à lancer le grisou en spirale de façon à réaliser un mélange homogène.

Mais ces ajutages se montrèrent totalement insuffisants; une tuyauterie supplémentaire amenant, en plus, du grisou dans la cuve même, ne parvenait pas à maintenir l'inflammabilité du mélange pendant plus d'une minute.

Une tuyauterie plus large dut être montée entre le gazomètre et la cuve d'essai et finalement, elle fut dédoublée et disposée suivant le dispositif représenté à la figure 32 : deux tuyauteries de 54 millimètres de diamètre intérieur débouchent perpendiculairement au jet de remblai, à 55 millimètres de l'orifice de la tuyauterie.

Vu le débit du compresseur, nous devions fournir environ 600 litres de grisou par minute pour maintenir l'inflammabilité de l'atmosphère de la cuve. On comprend donc les difficultés de réalisation exposées ci-dessus.

Une fois la double tuyauterie montée, nous n'avons plus eu aucune difficulté du côté alimentation du grisou.

Dans la cuve même, un tuyau métallique de 6 millimètres de diamètre intérieur, débouchant dans la gerbe de pierres à 350 millimètres de l'orifice de décharge, nous permettait de faire des prises de gaz au début de chaque essai et plusieurs fois pendant la durée de l'essai, pour s'assurer du maintien de l'inflammabilité du mélange.



Si une de ces vérifications faisait constater que le mélange n'était plus inflammable, on ne retenait de l'essai que la durée jusqu'à dernier prélèvement positif.

D'autre part, entre le réservoir du compresseur et le distributeur, se trouvait intercalé un compteur permettant de vérifier la régularité de fonctionnement de ce côté. Un homme se trouvait au distributeur pour l'alimenter et surveiller son bon fonctionnement.

Plusieurs essais ont dû être éliminés naturellement du fait d'engorgements dans les tuyauteries ou d'autres circonstances. Nous ne retenons dans les tableaux qui suivent que ceux qui se sont développés normalement.

L'essai était conduit de la manière suivante : le grisou est admis deux minutes environ avant l'arrivée du remblai : de cette manière, on faisait déboucher les premières étincelles en mélange inflammable. Pendant le fonctionnement, on effectuait deux fois, trois fois ou plus, des prélèvements de contrôle de manière à les répartir à peu près régulièrement sur la durée de l'essai.

Douze séries d'expériences ont été faites. échelonnées d'avril à juillet 1930. Les quatre premières et la sixième ont été effectuées avec des grenailles de porphyre de Lessines, pierre très dure et siliceuse, que nous avions plus facilement sous la main en éléments petits.

La cinquième série eut lieu avec des schistes de lavoir mélangés à des schistes pyriteux, c'est-à-dire avec un mélange réputé dangereux et pouvant se rencontrer dans la mine.

La matière de remblayage au Charbonnage du Nord de Gilly est constituée par des schistes de lavoir criblés au tamis à perces rondes de 60 millimètres et rincés à l'eau de façon à enlever le poussier. C'est cette matière qui nous a servi, mais après addition d'éléments pyriteux pour rendre l'épreuve plus dure.

Pour la série 7, nous avons utilisé des grenailles de porphyre additionnées de limailles de fer, voulant essayer un mélange auquel on a prêté souvent un caractère dangereux.

En effet, les étincelles à la décharge des tuyauteries d'air comprimé ont, parmi les sources possibles, les plus fréquentes, les parcelles de métal arrachées à la tuyauterie.

Les essais 8 et 10 ont eu lieu avec des grenailles de grès houiller, matières siliceuses bien aptes à donner des étincelles et sujettes à se rencontrer dans les matériaux de remblayage du fond.

Les séries 11 et 12 ont utilisé ces mêmes grenailles, mais additionnées intentionnellement d'une certaine quantité de limaille de fer.

De plus, comme la production d'étincelles dans les fluides ou solides en mouvement est vraisemblablement liée à des phénomènes de charges électriques (voir à ce sujet notamment les travaux du « Safety in Mines Research Board ») et que ces charges ne peuvent acquérir une importance que dans des espaces soigneusement isolés, nous avons, dans les séries 6, 7 et 8, isolé électriquement le dernier tronçon de la tuyauterie à remblai.

Voici le tableau résumant nos divers essais :

### Première série d'essais.

Pas de résultats intéressants : ce sont des essais de réglage.



### Deuxième série d'essais.

| N° essai. | Durée. | Teneur en méthane des prélèvements successifs. 1re prise | 2me prise | 3me prise | 4me prise | 5me prise | 6me prise | Matériaux employés. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2'30" | 7,5 | | | | | | Grenailles de porphyre. |
| 2 | 2' | > 14,0 | | | | | | |
| 3 | 2' | 10-12 | > 14 | | | | | |
| 4 | 2' | 7,0 | | | | | | |

### Troisième série d'essais.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4' | 6,0 | 8,0 | 8,0 | | | | Grenailles de porphyre. |
| 2 | 2' | 7,0 | 8-9 | | | | | |
| 3 | 1'30" | 7,5 | | | | | | |
| 4 | 2'15" | 9,5 | 9,5 | 10,0 | | | | |
| 5 | 5' | 7,5 | 7,5 | 8,5 | infl. (1) | | | |
| 6 | 2'30" | 8,0 | 8,25 | | | | | |
| 7 | 2'30" | 7,5 | 7,0 | 9,0 | | | | |

### Quatrième série d'essais.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2' | 6,25 | 6,25 | | | | | Grenailles de porphyre. |
| 2 | 7'45" | 9,5 | 10,0 | 10,0 | 10,5 | | | |
| 3 | 5' | 11,5 | 11,0 | 11,0 | | | | |
| 4 | 6'30" | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 8,5 | | | |

### Cinquième série d'essais.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3' | — | 6-7 | | | | | Schistes de lavoir mélangés à schistes pyriteux. |
| 2 | 6'30" | 7,0 | 8,5 | 8,5 | 10,0 | | | |
| 3 | 4' | 7,0 | 8,0 | | | | | |
| 4 | 2'30" | (2) | | | | | | |
| 5 | 3' | 7,0 | 7,5 | | | | | |
| 6 | 7' | 7,0 | 7,5 | 7,5 | 8,5 | | | |
| 7 | 12'30" | 6,0 | 7,5 | 8,0 | 7,5 | 8,0 | 8,0 | |

### Sixième série d'essais.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5' | 10,5 | 9,75 | 10,5 | | | | Grenailles de porphyre. |
| 2 | 8' | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 9,5 | | | |
| 3 | 5' | 7,5 | 7,75 | | | | | |
| 4 | 8' | 7,25 | 8,0 | 7,75 | 7,75 | 7,75 | | |

(1) Inflammable, donc de 6 à 14 %.
(2) Pas inflammable, mélange trop riche.

| N° essai. | Durée. | Teneur en méthane des prélèvements successifs. 1re prise | 2me prise | 3me prise | 4me prise | 5me prise | 6me prise | Matériaux employés. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Septième série d'essais.** | | | | | | |
| 1 | 30'' | 10,0 | | | | | | Grenailles de porphyre additionnées de limaille. |
| 2 | 2' | 10,0 | 8,0 | | | | | |
| | | **Huitième série d'essais.** | | | | | | |
| 1 | 7' | 7,5 | 7,75 | 8,5 | 7,5 | | | Grenailles de grès houiller. |
| 2 | 5'30'' | 9,5 | 9,75 | 10,25 | | | | |
| 3 | 3' | 9,25 | 9,25 | | | | | |
| 4 | 2' | 9,0 | | | | | | |
| | | **Neuvième série d'essais.** | | | | | | |
| 1 | 45'' | 10,5 | | | | | | Grenailles de grès houiller. |
| 2 | 2' | 7,75 | | | | | | |
| | | **Dixième série d'essais.** | | | | | | |
| 1 | 1'30'' | 6,5 | 8,0 | | | | | Grenailles de grès houiller. |
| 2 | 1' | 9,0 | | | | | | |
| 3 | 2' | 9,5 | | | | | | |
| 4 | 2' | 10,5 | | | | | | |
| 5 | 1' | 10,5 | | | | | | |
| 6 | 3' | 9,75 | 9,5 | | | | | |
| 7 | 5' | 7,5 | 7,25 | 6,5 | | | | |
| | | **Onzième série d'essais.** | | | | | | |
| 1 | 1' | 10,25 | | | | | | Grenaille de grès houiller additionnée de limaille. |
| 2 | 6'30'' | 10,0 | 7,0 | 8,0 | | | | |
| | | **Douzième série d'essais.** | | | | | | |
| 1 | 4' | 7,0 | 7,0 | 7,5 | | | | Mêmes matériaux que pr la 11me série, avec nouvelle addition de limaille. |



Nous n'avons enregistré aucune inflammation, bien que l'on ait fait varier la matière du remblayage en utilisant les matériaux présumés les plus dangereux, que l'on ait utilisé les teneurs de l'atmosphère inflammable les plus critiques, que l'on ait aggravé les conditions de l'expérience en isolant électriquement le dernier tronçon de la tuyauterie.

* * *

Cependant, nous avons poursuivi nos recherches en vue de reproduire les inflammations survenues dans les travaux miniers sous l'effet d'un jet d'air comprimé, car si nous pouvions reproduire ce phénomène, nous en connaîtrions sans doute les causes et les remèdes.

Nous avons donc réalisé la petite installation suivante qui reproduit exactement la manoeuvre — interdite chez nous depuis certains accidents — que ferait un ouvrier en voulant purger, par un jet d'air comprimé, la tête d'un montage remplie de grisou (fig. 33).

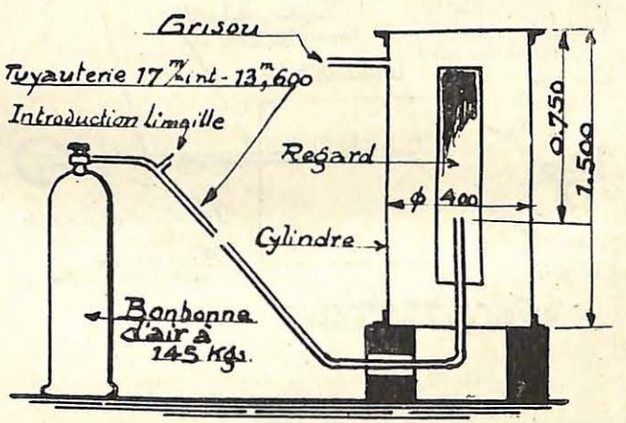



Fig. 33. — Second dispositif 1930 pour l'étude des étincelles de l'air comprimé.

Comme on le voit, une bonbonne d'air comprimé à 145 kilogrammes nous permet d'effectuer une chasse dans un récipient métallique, muni d'une glace d'observation, dont la partie supérieure est remplie de grisou.

De la limaille de fer fine (éléments de 1 à 1,45 millimètre) est introduite par un té avant chaque chasse.

Dix essais de 10 secondes n'ont donné aucune inflammation. En reprenant ces essais la nuit, on constate, par la glace d'observation, que l'intérieur du récipient est illuminé par les particules incandescentes sortant de la conduite.

Comme ce dispositif ne permettait pas aisément de connaître la composition du gaz dans la partie supérieure de la cloche, nous avons procédé ensuite en faisant déboucher la gerbe d'étincelles dans notre cuve d'essais des appareils électriques remplie d'un mélange grisouteux titré (fig. 34).

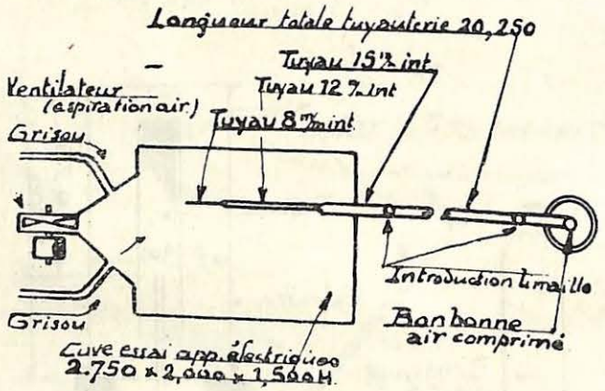



Fig. 34. — Troisième dispositif 1930.

Des essais avec 6 et 7 % de méthane ont été négatifs.

Il est à noter que les prises de gaz ont été faites pendant les essais dans la gerbe même d'étincelles.



particules au moment où elles prénètrent dans le milieu inflammable.

En décembre, nous avons utilisé le dispositif représenté dans le croquis ci-annexé (fig. 35) et constitué comme suit :

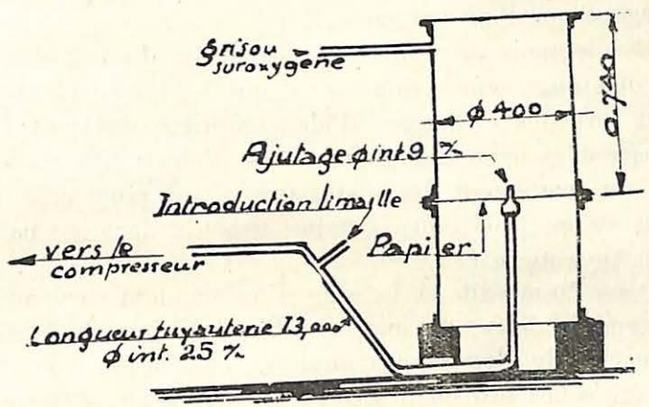



Fig. 35.

Nous effectuons des chasses d'air comprimé dans une cloche verticale dont la partie supérieure est remplie de grisou, de façon à reproduire aussi exactement que possible la manoeuvre d'un ouvrier purgeant la partie supérieure d'un montage infestée de grisou.

Cette manoeuvre a, en effet, provoqué plusieurs inflammations.

Les chasses d'air à haute pression sont lancées par une conduite de fer, d'une longueur de 13 mètres et d'un diamètre intérieur de 25 millimètres dans la cloche précitée.

Sur la tuyauterie, est disposé un ajutage par où l'on introduit de la limaille emportée par l'air.

A l'extrémité de la conduite d'air est placé un bout de tuyau d'un diamètre de 9 millimètres dans le but d'accroître, par un choc violent, l'état incandescent des particules au moment où elles pénètrent dans le milieu inflammable.

Nous avons réalisé dans ces conditions six essais sans obtenir l'inflammation du mélange.

Le grisou était additionné d'oxygène dans des proportions telles que la valeur du rapport *oxygène/azote* était de 0,297, c'est-à-dire que le mélange était plus riche en oxygène que l'air ordinaire.

Dès le mois de juin, lors des essais du remblayage pneumatique, nous avions pensé que les étincelles observées lors des décharges d'air comprimé devaient être apparentées avec des phénomènes d'électricité statique dus au frottement des matériaux. C'est pour cela que nous avions isolé dans certains essais la dernière partie de la tuyauterie (1).

Dans l'intervalle, à la suite d'un accident survenu en septembre dans une mine du Pas-de-Calais, la Station française de Montluçon commença en octobre à étudier les étincelles provenant des tuyauteries d'air comprimé; elle arriva rapidement à la conclusion qu'il s'agissait de décharges électriques.

Le rapport mensuel de décembre de nos Collègues français, avec qui nous échangeons mensuellement le rapport sommaire de nos travaux, nous fit connaître qu'ils étaient parvenus à tirer des étincelles de l'armature métallique isolée d'un tube en caoutchouc terminant une tuyauterie d'air comprimé.

Nous en vinmes alors, vu l'insuccès de tous nos essais de réaliser l'inflammation en grand, dans des dispositifs rappelant les conditions réelles des accidents survenus dans les mines, à isoler en quelque sorte les étincelles observées et à mieux séparer : 1) la production des

(1) Le service britannique (« Safety in Mines Research Board », paper n° 43, 1928, Spontaneous electrification in dust clouds by, S. C. Blacktin) a déjà étudié le phénomène de l'électrification spontanée des nuages de poussières en ayant plus spécialement en vue les nuages de poussières de charbon.

Les phénomènes de charges électriques dans ces divers nuages sont analogues à ceux observés dans les décharges d'air comprimé.

Le présent rapport était déjà sous presse lorsque nous avons eu communication, grâce a l'amabilité de M. le professeur Wheeler, de la suite de l'étude rappelée ci-dessus. Ce second rapport, non encore publié, arrive à des conclusions très semblables aux nôtres.



étincelles; 2) l'inflammation éventuelle proprement dite.

Nous en sommes donc revenus à l'analyse du phénomène en le décomposant.

Réutilisant en partie une des installations décrites précédemment, nous avons disposé l'expérience suivant le schéma de la figure 36.

Le matériel comprend :

Un compresseur A actionné par moteur électrique;

Un réservoir à air B, ces deux appareils non représentés au croquis;

Une conduite C en tubes d'acier (diamètre intérieur 21 millimètres) se terminant par un bout convergent, de même métal, d'une ouverture de 9 millimètres;

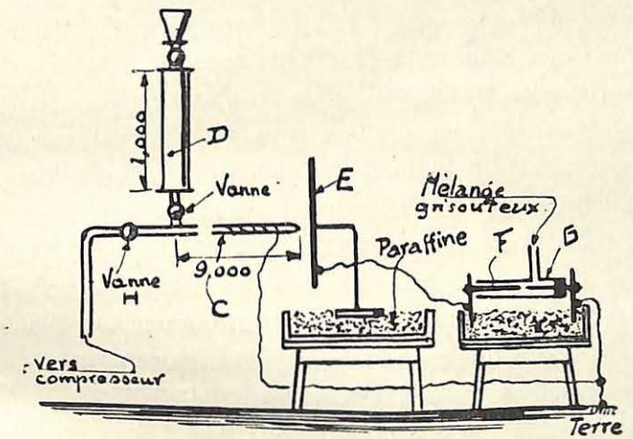



Fig. 36. — Inflammation du grisou par les étincelles de l'air comprimé.

Un tube D de 50 millimètres de diamètre intérieur, de 1 mètre de hauteur, muni d'un entonnoir et de deux robinets à boisseau, l'intervalle compris entre ces deux derniers servant de magasin pour les matériaux à expérimenter.

La manoeuvre de la vanne voisine H provoque des chasses d'air entraînant les poussières.

Un disque E isolé à l'aide de plaques de paraffine et placé à une distance variable de l'orifice de la conduite.

Un éclateur F dont l'une des pointes est connectée au disque et l'autre à la terre.

Nous avons utilisé uniquement du sable maigre. Celui-ci emmagasiné au préalable dans le tube D est lancé par des chasses d'air à une pression variant entre 3 et 4 kilogrammes.

Nous avons recherché d'abord l'importance des charges électriques mises en jeu. Nous avons utilisé comme collecteur de charges, deux disques en tôle galvanisée ayant respectivement 40 et 65 centimètres de diamètre.

Dans ces conditions, nous avons obtenu à l'éclateur des étincelles atteignant 4,65 millimètres de longueur.

La distance séparant le disque de l'orifice paraît ne pas avoir d'influence sur la longueur des étincelles.

En dirigeant un jet de gaz d'éclairage sur l'étincelle de l'éclateur, nous obtenions aisément inflammation.

Mais ce dispositif utilisé avec le grisou de la Station ne nous a pas permis d'obtenir d'inflammation.

C'est alors que nous avons préféré préparer un mélange inflammable et l'amener en contact avec les pointes de l'éclateur dans un espace plus ou moins confiné.

Ce désideratum a été réalisé par un simple tube de verre G entourant les pointes de l'éclateur; une extrémité est fermée par un bouchon en caoutchouc et un ajutage perpendiculaire amène le mélange grisouteux inflammable.

Nous avons obtenu alors aisément des inflammations; nous avons même pu constater qu'il était possible d'enflammer des mélange d'air et de grisou avec des étincelles de 1 millimètre à peine.



Les mélanges mis en oeuvre présentaient les compositions suivantes indiquées ci-dessous :

| | Mélange I. | Mélange II. |
|---|---|---|
| $CO^2$ . . . . | 1,26 | 0,5 |
| $O^2$ . . . . | 18,23 | 18,68 |
| $CH^4$ . . . . | 10,50 | 9,25 |
| $N^2$ . . . . | 70,01 | 71,57 |

Nous allons poursuivre ces essais, maintenant que la possibilité d'inflammation du grisou est matériellement établie, en recherchant les conditions où le phénomène peut se produire, en mesurant les énergies mises en cause, en tachant de produire les décharges non plus sur un disque, mais sur des objets réels de la mine.

Déjà, nous avons vérifié que l'emploi d'un tube de fer de 50/56 millimètres de diamètre, de 5 mètres de longueur, placé horizontalement perpendiculairement au tube d'arrivée de l'air comprimé, dont il reçoit la chasse, permet d'obtenir à l'éclateur des étincelles de 6 à 7 millimètres.

Un simple fil vertical en fer galvanisé, de 2 millimètres de diamètre, tendu devant l'orifice du tuyau d'air comprimé nous a donné des étincelles atteignant 13 millimètres. Il en a été de même lorsque nous avons utilisé, devant l'orifice, un bloc de charbon, un bloc de grès, un bloc de calcaire (1).

(1) Ultérieurement, préoccupés de reproduire les conditions d'un accident survenu en décembre 1929 par suite de la rupture d'un joint par manchon métallique au raccord de deux parties souples de tuyauterie, nous avons modifié notre installation comme suit : le dernier tronçon de notre canalisation d'air comprimé a été constitué d'un tube en caoutchouc, terminé par un manchon métallique; nous avons tiré de ce manchon, directement, des étincelles susceptibles d'enflammer le grisou. Or, cette terminaison reproduit exactement celle de la tuyauterie libérée par lâchage du joint dans l'accident rappelé plus haut.

Ces constatations montrent la possibilité des inflammations qui ont d'abord paru surprenantes. Heureusement, les conditions d'isolement voulues seront rarement réunies dans les travaux souterrains, mais le problème doit être suivi afin d'indiquer les conditions les meilleures pour éviter toute élévation dangereuse de potentiel. Dès à présent, on peut conclure qu'il faut que la tuyauterie soit à la terre et surtout les derniers tronçons. Les parties souples, généralement en caoutchouc, ont une armature métallique dont la mise à la terre s'indique également. Il faudra revenir sur ce sujet après nouvelles expériences.

Remarquons en terminant que les derniers essais prouvent que l'on a à faire à des décharges électriques; les recherches faites antérieurement sur certaines poussières jugées plus dangereuses — telles la limaille de fer, les schistes pyriteux, etc. — perdent beaucoup de leur sens. Les poussières mises en mouvement par le jet d'air comprimé peuvent très bien provenir non seulement de la tuyauterie, mais des parois frappées par le jet ou des poussières en suspension dans l'air.

En réalité, les étincelles provoquées par les jets d'air comprimé devraient à l'avenir passer de la catégorie des étincelles de choc à celle des étincelles électriques.

### Les étincelles du courant électrique

Un douloureux accident survenu au début de 1930 a attiré l'attention sur cet objet.

Tous les exploseurs et, en général, tous les appareils électriques qui renferment une self, donc des enroulements, sont dangereux.

Nous avons eu souvent l'occasion de démontrer le danger à nos visiteurs.



Ce danger s'étend jusqu'au plus petits exploseurs magnéto-électriques.

Tout récemment, nous avons eu à étudier la possibilité d'une inflammation par un circuit de huit piles Leclanché alimentant une sonnerie. Le risque n'est pas nul et devient grave si l'on augmente la self du circuit.

Nous donnons ci-dessous la note rédigée par M. l'Ingénieur Frupiat sur ces essais.

Nos expériences ont porté sur les étincelles accompagnant la rupture d'un circuit composé d'une sonnerie trembleuse et d'une source de courant à faible tension soit une batterie de piles Leclenché, soit une batterie d'accumulateurs.

Nous avons été amenés à expérimenter des étincelles de l'espèce en milieu grisouteux à la suite d'une question qu'avait posée M. l'Ingénieur en Chef Lebens, Directeur du 8e Arrondissement des Mines à Liége, au sujet d'un système de signalisation envisagé dans une voie d'entrée d'air d'un charbonnage classé dans les mines grisouteuses de deuxième catégorie.

Ce système, destiné à desservir un traînage mécanique, comporte deux conducteurs nus en fer galvanisé, isolés l'un de l'autre et tendus parallèlement, à 150 millimètres l'un de l'autre, dans une galerie de roulage de 1.000 mètres environ de longueur, une sonnerie trembleuse et une batterie de piles Leclenché.

Ce dispositif très simple permet de transmettre, de n'importe quel point de la galerie, un signal à l'extrémité de la ligne; il suffit, en effet, d'établir un contact d'une manière quelconque entre les deux conducteurs.

La question se posait de savoir si les étincelles jaillissant du contact des conducteurs ou à l'intérieur même de la sonnerie étaient capables ou non d'enflammer un mélange grisouteux.

Dans le cas qui nous occupe, le circuit de signalisation comporte une « self » consistant dans l'électro-aimant de la sonnerie.

Les deux noyaux en fer doux de cet électro-aimant, la pièce à laquelle ils sont rivés et l'armature mobile portant le marteau du timbre constituent un circuit magnétique qui est le siège d'un flux dès que les enroulements entourant les noyaux sont parcourus par un courant.

L'établissement du flux magnétique absorbe une certaine quantité d'énergie s'exprimant en joules par la formule :

$$\frac{L.\ I^2}{2}$$ dans laquelle :

I est l'intensité en ampères du courant après fermeture du circuit alimentant l'enroulement;

L, le coefficient de self.

D'autre part, la suppression de ce flux par ouverture du circuit d'alimentation libère la même quantité d'énergie, laquelle est consommée en partie par effet Joule dans les conducteurs, en partie aussi dans l'étincelle jaillissant à l'endroit où le circuit est ouvert.

L'étincelle de rupture est plus visible que celle accompagnant la fermeture du circuit et a pour effet d'échauffer le milieu ambiant.

Il est donc à prévoir que si ce milieu est inflammable, il pourra dans certains cas être porté à sa température d'inflammation et entrer en combustion.



*DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX*

Au cours de nos recherches, nous avons utilisé un matériel très simple, comportant :

1°) une chambre d'explosion de forme cylindro-cônique fermée par un couvercle de bois et renfermant un rupteur.

Celui-ci est constitué par un axe coudé qu'on actionne de l'extérieur et qui accroche une lame flexible en laiton fixée à la chambre par un support isolant.

2°) un gazomètre de 250 litres renfermant le mélange grisouteux à étudier et raccordé par un tube de caoutchouc à la chambre d'explosion.

Comme il est indiqué au schéma (fig. 37), la partie électrique de notre dispositif d'expérience comportait :

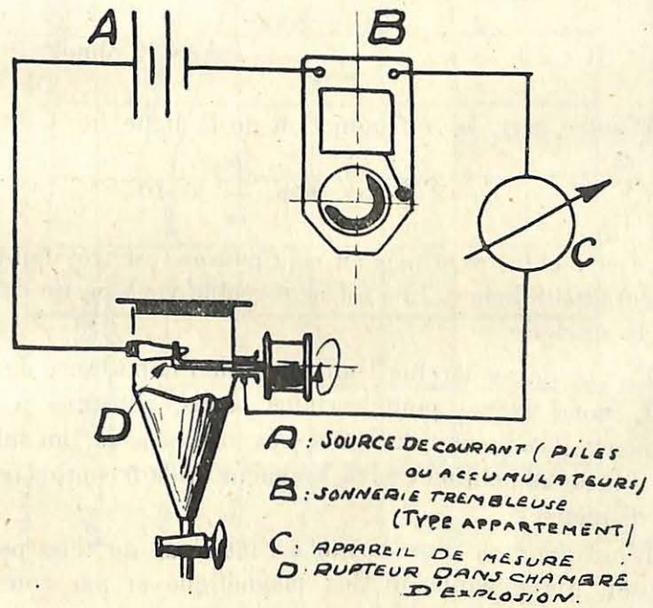



Fig. 37. — Dispositif d'essai des étincelles électriques.

1°) une source de courant A (piles ou accumulateurs) ;

2°) une sonnerie trembleuse B (type d'appartement) ;

3°) un ampéremètre de mesure C;

4°) le rupteur D dans sa chambre d'explosion.

Il est à noter qu'au cours de tous nos essais, l'armature mobile de la sonnerie a été maintenue appliquée contre les noyaux en fer doux, ce qui a eu pour effet d'augmenter la valeur du flux.

Ce dispositif représente le cas où le contact se donnerait, dans la galerie de traînage tout à proximité de la sonnerie. Ce sont les conditions les plus dangereuses, car elles correspondent à l'intensité maximum que peut débiter la souce de courant, nous avons donc la plus grande énergie mise en cause. La résistance de la ligne (fer galvanisé, 3 mm. de diamètre) est de

$$R = r \frac{l}{s} = \frac{0{,}1 \times 2000}{7{,}06} = 28{,}32 \text{ ohms.}$$

D'autre part, la self-induction de la ligne

$$2\ L \log.\ nép. \frac{d^2}{r^2} \times 10^{-9}$$

L, $d$ et $r$ étant exprimés en centimètres, est très faible, soit 0,00108 henry. Elle est négligeable vis-à-vis de celle de la sonnerie.

En vue de rechercher l'influence de l'importance de la self, nous avons, pour certains essais, substitué à la sonnerie une bobine de 580 spires disposées sur un tube en tôle de 20 centimètres de longueur et de 5 centimètres de diamètre.

L'introduction d'un noyau à l'intérieur du tube permettait d'augmenter le flux magnétique et par conséquent l'énergie de self mise en jeu.



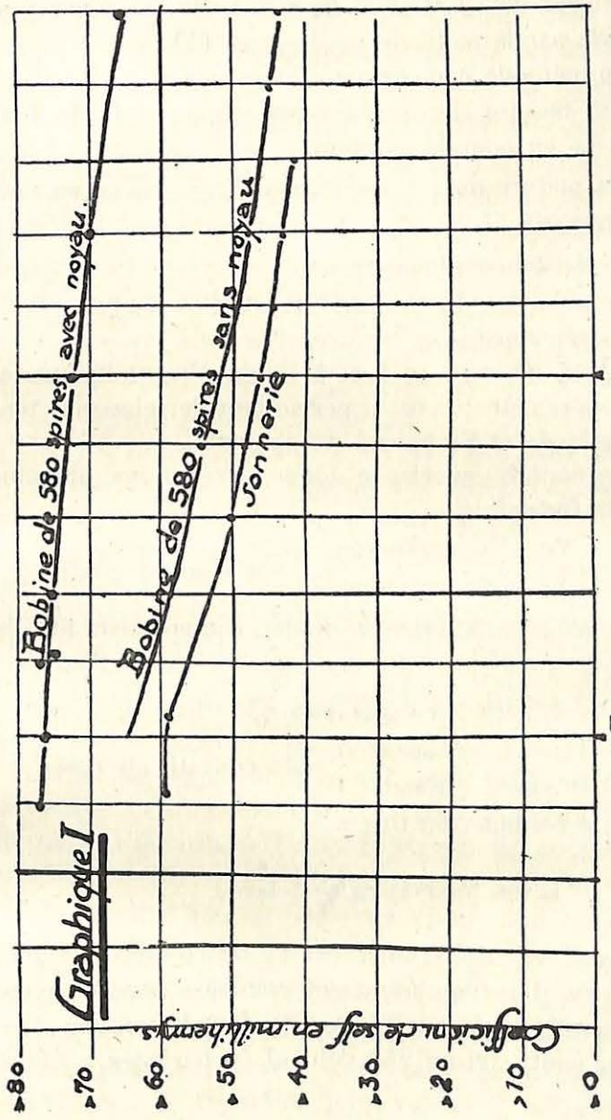



Fig. 38. — Diagramme des coefficients de self des divers éléments utilisés dans le circuit.

La valeur du coefficient de self L fut déterminée au préalable par la méthode de Joubert (1).

Cette méthode comporte :

1°) la mesure de la résistance ohmique R de l'enroulement en courant continu;

2°) la mesure de son impédance $\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$ en courant alternatif.

R = résistance ohmique;

$\omega$ = pulsation du courant alternatif = $2\pi f$;

$f$ = fréquence.

Ces deux mesures se font à l'aide d'un voltmètre et d'un ampéremètre; ceux-ci permettent de relever la tension appliquée et l'intensité du courant.

Une première expérience donne la résistance ohmique R par la formule :

$$R = \frac{Vc}{Ic}$$

$Vc$ = Tension, $Ic$ = Intensité } du courant continu.

Une seconde expérience donne l'impédance par la formule :

$$\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} = \frac{Ve}{Ie}$$

$Ve$ = Tension efficace, $Ie$ = Intensité efficace } du courant alternatif.

De cette formule, on tire :

$$L \text{ (en henrys)} = \sqrt{\frac{\left(\frac{Ve}{Ie}\right)^2 - R^2}{\omega^2}}$$

Nous avons utilisé comme source de courant continu, une batterie d'accumulateurs et comme source de courant alternatif, le réseau d'éclairage dont la tension et la fréquence sont environ 230 volts et 50 périodes.

(1) Voir mesures électriques par Eric Gérard, 4e édition, 1912, p. 406 (Gauthier-Villars, à Paris)



Les résultats des mesures sont reportés dans le graphique I (fig. 38), dans lequel figurent la valeur du coefficient de self exprimée en millihenrys en fonction de l'intensité du courant alternatif employé pour la mesure.

Il convient de noter que nous n'attribuons à ces mesures qu'une valeur comparative, car elles ne correspondent pas d'une manière adéquate aux phénomènes de désaimantation accompagnant la rupture d'un circuit alimenté par du courant continu.

Néanmoins, nous utiliserons le graphique pour déterminer l'énergie de self $\frac{L.I^2}{2}$ mise en jeu au cours de nos expériences.

Comme le coefficient L est fonction de la valeur maximum du flux qui dépend elle-même de l'intensité maximum du courant, nous choisirons pour chacune de nos expériences la valeur de coefficient de la manière suivante :

A un courant alternatif d'intensité efficace Ie, correspond un courant maximum $Ie\sqrt{2}$

Nous supposons évidemment que la forme de la courbe de la tension appliquée est sinusoïdale.

Le flux maximum dont la self est le siège est donc le même que l'enroulement soit parcouru par un courant alternatif d'intensité efficace Ie ou par un courant continu d'intensité $Ie\sqrt{2}$

Il en résulte que la valeur du coefficient L pour un courant continu I est donnée au graphique par l'ordonnée correspondante à un courant alternatif $I\sqrt{2}$

Ainsi, par exemple, le coefficient de self de la bobine de 580 spires sans noyau pour un courant continu de 1 ampère est de 60 millihenrys, valeur de ce coefficient pour un courant alternatif de 0,707 ampère.

L'énergie $\frac{LI^2}{2}$ correspondante est de

$$\frac{0{,}06 \times (I)^2}{2}$$

= 0,030 joules ou 30 millijoules.

Les mélanges gazeux que nous avons expérimentés étaient composés de grisou naturel de la Station et d'air avec addition d'oxygène, celle-ci ayant pour objet de compenser l'azote du grisou naturel jusqu'à obtention d'un rapport O/N = 0,264 identique à celui caractérisant l'air pur.

Toutefois, pour bon nombre de mélanges, il y a eu excès d'oxygène, ce qui, conformément à des recherches effectuées dans d'autres domaines, a pour effet d'aggraver le risque d'inflammation.

Nous avons exécuté trois séries d'expériences.

La teneur en méthane était de 6 % environ pour la première série, comprise entre 8 et 10 % pour la seconde et supérieure à 10 % pour la troisième.

Les résultats les plus intéressants de ces expériences sont résumés dans les tableaux suivants.

Suivant qu'il y a inflammation ou non, nous donnons soit le courant minimum mis en oeuvre, soit le courant maximum.

Nous indiquons chaque fois la valeur du rapport O/N et celle exprimée en millijoules de l'énergie libérée par la self lors de l'ouverture du circuit.



# RESULTATS des EXPERIENCES

## Première série d'expériences.

*(Mélange renfermant environ 6 % de méthane.)*

Mélange I

| | | |
|---|---|---|
| $CO^2$ | 0,21 | $\frac{O^2}{N^2} = 0{,}269$ |
| $O^2$ | 19,79 | |
| $CH^4$ | 6,38 | |
| $N^2$ | 73,62 | |

| Source de courant utilisé. | Appareils introduits dans le circuit. | Intensité du courant avant rupture. | Valeur de l'énergie mise en jeu. | Résultats. × Infl. 0 Pas infl. |
|---|---|---|---|---|
| 8 piles Leclenché en série + 2 accumulateurs au plomb . | Sonnerie . . . . | 0,75 | 16,4 | 0 |
| | Bobine de self avec noyau (1) . . . | 0,83 | 26,0 | 0 |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché . | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,90 | 30,8 | 0 |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché + 1 accumulateur au plomb . . . . | Sonnerie . . . . | 0,90 | 22,4 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 1,30 | 43,9 | × |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 1,30 | 61,0 | × |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché + 2 accumulateurs au plomb . . . . | Sonnerie . . . . | 1,10 | 30,4 | 0 |
| 2 accumulateurs au plomb . . . . . | Sonnerie . . . . | 0,90 | 22,4 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 1,66 | 64,7 | × |
| 4 accumulateurs au plomb . . . . . | Sonnerie avec résistance variable. . | 1,84 | 69,4 | × |
| | | 1,30 | 40,56 | × |
| | | 1,24 | 37,6 | 0 |
| 6 accumulateurs au plomb . . . . . | Sonnerie avec résistance variable. . | 1,24 | 37,6 | 0 |
| | | 1,30 | 40,56 | × |

(1) Nous appellerons « bobine de self » la bobine de 580 spires dont il est fait mention plus haut.

| Source de courant utilisé. | Appareils introduits dans le circuit. | Intensité du courant avant rupture. | Valeur de l'énergie mise en jeu. | Résultats. × Infl. 0 Pas infl. |
|---|---|---|---|---|
| Mélange II : $CO^2$ . . . 0,60 ; $O^2$ . . . 20,18 ; $CH^4$ . . . 6,28 ; $N^2$ . . . 72,94 ; $\frac{O^2}{N^2} = 0,277$ | | | | |
| 8 piles Leclenché en série + 2 accumulateurs au plomb . | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,84 | 26,8 | 0 |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché . | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,89 | 30,0 | 0 |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché + 1 accumulateur au plomb . . . . | Bobine de self sans noyau . . . . | 1,04 | 30,8 | 0 |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 1,10 | 45,9 | × |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché + 2 accumulateurs au plomb . . . . | Sonnerie . . . . | 1,07 | 29,2 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 1,37 | 47,8 | × |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 1,43 | 73,6 | × |
| 2 accumulateurs au plomb . . . . . | Sonnerie . . . . | 0,77 | 17,4 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 1,15 | 36 36 | 0 |
| | | 1,32 | 45,30 | × |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,97 | 36,7 | 0 |
| | | 1,03 | 40,8 | × |

**Deuxième série d'expériences.**

*(Mélanges renfermant de 8 à 10 % de méthane.)*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Mélange I : $CO^2$ . . . 0,54 ; $O^2$ . . . 18,59 ; $CH^4$ . . . 9,25 ; $N^2$ . . . 71,62 ; $\frac{O^2}{N^2} = 0,259$ | | | | |
| 8 piles Leclenché en série . . . . . | Sonnerie . . . . | 0,60 | 10,6 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,70 | 15,9 | 0 |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,70 | 18,8 | 0 |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché . | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,84 | 22,0 | × |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,90 | 30,8 | × |



| Source de courant utilisé. | Appareils introduits dans le circuit. | Intensité du courant avant rupture. | Valeur de l'énergie mise en jeu. | Résultats. × Infl. 0 Pas infl. |
|---|---|---|---|---|
| Mélange II : $O^2$ . . . 18,9 ; $CO^2$ . . . 0,29 ; $CH^4$ . . . 9,75 ; $N^2$ . . . 71,06 ; $\frac{O^2}{N^2} = 0,266$ | | | | |
| 8 piles Leclenché en série . . . . . | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,66 | 14,4 | 0 |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,64 | 15,8 | 0 |
| | | 0,62 | 14,6 | 0 |
| 8 piles Leclenché en série + 1 accumulateur au plomb . | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,76 | 18,3 | 0 |
| | | 0,78 | 19,1 | × |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,78 | 23,2 | × |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché . | Sonnerie . . . . | 0,62 | 11,3 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,84 | 22,0 | × |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,84 | 26,8 | × |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché + 1 accumulateur au plomb . . . . | Sonnerie . . . . | 0,88 | 21,6 | × |

| Source de courant utilisé. | Appareils introduits dans le circuit. | Intensité du courant avant rupture. | Valeur de l'énergie mise en jeu. | Résultats. × Infl. 0 Pas infl. |
|---|---|---|---|---|
| Mélange III : $CO^2$ . . . 0,78 ; $O^2$ . . . 18,80 ; $CH^4$ . . . 9,75 ; $N^2$ . . . 70,67 ; $\frac{O^2}{N^2} = 0,266$ | | | | |
| 8 piles Leclenché en série . . . . . | Sonnerie . . . . | 0,64 | 12,0 | 0 |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,64 | 15,7 | 0 |
| 8 piles Leclenché en série plus un accumulateur au plomb . | Sonnerie . . . . | 0,74 | 15,8 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,80 | 20,0 | × |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,76 | 22,0 | × |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché . | Sonnerie . . . . | 0,65 | 12,4 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,80 | 20,0 | × |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché + 1 accumulateur au plomb . . . . | Sonnerie . . . . | 0,96 | 24,6 | × |
| 2 accumulateurs au plomb . . . . . | Sonnerie . . . . | 0,90 | 22,4 | × |
| 1 accumulateur au plomb . . . . . | Sonnerie . . . . | 0,50 | 7,5 | 0 |
| Mélange IV : $CO^2$ . . . 0,62 ; $O^2$ . . . 19,45 ; $CH^4$ . . . 8,75 ; $N^2$ . . . 71,18 ; $\frac{O^2}{N^2} = 0,273$ | | | | |
| 8 piles Leclenché en série . . . . . | Sonnerie . . . . | 0,62 | 11,3 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,76 | 18,3 | × |
| | | 0,70 | 15,9 | 0 |
| 8 piles Leclenché en série + 1 accumulateur au plomb . | Sonnerie . . . . | 0,76 | 16,7 | × |
| | | 0,76 | 16,7 | 0 |



| Source de courant utilisé. | Appareils introduits dans le circuit. | Intensité du courant avant rupture. | Valeur de l'énergie mise en jeu. | Résultats. × Infl. 0 Pas infl. |
|---|---|---|---|---|
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché . | Sonnerie . . . . | 0,72 | 15,0 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,96 | 27,9 | × |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 1,00 | 37,6 | × |
| 2 accumulateurs au plomb . . . . . | Sonnerie . . . . | 0,80 | 18,5 | × |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché + 1 accumulateur au plomb . . . . | Sonnerie . . . . | 0,84 | 20,0 | × |
| Mélange V : $CO^2$ . . . 0,54 ; $O^2$ . . . 19,71 ; $CH^4$ . . . 8,40 ; $N^2$ . . . 71,35 ; $\frac{O^2}{N^2} = 0,276$ | | | | |
| 8 piles Leclenché en série . . . . . | Sonnerie . . . . | 0,66 | 12,8 | × |
| | | 0,64 | 12,0 | × |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,70 | 15,9 | × |

## Troisième série d'expériences.

*(Mélanges renfermant plus de 10 % de méthane.)*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Mélange I : $CO^2$ . . . 0,6 ; $O^2$ . . . 18,67 ; $CH^4$ . . . 10,25 ; $N^2$ . . . 70,48 ; $\frac{O^2}{N^2} = 0,265$ | | | | |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché . | Sonnerie . . . . | 0,65 | 12,4 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,88 | 24,0 | × |

| Source de courant utilisé. | Appareils introduits dans le circuit. | Intensité du courant avant rupture. | Valeur de l'énergie mise en jeu. | Résultats. × Infl. 0 Pas infl. |
|---|---|---|---|---|
| Mélange III : $CO^2$ 0,78 ; $O^2$ 18,80 ; $CH^4$ 9,75 ; $N^2$ 70,67 ; $\frac{O^2}{N^2} = 0,266$ | | | | |
| 8 piles Leclenché en série | Sonnerie | 0,64 | 12,0 | 0 |
| | Bobine de self avec noyau | 0,64 | 15,7 | 0 |
| 8 piles Leclenché en série plus un accumulateur au plomb | Sonnerie | 0,74 | 15,8 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau | 0,80 | 20,0 | × |
| | Bobine de self avec noyau | 0,76 | 22,0 | × |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché | Sonnerie | 0,65 | 12,4 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau | 0,80 | 20,0 | × |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché + 1 accumulateur au plomb | Sonnerie | 0,96 | 24,6 | × |
| 2 accumulateurs au plomb | Sonnerie | 0,90 | 22,4 | × |
| 1 accumulateur au plomb | Sonnerie | 0,50 | 7,5 | 0 |
| Mélange IV : $CO^2$ 0,62 ; $O^2$ 19,45 ; $CH^4$ 8,75 ; $N^2$ 71,18 ; $\frac{O^2}{N^2} = 0,273$ | | | | |
| 8 piles Leclenché en série | Sonnerie | 0,62 | 11,3 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau | 0,76 | 18,3 | × |
| | | 0,70 | 15,9 | 0 |
| 8 piles Leclenché en série + 1 accumulateur au plomb | Sonnerie | 0,76 | 16,7 | × |
| | | 0,76 | 16,7 | 0 |



| Source de courant utilisé. | Appareils introduits dans le circuit. | Intensité du courant avant rupture. | Valeur de l'énergie mise en jeu. | Résultats. × Infl. 0 Pas infl. |
|---|---|---|---|---|
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché | Sonnerie | 0,72 | 15,0 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau | 0,96 | 27,9 | × |
| | Bobine de self avec noyau | 1,00 | 37,6 | × |
| 2 accumulateurs au plomb | Sonnerie | 0,80 | 18,5 | × |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché + 1 accumulateur au plomb | Sonnerie | 0,84 | 20,0 | × |
| Mélange V : $CO^2$ 0,54 ; $O^2$ 19,71 ; $CH^4$ 8,40 ; $N^2$ 71,35 ; $\frac{O^2}{N^2} = 0,276$ | | | | |
| 8 piles Leclenché en série | Sonnerie | 0,66 | 12,8 | × |
| | | 0,64 | 12,0 | × |
| | Bobine de self sans noyau | 0,70 | 15,9 | × |

## Troisième série d'expériences.

*(Mélanges renfermant plus de 10 % de méthane.)*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Mélange I : $CO^2$ 0,6 ; $O^2$ 18,67 ; $CH^4$ 10,25 ; $N^2$ 70,48 ; $\frac{O^2}{N^2} = 0,265$ | | | | |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché | Sonnerie | 0,65 | 12,4 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau | 0,88 | 24,0 | × |

| Source de courant utilisé. | Appareils introduits dans le circuit. | Intensité du courant avant rupture. | Valeur de l'énergie mise en jeu. | Résultats. × Infl. 0 Pas infl. |
|---|---|---|---|---|
| Mélange II | $CO^2$ . . . 0,52 | | | |
| | $O^2$ . . . 18,92 | $\frac{O^2}{N^2} = 0,269$ | | |
| | $CH^4$ . . . 10,25 | | | |
| | $N^2$ . . . 70,31 | | | |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché . | Sonnerie . . . . | 0,66 | 12,8 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,84 | 22,0 | × |
| Mélange III | $CO^2$ . . . 0,67 | | | |
| | $O^2$ . . . 18,95 | $\frac{O^2}{N^2} = 0,271$ | | |
| | $CH^4$ . . . 10,50 | | | |
| | $N^2$ . . . 69,88 | | | |
| 10 piles Leclenché en série . . . . . | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,70 | 18,8 | 0 |
| | | 0,68 | 17,8 | 0 |
| 10 piles Leclenché en série + 1 accumulateur au plomb . | Sonnerie . . . . | 0,78 | 17,5 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,86 | 23,0 | 0 |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,82 | 25,4 | × |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché . | Sonnerie . . . . | 0,78 | 17,5 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,98 | 28,9 | × |
| 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché + 1 accumulateur au plomb . . . . | Sonnerie . . . . | 1,00 | 26,4 | × |
| 2 séries parallèles de 5 piles Leclenché . | Sonnerie . . . . | 0,80 | 18,5 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,96 | 27,9 | × |



| Source de courant utilisé. | Appareils introduits dans le circuit. | Intensité du courant avant rupture. | Valeur de l'énergie mise en jeu. | Résultats. × Infl. 0 Pas infl. |
|---|---|---|---|---|
| Mélange IV | $CO^2$ . . . 0,63 | | | |
| | $O^2$ . . . 19,30 | $\frac{O^2}{N} = 0,275$ | | |
| | $CH^4$ . . . 10,00 | | | |
| | $N^2$ . . . 70,07 | | | |
| 10 piles Leclenché en série . . . . . | Sonnerie . . . . | 0,64 | 12,0 | 0 |
| | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,70 | 15,9 | 0 |
| | Bobine de self avec noyau . . . . | 0,76 | 22,0 | × |
| | | 0,72 | 20,0 | × |
| | | 0,70 | 18,8 | 0 |
| | | 0,68 | 17,8 | 0 |
| | Sonnerie . . . . | 0,76 | 16,6 | 0 |
| | | 0,76 | 16,6 | × |
| 5 piles Leclenché . 2 séries parallèles de | Bobine de self sans noyau . . . . | 0,96 | 27,9 | × |

Les résultats figurant dans les tableaux sont reportés dans les graphiques II, III et IV, (fig. 39, 40 et 41), dans lesquels nous avons pris comme abcisses la valeur du rapport $\frac{O^2}{N^2}$ des mélanges et comme ordonnées les énergies de self mises en jeu exprimées en millijoules.

L'examen de ces graphiques montre que l'aptitude des étincelles à enflammer un mélange grisouteux de composition déterminée dépend en ordre principal de l'énergie de self $\frac{L.\,I^2}{2}$

Cette proposition ressort tout spécialement des résultats indiqués au graphique III (fig. 40).

Avec le mélange à 9,75 % de méthane, nous n'avons obtenu l'inflammation que pour des énergies supérieures à 19 millijoules.

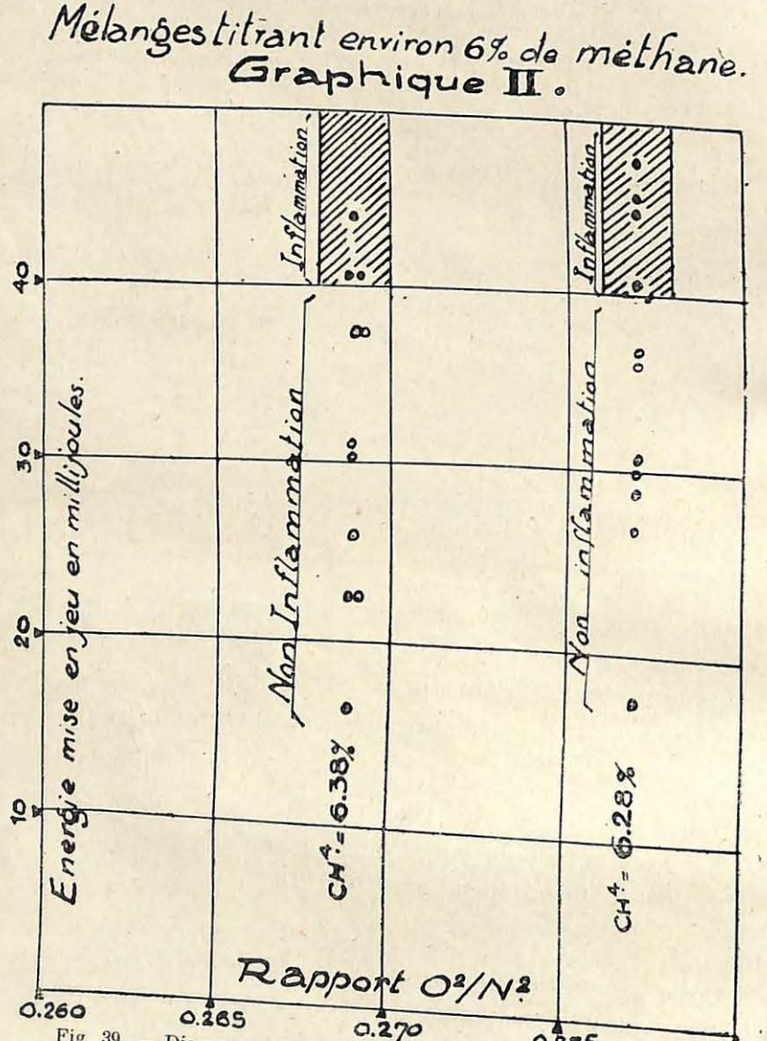



Fig. 39. — Diagramme des énergies mises en jeu pour l'inflammation de mélanges à 6 % de méthane.



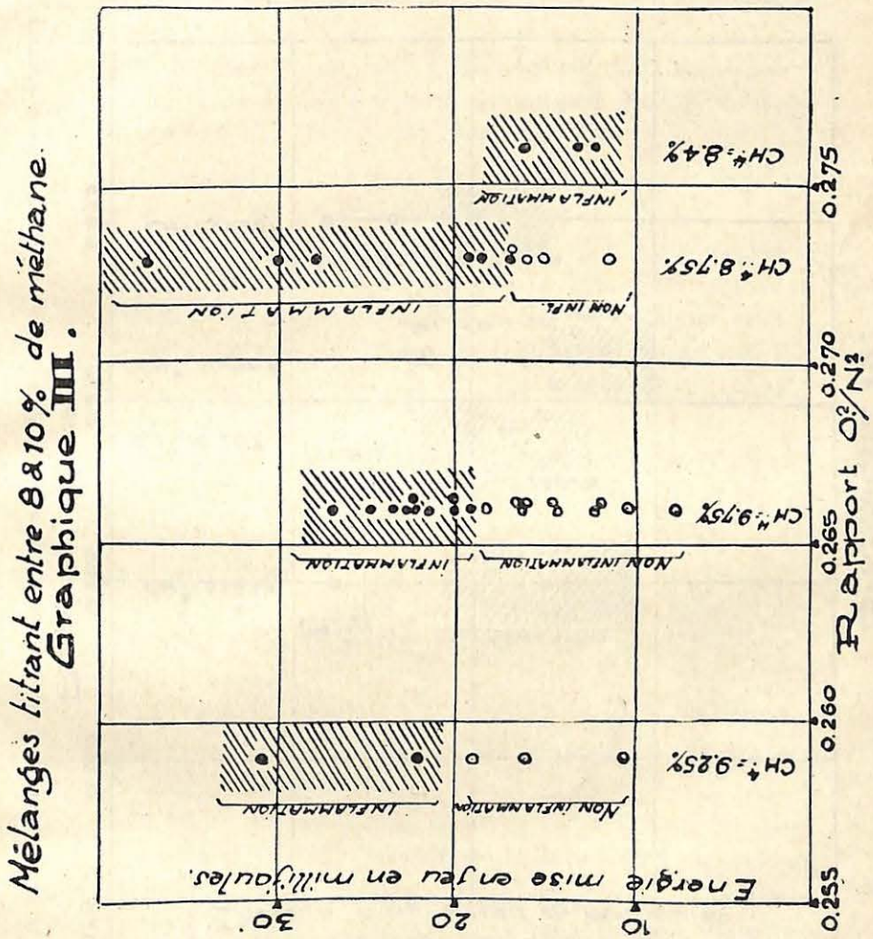



Fig. 40. — Energies mises en jeu pour l'inflammation des mélanges à 8-10 % de méthane.

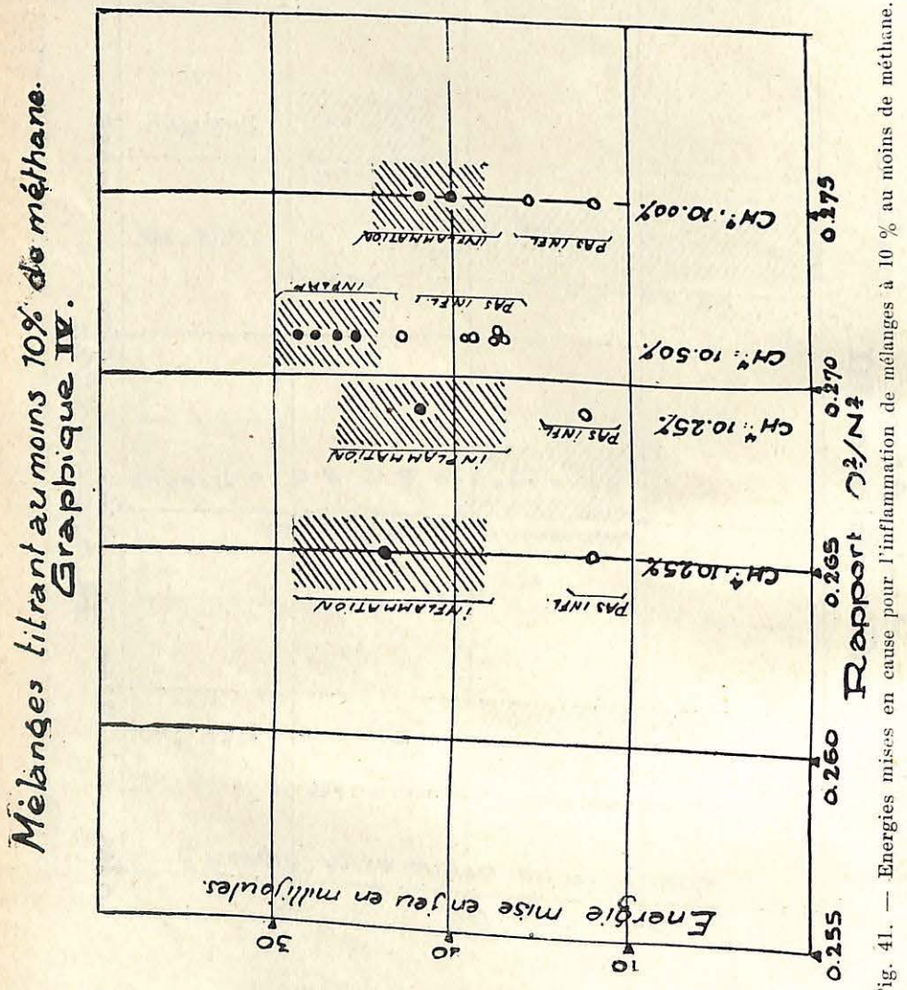



Fig. 41. — Energies mises en cause pour l'inflammation de mélanges à 10 % au moins de méthane.



En-dessous de 18 millijoules, il n'y a plus inflammation.

Il existe donc une « énergie-limite » comprise entre les énergies qui enflamment et celles qui n'enflamment pas.

Aux environs de cette limite, les résultats sont discordants. Le cas s'est présenté notamment pour le mélange à 8,75 % de méthane du graphique III.

Ce mélange a pu être enflammé, mais pas toujours, avec une énergie de 16,6 millijoules.

Nous avons d'ailleurs constaté à plusieurs reprises, qu'aux environs de la limite, on n'obtenait l'inflammation qu'après plusieurs étincelles comme si la chose n'était possible qu'après un échauffement préalable du gaz.

La teneur en méthane joue un rôle particulièrement important.

Deux mélanges caractérisés par un rapport $O^2/N^2$ = 0,269, mais titrant respectivement 6,38 et 10,25 % de méthane, se comportent très différemment vis-à-vis des étincelles de self.

L'énergie nécessaire pour enflammer le premier dépasse 38 millijoules, elle est inférieure à 22 millijoules pour le second.

De tous les mélanges que nous avons expérimenté, ceux titrant entre 8 et 10 % de méthane paraissent être les plus inflammables.

Si on ne retient que les résultats obtenus avec les deux mélanges à 9,75 % de méthane et présentant une teneur en oxygène telle qu'on a : $0^2/N^2$ = 0,266, on constate que la sonnerie n'a provoqué l'inflammation que dans les conditions d'alimentation suivantes :

A) 2 séries parallèles de 4 piles Leclenché + 1 accumulateur ;

B) 2 accumulateurs groupés en série.

Ces résultats suffisent cependant pour démontrer le danger que présente le système de signalisation décrit au début de cette note.

Le sujet a déjà fait l'objet d'expériences ailleurs; il y a lieu de citer tout spécialement les recherches faites par les services britanniques.

Dès 1915, la Station d'essai du Home Office à Eskmeals publiait, sous la signature du Professeur R. V. Wheeler, une brochure intéressante : « *Battery bell signalling systems as regards the danger of ingnition of firedamp — Air mixtures by the break — Flash at yhe signal wires* » (Le danger d'inflammation de mélanges grisouteux par les étincelles des conducteurs dans les systèmes de signalisation par sonneries).

En 1916, la même station publiait une suite à ces essais, sous la signature de MM. les Professeurs R. V. Wheeler et W. M. Thornton.

Plus tard, en 1925, alors que la station était devenue le « *Safety in Mines Research Board* », le document n° 11 de cet actif organisme publiait sous le titre : « *Electrical exploders for shot firing in coal mines* », une étude sur les exploseurs de mines où se trouvent résumés sommairement les résultats des essais antérieurs sur les inflammations de mélanges par les étincelles électriques.

Voici, condensées, ces conclusions :

On peut supposer que l'inflammation est due au fait qu'un certain volume de gaz est porté à la température d'inflammation par l'étincelle électrique.

La quantité de chaleur demandée à la source est minimum lorsque la chaleur est donnée d'une manière instantanée : c'est ainsi que la décharge d'un condensateur, qui se rapproche de cette manière instantanée, ne demande que 0,002 joule pour enflammer un mélange à 8,5 % de méthane.



Lorsque la chaleur est donnée plus lentement, une plus grande partie est dissipée : ainsi, pour une étincelle de rupture de courant, qui a une durée plus longue, il faut une énergie de 0,006 joule pour enflammer le même mélange. Ces deux chiffres sont ceux obtenus dans des appareils spécialement établis pour éviter toute perte d'énergie.

L'énergie mise en cause par une rupture de courant est $\frac{L I^2}{2}$. Cependant, en cas de haut voltage, il y a une quantité d'énergie supplémentaire qui est fournie par la source pendant que les contacts de l'interrupteur se séparent, parce que la différence de tension qui se produit lors de l'ouverture tend à maintenir l'étincelle : l'expression $LI^2$ n'en tient pas compte.

$\overline{2}$

Lors de faibles voltages, l'expression $\frac{L I^2}{2}$ exprime bien l'énergie mise en cause.

Pour les exploseurs, les Anglais ont trouvé comme énergie minimum d'inflammation 0,034 joule.

* * *

Etant donné l'intérêt que présente le système de signalisation par piles Leclenché et sonnerie trembleuse pour certaines installations souterraines des charbonnages, nous nous sommes appliqués à rechercher un dispositif qui, tout en étant simple et peu coûteux, soit capable d'atténuer les dangers des étincelles de self.

Poursuivant le même but, les expérimentateurs anglais avaient préconisé à la suite de leurs essais, des mesures de précaution indiquées dans les rapports auxquels nous avons fait allusion précédemment et que nous rappelons brièvement ci-dessous :

1°) Enroulement secondaire en court-circuit disposé sur chacune des bobines excitatrices des électro-aimants.

A chaque suppression du flux dans l'électro-aimant, une partie de l'énergie magnétique libérée est transformée et consommée par effet Joule dans cet enroulement;

2°) Ruban de cuivre isolé et enroulé sur chacun des noyaux des électros. Ce ruban produit le même effet que l'enroulement;

3°) Shuntage de l'enroulement de la sonnerie par une résistance dans laquelle une partie de l'énergie magnétique est consommée également par effet Joule;

4°) Suppression d'une des deux bobines de l'électro-aimant. Les expérimentateurs anglais ont constaté, en effet, que, dans bon nombre de sonneries, le circuit magnétique était déjà saturé avec une seule bobine excitatrice.

L'adjonction d'une seconde bobine n'augmente pas l'aimantation du noyau, mais bien la tension de self-induction qui apparaît aux bornes de la rupture.

Nous inspirant des dispositions prises dans certains appareils pour atténuer l'action destructrice des étincelles de self, nous avons recherché si un condensateur branché en dérivation aux bornes de l'enroulement de l'électro-aimant ne pouvait produire le même effet que les dispositions rappelées ci-dessus.

Pour la réalisation de ces essais, nous avons utilisé un circuit comportant une batterie d'accumulateurs au plomb, une sonnerie trembleuse (la même que pour les expériences précédentes), un rupteur mécanique précédemment décrit et une résistance variable pour graduer l'intensité du courant. Les capacités de 0,1, 1 et 2 microfarads ont été connectées aux bordes de l'enroulement de l'électro-aimant (1). Les résultats de nos expériences ont été les suivants :

(1) Nous avons employé des capacités analogues à celles utilisées dans les postes téléphoniques et qu'on peut trouver chez tous les électriciens.



*Mélange I*

| | | |
|---|---|---|
| $CO^2$ . . . | 0,65 | $\frac{O^2}{N^2} = 0,242$ |
| $O^2$ . . . . | 18,05 | |
| $CH^4$ . . . | 6,66 | |
| $N^2$ . . . . | 74,64 | |

a) *Source de courant :* 6 accumulateurs au plomb; sonnerie sans condensateur; inflammation avec un courant de 1,1 ampère;

b) *Source de courant* : 8 accumulateurs au plomb; capacité de 0,1 microfarad connectée en dérivation aux extrémités de l'enroulement; inflammation avec un courant de 1,18 ampères;

c) *Même source de courant qu'en* b;

Capacité de 1 microfarad connectée en dérivation aux extrémités de l'enroulement; pas inflammation avec des courant de 1,4 à 2,5 ampères.

*Mélange II.*

| | | |
|---|---|---|
| $CO^2$ . . . | 0,77 | $\frac{O^2}{N^2} = 0,243$ |
| $O^2$ . . . . | 17,51 | |
| $CH^4$ . . . | 9,75 | |
| $N^2$ . . . . | 71,97 | |

a) *Source de courant :* 6 accumulateurs au plomb; sonnerie sans condensateur; inflammation avec 1,2 ampère;

b) *Même source de courant;* sonnerie; deux capacités de 1 et 2 microfarads groupées en série et connectées aux bornes de l'enroulement, formant ainsi une capacité totale de 0,66 microfarad; pas d'inflammation avec 1,8 ampère; inflammation avec 2 ampères;

c) *Même source de courant;* sonnerie avec capacité de 1 microfarad; pas d'inflammation avec 2 ampères.

Ces quelques résultats montrent donc que la présence d'un condensateur de capacité suffisante connectée en dérivation aux bornes de l'électro-aimant de la sonnerie, permet de l'alimenter avec des courants bien supérieurs à ceux nécessités par son fonctionnement sans que les étincelles de rupture correspondantes soient capables d'enflammer le grisou.

Une capacité de 1 microfarad donne à cet égard une sécurité absolue. Cette capacité, utilisée en T. S. F., se trouve couramment chez tous les électriciens. Elle se présente sous forme d'un parallélipipède rectangle de petites dimensions (50 × 25 × 25 mm.) dans sa gaine d'aluminium. Elle est d'un prix très modique. Son utilisation n'offre donc aucun inconvénient.

### Ionisation des gaz d'explosifs

Cette étude a été interrompue en juillet sans avoir permis de conclusions intéressantes.

## V

## LES VISITES EDUCATIVES EN 1930

Elles ont été particulièrement nombreuses en 1930. L'Institut National doit être un organe de diffusion.

Nous avons eu 33 journées consacrées exclusivement à des conférences et des expériences en présence des visiteurs de toutes les catégories du monde minier : le Conseil d'Administration a inauguré ce cycle ; puis l'Institut a reçu les Ingénieurs du Corps des Mines (2 visites), les délégués à l'Inspection des Mines (2 visites), les



Ingénieurs des Charbonnages (4 visites), le personnel de maîtrise des mines grisouteuses (8 visites), les élèves-ingénieurs des mines des Universités de Liége, Louvain. Bruxelles (3 visites). Les élèves mineurs de l'Ecole Supérieure de Morlanwelz (2 visites), le Congrès International des Mines de Liége 1930, des délégations d'organisation de mineurs et, pour clôturer l'année, les Directeurs-Gérants des Charbonnages de Belgique.

Suivant la suggestion faite au Conseil par M. Falony, une brochure-guide a été éditée, « Une visite à l'Institut National des Mines », et remise à tous nos visiteurs en même temps que le programme détaillé des expériences effectuées devant eux.

De nombreuses personnalités étrangères ont également visité l'Institut.

## VI

## TRAVAUX SPECIAUX et RECHERCHES SCIENTIFIQUES

L'institut se devait de présenter à l'Exposition de Liége, un résumé de ses travaux et de ceux de la Station d'essais dont il est le continuateur.

Le caractère didactique de l'exposition collective des charbonnages se prêtait particulièrement bien à cette présentation.

Ce but fut recherché à l'aide de diagrammes et de multiples photographies dont la plupart forment actuellement une exposition permanente à l'Institut.

Le Jury de l'Exposition de Liége a décerné un grand Prix à l'Institut National des Mines pour sa participation.

C'est dans le même souci de représenter l'Institut aux

manifestations internationales de l'année jubilaire (1) que son Directeur, malgré le peu de temps qui restait disponible, présenta au Congrès de Liége 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 partant 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 Liége, 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 (Liége) 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 aucunement 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 GRISOUS DIVERS

| ORIGINE. | Numéro d'analyse | COMP. % AIR NON DÉDUIT | | | | | COMP. % AIR DEDUIT | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $O_2$ | $N_2$ | $CO_2$ | $CH_4$ | $C_xH_y$ | $C_2H_6$ | $H_2$ | $He + Ne$ | $N_2$ | $CO_2$ | $CH_4$ | $C_xH_y$ | $C_2H_6$ | $H_2$ | $He + Ne$ |
| Air chargé de grisou. Charbonnage Carabinier. Recoupe veine Ahurie. | 7 | 9,23 | 36,57 | ,31 | 53,85 | ,03 | nd | — | nd | 2,94 | ,56 | 96,45 | ,05 | nd | — | nd |
| Idem. Grisou de la Station (anc. travaux de Grand-Trait à Frameries). | 8 | 8,21 | 32,51 | ,17 | 59,11 | ,03 | nd | — | nd | 2,37 | ,28 | 97,30 | ,05 | nd | — | nd |
| Le même, en bonbonne, comprimé. | 9 et 10 | ,65 | 20,85 | 2,35<br>2,35 | 76,00 | — | ,12<br>,13 | — | nd | 18,99 | 2,43 | 78,46 | — | ,13 | — | nd |
| Petite Garde à 300 m. siège Grisoeuil des Charbonn. Belges à Frameries. | 11 | 5,29 | 44,86 | 4,16 | 45,78 | — | ,04 | ,0032<br>,0034 | ,0052<br>,0054 | 33,20 | 5,56 | 61,18 | — | ,05 | ,0043 | ,0069 |
| Veine 3 Sud, étage 950 m., Siège Grand-Trait. | 12* | 2,70 | 10,74 | ,77 | 85,76 | ,013 | nd | — | ,0212 | ,60 | ,88 | 98,48 | ,015 | nd | — | ,0244 |
| Couche non identifiée encore à 950 m., s. Grand-Trait à Frameries. | 13 | traces | — | ,77<br>,73 | 97,55 | — | 1,69<br>1,69 | — | ,0413 | — | ,75 | 97,55 | — | 1,69 | — | ,0413 |
| Veine 4 Levant au niveau de 950 m., siège Grand-Trait à Frameries | 14 | traces | ,87 | ,70 | 97,34 | — | 1,09 | — | ,0208 | ,87 | ,70 | 97,34 | — | 1,09 | — | ,0208 |
| Couche Bouleau à 837 m., Ch. Hornu et Wasmes. | 15 | ,15 | 1,59 | ,76 | 96,42 | — | 1,09 | — | ,0129 | 1,03 | ,77 | 97,09 | — | 1,10 | — | ,0130 |
| St-Edouard à 1.150 m. du n° 10 de Grisoeuil, Ch. Belges à Frameries. | 16 | ,90 | 6,65 | ,49 | 91,94 | — | ,02 | — | ,0693 | 3.39 | ,51 | 96,01 | — | ,02 | — | ,0724 |
| Idem, dans une autre taille. | 17 | traces | 1,73 | 1,40 | 95,31 | — | 1,57 | — | ,0169 | 1,73 | 1,40 | 95,31 | — | 1,57 | — | ,0169 |
| Veine 10 Paumes des Ch. de Fontaine-l'Evêque. | 18** | 15,64 | 61,69 | ,44 | 21,83 | — | ,40 | — | ,0038 | 9,93 | 1,75 | 86,73 | — | 1,59 | — | ,0150 |
| Soufflard de la mine Konig à Neunkirchen (Saar). | 19 | absence | ,32 | ,38 | 97.20 | — | 1,96 | ,133 | ,0257 | ,32 | ,38 | 97,20 | — | 1,96 | ,133 | ,0257 |
| Couche Nooz des Charbonn. de Wérister (immédiat. après forage). | 22 | ,17 | 7,35 | ,10 | 92,32 | — | ,05 | ,0171 | ,0085 | 6,76 | ,10 | 93,06 | — | ,05 | ,0171 | ,0086 |
| Idem, 3 h. après forage. | 23*** | ,30 | ,42 | ,38 | 98,71 | — | ,19 | — | ,0354 | | | | | | | |
| Idem, 6 h. après forage. | 24*** | ,18 | ,57 | ,33 | 98,73 | — | ,20 | — | ,0251 | | | | | | | |
| Chêne Plat sous 715 m. aux Charb. des Six Bonniers | 25*** | ,33 | ,52 | ,41 | 98,53 | — | ,21 | — | ,0228 | | | | | | | |
| Diamant à 875 m. des Ch. des Six-Bonniers (Liége). | 26 | absence | 1,19 | ,30 | 96,64 | — | 1,87 | ,0020 | ,0005 | 1,19 | ,30 | 96,64 | — | 1.87 | ,0020 | ,005 |
| | 27 | ,20 | 1,44 | ,59 | 97,23 | — | ,54 | ,0058 | ,0441 | ,69 | ,60 | 98,12 | — | ,55 | ,0059 | ,0445 |

* 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 inévitables 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. Humidité. | Matières volatiles. | Cendres. | Charbon sec. Matières volatiles. | Cendres. | Charbon pur. 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'Evêque) 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. Coppens a désiré maintenir, dans le tableau que nous commentons, la dénomination $CxHy$ 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$^{os}$ 7, 8, 16, 23, 24, 25), la teneur s'accentue dans les grisous provenant de mines à dégagements instantanés : exemple à 950 mètres du siège Grand-Trait, nous trouvons (n$^{os}$ 13, 14, 15) des teneurs de 1,69, 1,09 et 1,10 %; au n° de Grisoeuil (n$^{os}$ 17-18) 1,57 et 1,59 %; à la veine Dix Paumes de Fontaine-lEvêque, 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 (Liége) 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 zône 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 Liége : 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 Liége).

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 Liége, 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.

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

—

*ANNEXE I.*

# 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 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 an 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-Metallurgia », rapport de la Commission du grisou sur l'emploi de la Sabulite B dans les mines de houille).

Voici nos sources :

*Chaleurs de formations :*

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

*Chaleurs spécifiques :*

| | |
|---|---|
| $CO^2$, $H^2O$, $N^2$, $O^2$, $KCl$, $NaCl$ | Hauser, source indiquee. |



| | |
|---|---|
| $Al^2O^3$ | Chemiker Kalender (1929). |
| $Na^2CO^3$, $K^2CO^3$ | Tables de Landolt. |
| $NaOH$, KOH, $Na^20$, $K^2O$ | Calculées d'après la loi de Neumann et Kopp et les données de la publication du Bureau of Mines « Explosives », pp. 106 à 114, par Taylor et Rinkenbach. |

*Chaleurs de fusion :*

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

*Températures de fusion.*
*Ebullition, chaleurs de vaporisation :*

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

Hydroxydes alcalins : Tables de Landolt et tables annuelles des constances 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''... les chaleurs spécifiques moléculaires des gaz d'explosion à 0° C et à volume constant.

Ces chaleurs deviendront à t° :

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

Soient q, q', q''... 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 :

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

Soit Qmv la chaleur de décomposition totale de 1.000 grammes d'explosif :

$$Qmv = \Sigma\ q\,(a + bt)\,t$$

$$Qmv = \Sigma\ qat + \Sigma\ qbt^2.$$

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

$$Qmv = At + Bt^2$$

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

---

## 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 :*

$$6{,}625\ NH^4NO^3 + 0{,}841\ KNO^3 + 3{,}932\ NaCl + 0{,}617\ C^7H^5O^6N^3 + 0{,}277\ Al^2 = 4{,}319\ CO^2 + 7{,}971\ N^2 + 3{,}932\ NaCl + 0{,}71\ O^2$$

$$0{,}277\ Al^2O^3 + 14{,}3715\ H^2O + 0{,}841\ KOH.$$

(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 :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $H^2O$ | : 14,3715 | × | 58,3 | = 837,858 |
| $CO^2$ | : 4,319 | × | 94,3 | = 407,282 |
| $Al^2O^3$ | : 0,277 | × | 380,2 | = 105,315 |
| KOH | : 0,841 | × | 102,7 | = 86,371 |
| | | | | 1.436,826 Cal. |

*Chaleur 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 Cal. |

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

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :

(1436,826 + 15,602) — 703,158 = 749,270 Cal.

---

CALCUL DES COEFFICIENTS « *A* » ET « *B* ».

« *A* »

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $CO^2$ | : 4,319 | × | 6,26 | = 27,037 |
| $H^2O$ | : 14,3715 | × | 5,61 | = 80,624 |
| $O^2 + N^2$ | : 8,681 | × | 4,8 | = 41,669 |
| NaCl (1) | : 3,932 | × | 12,5 | = 49,150 |
| $Al^2O^3$ | : 0,277 | × | 20,4 | = 5,651 |
| KOH (2) | : 0,841 | × | 12,7 | = 10,681 |
| | | | | 214,812 |

« *B* »

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4,319 | × | 0,0037 | = 0,0159803 |
| 14,3715 | × | 0,0033 | = 0,0474259 |
| 8,681 | × | 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.

NaCl : $[12{,}5\ (798\text{-}15) + 7.220 + 46.650 + 12{,}5\ (t - 1442)] \times 3{,}932$
NaCl : $(45632{,}5 + 12{,}5\ t) \times 3{,}932$
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.

KOH : $[(360\text{-}15)\ 12{,}7 + 1610 + 32.450 + (t - 1324)\ 12{,}7]\ 0{,}841$
KOH : $[4381{,}5 + 1610 + 32.450 - 16.814{,}8 + 12{,}7\ t]\ 0{,}841$
KOH : $(21.626{,}7 + 12{,}7\ t)\ 0{,}841$
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 :*

$$6{,}625\ NH^4NO^3 + 0{,}841\ KNO^3 + 3{,}932\ NaCl + 0{,}617\ C^7H^5O^6N^3 + 0{,}277\ Al^2 = 4{,}319\ CO^2 + 14{,}792\ H^2O + 7{,}971\ N^2 + 0{,}4205\ K^2O + 3{,}932\ NaCl + 0{,}710\ O^2 + 0{,}277\ Al^2O^3.$$

*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 × 0,57 = 15,841 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 |
| $O^2+N^2$ | : 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 :*

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

d'où $t = 2043°$ C.

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

NaCl : (45.632,5 + 12,5 t) × 3,932

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

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

d'où $t = 1664°$ 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 :*

$$7\ NH^4NO^3 + 0{,}643\ KNO^3 + 4{,}273\ NaCl + 0{,}529\ C^7H^5O^6N^3 + 0{,}092\ Al^2 = 3{,}703\ CO^2 + 15{,}322\ H^2O + 8{,}115\ N^2 + 0{,}321\ K^2O + 4{,}273\ NaCl + 0{,}092\ Al^2O^3 + 1{,}389\ O^2.$$

*Volume moléculaire des gaz :*

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

*Chaleurs de combustion :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $H^2O$ | : 15,322 | × | 58,3 | = 893,273 |
| $CO^2$ | : 3,703 | × | 94,3 | = 349,193 |
| $K^2O$ | : 0,321 | × | 97,2 | = 31,201 |
| $Al^2O^3$ | : 0,092 | × | 380,2 | = 34,978 |
| | | | | 1308,645 Cal. |

*Chaleur de décomposition :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $NH^4NO^3$ | : 7 | × | 88,6 | = 620,200 |
| $KNO^3$ | : 0,643 | × | 119,0 | = 76,517 |
| TNT | : 0,529 | × | 26,1 | = 13,807 |
| | | | | 710,524 Cal. |

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : 28,529 × 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* »

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $CO^2$ | : 3,703 | × | 6,26 | = 23,181 |
| $H^2O$ | : 15,322 | × | 5,61 | = 85,956 |
| $O^2+N^2$ | : 9,504 | × | 4,80 | = 45,619 |
| $K^2O$ | : 0,321 | × | 16,80 | = 5,393 |
| NaCl (1) | : 4,273 | × | 12,50 | = 53,412 |
| $Al^2O^3$ | : 0,092 | × | 20,4 | = 1,877 |
| | | | | 215,438 |

« *B* »

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3,703 | × | 0,0037 | = 0,0137011 |
| 15,322 | × | 0,0033 | = 0,0505626 |
| 9,504 | × | 0,0006 | = 0,0057024 |
| | | | 0,0699661 |



*Equation :*

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

d'où $t = 1800°$ C.

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

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

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

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

d'où $t = 1352°$ 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 :*

$$5{,}25\ NH^4NO^3 + 0{,}617\ C^7H^5O^6N^3 + 1{,}444\ KCLO^4 + 0{,}597\ C^2O^4Na^2 + 2{,}735\ NaCL = 5{,}513\ CO^2 + 12{,}042\ H^2O + 6{,}175\ N^2 + 1{,}975\ O^2 + 0{,}597\ Na^2O + 2{,}735\ NaCl + 1{,}444\ KCl.$$

*Volume moléculaire des gaz :*

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

*Chaleurs de combustion :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $H^2O$ | : 12,042 | × | 58,3 | = 702,049 |
| $CO^2$ | : 5,513 | × | 94,3 | = 519,876 |
| | | | | 1221,925 |

*Chaleurs de décomposition :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $NH^4NO^3$ | : 5,25 | × | 88,6 | = 465,150 |
| $KClO^4$ | : 1,444 | × | 7,9 | = 11,408 |
| $Na^2C^2O^4$ | : 0,597 | × | 214,8 | = 128,236 |
| T.N.T. | : 0,617 | × | 26,1 | = 16,104 |
| | | | | 620,898 |

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : 25,705 × 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 |
| $H^2O$ | : | 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 |
| $Na^2O$ | : | 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 $t = 1885°$ 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.

KCl : [12,9 (768-15) + 6410 + 43130 + 12,9 (t — 1415)] 1,444

KCl : (41.000,2 + 12,9 t) 1,444

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 $t = 1445°$ 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 :*

$$5{,}250\ NH^4NO^3 + 0{,}617\ C^7H^5O^6N^3 + 1{,}444\ KClO^4 + 0{,}597\ Na^2C^2O^4 + 2{,}735\ NaCl = 5{,}513\ CO^2 + 6{,}175\ N^2 + 1{,}975\ O^2 + 2{,}735\ NaCl + 1{,}444\ KCl + 1{,}194\ NaOH + 11{,}445\ H^2O.$$

*Volume moléculaire des gaz :*

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

*Chaleur de combustion :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $H^2O$ | : | 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 :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $NH^4NO^3$ | : | 5,250 × | 88,6 | = 465,150 |
| $KClO^4$ | : | 1,444 × | 7,9 | = 11,408 |
| $Na^2C^2O^4$ | : | 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 × 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 |
| $H^2O$ | : | 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 $t = 1954°$ 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 :*

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

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.

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

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 $t = 1516°$ C.



## Centralite « R ».

HYPOTHESE : FORMATION DE $Na^2CO^3$.

| | 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 :*

$$5{,}25\ NH^4NO^3 + 0{,}617\ C^7O^6H^5N^3 + 1{,}444\ KCLO^4 + 0{,}597\ C^2O^4Na^2 + 2{,}735\ NaCl = 4{,}916\ CO^2 + 12{,}042\ H^2O + 6{,}175\ H^2 + 1{,}975\ O^2 + 2{,}735\ NaCl + 1{,}444\ KCl + 0{,}597\ CO^3Na^2.$$

*Volume moléculaire des gaz :*

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

*Chaleur de combustion :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $CO^2$ | : | 4,916 | × 94,3 | = 463,579 |
| $H^2O$ | : | 12,042 | × 58,3 | = 702,049 |
| $CO^3Na^2$ | : | 0,597 | × 270,8 | = 161,668 |
| | | | | 1327,296 |

*Chaleur de décomposition :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $NH^4NO^3$ | : | 5,25 | × 88,6 | = 465,150 |
| $C^7O^6H^5N^3$ | : | 0,617 | × 26,1 | = 16,104 |
| $KCLO^4$ | : | 1,444 | × 7,9 | = 11,408 |
| $C^2O^4Na^2$ | : | 0,597 | × 315 | = 188,055 |
| | | | | 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 |
| $H^2O$ | : | 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 |
| $Na^2CO^3$ | : | 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 $t = 1988°$ C.

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

KCl : (41.000,2 + 12,9 t) 1,444

NaCl : (45632,5 + 12,5 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 $t = 1560°$ 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 :*

$$8\ NH^4NO^3 + 0{,}441\ C^7H^5O^6N^3 + 0{,}505\ KClO^4 + 2{,}991\ NaCl + 0{,}009\ C^6H^{10}O^5 = 3{,}141\ CO^2 + 17{,}147\ H^2O + 8{,}661\ N^2 + 0{,}050\ KCl + 2{,}991\ NaCl + 2{,}641\ O^2.$$

*Volume moléculaire des gaz :*

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

*Chaleur de combustion :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $H^2O$ | : 17,147 | × 58,3 | = 999,670 |
| $CO^2$ | : 3,141 | × 94,3 | = 296,196 |
| | | | 1295,866 |

*Chaleur de décomposition :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $NH^4NO^3$ | : 8 | × | 88,6 | = 708,800 |
| $KClO^4$ | : 0,505 | × | 7,9 | = 3,990 |
| T.N.T. | : 0,441 | × | 26,1 | = 11,510 |
| Cellulose | : 0,009 | × | 230,4 | = 2,074 |
| | | | | 726,374 |

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : 31.590 × 0,57 = 18,0063 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* »

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $CO^2$ | : | 3,141 | × 6,26 | = 19,663 |
| $H^2O$ | : | 17,147 | × 5,61 | = 96,195 |
| $O^2 + N^2$ | : | 11,302 | × 4,80 | = 54,250 |
| NaCl (1) | : | 2,991 | × 12,50 | = 37,387 |
| KCl (2) | : | 0,505 | × 12,90 | = 6,514 |
| | | | | 214,009 |

« *B* »

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3,141 | × | 0,0037 | = 0,01162 |
| 17,147 | × | 0,0033 | = 0,05658 |
| 11,302 | × | 0,0006 | = 0,00678 |
| | | | 0,07498 |

*Equation :*

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

d'où $t = 1713°$ C.

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

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

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 :

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

d'où $t = 1353°$ 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 |
| | 1000,0 | | |

*Equation de combustion :*

$$0{,}486\ C^3H^5(NO^3)^3 + 0{,}0549\ C^7H^6N^2O^4 + 7{,}375\ NH^4NO^3 + 3{,}760\ NaCl + 0{,}299\ C^6H^{10}O^5 + 0{,}156\ C^{10}H^8 + 0{,}083\ C = 5{,}279\ CO^2 + 17{,}656\ H^2O + 8{,}159\ N^2 + 3{,}760\ NaCl + 0{,}593\ H^2.$$

*Volume moléculaire des gaz :*

$$= 5{,}279\ CO^2 + 17{,}656\ H^2O + 8{,}159\ N^2 + 3{,}760\ NaCl + 0{,}593\ H^2.$$

*Explosif sous-oxygéné.*

*Chaleurs de combustion :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $H^2O$ | : 17,656 | × 58,3 | = 1029,344 |
| $CO^2$ | : 5,279 | × 94,3 | = 497,809 |
| | | | 1527,153 |



*Chaleurs de décomposition :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $NH^4NO^3$ | : 7,375 | × 88,6 | = | 653,425 |
| Nitroglycérine | : 0,486 | × 94,2 | = | 45,781 |
| Binitrotoluol | : 0,0549 | × 13,8 | = | 0,757 |
| Naphtaline | : 0,156 | × (—22,8) | = | — 3,556 |
| Cellulose | : 0,299 | × 230,4 | = | 68,889 |
| | | | | 765,296 |

A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : 31,687 × 0,57 = 18,0616 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* »

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $CO^2$ | : 5,279 | × 6,26 | = | 33,046 |
| $H^2O$ | : 17,656 | × 5,61 | = | 99,050 |
| $H^2 + N^2$ | : 8,752 | × 4,80 | = | 42,009 |
| NaCl (1) | : 3,760 | × 12,50 | = | 47,000 |
| | | | | 221,105 |

« *B* »

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5,279 | × 0,0037 | = | 0,01953 |
| 17,656 | × 0,0033 | = | 0,05826 |
| 8,752 | × 0,0006 | = | 0,00525 |
| | | | 0,08304 |

*Equation :*

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

d'où $t = 2010°$.

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

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

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

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

d'où $t = 1685°$.

---

## 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 |
| | 1000 | | |

*Equation de combustion :*

$0{,}445\ C^3H^5(NO^3)^3 + 4{,}083\ C + 7{,}875\ NH^4NO^3 + 3{,}760\ NaCl = 5{,}418\ CO^2 + 16{,}794\ H^2O + 0{,}068\ H^2 + 8{,}543\ N^2 + 3{,}760\ NaCl.$

*Volume moléculaire des gaz :*

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

*Explosif sous-oxygéné.*

*Chaleur de combustion :*

$H^2O$ : $16{,}794 \times 58{,}3 = 979{,}090$
$CO^2$ : $5{,}418 \times 94{,}3 = 510{,}917$

1490,007

*Chaleur de décomposition :*

Nitroglycérine : $0{,}445 \times 94{,}2 = 41{,}919$
$NH^4NO^3$ : $7{,}875 \times 88{,}6 = 697{,}725$

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* »

$CO^2$ : $5{,}418 \times 6{,}26 = 33{,}917$
$H^2O$ : $16{,}794 \times 5{,}61 = 94{,}214$
$N^2 + H^2$ : $8{,}611 \times 4{,}80 = 41{,}333$
NaCl (1) : $3{,}760 \times 12{,}50 = 47{,}000$

216,464



« *B* »

$5{,}418 \times 0{,}0037 = 0{,}02005$
$16{,}794 \times 0{,}0033 \times 0{,}05542$
$8{,}611 \times 0{,}0006 = 0{,}00517$

0,08064

*Equation :*

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

d'où $t = 2023°$ C.

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

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

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

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

d'où $t = 1690°$ C.

## Nitrobaélénite III.

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

*Equation de combustion :*

$0{,}484\ C^3H^5(NO^3)^3 + 0{,}493\ C^6H^{10}O^5 + 7{,}25\ NH^4NO^3 + 3{,}761\ NaCl + 0{,}055\ C^7H^6N^2O^4 = 4{,}795\ CO^2 + 18{,}34\ H^2O + 8{,}031\ N^2 + 3{,}761\ NaCl + 0{,}5305\ O^2.$

*Volume moléculaire des gaz :*

$$4{,}795 + 18{,}34 + 8{,}031 + 0{,}530 = 31.696.$$

*Chaleur de combustion :*

$H^2O$ : $18.34 \times 58{,}3 = 1069{,}222$
$CO^2$ : $4{,}795 \times 94{,}3 = 452{,}168$

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 × 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 :*

$$0{,}0833\ t^2 + 221{,}009\ t - 737168 = 0$$

d'où $t = 1931°$ 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 $t = 1597°$ 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 :*

$$6{,}375\ NH^4NO^3 + 0{,}722\ KClO^4 + 0{,}66\ C^7H^5O^6N^3 + 4{,}109\ NaCl = 4{,}620\ CO^2 + 14{,}40\ H^2O + 7{,}365\ N^2 + 4{,}109\ NaCl + 0{,}722\ KCl + 1{,}166\ O^2.$$

*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 × 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* »

$$\begin{aligned} 4{,}620 &\times 0{,}0037 = 0{,}01709 \\ 14{,}40 &\times 0{,}0033 = 0{,}04752 \\ 8{,}531 &\times 0{,}0006 = 0{,}00512 \\ & \qquad\qquad 0{,}06973 \end{aligned}$$

*Equation :*

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

d'où $t = 1931°$ C.

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

$KCl : (41.000{,}2 + 12{,}9\ t) \times 0{,}722$

$NaCl : (45.632{,}5 + 12{,}5\ t) \times 4{,}109$

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 $t = 1528°$ 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 :*

$$1{,}021\ NH^4ClO^4 + 5{,}250\ NH^4NO^3 + 1{,}176\ NaNO^3 + 0{,}616\ C^7H^5O^6N^3 + 3{,}760\ NaCl = 4{,}312\ CO^2 + 14{,}082\ H^2O + 7{,}272\ N^2 + 4{,}781\ NaCl + 2{,}137\ O^2 + 0{,}0775\ Na^2O.$$

*Volume moléculaire des gaz :*

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



*Chaleur de combustion :*

$$\begin{aligned} H^2O &: 14{,}082 \times 58{,}3 = 820{,}981 \\ CO^2 &: 4{,}312 \times 94{,}3 = 406{,}622 \\ Na^2O &: 0{,}0775 \times 100{,}2 = 7{,}765 \\ NaCL &: 1{,}021 \times 97{,}9 = 99{,}956 \\ & \qquad\qquad 1335{,}324 \end{aligned}$$

*Chaleur de décomposition :*

$$\begin{aligned} NH^4ClO^4 &: 1{,}021 \times 79{,}7 = 81{,}374 \\ NH^4NO^3 &: 5{,}250 \times 88{,}6 = 465{,}150 \\ NaNO^3 &: 1{,}176 \times 110{,}7 = 130{,}183 \\ C^7H^5O^6N^3 &: 0{,}616 \times 26{,}1 = 16{,}078 \\ & \qquad\qquad 692{,}785 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} H^2O &: 14{,}082 \times 5{,}61 = 79{,}000 \\ CO^2 &: 4{,}312 \times 6{,}26 = 26{,}993 \\ O^2 + N^2 &: 9{,}409 \times 4{,}80 = 45{,}166 \\ NaCL\ (1) &: 4{,}781 \times 12{,}50 = 59{,}762 \\ Na^2O &: 0{,}0775 \times 16{,}8 = 1{,}302 \\ & \qquad\qquad 212{,}223 \end{aligned}$$

« *B* »

$$\begin{aligned} 14{,}082 &\times 0{,}0033 = 0{,}0464706 \\ 4{,}312 &\times 0{,}0037 = 0{,}0159544 \\ 9{,}409 &\times 0{,}0006 = 0{,}0056457 \\ & \qquad\qquad 0{,}0680707 \end{aligned}$$

*Equation :*

$$0{,}0680707\ t^2 + 212{,}223\ t - 658.387 = 0$$

d'où $t = 1920°$ C.

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

NaCl : (45.632,5 + 12,50 t) 4,781

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

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

d'où $t = 1424°$ 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 :*

$$1{,}021\ NH^4ClO^4 + 5{,}250\ NH^4NO^3 + 1{,}176\ NaNO^3 + 0{,}616\ C^7H^5O^6N^3 + 3{,}760\ NaCl = 4{,}312\ CO^2 + 14{,}004\ H^2O + 7{,}272\ N^2 + 4{,}781\ NaCl + 2{,}137\ O^2 + 0{,}155\ NaOH.$$

*Volume moléculaire des gaz :*

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

*Chaleur de combustion :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $H^2O$ | : 14,004 | × 58,3 | = 816,433 |
| $CO^2$ | : 4,312 | × 94,3 | = 406,622 |
| NaCl | : 1,021 | × 97,9 | = 99,956 |
| NaOH | : 0,155 | × 102,7 | = 15,918 |
| | | | 1338,929 |

*Chaleur de décomposition :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $NH^4ClO^4$ | : 1,021 | × 79,7 | = 81,374 |
| $NH^4NO^3$ | : 5,250 | × 88,6 | = 465,150 |
| $C^7H^5O^6N^3$ | : 0,616 | × 26,1 | = 16,078 |
| $NaNO^3$ | : 1,176 | × 110,7 | = 130,183 |
| | | | 692,785 |



A ajouter pour passer des chaleurs à pression constante à celles à volume constant : 27,725 × 0,57 = 15,803 Cal.

Chaleur équivalente au travail développé par l'explosion :

1.338,929 + 15,803 — 692,785 = 661,947 Cal.

---

CALCUL DES COEFFICIENTS « *A* » ET « *B* ».

« *A* »

| | | | |
|---|---|---|---|
| $CO^2$ | : 4,312 | × 6,26 | = 26,993 |
| $H^2O$ | : 14,004 | × 5,61 | = 78,562 |
| $O^2 + N^2$ | : 9,409 | × 4,80 | = 45,166 |
| NaCl (1) | : 4,781 | × 12,50 | = 59,726 |
| NaOH (2) | : 0,155 | × 12,70 | = 1,968 |
| | | | 212,451 |

« *B* »

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4,312 | × | 0,0037 | = 0,0159544 |
| 14,004 | × | 0,0033 | = 0,0462132 |
| 9,409 | × | 0,0006 | = 0,0056454 |
| | | | 0,0678130 |

*Equation :*

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

d'où $t = 1928°$ 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 :*

NaCl : (45.632,5 + 12,50 t) 4,781

NaOH : (19.320 + 12,70 t) 0,155

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

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

d'où $t = 1426°$ 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 — Chlorures alcalins — Fixes | Chaleur équivalente au travail développé par l'explosif — Chlorures alcalins — Fondus et vaporisés | Volume moléculaire des gaz | Températures de détonation — Chlorures alcalins — Fixes | Températures de détonation — Chlorures alcalins — Fondus et vaporisés | REMARQUES. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alkalite II (Al : 1,5 %). Formation $K_2O$. | 1.431.685 | 703.158 | 728.527 | 549.100 $K_2O$ = fixe | 27.792 | 2043 | 1664 $K_2O$ = fixe | Explosif suroxygéné. |
| Alkalite II (Al : 1,5 %). Formation de KOH. | 1.452.428 | 703.158 | 749.270 | 551.655 | 27.371 | 2091 | 1674 | Idem. |
| Alkalite II (Al : 0,5 %). Formation $K_2O$. | 1 324.906 | 710.524 | 614.382 | 419.394 $K_2O$ = fixe | 28.529 | 1800 | 1352 | Idem. |
| Centralite R. Formation de $Na_2O$. | 1.236.577 | 620 898 | 615.679 | 431.670 $Na_2O$ = fixe | 25.705 | 1885 | 1445 $Na_2O$ = fixe | Idem. |
| Centralite R. Formation de $Na_2CO_3$. | 1.341.607 | 680.717 | 660.890 | 476.881 $Na_2CO_3$ = fixe | 25.108 | 1988 | 1560 $Na_2CO_3$ = fixe | Idem. |
| Centralite R. Formation de NaOH. | 1.324.064 | 680.717 | 643.337 | 457.023 | 25.108 | 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. |
| Nitrobaelénite 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 $Na_2O$. | 1.351.172 | 692.785 | 658.387 | 440.218 $Na_2O$ = fixe | 27.803 | 1920 | 1424 $Na_2O$ = 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.

*a*) Comparaison des résultats obtenus en employant successivement l'explosif S. G. P. ordinaire et l'explosif S. G. P. gainé ;

*b*) 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 ;

*c*) 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 ;

*d*) 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.

## B. — Tir simultané par volée de mines.

Comparaison des résultats obtenus avec l'explosif S. G. P. ordinaire en procédant selon A et selon B.

Comparaison des résultats obtenus, en utilisant le procédé B et en reprenant les points *a*, *b*, *c*, *d* du procédé A.

***

Les essais se sont dans une galerie en ferme creusée au niveau de 845 mètres du siège n° 14, en suivant un veiniat. Les terrains coupés sont donc toujours les mêmes — sauf dérangements — et permettent les comparaisons des procédés.

Le creusement se fait en trois postes; il est surveillé par trois agents d'élite qui sont chargés du minage et de l'enregistrement des résultats obtenus.

Ils repèrent la position des trous de mine, notent leur charge et toutes autres indications éventuellement utiles à ce sujet. Par un système de croquis, ils notent les avancements effectués. Par un chronométrage standardisé, ils indiquent la durée des différentes parties du travail : havage, forage, minage, déblocage, boisage, etc. Les tableaux-types qu'ils remplissent à leur remonte sont établis de façon à permettre le contrôle d'un agent par un autre et le contrôle des Ingénieurs. Je descends normalement une fois par semaine, à différents postes; l'Ingénieur du siège visite également le travail plusieurs fois par semaine. L'organisation adoptée ne me paraît pas laisser de place à l'introduction d'une erreur importante dans les résultats constatés.

Les essais ont porté uniquement en 1930 sur les points *a* et *b* du programme A par mines uniques successives.

a. — *Comparaison des explosifs S. G. P. non gainés et gainés.*

Les essais ont porté sur une longueur totale de 61$^{m}$,15 en ce qui concerne les explosifs S. G. P. gainés et de 58$^{m}$,80 en ce qui concerne les explosifs S. G. P. non gainés. Ils ont été divisés en trois séries, la première et la deuxième série portant sur des terrains réglés, moyennement durs et la troisième série sur des terrains dérangés, également de dureté moyenne.

Les résultats de ces divers essais détaillés par tour de mines, ainsi que les totaux et moyennes, sont donnés ci-joints dans les tableaux n$^{os}$ 1 à 6.

L'examen de ces résultats nous permet de tirer des conclusions quant à la puissance des explosifs dans les deux cas.



Les facteurs susceptibles de faire apprécier cette puissance et que nous examinerons ci-après sont les suivants :

1) Consommation d'explosifs par mètre courant d'avancement;
2) Quantité de terre abattue par cartouche utilisée;
3) Avancement journalier (ce dernier facteur n'intervient que dans une certaine mesure car l'avancement peut être influencé par d'autres causes indépendantes de la puissance de l'explosif).

Le prix de revient, qui est la résultante à la fois de la puissance de l'explosif et de l'avancement journalier (ce dernier dépendant également dans une certaine mesure de la puissance de l'explosif) sera également repris dans notre comparaison.

1. — *Consommation par mètre courant d'avancement.* — Les tableaux annexes nous donnent les résultats ci-après :

| Essais. | N. de cartouches par m. ct | | N. de détonateurs par m. ct | |
|---|---|---|---|---|
| | gainées. | non gain. | expl. gainé. | expl. non g. |
| 1$^{er}$ essai . . | 25,10 | 25,53 | 4,1 | 3,41 |
| 2$^{me}$ essai . . | 19,76 | 19,24 | 3,44 | 3,13 |
| 3$^{me}$ essai . . | 30,70 | 27,10 | 4,83 | 4,77 |

Les deux premiers essais donnent des consommations de cartouches par mètre courant à peu près identiques, la différence de 43 cartouches par 100 mètres en faveur du gainé dans le premier cas et de 52 cartouches par 100 mètres en faveur du non gainé dans le deuxième cas est attribuable au minimum d'imprécision non éliminable dans le travail courant du creusement en roches. Ces différences ne sont du reste que de l'ordre de 1 à 2 %.

Le troisième essai, en veine dérangée, donne une différence de consommation de 10 % environ, en faveur de l'explosif non gainé. Cette différence provient surtout du fait que lors de l'essai avec explosif non gainé, le veiniat dans lequel on pratiquait le havage préalable au minage passait, quoique dérangé, au milieu de la section, tandis que lors de l'essai avec l'explosif gainé, ce veiniat passait en général dans l'angle supérieur d'aval de la galerie. Il en résultait que, après havage, dans le premier cas, les terrains étaient desserrés à peu près dans toute la section, tandis que, dans le second cas, ce desserrage n'avait lieu que sur une faible partie de la section, dans l'angle de celle-ci. Il est compré-

hensible que cet état de chose exigeait une consommation d'explosifs un peu plus grande dans le second cas.

En ce qui concerne la consommation de détonateurs par mètre courant, les résultats accusent une différence de 17 % à 9 %, respectivement pour les essais 1 et 2, en faveur de l'explosif non gainé. Ce fait indique, comme on place un seul détonateur par mine, que l'on a foré des mines plus nombreuses et plus courtes lors des essais avec explosif gainé. Cette méthode de forage ne s'imposait nullement lors de l'emploi de cet explosif. Je suis parvenu à la faire disparaître de la pratique du travail, à tel point que la différence de consommation de détonateurs par mètre courant pour le troisième essai est pratiquement nulle (de l'ordre de 1 %).

2. — *Quantité de terres abattues par cartouche utilisée.* — Ces quantités évaluées en chariots de 5 Hl., ont été les suivantes dans les différents cas :

| Essais. | Nombre de chariots par cartouche gainée. | non gainée. |
|---|---|---|
| 1er essai . . . | 1,42 | 1,25 |
| 2me essai . . . | 1,56 | 1,58 |
| 3me essai . . . | 1,10 | 1,18 |

L'égalité approximative dans la consommation des explosifs pour les deux cas et constatée au 1° ci-avant est corroborée par les chiffres ci-dessus. Pour le premier essai, il y a 12 % de différence en faveur de l'explosif gainé, mais il est à remarquer que le nombre de chariots de terres chargés par mètre courant a été dans ce cas de 35,12 (tableau n° 1) alors qu'il n'a été que de 32 dans le cas des explosifs non gainés (tableau n° 4) les terres ont donc foisonné davantage dans le premier cas, ce qui explique la différence constatée.

Pour le deuxième essai, il y a égalité. Il y a également égalité approximative dans le nombre de chariots chargés par mètre courant : 30 et 31 (tableaux nos 2 et 4).

Pour le troisième essai, il y a une différence de 7 % en faveur de l'explosif non gainé. Cette différence doit provenir du travail différent des explosifs dans les deux cas, travail dont il a été fait mention ci-avant pour expliquer la différence de consommation de cartouches par mètre courant en faveur de l'explosif non gainé



dans le troisième essai. Il est à remarquer également que le nombre de chariots chargés par mètre courant a été de 34 pour l'explosif gainé et de 32 seulement avec l'explosif non gainé, ce qui augmente encore la différence en faveur du non gainé et la porte à environ 10 % au lieu de 7 %.

Il y a ainsi entière concordance entre les résultats donnés par la consommation d'explosifs par mètre courant et par le nombre de chariots abattus par cartouche.

3. — *Avancement journalier.* — Les avancements journaliers ont été les suivants :

| Essais. | Explosifs gainés. | Explosifs non gainés. |
|---|---|---|
| 1er essai. . . | 1m,68 | 2m,21 |
| 2me essai. . . | 2m,13 | 2m,18 |
| 3me essai. . . | 1m,87 | 1m,94 |

Les avancements journaliers sont sensiblement les mêmes pour les essais 2 et 3. Ils ne diffèrent que de 2 à 3 %, ce qui est pratiquement négligeable, en faveur de l'explosif non gainé.

Pour l'essai 1, l'avancement journalier en non gainé dépasse de 24 % l'avancement journalier en gainé. Cette différence provient principalement de la durée moindre, dans le cas des explosifs non gainés, de travaux partiels indépendants de l'espèce d'explosif utilisé. En effet, en comparant dans les tableaux nos 1 et 4 la durée des différents travaux partiels pour 1 mètre de creusement, on s'aperçoit que seul le bénéfice du temps de forage peut être retenu. Dans le cas des explosifs gainés, le diamètre des fleurets était de 48 à 42 millimètres, tandis que dans le cas des explosifs non gainés, ce diamètre variait de 38 à 32 millimètres. Le temps de forage devait donc logiquement être plus long dans le cas des explosifs gainés et, en fait, il l'a été; il s'est élevé à 164' par mètre courant contre 130' pour l'explosif non gainé, soit une différence de 20 % sur le temps de forage. Cette différence sur le temps de forage correspond à 17 % de la différence des temps totaux pour un mètre d'avancement dans les deux cas. Il n'y a donc lieu de retenir, en faveur de l'explosif non gainé. qu'une différence d'avancement journalier de 17 % sur les 24 % constatés, soit 4 %, ce qui est comparable à la différence de 2 à 3 %, reprise ci-dessus, constatée en faveur des explosifs non gainés. Le reste du bénéfice d'avancement journalier donné par les explo-

sifs non gainés provient surtout de la durée moindre par mètre courant, des travaux divers (43' contre 53'), chargement des terres (81' contre 106'), boisage (66' contre 112'), déblocage (145' contre 182'), minage (44' contre 87'). Ces différents travaux sont indépendants de la nature de l'explosif utilisé, sauf peut être le déblocage qui peut être un peu plus long lorsque la puissance de l'explosif est plus faible. Pour le minage, la différence s'explique par le fait qu'on a tiré des mines plus nombreuses et plus courtes avec l'explosif gainé, mais, comme il a été dit ci-avant au 1°, paragraphe des détonateurs, cette méthode ne se justifiait par aucune considération d'ordre technique.

4. — *Prix de revient.* — Le prix de revient au mètre courant a été envisagé au point de vue de l'explosif et de la main-d'oeuvre. Ces prix, repris aux annexes n° 1 à 6, sont les suivants :

| Essais. | Explosif gainé. | | Explosif non gainé. | |
|---|---|---|---|---|
| | Explos. | Main-d'oeuvre. | Explos. | Main-d'oeuvre. |
| 1er essai . | 37,48 | 522,91 | 34,25 | 479,26 |
| 2me essai. | 29,75 | 483,50 | 26,34 | 488,68 |
| 3me essai. | 45,80 | 529,83 | 37,45 | 516,43 |

Puisque la consommation d'explosif par mètre courant d'avancement est sensiblement la même dans les premier et deuxième essais, il est rationnel que les prix de revient en explosifs soient pratiquement égaux dans les deux méthodes expérimentées. Les quelque 3 francs en plus accusés par l'explosif gainé proviennent du coût de la gaine, évalué par cartouche à fr. 0,125. Quant à l'essai 3, la différence d'environ 8 francs constatée en faveur de l'explosif non gainé, entre les deux prix de revient, provient à la fois du coût de la gaine et de la différence de consommation, de l'ordre de 10 % expliquée ci-avant.

Quant aux prix de revient main-d'oeuvre par mètre courant, ils sont pratiquement les mêmes dans les deux méthodes pour les essais 2 et 3, ce qui est logique, puisque l'avancement journalier, pour ces essais, est du même ordre de grandeur dans les deux cas. Quant à l'essai 1, la différence constatée en faveur de l'explosif non gainé provient de la différence d'avancement expliquée au 3° ci-avant.



*Conclusion.* — Il résulte des différents essais comparatifs qu'il n'y a pratiquement aucune différence entre les explosifs gainés et les explosifs non gainés, dans les terrains de dureté moyenne, au point de vue consommation des explosifs, avancement journalier et prix de revient.

b. — *Compression des explosifs dans les fourneaux de mines pendant le chargement.*

Des discussions ont surgi entre mineurs absolument avertis sur le point de savoir si l'explosif doit être simplement introduit sans vide dans le fourneau ou s'il est avantageux d'obtenir une densité de chargement plus forte par une légère compression.

On est d'accord pour reconnaître que les fortes compressions nuisent à l'aptitude à la détonation des explosifs au nitrate ammonique et doivent être évitées.

Il ne s'agit ici que de compression relativement modérée.

Une première série d'essais, terminés à la fin de 1930, a porté sur une longueur de 9m,90 avec emploi d'explosifs non comprimés et sur une longueur de 15m,40 avec emploi d'explosifs comprimés. Ces essais ont été réalisés en terrain dur. Le veiniat directeur, dans lequel on pratiquait un havage préalable, ayant disparu, on creuse maintenant entièrement en roche. Pour avoir une comparaison juste, j'ai procédé en faisant creuser chaque tour de mine complet alternativement en comprimant les explosifs, puis en posant les cartouches simplement bout à bout, sans compression.

Les résultats de cette série d'essais sont donnés dans les tableaux nos 7 et 8 ci-joints.

Ainsi que le montre l'examen de ces tableaux, l'effet utile de l'explosif augmente légèrement quand on le comprime. On fait, en effet, 1 mètre d'avancement avec 42,7 cartouches comprimées, alors qu'il faut, pour effectuer ce mètre, avec l'explosif ordinaire 44,5 cartouches. On a abattu 91 chariots de terres avec 100 cartouches comprimées et 83 seulement avec 100 cartouches ordinaires.

L'amélioration d'effet utile de l'explosif, lorsqu'il est comprimé, est de l'ordre de 5 % si on évalue au mètre courant et de l'ordre de 9 % si on évalue au nombre de chariots abattus par cartouche. A remarquer que le nombre de chariots abattus par mètre courant est de 37 pour l'explosif ordinaire et de 39 pour l'explosif

comprimé, ce qui, pour la même base, ramène à 8 % la différence en faveur de l'explosif comprimé quand on envisage le nombre de chariots abattus par cartouche.

En ce qui concerne l'avancement journalier, les tableaux accusent $1^m,32$ avec l'explosif comprimé et $1^m,45$ avec l'explosif ordinaire. Ces résultats, qui sont en contradiction avec l'amélioration d'effet utile d'explosif constatée lors de la compression, ne doivent pas être retenus.

En effet, si l'on examine la décomposition des durées des différents travaux partiels par mètre courant, on constate que les temps de forage et de minage sont les mêmes dans les deux cas, ce qui est logique puisqu'il y a eu à peu près le même nombre de mines par mètre courant dans les deux cas (9,9 et 9,7). La durée des autres travaux, sauf le chargement des terres, est par contre plus élevée dans les essais de compression. Cette compression n'a cependant aucun effet sur la durée du boisage, de la pose des rails, tuyaux, canars, du changement du plancher de chargement et des travaux divers, tels repas, temps morts, accrocs survenus inopinément, etc. Je n'ai non plus constaté, pas plus que les boutefeux et ouvriers, que cette compression influençait défavorablement le travail de déblocage qui consiste dans le morcellement des blocs trop gros et l'abatage au marteau-pic pour égaliser le front et les parois de la galerie après le minage. Au contraire, de l'avis de tous, les mines comprimées sont plus brisantes et donnent des parois plus nettes et plus lisses.

J'en conclus que la durée plus grande par mètre courant de tous ces travaux dans les essais de compression est due à un hasard malheureux qui a rendu lesdits travaux plus difficiles ou plus longs dans l'ensemble des trous comprimés et qu'il y a lieu pour ce qui regarde la comparaison des essais au point de vue avancement journalier, de considérer ce dernier comme sensiblement le même dans les deux cas.

Les prix de revient explosif et main-d'oeuvre n'ont pas été envisagés puisqu'ils sont ici fonction exclusive respectivement de la consommation d'explosif et de l'avancement journalier et que ces deux points sont examinés ci-dessus.

Il convient pour terminer de faire une remarque au sujet du degré de compression des cartouches dans les fourneaux de mines. L'avant-dernière colonne de droite du tableau n° 8 donne simplement, en %, le rapport de la longueur de la mine comprimée à la longueur de cette mine si elle n'était pas comprimée. Ce rapport n'indique pas le degré de compression, car, comme les trous de mines sont d'un diamètre supérieur à celui des cartouches, il n'y a pas équivalence entre le rapport des longueurs sus-indiquées et le rapport des volumes comprimés et non comprimés.



Pour avoir la relation qui existe entre le rapport des longueurs et le rapport des volumes, appelons $Vo$ le volume non comprimé, $Ve$ le volume comprimé, $d$ le diamètre des cartouches et D *le* diamètre moyen du fourneau de mine, L la longueur de la mine non comprimée et $l$ la largeur de la mine comprimée. Nous avons :

$$Vo = \frac{3,14 \times d^2}{4} \times L. \qquad Ve = \frac{3,14 \times D^2}{4} \times l$$

$$\frac{Ve}{Vo} = \frac{D^2}{d^2} \times \frac{l}{L}$$

Des différentes mesures prises, il résulte qu'on peut adopter approximativement 36 millimètres comme diamètre moyen maximum des trous de mines. Le diamètre des cartouches étant de 30 millimètres, le rapport $\frac{D^2}{d^2}$ devient $\frac{36^2}{30^2} = 1,4$

Il faut donc, pour avoir une indication sur le rapport des volumes, multiplier par 1,4 le rapport des longueurs. Le taux approximatif de compression volumétrique est de

$$\frac{Vo - Ve}{Vo} = 1 - \frac{Ve}{Vo} = 1 - 1,4 \frac{l}{L}$$

La dernière colonne du tableau-annexe n° 8, obtenue en multipliant par 1,4 les pourcentages de l'avant-dernière colonne et en soustrayant ces produits de l'unité ou 100 %, donne l'indication approximative du taux de compression des explosifs dans les fourneaux de mines. Ce taux de compression est, en moyenne, de l'ordre de 20 %.

—

*Tableau n° 1. — Premier essai d'explosifs gainés.*

| Tours de mines | Durée des travaux en minutes | | | | | | | | | Nombre de wagonnets chargés |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Havage | Forage | Minage | Débloc. | Boisage | Chargem. terres | Pose rails, tuyaux, canars, planches | Divers | Total | |
| A | 160 | 284 | 233 | 118 | 204 | 459 | 106 | 70 | 1634 | 82 |
| B | 203 | 397 | 233 | 408 | 234 | 347 | 145 | 125 | 2092 | 76 |
| C | 165 | 445 | 173 | 265 | 228 | 289 | 68 | 165 | 1798 | 68 |
| D | 60 | 484 | 182 | 436 | 279 | 286 | 112 | 173 | 2012 | 80 |
| E | 180 | 374 | 325 | 560 | 145 | 70 | 125 | 95 | 1874 | 86 |
| F | 141 | 210 | 138 | 430 | 247 | 71 | 0 | 90 | 1327 | 67 |
| Travail normal I | | | | | | | | | | |
| Total par m. ct creusé | 909 | 2194 | 1284 | 2217 | 1337 | 1522 | 556 | 718 | 10.737 | 459 |
| | 69 | 165 | 97 | 167 | 101 | 115 | 42 | 54 | 810 | 34,67 |
| K | 100 | 346 | 145 | 275 | 95 | 130 | 65 | 85 | 1241 | 70 |
| L | 145 | 310 | 115 | 550 | 370 | 15 | 115 | 105 | 1725 | 75 |
| M | 130 | 330 | 150 | 535 | 370 | 345 | 155 | 230 | 2245 | 83 |
| N | 70 | 360 | 165 | 345 | 245 | 275 | 125 | 120 | 1705 | 70 |
| Travail normal II | | | | | | | | | | |
| Total par m. ct creusé | 445 | 1346 | 575 | 1705 | 1080 | 765 | 460 | 540 | 6916 | 298 |
| | 54 | 162 | 69 | 205 | 130 | 93 | 55 | 65 | 833 | 35,90 |
| Total du trav. norm I + II | 1354 | 3540 | 1859 | 3922 | 2417 | 2287 | 1016 | 1258 | 17.653 | 757 |
| Résultats par m. ct pr I + II | 62 | 164 | 87 | 182 | 162 | 106 | 47 | 59 | 819 | 35.12 |

| Explosifs consommés | | Nombre de chariots par cartouche | Avancement en m. | | Forage | | | Prix de revient | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cartouches | détos | | Total | journalier | Nombre de m. forés | Durée exacte en minutes | Durée en minutes de 1 m de forage | Explosifs | Main-d'œuvre |
| 55 | 7 | 1,46 | 2,70 | 2,095 | 14,35 | 184 | 12' 48" | 336 cartouches à 1 fr. 34 . 450,24<br>53 détos à 0,95 . . . 50,35<br>Total . . . 500,59<br>soit 37 fr 77 par m ct | Ouvriers, 270 × 13,25 = 3.577,50<br>Hircheurs, 33 × 50,55 = 1.668,15<br>Boute-feux, 22 × 58,05 = 1.277,10<br>Total. . . . . 6.522,75<br>soit 492 fr. 28 par m. ct |
| 66 | 11 | 1,95 | 2,40 | 1,80 | 18,90 | 369 | 19' 25" | | |
| 54 | 8 | 1,26 | 1,80 | 1,80 | 14,35 | 391 | 27' | | |
| 58 | 10 | 1,38 | 2,10 | 1,575 | 14,70 | 371 | 24' 44" | | |
| 46 | 8 | 1,87 | 2,10 | 1,575 | 12,85 | 225 | 17' 24" | | |
| 56 | 9 | 1,20 | 2,15 | 1,612 | 15,60 | 193 | 12' 24" | | |
| 336 | 53 | 1,36 | 13,25 | 1,894 | 90,75 | 1733 | 19' 1" | | |
| 25,36 | 4 | — | — | — | 6,85 | — | — | | |
| 57 | 9 | 1,23 | 2 | 2 | 15,05 | 276 | 18' 24" | 205 cartouches à 1 fr. 34. 274,70<br>36 détos à 0,95 . . . . 32,40<br>Total . . . . 307,10<br>soit 36 fr 95 par m. ct | Ouvriers, 31 × 84 = 2.604 »<br>Hircheurs, 24 × 50,55 = 1 213,20<br>Boute-feux, 16 × 58,05 = 928,80<br>Total. . . . . 4746 »<br>soit 571 fr. 20 par m. ct. |
| 54 | 7 | 1,40 | 2,15 | 1,612 | 14,55 | 243 | 17' 14" | | |
| 49 | 9 | 1,70 | 2,15 | 1,290 | 15,65 | 254 | 16' 24" | | |
| 45 | 11 | 1,55 | 2 | 1,560 | 13,35 | 287 | 21' 24" | | |
| 205 | 36 | 1,45 | 8,30 | 1,557 | 58,60 | 1060 | 18" 6' | | |
| 24,10 | 4,3 | — | — | — | 7,06 | — | — | | |
| 541 | 89 | 1,40 | 21,55 | 1,677 | 149,35 | 2793 | 18' 42" | 807,69 | 11.268,75 |
| 25,10 | 4,1 | — | — | — | 6,93 | — | — | 37,48 | 522,91 |

*Tableau n° 2. — Deuxième essai d'explosifs gainés.*

| Tours de mines | Durée des travaux en minutes | | | | | | | | | Nombre de wagonnets chargés | Explosifs consommés | | Nombre de chariots par cartouche | Avancement en m. | | Forage | | | Prix de revient | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Havage | Forage | Minage | Débloc. | Boisage | Chargem. terres | Pose rails, tuyaux, canars, planches | Divers | Total | | Cartouches | détos | | Total | journalier | Nombre de m. forés | Durée exacte en minutes | Durée en minutes de 1m de forage | Explosifs | Main-d'œuvre |
| A | 120 | 275 | 100 | 140 | 95 | 160 | 55 | 60 | 1005 | 48 | 43 | 8 | 1,11 | 1,60 | 2,40 | 11,50 | 223 | 19' 24" | 494 cartouches à 2 fr. 34 . . . 661,96<br>86 détos à 0,95 . . . . . 81,70<br>Total. . . . 743,66 | Ouvriers, 36 × 83,70 + 34 × 103,05 = 6.516,90<br>Hiercheurs, 70 × 50,55 = 3.538,50<br>Boute-feux, 35 × 58,05 = 2.031,75<br>Total . . 12.087,15 |
| B | 155 | 235 | 125 | 470 | 325 | 250 | 15 | 100 | 1675 | 79 | 55 | 10 | 1,43 | 2,60 | 1,95 | 15,55 | 180 | 11' 30" | | |
| C | 130 | 295 | 220 | 430 | 165 | 155 | 55 | 60 | 1400 | 66 | 54 | 11 | 1,22 | 2,20 | 2,20 | 15,25 | 286 | 18' 42" | | |
| D | 100 | 190 | 115 | 260 | 210 | 160 | 100 | 90 | 1225 | 60 | 52 | 10 | 1,15 | 1.60 | 1,60 | 15,45 | 151 | 9' 48" | | |
| N | 160 | 185 | 90 | 265 | 190 | 140 | 180 | 115 | 1325 | 55 | 44 | 7 | 1,25 | 1,95 | 1,95 | 14,60 | 141 | 9' 36" | | |
| O | 150 | 190 | 105 | 430 | 180 | 135 | 90 | 70 | 1350 | 63 | 53 | 7 | 1,18 | 1,95 | 1,95 | 13,90 | 171 | 12' 18" | | |
| P | 135 | 180 | 65 | 140 | 200 | 200 | 30 | 75 | 1025 | 57 | 38 | 5 | 1,50 | 1,90 | 2,30 | 10,50 | 137 | 13' | | |
| Q | 140 | 120 | 65 | 380 | 165 | 175 | 90 | 75 | 1210 | 60 | 25 | 5 | 2,40 | 2 | 2,25 | 8,10 | 95 | 11' 42" | | |
| R | 140 | 115 | 80 | 340 | 155 | 185 | 75 | 90 | 1180 | 67 | 26 | 6 | 2,59 | 2,10 | 2,52 | 8,20 | 85 | 10' 24" | | |
| S | 180 | 120 | 50 | 405 | 120 | 170 | 20 | 75 | 1140 | 57 | 29 | 4 | 2 31 | 2,30 | 2,50 | 7,50 | 102 | 13' 36" | | |
| T | 140 | 170 | 75 | 260 | 185 | 170 | 160 | 110 | 1270 | 77 | 44 | 6 | 1,75 | 2,40 | 2,40 | 13,80 | 132 | 9' 36" | | |
| U | 150 | 155 | 95 | 490 | 155 | 190 | 0 | 85 | 1320 | 74 | 31 | 7 | 2,39 | 2,30 | 2,30 | 20,75 | 132 | 22' 12" | | |
| Total | 1700 | 2230 | 1075 | 4010 | 2145 | 2090 | 870 | 1005 | 15125 | 773 | 494 | 86 | 1.56 | 24,90 | 2,13 | 145,10 | 1835 | 12' 38" | 743,66 | 12.087,15 |
| Résultat par m. ct 2e es. gainé | 68 | 89 | 43 | 160 | 86 | 84 | 35 | 40 | 605 | 31 | 19,76 | 3,44 | — | — | — | 5,80 | — | — | 29,75 | 483,50 |

*Tableau n° 3. — Troisième essai d'explosifs gainés.*

| Tours de mines | Durée des travaux en minutes | | | | | | | | | Nombre de wagonnets chargés | Explosifs consommés | | Nombre de chariots par cartouche | Avancement en m. | | Forage | | | Prix de revient | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Havage | Forage | Minage | Débloc. | Boisage | Chargem. terres | Pose rails, tuyaux, canars, planches | Divers | Total | | Cartouches | détos | | Total | journalier | Nombre de m. forés | Durée exacte en minutes | Durée en minutes de 1m de forage | Explosifs | Main-d'œuvre |
| E | 65 | 270 | 115 | 535 | 190 | 45 | 20 | 60 | 1300 | 58 | 53 | 9 | 1,09 | 1,70 | 1,70 | 14,70 | 199 | 13' 30" | 452 × 1 fr. 34 = 605,68<br>71 × 0,95 = 67,45<br>673,13 | 270 × 14,70 = 3.969<br>48 × 50,55 = 2 426,40<br>24 × 58,05 = 1.393,20<br>7.788,60 |
| F | 115 | 165 | 85 | 255 | 180 | 240 | 115 | 115 | 1270 | 53 | 56 | 7 | 0,94 | 1,50 | 1,50 | 14,70 | 127 | 8' 36" | | |
| G | 120 | 220 | 105 | 285 | 145 | 140 | 80 | 60 | 1155 | 50 | 43 | 7 | 1,16 | 1,50 | 1,80 | 11,90 | 200 | 16' 48" | | |
| H | 75 | 245 | 105 | 325 | 175 | 245 | 90 | 90 | 1350 | 74 | 61 | 8 | 1,21 | 2,40 | 2,40 | 16,60 | 164 | 9' 54" | | |
| J | 180 | 265 | 90 | 355 | 165 | 140 | 15 | 75 | 1285 | 71 | 65 | 9 | 1,09 | 2,20 | 2,20 | 17,70 | 194 | 10' 54" | | |
| K | 150 | 295 | 115 | 320 | 200 | 155 | 45 | 75 | 1355 | 65 | 53 | 11 | 1,21 | 1,90 | 1,90 | 16.95 | 203 | 12' | | |
| L | 190 | 300 | 125 | 295 | 140 | 195 | 115 | 75 | 1435 | 70 | 63 | 11 | 1,11 | 2 | 2 | 17 | 216 | 12' 42" | | |
| M | 135 | 220 | 105 | 410 | 195 | 170 | 95 | 65 | 1395 | 58 | 58 | 9 | 1 | 1,50 | 1,50 | 14.35 | 178 | 12' 18" | | |
| Total | 1030 | 1980 | 845 | 2780 | 1390 | 1330 | 575 | 615 | 10545 | 499 | 452 | 71 | 1,10 | 14,70 | 1 87 | 123,90 | 1481 | 12' | 673,13 | 7.788,60 |
| Par m. ct | 70 | 135 | 57 | 189 | 95 | 90 | 39 | 42 | 717 | 34 | 30, 7 | 4,83 | — | — | — | 8,43 | 100' 48 | — | 45,80 | 529,83 |

*Tableau n° 4. — Premier essai d'explosifs non gainés.*

| Tours de mines | Durée des travaux en minutes | | | | | | | | | Nombre de wagonnets chargés | Explosifs consommés | | Nombre de chariots par cartouche | Avancement en m. | | Forage | | | Prix de revient | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Havage | Forage | Minage | Débloc. | Boisage | Chargem. terres | Pose rails, tuyaux, canars, planches | Divers | Total | | Cartouches | détos | | Total | journalier | Nombre de m. forés | Durée exacte en minutes | Durée en minutes de 1m de forage | Explosifs | Main-d'œuvre |
| B | 140 | 370 | 130 | 405 | 110 | 0 | 100 | 65 | 1320 | 71 | 69 | 11 | 1,03 | 2,05 | 2,05 | 18,65 | 291 | 15' 36" | 771 cartouches à 1,215 = 936,75<br>103 détos à 0,95 = 97,85<br>Total = 1034.60 | Ouvriers = 82 journées à 99,40 = 8.150,80<br>Hiercheurs = 78 journées à 50,55 = 3.942,90<br>Boutefeux = 41 journées à 58,05 = 2,380,05<br>14.473,75 |
| C | 145 | 235 | 85 | 325 | 175 | 145 | 105 | 90 | 1305 | 71 | 57 | 7 | 1.24 | 1,95 | 1,95 | 13,60 | 181 | 13' 18" | | |
| D | 120 | 280 | 125 | 285 | 175 | 100 | 220 | 85 | 1390 | 69 | 63 | 9 | 1,09 | 2,05 | 2,05 | 16,90 | 208 | 12' 18" | | |
| E | 190 | 255 | 110 | 265 | 110 | 150 | 150 | 130 | 1360 | 71 | 56 | 8 | 1,27 | 2,05 | 2,05 | 14,95 | 196 | 13' 04" | | |
| F | 145 | 310 | 100 | 535 | 105 | 160 | 20 | 80 | 1455 | 78 | 56 | 8 | 1,40 | 2,15 | 2,15 | 13,65 | 228 | 16' 30" | | |
| G | 120 | 215 | 85 | 205 | 145 | 280 | 110 | 165 | 1325 | 71 | 53 | 7 | 1,34 | 1,90 | 1,90 | 13, | 163 | 12' 31" | | |
| H | 120 | 295 | 120 | 320 | 150 | 135 | 105 | 90 | 1335 | 70 | 59 | 9 | 1,18 | 2,25 | 2,25 | 16,20 | 245 | 15' 06" | | |
| I | 120 | 305 | 90 | 220 | 170 | 270 | 95 | 90 | 1360 | 67 | 61 | 7 | 1,10 | 2,45 | 2,45 | 15,40 | 221 | 14' 18" | | |
| J | 100 | 260 | 80 | 290 | 140 | 200 | 90 | 65 | 1225 | 71 | 51 | 7 | 1,40 | 2,35 | 2,56 | 13,05 | 211 | 16' 14" | | |
| K | 140 | 235 | 95 | 225 | 115 | 200 | 55 | 100 | 1165 | 72 | 55 | 7 | 1,31 | 2,65 | 3,18 | 14,90 | 203 | 13' 36" | | |
| L | 285 | 240 | 80 | 330 | 200 | 170 | 80 | 90 | 1475 | 72 | 38 | 5 | 1,30 | 1,85 | 1,85 | 10,30 | 186 | 18' 03" | | |
| M | 140 | 340 | 85 | 370 | 125 | 180 | 70 | 85 | 1395 | 76 | 50 | 6 | 1,52 | 2,20 | 2,20 | 14,10 | 249 | 17' 36" | | |
| N | 205 | 380 | 75 | 270 | 130 | 275 | 60 | 85 | 1480 | 60 | 49 | 6 | 1,22 | 2 | 2, | 12,50 | 323 | 25' 48" | | |
| O | 140 | 210 | 85 | 330 | 145 | 185 | 130 | 85 | 1310 | 74 | 54 | 6 | 1,37 | 2,30 | 2,30 | 13.90 | 196 | 14' 08" | | |
| Total | 2110 | 3930 | 1345 | 4375 | 1995 | 2450 | 1390 | 1305 | 18900 | 970 | 771 | 103 | 1,25 | 30,20 | 2,21 | 201,10 | 3101 | 15' 24" | 1,034,60 | 14.473,75 |
| Résult.m.ct | 70 | 130 | 44 | 145 | 66 | 81 | 46 | 43 | 625 | 32 | 25,53 | 3,41 | — | — | — | 6,65 | — | — | 34,25 | 479,26 |

*Tableau n° 5. — Deuxième essai d'explosifs non gainés.*

| Tours de mines | Durée des travaux en minutes | | | | | | | | | Nombre de wagonnets chargés | Explosifs consommés | | Nombre de chariots par cartouche | Avancement en m. | | Forage | | | Prix de revient | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Havage | Forage | Minage | Débloc. | Boisage | Chargem. terres | Pose rails, tuyaux, canars, planches | Divers | Total | | Cartouches | détos | | Total | journalier | Nombre de m. forés | Durée exacte en minutes | Durée en minutes de 1m de forage | Explosifs | Main-d'œuvre | Total |
| C | 140 | 150 | 75 | 290 | 205 | 200 | 135 | 100 | 1295 | 65 | 43 | 5 | 1,51 | 2,05 | 2,05 | 11 | 116 | 10' 30" | 252 × 1,215 = 306,18<br>41 × 0,95 = 38,95<br>345,13 | 270 × 13,10 = 3.537<br>36 × 50,55 = 1.819,80<br>18 × 58,05 = 1.044,90<br>6.401,70 | |
| D | 60 | 205 | 120 | 415 | 85 | 260 | 25 | 90 | 1260 | 67 | 50 | 10 | 1,34 | 2,20 | 2,20 | 15,50 | 166 | 10' 42" | | | |
| I | 130 | 175 | 80 | 295 | 175 | 190 | 100 | 115 | 1260 | 72 | 41 | 6 | 1,75 | 2,30 | 2,30 | 12 | 138 | 11' 30" | | | |
| J | 90 | 175 | 95 | 490 | 140 | 125 | 30 | 110 | 1250 | 61 | 40 | 7 | 1,52 | 2,20 | 2,20 | 11,70 | 149 | 12' 42" | | | |
| K | 60 | 105 | 90 | 455 | 130 | 250 | 75 | 85 | 1250 | 71 | 31 | 4 | 2,29 | 2,10 | 2,10 | 8,80 | 95 | 10' 48" | | | |
| L | 50 | 210 | 115 | 470 | 125 | 180 | 35 | 75 | 1260 | 62 | 47 | 9 | 1,31 | 2,25 | 2,25 | 15,50 | 184 | 11' 48" | | | |
| Total | 530 | 1020 | 570 | 2415 | 860 | 1205 | 400 | 575 | 7575 | 398 | 252 | 41 | 1,58 | 13,10 | 2,18 | 74,50 | 848 | 11' 23" | 345,13 | 6401,70 | 6.746,83 |
| Par m. ct | 40 | 78 | 43 | 184 | 66 | 92 | 31 | 44 | 578 | 30,4 | 19,24 | 3,13 | — | — | — | 5,69 | 64'42" | — | 26,34 | 488.68 | 515,02 |

*Tableau n° 6. — Troisième essai d'explosifs non gainés.*

| Tours de mines | Durée des travaux en minutes | | | | | | | | | Nombre de wagonnets chargés | Explosifs consommés | | Nombre de chariots par cartouche | Avancement en m. | | Forage | | | Prix de revient | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Havage | Forage | Minage | Débloc. | Boisage | Chargem. terres | Pose rails, tuyaux, canars, planches | Divers | Total | | Cartouches | détos | | Total | journalier | Nombre de m. forés | Durée exacte en minutes | Durée en minutes de 1m de forage | Explosifs | Main-d'œuvre | Total |
| A | 130 | 200 | 85 | 260 | 180 | 180 | 115 | 110 | 1260 | 64 | 49 | 7 | 1,30 | 2,20 | 2,20 | 13,10 | 152 | 11' 36" | 420 × 1,215 = 510,30<br>74 × 0,95 = 70,30<br>580,60 | 270 × 15,5 = 4.185<br>48 × 50,55 = 2.426,40<br>24 × 58,05 = 1.393,20<br>8.004,60 | |
| B | 110 | 270 | 135 | 370 | 100 | 110 | 20 | 60 | 1175 | 52 | 52 | 10 | 1 | 1,80 | 1,80 | 14,75 | 198 | 13' 24" | | | |
| E | 105 | 175 | 90 | 295 | 210 | 190 | 100 | 105 | 1270 | 48 | 42 | 7 | 1,14 | 1,70 | 1,70 | 11,60 | 144 | 12' 24" | | | |
| F | 30 | 250 | 170 | 465 | 125 | 105 | 60 | 55 | 1260 | 65 | 58 | 14 | 1,12 | 1,90 | 1,90 | 18,05 | 255 | 14' 10" | | | |
| G | 75 | 190 | 105 | 300 | 180 | 175 | 155 | 90 | 1270 | 63 | 51 | 8 | 1,23 | 1,90 | 1,90 | 13,55 | 155 | 11' 24" | | | |
| H | 75 | 155 | 90 | 480 | 120 | 220 | 35 | 85 | 1260 | 67 | 45 | 7 | 1,50 | 2,20 | 2,20 | 10,60 | 157 | 14' 48" | | | |
| M | 75 | 195 | 120 | 315 | 160 | 205 | 65 | 125 | 1260 | 67 | 54 | 9 | 1,24 | 2,10 | 2,10 | 13,10 | 149 | 11' 18" | | | |
| N | 75 | 250 | 145 | 415 | 80 | 150 | 50 | 90 | 1255 | 72 | 69 | 12 | 1,04 | 1,70 | 1,70 | 19,05 | 266 | 10' 48" | | | |
| Total | 675 | 1685 | 940 | 2900 | 1155 | 1335 | 600 | 720 | 10.010 | 498 | 420 | 74 | 1,18 | 15,50 | 1,94 | 113,80 | 1416 | 12' 26" | 580,60 | 8.004,60 | 8.585,20 |
| Par m. ct | 43 | 109 | 61 | 187 | 75 | 86 | 39 | 46 | 646 | 32 | 27,10 | 4,77 | — | — | — | 7,34 | 91' 21" | — | 37,45 | 516,43 | 553,88 |

*Tableau n° 7. — Explosifs non comprimés.*

| Tours de mines | Durée des travaux en minutes | | | | | | | | | Nombre de wagonnets chargés | Explosifs consommés | | Nombre de chariots par cartouche | Avancement en m. | | Forage | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Havage | Forage | Minage | Débloc. | Boisage | Chargem. terres | Pose rails, tuyaux, canars, planches | Divers | Total | | Cartouches | détos | | Total | journalier | Nombre de m. forés | Durée exacte en minutes | Durée en minutes de 1m de forage |
| 1 | — | 245 | 155 | 180 | 125 | 120 | 30 | 110 | 1065 | 58 | 46 | 11 | 1,26 | 1,20 | 1,45 | 13,20 | 118 | 8' 54 " |
| 3 | — | 245 | 200 | 530 | 140 | 150 | 105 | 90 | 1460 | 55 | 63 | 14 | 0,87 | 1,80 | 1,55 | 18,20 | 179 | 9' 48" |
| 5 | — | 255 | 245 | 385 | 40 | 195 | 40 | 90 | 1250 | 48 | 76 | 17 | 0,63 | 1,30 | 1,30 | 21,50 | 222 | 10' 18" |
| 7 | — | 210 | 165 | 310 | 145 | 65 | 115 | 75 | 1085 | 40 | 57 | 12 | 0,70 | 1,10 | 1,32 | 16,00 | 164 | 10' 12" |
| 9 | — | 195 | 210 | 380 | 150 | 155 | 50 | 110 | 1250 | 47 | 62 | 14 | 0,75 | 1,50 | 1,50 | 19,55 | 174 | 8' 24" |
| 11 | — | 200 | 170 | 280 | 105 | 105 | 105 | 75 | 1040 | 42 | 52 | 11 | 0,80 | 1,30 | 1,56 | 14,80 | 138 | 9' 18" |
| 13 | — | 325 | 255 | 345 | 105 | 225 | 105 | 105 | 1465 | 75 | 85 | 17 | 0,88 | 1,70 | 1,45 | 27,00 | 212 | 9' 18" |
| Totaux | — | 1675 | 1400 | 2510 | 810 | 1015 | 550 | 655 | 8615 | 365 | 441 | 96 | 0,83 | 9,90 | 1,45 | 130,25 | 1247 | 9' 36" |
| Par m. ct | — | 169 | 142 | 253 | 82 | 102 | 55 | 67 | 870 | 37 | 44,5 | 9,7 | — | — | — | 13,15 | 126 | — |

*Tableau n° 8. — Explosifs comprimés.*

| Tours de mines | Durée des travaux en minutes | | | | | | | | | Nombre de wagonnets chargés | Explosifs consommés | | Nombre de chariots par cartouche | Avancement en m. | | Forage | | | a) | b) | Rapports | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Havage | Forage | Minage | Déploc. | Boisage | Chargem. terres | Pose rails, tuyaux, canars, planches | Divers | Total | | Cartouches | détos | | Total | journalier | Nombre de m. forés | Durée exacte en minutes | Durée en minutes de 1m de forage | Long mines noncomp. | Long. mines compris | % en p/q | Compris en vol. % |
| 2 | — | 230 | 195 | 375 | 75 | 55 | 15 | 115 | 1060 | 43 | 53 | 15 | 0,81 | 1,10 | 1,32 | 18,70 | 174 | 9' 18" | 689 | 434 | 63% | 12% |
| 4 | — | 180 | 195 | 370 | 215 | 110 | 10 | 90 | 1170 | 52 | 53 | 13 | 0,98 | 1,25 | 1,25 | 16,50 | 147 | 8' 54" | 689 | 408 | 60 | 16 |
| 6 | — | 170 | 225 | 400 | 85 | 125 | 75 | 90 | 1270 | 50 | 69 | 15 | 0,72 | 1,30 | 1,30 | 23,15 | 214 | 9' 18" | 897 | 495 | 55 | 23 |
| 8 | — | 205 | 150 | 260 | 45 | 105 | 15 | 60 | 840 | 42 | 42 | 10 | 1,00 | 0,90 | 1,35 | 13 40 | 141 | 10' 30" | 546 | 325 | 60 | 16 |
| 10 | — | 220 | 210 | 270 | 195 | 80 | 185 | 90 | 1250 | 55 | 58 | 14 | 0,95 | 1,50 | 1 50 | 18,55 | 161 | 8' 42" | 754 | 428 | 57 | 20 |
| 12 | — | 225 | 215 | 360 | 195 | 225 | 135 | 100 | 1455 | 65 | 62 | 14 | 1,04 | 1,75 | 1,50 | 18,55 | 177 | 9' 48" | 806 | 469 | 58 | 19 |
| 14 | — | 385 | 270 | 560 | 200 | 150 | 105 | 190 | 1860 | 76 | 82 | 17 | 0,92 | 1,80 | 1,20 | 28,10 | 292 | 10' 24' | 1066 | 584 | 54 | 24 |
| 16 | — | 290 | 230 | 490 | 225 | 125 | 110 | 215 | 1685 | 71 | 76 | 16 | 0,93 | 1,70 | 1,28 | 24,35 | 226 | 9' 18" | 988 | 513 | 52 | 27 |
| 18 | — | 220 | 185 | 410 | 90 | 165 | 20 | 135 | 1225 | 40 | 52 | 12 | 0,77 | 1,20 | 1,20 | 16,60 | 158 | 9' 30" | 676 | 375 | 55 | 23 |
| 20 | — | 155 | 155 | 375 | 120 | 110 | 240 | 100 | 1255 | 41 | 52 | 11 | 0,78 | 1,20 | 1.20 | 15,85 | 137 | 8' 12" | 676 | 347 | 51 | 28 |
| 22 | — | 260 | 230 | 510 | 175 | 150 | 65 | 105 | 1495 | 58 | 59 | 15 | 1,16 | 1,70 | 1,45 | 21,90 | 201 | 9' 06" | 767 | 423 | 55 | 23 |
| Totaux | — | 2380 | 2260 | 4380 | 1620 | 1400 | 975 | 1290 | 14.565 | 603 | 658 | 152 | 0,91 | 15,40 | 1,32 | 215,65 | 2028 | 9' 24" | 8554 | 4801 | 56% | 22% |
| Par m. ct | — | 169 | 146 | 289 | 105 | 90 | 63 | 84 | 946 | 39 | 42,7 | 9,9 | — | — | — | 14 | 131 | — | ... | — | — | — |

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

—

*ANNEXE III.*

# L'analyse exacte des grisous

## NOTE

DE

L. COPPENS,

Docteur en Sciences, Attaché à l'Institut.

## INTRODUCTION.

La connaissance de la composition exacte des grisous a toujours revêtu un grand intérêt, toujours accru par les catastrophes successives enregistrées.

Les grisous représentent a priori l'ensemble des termes gazeux auxquels ont donné lieu les réactions complexes, qui, après le recouvrement, ont présidé à l'évolution progressive de la pulpe végétale dont dérive la houille. Bien que le méthane soit le constituant commun et principal, chaque grisou a une composition propre qui est fonction de l'origine et de l'évolution spéciales du charbon qu'il imprègne. La diffusion des gaz légers hors des couches doit d'ailleurs avoir affecté les divers grisous d'une manière différente.

On ne saurait aborder l'analyse de ces gaz naturels par les méthodes ordinaires : celles-ci manquent de précision et de souplesse. Elles peuvent en outre renseigner des constituants qui n'ont pas fait l'objet d'une observation directe ; on conclut même parfois, pour les constituants non dosés directement, à la présence de certains, alors qu'il s'agit d'erreurs d'observation inévitables.

La seule façon d'opérer qui puisse donner satisfaction consiste à faire subir au mélange gazeux initial un fractionnement préalable par distillation à basse température. Les différentes fractions obtenues ainsi sont très simples et peuvent être analysées par les procédés habituels. Cette méthode a été appliquée par Lebeau et Damiens (1) à l'étude des mélanges gazeux les plus complexes. L'application des principes de cette méthode au cas des grisous fait l'objet de cette note.

Nous diviserons l'exposé en trois chapitres :

Chapitre I. — Principes de la séparation physique des gaz par distillation fractionnée et adsorption par la silice colloïdale.

Chapitre II. — Prélèvement des échantillons de grisou.

Chapitre III. — Technique expérimentale de l'analyse des grisous par distillation fractionnée.

(1) Voir plus loin.



## CHAPITRE I.

### Principes de la séparation physique des gaz par distillation fractionnée et adsorption par la silice colloïdale.

L'emploi des basses températures dans le fractionnement des gaz date de 1901 : Ramsay et Travers y recoururent pour la séparation des gaz rares de l'atmosphère .Depuis, le procédé est devenu d'un emploi courant dans la préparation des gaz purs. Dans une belle étude d'ensemble, Lebeau et Damiens (1) ont généralisé le procédé et sont parvenus à l'analyse quasi complète d'un mélange aussi complexe que le gaz d'éclairage. Le chimiste possède désormais un outillage qui lui permet de faire le départ certain entre la plupart des hydrocarbures.

On saisira l'extrême importance de ces travaux en songeant que dans l'analyse des gaz hydrocarbonés par les méthodes ordinaires de la combustion, l'on est inévitablement arrêté dès qu'il s'agit d'un mélange de plus de deux hydrocarbures. Même dans le cas de deux hydrocarbures seulement, la composition qualitative doit être rigoureusement connue.

Nous résumerons les méthodes employées par ces auteurs en décrivant la marche d'une analyse appliquée à un mélange complexe contenant les gaz suivants :

Hydrogène.
Azote.
Oxyde de carbone.
Oxygène.
Méthane, éthane, propane et isobutane.
Ethylène et homologues.
Acétylène et homologues.
Anhydride carbonique et hydrogène sulfuré.

En examinant le tableau des tensions de vapeurs (fig. 1) des différents constituants du mélange complexe, nous pouvons le diviser en deux fractions :

(1) Comptes Rendus Ac. des Sc., t. 156, pp. 144 et 325, *Annales de Chimie*, 1917, 9e série, t. VIII, pp. 221 à 264.

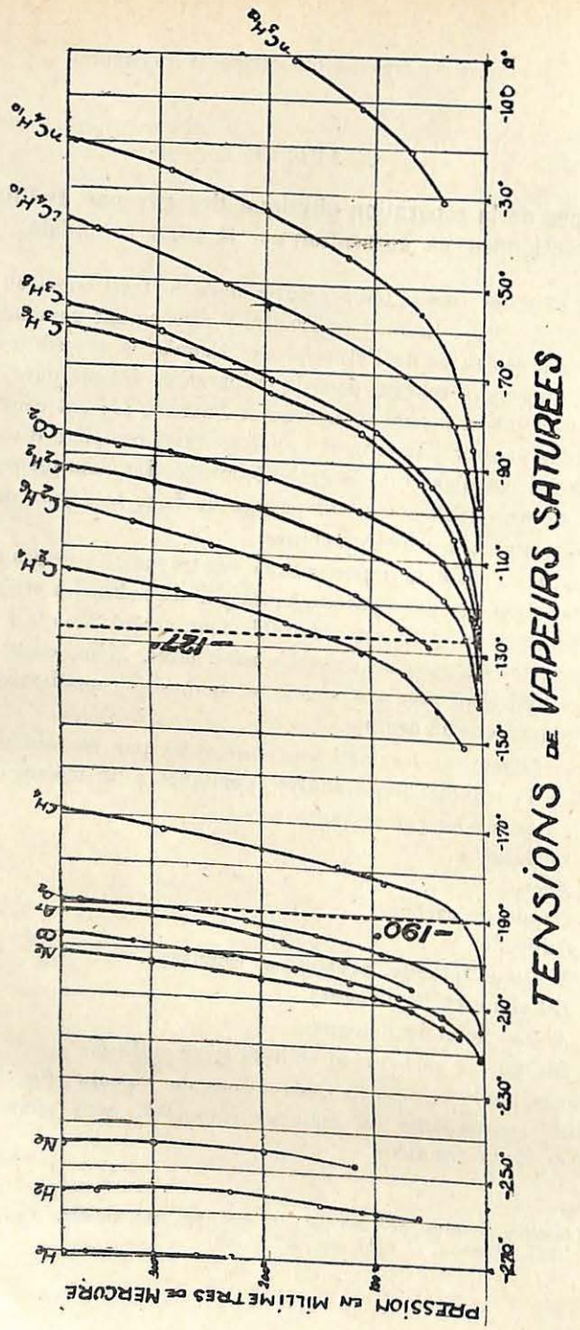



Fig. 1. — Courbe des tensions de vapeurs entre 0° et — 270°.



Fraction A : elle comprend les constituants qui conservent une certaine tension de vapeur à la température d'ébullition de l'air liquide sous pression atmosphérique (— 190° environ) :

Hydrogène.
Azote.
Oxyde de carbone.
Oxygène.
Méthane.

Fraction B : les constituants de cette fraction sont condensés à — 190° et n'ont plus de tension de vapeur à cette température :

Ethane, propane et isobutane.
Ethylène et homologues.
Acétylène et homologues.
Anhydride carbonique et hydrogène sulfuré.

Donc en refroidssant notre mélange à — 190° et en extrayant jusqu'au vide par la pompe à mercure, nous aurons la totalité de la fraction A. En laissant ensuite se réchauffer le condensat, une nouvelle extraction donnera l'ensemble de la fraction B. De cette façon, on réalise une séparation déjà fort précieuse au point de vue analytique. Le tableau suivant montre comment on peut par les moyens ordinaires achever presque complètement l'analyse.

Analyse de la fraction A :

$O^2$ : absorbé par le pyrogallate alcalin ;

CO : absorbé par le réactif cuivreux au $\beta$ naphtol (1) ;

$CH^4$, $H^2$ : déterminés par une combustion eudiométrique suivie de l'absorption de l'anhydride carbonique ;

$N^2$ : déterminé par différence.

Analyse de la fraction B :

$CO^2 + H^2S$ : absorbés par la soude caustique (2) ;

---

(1) P. Lebeau et Ch. Bedel, Comptes Rendus Ac. des Sc., 1924, t. 179, n° 2, pp. 108-110.

(2) On peut dans une opération spéciale déterminer l'hydrogène sulfuré par iodométrie. En retranchant la quantité trouvée ainsi de la contraction totale observée par absorption dans la soude, l'on aura l'anhydride carbonique.

$C^2H^2$ et homologues : absorbés par l'iodo-mercurate alcalin (1);

Homologues de l'éthylène : absorbés par $H^2SO^4$ à 63 Beaumé (2);

$CH^2 = CH^2$ : absorbé par $H^2SO^4$ à 66 Beaumé activé par 6 grammes de sulfate d'uranyle pour 100 grammes d'acide.

Il reste finalement l'éthane, le propane et le butane.

On peut encore pousser plus loin l'analyse en faisant le départ entre l'éthane, le propane et le butane après une nouvelle séparation. On refroidira le mélange des trois hydrocarbures à — 127°, température à laquelle on peut pomper une fraction qui comprend la totalité de l'éthane et une partie du propane. En laissant ensuite le condensat se réchauffer, on pourra extraire le propane restant et l'isobutane. Nous obtenons ainsi deux fractions ne renfermant plus que deux hydrocarbures à la fois. La combustion eudiométrique s'applique donc sans indétermination. Dans la fraction éthane-proprane, on aboutit au système d'équations :

$$2{,}5\ x + 3\ y = \text{contraction.}$$
$$2\ \ x + 3\ y = \text{anhydride carbonique.}$$

où $x$ et $y$ sont les quantités respectives d'éthane et de propane.

Pour la fraction propane-isobutane, on obtient les équations :

$$3\ y + 3{,}5\ z = \text{contraction.}$$
$$3\ y + 4\ \ z = \text{anhydride carbonique.}$$

$y$ et $z$ étant les quantités de propane et d'isobutane cherchées.

Wollers (3) indique le moyen de faire encore le départ entre les différents hydrocarbures éthyléniques. Dans une première analyse par distillation fractionnée, il détermine les teneurs en méthane, éthane, propane et butane. Au cours d'une seconde opération, il transforme les hydrocarbures éthyléniques en hydrocarbures saturés correspondants par l'action de l'hydrogène en présence de mousse de palladium servant comme catalyseur. En

(1) P. Lebeau et A. Damiens, Comptes Rendus Ac. des Sc., 1913, t. 156, pp. 557-559. Les hydrocarbures éthyléniques sont légèrement solubles dans ce réactif. On peut éviter les corrections soit en extrayant les carbures dissous par le vide à la trompe à mercure, soit en n'employant que la quantité de réactif strictement nécessaire pour l'absorption des carbures acétylèniques.

(2) P. Lebeau et A. Damiens, *Annales de Chimie*, 1917, 9e série, t. VIII, pp. 246-248.

(3) G. Wollers, *Stahl und Eisen*, 1922, pp. 1449-1456.



déterminant alors à nouveau par distillation fractionnée et combustions ultérieures les teneurs en éthane, propane et butane, il obtient par différence les teneurs de ces gaz provenant de la réduction des termes éthylèniques correspondants.

Il nous reste à dire un mot de l'emploi simultané de l'adsorption et des basses températures. En faisant varier la température, un des facteurs de l'équilibre d'adsorption, Dewar observa l'augmentation considérable des volumes adsorbés à basse température par le charbon de noix de coco. Depuis, le procédé a été appliqué à la séparation des gaz rares. C'est en se basant sur l'adsorption des gaz à basse température par le gel de silice que Lebeau et Marmasse (1) ont mis au point une méthode permettant de déterminer directement les moindres traces d'hydrogène dans les mélanges gazeux. Il font passer la fraction A sur du gel de silice refroidi à — 190° (2). Dans ces conditions, les tensions du méthane, de l'oxygène, de l'azote et de l'oxyde de carbone sont pratiquement nulles et l'on peut extraire l'hydrogène qui, lui, n'est pas fixé (3). On comprend l'intérêt capital de cette méthode au point de vue de la détermination de l'hydrogène dans les grisous.

Etant donné l'importance de l'hydrogène au point de vue de la sécurité (4), sa présence dans les grisous a fait l'objet de nombreuses controverses basées malheureusement sur des résultats d'analyse acquis par des méthodes ne pouvant offrir de garanties sérieuses.

Les uns déduisent la présence de petites quantités d'hydrogène des résultats de la combustion eudiométrique; supposant que le méthane soit en dehors de l'hydrogène le seul gaz combustible présent dans les grisous; on peut affirmer que le procédé manque absolument de précision. Dans l'exemple suivant, nous supposons

(1) P. Lebeau et P. Marmasse, Comptes Rendus Ac. des Sc., 1926, t. 182.

(2) La gelée de silice est purgée préalablement d'humidité et de gaz en la chauffant à 150° dans le vide.

(3) On pomperait en même temps l'hélium et le néon si ceux-ci étaient présents dans le gaz à analyser.

(4) On sait l'énorme retard à l'inflammation des mélanges inflammables d'air et de méthane. L'hydrogène, lui, présente un retard à l'inflammation pratiquement nul; sa présence dans les grisous pourrait, à partir de certaines teneurs, diminuer fortement le retard à l'inflammation. Voir à ce propos : Leçons sur le grisou par Enrique Hauser, 1908.

que les résultats de la combustion rapportés à 100 cm³ de grisou soient les suivants :

Contraction observée : 180 cc.

$CO^2$ observé : 89,8 cc.

L'écart entre les deux données est du même ordre de grandeur que celui que peut obtenir un opérateur fort soigneux dans l'analyse d'un mélange composé uniquement de méthane et d'azote. De ces données, pourtant, on déduirait la présence de 0,26 % d'hydrogène (1). D'autres enlèvent l'hydrogène soit par combustion fractionnée, soit par absorption au moyen d'une solution colloïdale de palladium. A supposer que la combustion ou l'absorption soient parfaitement sélectives, il reste que l'hydrogène est déterminé par différence et la précision est encore fonction de l'exactitude de deux mesures de volumes nécessairement grands.

Il en est autrement de la méthode de Lebeau et Marmasse : partant de grandes quantités de la fraction A, on « isole » l'hydrogène présent et celui-ci ne peut être souillé que par l'hélium et le néon du grisou. La précision n'est plus fonction que de celle d'une combustion effectuée sur le mélange isolé.

Nous avons tenu à vérifier le degré de précision auquel peut prétendre cette façon d'opérer. Suivant une technique expérimentale que nous décrirons plus loin en détail, nous avons recherché suivant cette méthode la présence d'hydrogène dans un échantillon de 10 litres environ de grisou de la Station d'essais de Frameries. Nous n'avons pu mettre en évidence la moindre trace d'hydrogène. Au degré de précision près de la méthode, ce grisou ne contenait donc pas d'hydrogène. Prélevant alors un certain nombre d'échantillons de grisou de la même bonbonne, nous avons ajouté à chacun d'eux un volume connu d'hydrogène pur, puis nous avons déterminé d'après le même mode opératoire les quantités d'hydrogène ajoutées à chaque échantillon. Le tableau suivant résume les résultats de ce contrôle.

(1) On doit naturellement rejeter les analyses faites sur l'eau. La dissolution dans l'eau de l'acide carbonique amène une augmentation de la contraction et une diminution du taux de CO2. On est amené à supposer l'existence d'hydrogène alors que le gaz n'en contiendra aucune trace. Il nous est d'avis qu'un examen attentif des méthodes suivies par certains auteurs ferait écarter de nombreux résultats d'hydrogène mentionnés dans la littérature relative au grisou.



Les volumes s'entendent en cm³ et sont calculés secs à 0° et 760 mm de mercure (1)

| N° de l'essai | Grisou employé | $H_2$ introduit | $H_2$ retrouvé à l'analyse | Δ | % en $H^2$ introduit | % en $H_2$ retrouvé à l'analyse | Δ des % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1144.5 | 4.113 | 4.076 | — 037 | .3589 | .3549 | — .0040 |
| 2 | 1463.5 | 1.472 | 1,484 | + .012 | .1005 | .1013 | + .0008 |
| 3 | 1669.0 | .574 | .552 | — .022 | .0344 | .0331 | — .0013 |
| 4 | 1959.9 | .391 | .390 | — .001 | .0200 | .0199 | — .0001 |

L'examen du tableau montre qu'en travaillant sur deux litres de grisou, on peut garantir les résultats au moins à 2 millièmes pour cent près, dès qu'il s'agit de teneurs de moins de 0,1 %.

—

## CHAPITRE II.

## Prélèvement des échantillons de grisou.

Nous avons rencontré de sérieuses difficultés dans le prélèvement des échantillons. La méthode que nous avons adoptée finalement a l'avantage d'être simple ; comme nous le verrons, elle est pourtant loin d'être parfaite.

Nous avons insisté ailleurs (2) sur l'intérêt de prélever ce que nous avons convenu d'appeler les « têtes » de dégagement. La chose n'est pas aisée et le mieux que l'on puisse faire est de prélever les gaz se dégageant d'un sondage immédiatement après le forage. Encore rencontre-t-on des difficultés réelles par suite du débit capricieux des sondages. D'autre part, comme nous faisons l'analyse sur des volumes importants de grisou, il ne saurait être question de recueillir l'échantillon par déplacement de mercure.

(1) Les volumes d'hydrogène « introduits » et « retrouvés » ont été mesurés avec de petites burettes divisées en cinquantièmes de centimètres cubes pouvant donc donner facilement par évaluation le centième de centimètre cube. Dans les réductions à 0° et 760 millimètres, nous avons pourtant retenu la troisième décimale afin de ne pas trop arrondir les chiffres dans les calculs.

(2) Voir note sur l'adsorption des gaz.

Pour le même motif, l'emploi de tubes scellés (1) vidés préalablement au laboratoire, n'est pas à envisager non plus.

Dans leur étude sur les gaz rares des grisous, Ch. Moureu et Ad. Lepape (2) faisaient le prélèvement des échantillons en laissant le grisou des sondages se dégager à travers plusieurs bouteilles de cinq litres accouplées en série. Le remplacement complet de l'air des bouteilles par le grisou demandait un temps forcément très long. Le procédé ne peut donc être appliqué dans le cas de sondages à faible débit. Dans beaucoup de ceux-ci d'ailleurs, le dégagement cesse après un temps souvent très court (3). De toutes façons, on ne saurait recueillir ainsi les premiers gaz du sondage.

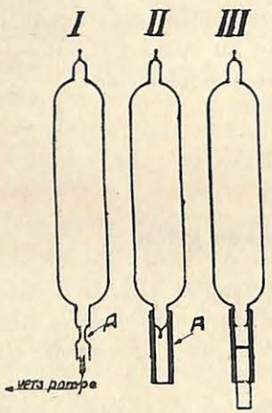



Fig. 2. — Ampoules pour prélèvements de gaz.

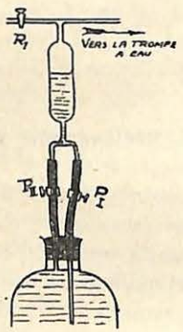



Fig. 4. — Dispositif utilisé pour priver l'eau de tout gaz dissout.

(1) Ce mode de prélèvement est avantageusement employé dans d'autres cas. On vide à la pompe à mercure de petits récipients en verre représentés par la figure 2. On les ferme ensuite au chalumeau à l'étranglement A et on y adapte un petit tuyau en caoutchouc (II fig. 2). A l'endroit du prélèvement, on casse simplement la pointe en appuyant sur le caoutchouc à l'endroit A et on ferme aussitôt, par un morceau de baguette de verre (III fig. 2). Cette façon d'opérer convient parfaitement pour le prélèvement de l'air des chantiers et rendrait possible, dans certains cas du moins, le prélèvement presque immédiat des gaz dégagés lors de certains accidents.

(2) *Annales de Chimie*, 1916, 9e série, t. V, p. 8.

(3) Ce motif nous a fait abandonner cette manière d'effectuer le prélèvement qu'au début nous avons essayée à plusieurs reprises.

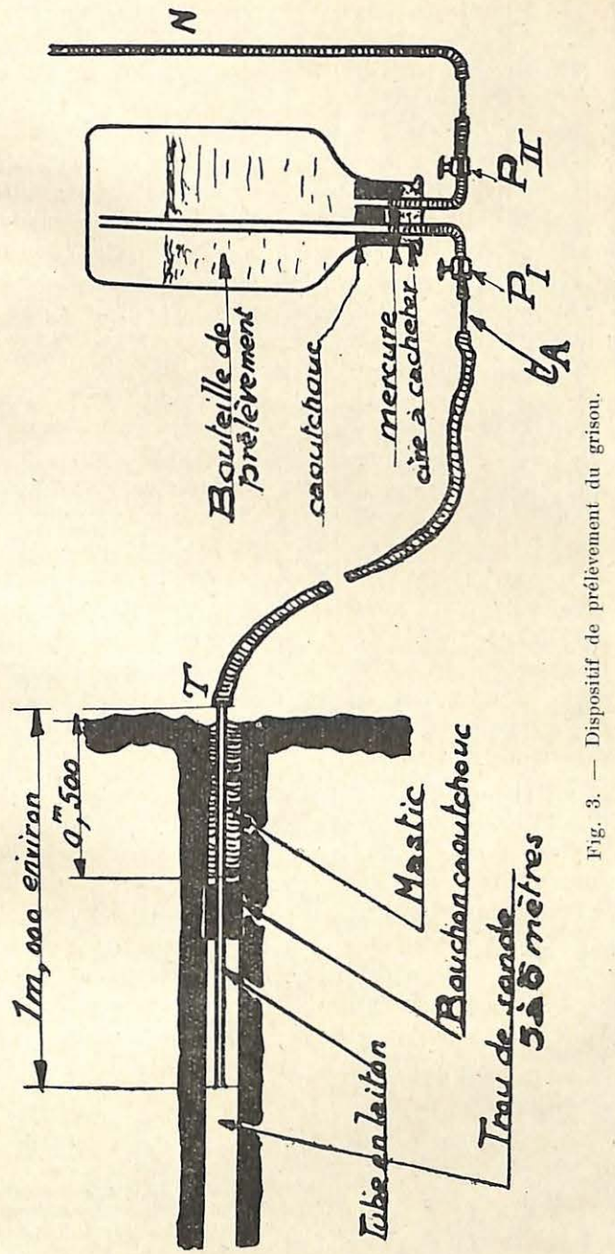



Fig. 3. — Dispositif de prélèvement du grisou.

Après plusieurs essais, nous avons finalement adopté le mode de prélèvement suivant :

On pratique dans la couche un sondage de 5 à 6 mètres de profondeur (fig. 3) — celle-ci pourtant est souvent difficile à atteindre par suite de l'éboulement des parois qui se produit dans le sondage même ; — on introduit alors dans celui-ci un tube en laiton d'une longueur d'un mètre environ et on le maintient en place au moyen d'un bouchon en caoutchouc qu'on glisse jusqu'à environ 50 centimètres de l'entrée du sondage. On mastique alors soigneusement l'entrée à partir du bouchon et au moyen d'un tuyau en caoutchouc on relie l'extrémité T du tube en laiton à la bouteille de prélèvement. Celle-ci d'une capacité de cinq litres est disposée comme le montre la figure 3. Elle arrive à la mine remplie d'eau distillée que l'on a privée de gaz dissous par ébullition dans la bouteille même (1). Nous avons supprimé l'emploi de robinets qui s'ouvrent et se brisent facilement durant le transport et nous assurons la fermeture au moyen de tubes en caoutchouc à parois renforcées que serrent les pinces $P_1$ et $P_2$. Ils sont engagés dans le goulot de la bouteille comme l'indique la figure 1. Une fermeture à mercure assure l'étanchéité à cet endroit. Avant de relier à la bouteille de prélèvement le tuyau en caoutchouc venant du sondage, il faut encore chasser l'air de l'extrémité tA de la bouteille en remplissant celle-ci d'eau. On peut alors raccorder et ouvrir la pince $P_1$. Ensuite, en maintenant l'extrémité du tube de niveau N au-dessus du niveau de l'eau dans la bouteille, on ouvre la pince $P_2$. Le grisou pénètre alors dans la bouteille en chassant l'eau par le tube de niveau dont l'extrémité libre est toujours maintenu un peu au-dessus du niveau de l'eau dans la bouteille. Le prélèvement se fait ainsi avec une légère surpression qui évite toute rentrée d'air dans le trou de sonde. Quand l'eau est complètement évacuée, on ferme successivement les pinces $P_2$ et $P_1$. La bouteille est alors renvoyée à notre laboratoire

(1) On relie la bouteille à une bonne trompe à eau suivant la disposition de la figure 4. Si l'eau dans la bouteille a une température légèrement supérieure à celle de la canalisation qui alimente la trompe, on peut facilement, en peu de temps, se débarrasser par ébullition des gaz dissous dans l'eau. A la fin de l'opération, on ouvre simplement le robinet R1 et on ferme aussitôt les pinces (PI et PII).



où le gaz est immédiatement transvasé dans des flacons conservés sur le mercure (1).

Un inconvénient de cette méthode est la dissolution d'une partie de l'anhydride carbonique dans l'eau de la bouteille pendant le prélèvement même. Malgré la durée peu longue de l'opération (2) et les faibles pressions partielles de l'anhydride carbonique dans les grisous (3), les erreurs dues à la dissolution ne sont pas négligeables. Le contrôle suivant donne une idée de l'ordre de grandeur de ces erreurs. Nous avons effectué un prélèvement à une bonbonne de grisou comprimé en observant exactement les indications précédentes. Puis nous avons déterminé la teneur en anhydride carbonique :

1° du grisou de la bonbonne ;

2° du grisou de la bouteille de prélèvement.

Voici les résultats de ce contrôle :

Durée du prélèvement : 10 minutes ;

Teneur en $CO^2$ du grisou de la bonbonne : 4,23 % ;

Teneur en $CO^2$ du grisou de la bouteille de prélèvem. : 4,07 % ;

Différence : 0,16 % (4).

Pour une pression partielle de l'anhydride carbonique correspondant à 4,23 %, l'erreur est donc loin d'être négligeable. Comme la pression partielle de l'anhydride carbonique dans les grisous de sondage (5) est beaucoup plus faible, l'erreur commise le sera également, mais restera toujours supérieure aux erreurs d'analyse.

(1) Souvent le débit du sondage est insuffisant et il faut recueillir le grisou par légère aspiration. Le mode opératoire est le même. Il suffit alors de raccorder le tube N à un flacon de niveau et garder le niveau d'eau dans celui-ci légèrement plus bas que celui de la bouteille de prélèvement. Une fois le flacon rempli de gaz, il suffit de fermer la pince du côté sondage et de relever un peu le flacon de niveau pour donner une pression de quelques centimètres d'eau au gaz avant de fermer la seconde pince. Ceci évite toute rentrée d'air dans le flacon pendant le transport.

(2) La durée du prélèvement variable avec le débit du sondage est de 15 minutes en moyenne. L'équilibre de dissolution est donc loin d'être atteint.

(3) La teneur maxima en anhydride carbonique que nous avons rencontrée jusqu'ici dans les grisous de sondages est de 1,4 %.

(4) L'erreur possible dans ces déterminations de l'anhydride carbonique peut être estimée à *plus ou moins* 0,015 %.

(5) Du moins ceux examinés jusqu'ici.

Les résultats pour l'anhydride carbonique seront donc légèrement trop faibles (1).

Une autre cause d'erreurs pouvait être introduite par suite de la diffusion des gaz légers à travers les tubes en caoutchouc qui ferment la bouteille. Cette diffusion pourtant n'est pas sensible, même après les deux ou trois jours que demande parfois le transport. Nous avons fait le contrôle en considérant le cas de l'hydrogène (2). Une bouteille d'une capacité de 500 cm³ était garnie du même dispositif de fermeture que les bouteilles de prélèvement. Nous l'avons remplie de grisou additionné d'un peu d'hydrogène. Des échantillons prélevés à plusieurs intervalles de temps nous ont donné les teneurs suivantes en hydrogène.

Echantillon prélevé après

| | |
|---|---|
| 0 heures . . . . . | $H^2 = 1{,}48$ % |
| 16 heures . . . . . | $H^2 = 1{,}48$ % |
| 31 heures . . . . . | $H^2 = 1{,}46$ % |
| 65 heures . . . . . | $H^2 = 1{,}43$ % |
| 90 heures . . . . . | $H^2 = 1{,}40$ % (3) |

La perte par diffusion peut donc être négligée pour les faibles teneurs en hydrogène (4).

La méthode de prélèvement que nous venons de décrire présente donc l'inconvénient de fausser légèrement les résultats pour l'anhydride carbonique. Elle permet par contre de prélever les premiers gaz dégagés par les sondages; elle est en outre d'une application facile.

---

(1) Dans le cas de grisous riches en anhydride carbonique, il faudrait évidemment saturer l'eau par le grisou même. Avant d'effectuer le prélèvement, il faudrait laisser barboter le gaz pendant une heure ou deux à travers la bouteille.

(2) L'hydrogène est le plus léger des gaz et possède par suite la plus grande vitesse de diffusion :

$$\frac{v}{v_1} = \sqrt{\frac{d_1}{d}}$$

(3) Ces déterminations ont été faites comme il sera dit plus loin; elles peuvent être considérées exactes à *plus ou moins* 0,015 % près.

(4) La teneur maxima que nous avons rencontrée jusqu'ici est de 0,133 %.



## CHAPITRE III.

### Technique expérimentale de l'analyse des grisous par distillation fractionnée.

L'analyse d'un grisou telle que nous la pratiquons comporte d'abord le fractionnement et l'analyse d'un échantillon de deux à trois cents centimètres cubes (§ 1). Cette première analyse ne saurait évidemment donner une grande précision dans la détermination des petites quantités d'hydrogène et des hydrocarbures autres que le méthane. Nous isolons ceux-ci d'un échantillon de deux litres environ de grisou (§ 2). Dans ces conditions, nous obtenons un volume suffisant d'hydrocarbures pour faire le fractionnement ultérieur de ceux-ci (§ 3) et la détermination de l'hydrogène peut atteindre une très grande précision.

§ 1. — *Fractionnement et analyse d'un échantillon de deux à trois cents centimètres cubes.*

*a)* Description de l'appareil (fig. 5) :

L'appareil employé est des plus simples et ne s'écarte de celui de Lebeau et Damiens que par quelques détails.

Il comprend :

une cloche à mercure C munie d'un robinet $R_1$ et d'une boule à chicane;

deux tubes à $P_2O_5$;

un condenseur K;

deux tubes manométriques $M_1$ et $M_2$;

une trompe à mercure T.

Les parties recourbées des canalisations ($D_1$ et $D_2$) donnent une certaine élasticité à l'ensemble.

*b)* Préparation de l'appareil :

La cloche C étant remplie de mercure, on ferme le robinet $R_1$ et on vide complètement l'appareil par la trompe T. Le robinet $R_2$ du tube manométrique $M_2$ est resté ouvert pendant cette opération. Quand l'appareil est sous vide, on ferme $R_2$; ainsi le tube $M_2$ fonctionnera comme baromètre et l'on n'aura qu'à retrancher de la hauteur du mercure de $M_2$ celle de $M_1$ pour avoir à chaque moment la pression dans l'appareil.

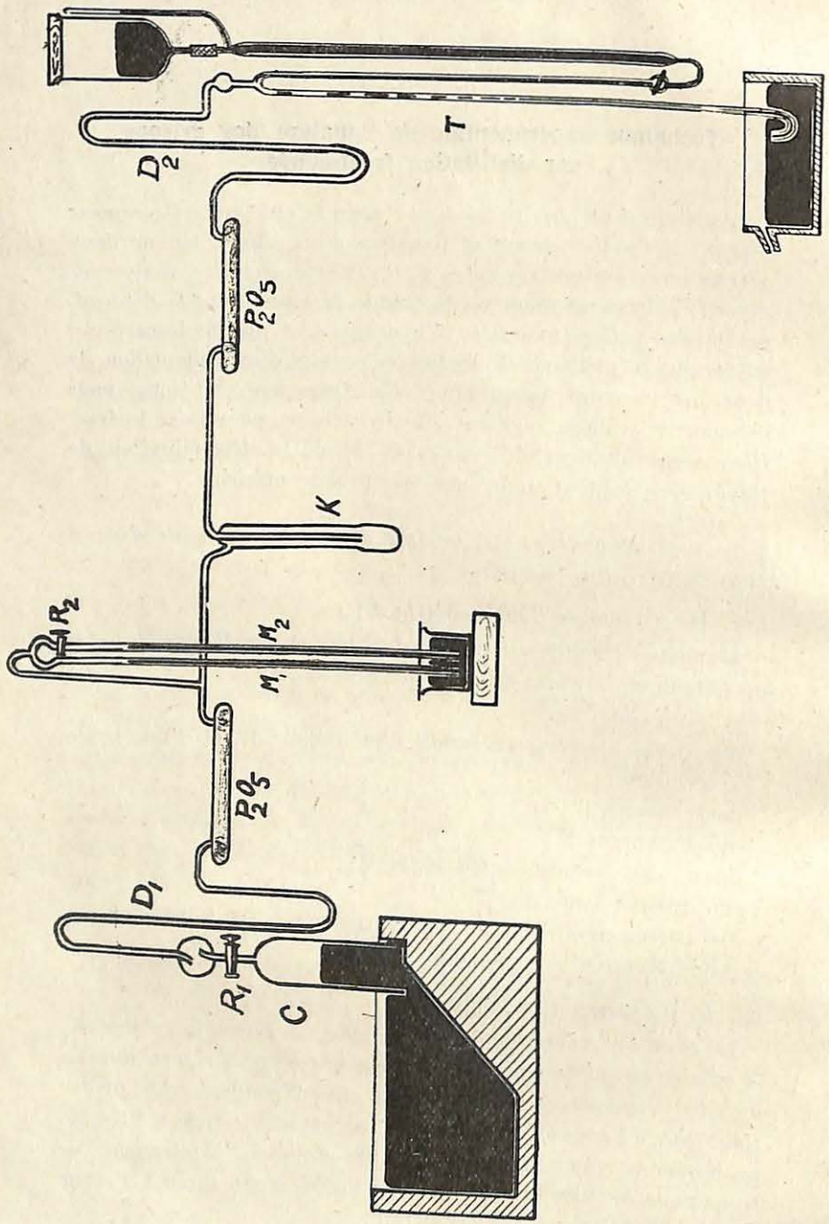



Fig. 5. — Appareil utilisé pour le fractionnement et l'analyse d'un échantillon de 200 à 300 centimètres cubes.



*c*) Marche du fractionnement :

On refroidit le condenseur par l'air liquide contenu dans un vase de Dewar et on introduit lentement l'échantillon de grisou qu'on a d'abord transvasé dans la cloche C. La pression dans l'appareil diminue progressivement du fait de la condensation. On peut activer celle-ci en faisant circuler plusieurs fois les gaz à travers le condenseur. A cet effet, on pompe les gaz non encore condensés et on les fait repasser dans la cloche C et de là dans l'appareil. Au bout d'un certain temps, la condensation s'est achevée et la pression reste stationnaire. A ce moment, tout en maintenant le condenseur dans l'air liquide, on pompe jusqu'au vide. On obtient ainsi une fraction A qui comprend :

le méthane ;
l'oxygène ;
l'oxyde de carbone ;
l'azote ;
l'hydrogène et les gaz rares.

Vers la fin de l'extraction, celle-ci se fait péniblement du fait que les dernières traces de méthane sont énergiquement retenues par les autres hydrocarbures condensés. On peut abréger de beaucoup l'extraction en laissant le condensat se volatiliser. Après avoir recondensé ensuite, on peut extraire sans peine les dernières traces de méthane.

On peut maintenant laisser revenir le condenseur à la température ordinaire et l'on extrait ainsi une fraction B comprenant les hydrocarbures autres que le méthane, l'anhydride carbonique et éventuellement les traces d'hydrogène sulfuré.

On peut alors achever l'analyse comme nous l'avons vu plus haut. Nous verrons au § 3 de ce chapitre comment on réalise le fractionnement des hydrocarbures saturés supérieurs. Le volume de ceux-ci recueilli dans la présente analyse est pourtant dans le cas de beaucoup de grisous insuffisant pour permettre un fractionnement sérieux. Le dosage de l'hydrogène manquerait en tout cas de précision. Aussi nous ne retenons de cette analyse que les résultats qui sont renseignés dans le tableau suivant qui se rattache à l'analyse d'un échantillon de grisou de la Station d'essais de Frameries prélevé le 5 juillet 1929.

Composition °/₀ en volume du grisou

| | Analyse I | Analyse II |
|---|---|---|
| $H_2$ | non dosé | non dosé |
| $N_2$ | 20.85 | id. |
| CO | absence | id. |
| $O_2$ | 0.65 | id. |
| $CH_4$ | 76.00 | id |
| $C_nH_{2n+2}$ | 0.12 (1) | 0.13 |
| $C_nH_{2n}$ | absence | absence |
| $C_nH_{2n-2}$ | id | id. |
| $CO_2$ | 2.35 | 2.35 |

§ 2. — *Isolement de l'hydrogène et des hydrocarbures autres que le méthane.*

L'unique but de l'opération est d'isoler l'hydrogène et les hydrocarbures étrangers en partant d'un échantillon de deux à trois litres de grisou. On néglige donc entièrement les autres gaz, à l'exception du méthane que nous recueillons le plus souvent en vue d'autres expériences.

*a)* Description de l'appareil (fig. 6) :

Celui-ci comprend en premier un circuit fermé sur lequel on rencontre successivement :

la chambre barométrique A ;
le robinet $R_3$ ;
un tube contenant une couche du mélange (CaO + NaOH) ;
un tube à $P_2O_5$ ;
le robinet $R_5$ ;
les condenseurs $C_1$ et $C_2$ ;
les tubes manométriques $M_1$ et $M_2$ ;
les robinets $R_6$ et $R_7$ entre lesquels se trouve branchée une trompe d'extraction $P_1$ ;
une trompe $P_2$ qui pompe les gaz dans la chambre barométrique A et fait office de pompe de circulation du circuit.

(1) Les 0,12 % d'hydrocarbures saturés supérieurs sont de l'éthane ainsi que nous l'a montré une analyse faite sur un échantillon de deux litres.

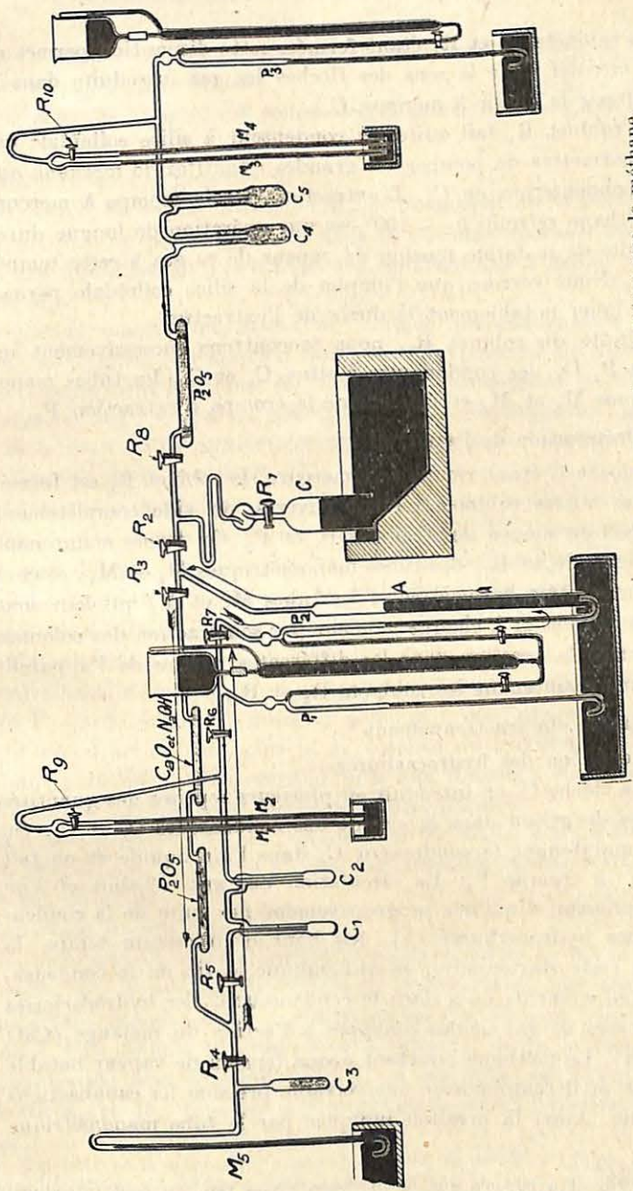



Fig. 6. — Appareil utilisé pour l'isolement de l'hydrogène et des hydrocarbures autres que le méthane, en partant d'un échantillon de deux litres.

Les robinets $R_8$ et $R_4$ étant fermés, cette disposition permet de faire circuler dans le sens des flèches les gaz introduits dans le circuit par la cloche à mercure C.

Au robinet $R_4$ fait suite un condenseur à silice colloïdale qui nous permettra de pomper les grandes quantités de méthane que nous condenserons en $C_2$. L'extraction par la trompe à mercure du méthane refroidi à — 190° est une opération de longue durée par suite de la faible tension de vapeur de ce gaz à cette température. Nous verrons que l'emploi de la silice colloïdale permet de diminuer notablement la durée de l'extraction.

A droite du robinet $R_8$, nous rencontrons successivement un tube à $P_2 O_5$, les condenseurs à silice $C_4$ et $C_5$, les tubes manométriques $M_3$ et $M_4$ et finalement la trompe d'extraction $P_3$.

*b*) Préparation de l'appareil :

La cloche C étant remplie de mercure, le robinet $R_1$ est fermé. Tous les autres robinets restant ouverts, on vide complètement l'appareil au moyen des trompes $P_1$ et $P_3$. On ferme maintenant les robinets $R_9$ et $R_{10}$ des tubes manométriques $M_2$ et $M_4$; ceux-ci serviront comme baromètres et les tubes $M_1$ et $M_3$ qui leur sont accollés donneront à chaque moment par soustraction des colonnes de mercure la pression dans les différentes parties de l'appareil. On ferme maintenant les robinets $R_8$ et $R_4$.

*c*) Marche du fractionnement :

Condensation des hydrocarbures.

Par la cloche C, on introduit en plusieurs reprises des quantités mesurées de grisou dans le circuit des condenseurs $C_1$ et $C_2$. On plonge maintenant le condenseur $C_2$ dans l'air liquide et on fait marcher la trompe $P_2$. La circulation des gaz s'établit et l'on voit la pression diminuer progressivement par suite de la condensation des hydrocarbures (1). Au bout d'un certain temps, la pression reste stationnaire, ce qui indique la fin de la condensation. A ce moment, on a dans le condenseur $C_2$ les hydrocarbures et les traces de gaz acides échappés à l'action du mélange (CaO +NaOH). Le méthane pourtant a une tension de vapeur notable à — 190° et il remplit avec une certaine pression les canalisations du circuit. Aussi la pression indiquée par le tube manométrique

(1) Au fur et à mesure que la condensation se fait, on peut introduire de nouvelles quantités de grisou jusqu'à concurrence de deux litres environ.



$M_1$ est la somme de la pression des gaz non condensés et de la tension de vapeur du méthane.

Nous pouvons maintenant commencer l'extraction de l'hydrogène.

Extraction de l'hydrogène.

A cet effet, on ferme le robinet $R_6$ et au moyen de la pompe de circulation, on pompe d'abord dans la chambre barométrique A les gaz que contient l'ensemble des canalisations à droite du robinet $R_6$.

On plonge maintenant dans l'air liquide les condenseurs à silice $C_4$ et $C_5$ et on fait marcher la trompe d'extraction $P_3$. Alors on ouvre légèrement le robinet $R_8$ : les gaz non condensés à — 190° sont aussitôt adsorbés par la silice, tandis que l'hydrogène, l'hélium et le néon qu'ils contiennent sont pompés dans l'éprouvette (non figurée) de la pompe $P_3$ (1).

Pendant cette opération, on ouvre et ferme alternativement le robinet $R_8$. On peut ainsi suivre au manomètre $M_1$ l'évacuation progressive des gaz non condensables du circuit des condenseurs $C_1$ et $C_2$. La pression indiquée par $M_1$ diminue progressivement et au bout d'un certain temps, elle reste stationnaire et correspond alors à la tension de vapeur du méthane. A ce moment, on ferme définitivement le robinet $R_8$ et en pompant jusqu'au vide par la pompe $P_3$ qui a continué à marcher pendant toute l'opération, on obtient une fraction qui contient la totalité de l'hydrogène, de l'hélium et du néon. Nous verrons plus loin comment on rectifie cette fraction que souillent encore des traces d'azote.

On enlève maintenant l'air liquide sous les condenseurs à silice et on évacue par la pompe $P_3$ les gaz adsorbés. Cette fraction n'est pas recueillie.

Extraction du méthane :

Le condenseur $C_2$ contient encore la majeure partie du méthane, la totalité des autres hydrocarbures et des traces de gaz acides. Il nous faut d'abord enlever complètement le méthane. On refroidit à l'air liquide le condenseur à silice $C_3$ et on le met en communication avec le condenseur $C_2$; à cet effet, on ouvre les robinets $R_4$ et $R_5$, tous les autres robinets restant fermés. La

(1) Pendant cette opération, l'adsorption par la silice provoque une évaporation active du méthane dans le condenseur C2. Nous refroidissons alors par l'air liquide le condenseur C1 qui arrête les traces d'hydrocarbures supérieurs qui pourraient être entraînées.

silice se sature rapidement de méthane (1); aussi la pression indiquée par le manomètre $M_1$, après avoir diminué fortement du fait de l'adsorption énergique du méthane, reprend la valeur correspondante à la tension de vapeur de ce gaz dès que la silice est saturée. On ferme alors le robinet $R_4$ et on laisse la silice revenir à la température ordinaire. Le méthane adsorbé se dégage et passe par le tube $M_5$. Là on peut le recueillir dans des éprouvettes; il est tout à fait pur. On répète plusieurs fois cette opération et au bout d'une heure à peine on a extrait la presque totalité du méthane. Les dernières quantités sont pompées par la pompe $P_3$ après avoir fermé le robinet $R_5$. A la fin de cette opération, on facilite l'extraction des dernières traces de méthane en laissant le condensat se volatiliser et en recondensant aussitôt comme il a été dit au paragraphe précédent. On peut maintenant commencer l'extraction des hydrocarbures autres que le méthane.

Extraction des hydrocarbures autres que le méthane :

A cet effet, on laisse le condensat de $C_2$ revenir à la température ordinaire et on pompe jusqu'au vide par la trompe $P_1$. La fraction obtenue ainsi est débarrassée successivement des traces de gaz acides, des hydrocarbures acétyléniques, des homologues de l'éthylène et finalement de l'éthylène. Le résidu comprend uniquement les homologues du méthane qu'on sépare comme nous le verrons au § 3 de ce chapitre. Il arrive parfois que le volume d'hydrocarbures obtenu ici soit légèrement inférieur à celui déterminé par le fractionnement de 200 cm³ (§1 de ce chapitre). Cette légère différence peut provenir du fait que des traces d'hydrocarbures autres que le méthane peuvent être entraînés avec celui-ci quand pour l'extraction de ce gaz nous mettons le condenseur $C_2$ en communication avec la silice refroidie du condenseur $C_3$. Par suite du vide avancé que provoque la silice, l'ébullition du méthane devient violente dans le condenseur $C_2$ et des traces d'hydrocarbures entraînées avec le méthane parviennent encore à échapper à la condensation dans le condenseur $C_1$ pourtant re-

(1) Pendant cette opération, il est indispensable de refroidir aussi le condenseur C1



foidi à — 190°. Malgré les faibles écarts (1), nous retenons au point de vue quantitatif le volume obtenu lors du fractionnement de 200 $cm_3$ et les homologues du méthane isolés en partant de 2 litres de grisou sont uniquement destinés au fractionnement ultérieur qui permettra de décider de la nature de ces homologues.

Rectification de la fraction $H^2$ — He — Ne :

Cette fraction que nous avons isolée plus haut a un très faible volume (4 cm³ tout au plus). Elle est encore souillée par des traces d'azote qui ont pu échapper à la première condensation sur la silice. Nous rectifions cette fraction dans le même appareil soigneusement vidé au cours des opérations précédentes. A cet effet, tous les robinets (sauf $R_8$) étant fermés, on place les condenseurs $C_4$ et $C_5$ dans l'air liquide et on fait marcher la trompe $P_3$. La fraction à rectifier, transvasée dans la cloche C, est maintenant introduite dans l'appareil bulle par bulle. De cette façon la condensation de l'azote est complète et seuls l'hélium, l'hydrogène et le néon sont pompés par la trompe. Dans cette fraction rectifiée, on détermine maintenant l'hydrogène par une combustion eudiométrique (2) et on obtient par différence une fraction contenant tout l'hélium et probablement tout le néon (3).

(1) Les écarts sont minimes comme le montre le tableau suivant qui se rapporte aux fractionnements de trois échantillons de grisou recueillis à un même sondage (Wérister) à des intervalles de temps différents :

| | % $C_nH_{2n+2}$ obtenus par le fractionnement de 200 cm³ (chap. III, § 1) | % de $C_nH_{2n+2}$ obtenus par le fractionnement de 2 litres (chap. III, § 2) |
|---|---|---|
| Echantillon I . . . . | ,19 % | ,190 % |
| Echantillon II. . . . . | ,20 % | ,193 % |
| Echantillon III . . . . . | ,21 % | ,175 % |

(2) Si la teneur de l'hydrogène est très faible dans le mélange, celui-ci sera en-dessous de la limite inférieure d'inflammabilité et pour obtenir l'explosion, il faudra, par une légère addition de gaz tonnant, le ramener au-dessus de cette limite.

(3) P. Lebeau et P. Marmasse ont montré que les tensions du CH4, du CO, de l'O2 et de l'argon condensés sur la silice sont insignifiantes et que pour le passage de 1 litre d'hydrogène, l'entraînement de ces gaz condensés est nul (0,01 cm³ pour l'azote). Seuls l'hélium et l'hydrogène ne sont pas fixés. Aucun essai n'a été fait avec le néon (Comptes Rendus Acad. Sciences, 1926, 1er semestre, t. 182, n° 18).

La courbe des tensions de vapeur du néon est pourtant tellement voisine de celle de l'hydrogène que nous pensons pouvoir considérer le résidu de la combustion de l'hydrogène comme comprenant aussi le néon.

§ 3. — *Séparation des homologues du méthane :*

Dans tous les grisous que nous avons examinés jusqu'ici, le seul hydrocarbure « étranger » était l'éthane. Aussi, après avoir éliminé de la partie condensée à — 190° les gaz acides et après avoir vérifié l'absence des séries non saturées, on pourrait se contenter des données de la combustion endiométrique faite sur le résidu. Celles-ci ne permettent pourtant pas de conclure avec certitude à l'absence totale d'autres hydrocarbures saturés que l'éthane.

Voici par exemple les résultats d'une de ces combustions :
Pris du condensé à — 190° (débarrassé de $CO_2$ et des non saturés): 0,95 cm³;
Contraction observée : 2,41; théorie pour $C^2H^6$ : 2,38;
Anhydride carb. observé : 1,90; théorie pour $C^2H^6$ : 1,90;

$$\frac{\text{contraction}}{CO_2} = \frac{2,41}{1,90} = 1,268 \text{ au lieu de } 1,25.$$

Certes, les écarts sont de l'ordre de grandeur des erreurs d'observation, mais les résultats ne permettent pas de conclure à l'absence complète de traces d'homologues supérieurs. Le volume d'hydrocarbures isolé en partant de 2 litres de grisou est assez conséquent et le fractionnement de celui-ci nous permettra de conclure avec certitude, cette fois-ci, à l'absence complète d'homologues supérieurs à l'éthane.

Le fractionnement est des plus simples et se fait au moyen de l'appareil décrit au § 1 de ce chapitre. Le mélange à fractionner, débarrassé soigneusement de toute trace de méthane, est mis dans la cloche C et le condenseur est refroidi à — 140°. On admet maintenant bulle par bulle le mélange à fractionner. Quand tout le gaz a été introduit et condensé, on laisse revenir très lentement le condenseur à — 127°, température que l'on maintient constante; on obtient ainsi, en pompant continuellement, tout l'éthane et une partie du propane. En laissant maintenant revenir le condenseur à — 90°, on peut pomper le propane restant et le butane. En réchauffant ensuite le condenseur à la température ordinaire, on obtiendrait les hydrocarbures supérieurs aux butanes (1). On voit, en ne considérant que l'éthane, le propane et butane, que

(1) Ceux-ci se condenseraient dans la trompe pendant l'extraction.



le fractionnement les groupe deux par deux, ce qui permet d'appliquer la combustion sans indétermination aucune. Nous avons appliqué ce fractionnement à presque tous les grisous examinés. Dans aucun cas, il ne restait trace de gaz dans l'appareil une fois qu'on était arrivé à — 127°. Ceci permet de serrer les conclusions : si les résultats de la combustion eudiométrique pour les homologues du méthane ne donnent pas tout à fait les valeurs théoriques de l'éthane, cela est du ou bien à des erreurs d'observation inévitables, ou bien à des traces de propane, négligeables tant au point de vue vue théorique que pratique.

Les températures intermédiaires de — 140° à — 90° sont facilement réalisées. On se sert d'un cylindre en aluminium percé de trois trous (1) (fig. 7). Dans le premier, on place le condenseur, le second reçoit l'appareil thermométrique et dans le troisière, on verse l'air liquide qui sert à refroidir le bloc. Le cylindre entouré d'une gaine d'étoffe est placé dans un vase Dewar. La faible chaleur spécifique et la grande conductibilité thermique de l'aluminium aux basses températures rendent le thermostat très maniable. En règlant convenablement l'arrivée de l'air liquide, on réalise facilement les températures nécessaires au fraction-

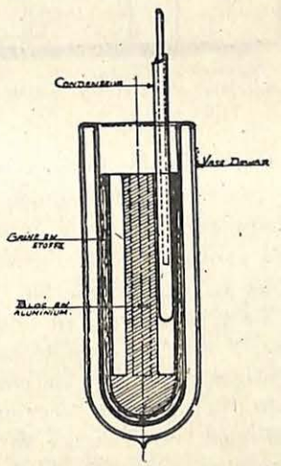



Fig. 7. — Bloc d'aluminium utilisé pour obtenir les températures de — 90° à — 140°.

(1) A. Stock, B. 53, s. 751, 1920.

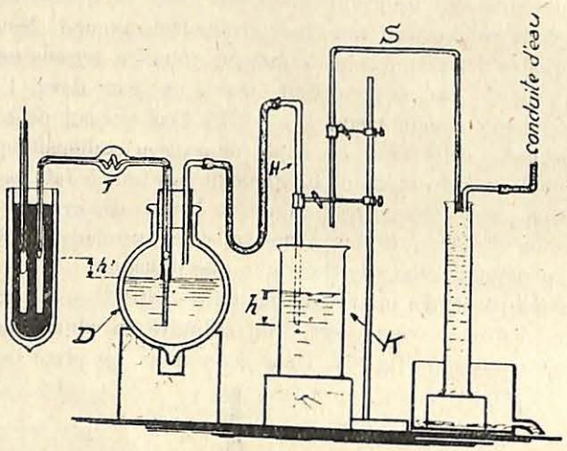



Fig. 8. — Appareil pour réaliser les températures intermédiaires de — 140° à — 90°.

nement. Un moyen bien simple de régler cette arrivée est décrit par F. Henning (1) (fig. 8). L'air liquide contenu dans le vase de Dewar D est poussé par la pression de sa propre vapeur dans un tube T à double parois (vidé et argenté) qui débouche dans un des trous du bloc en aluminium. Là l'air liquide s'évapore en le refroidissant. La pression sur l'air liquide dans D peut être réglée par la hauteur $h$ de l'eau dans le vase K. Si l'on change cette hauteur en déplaçant le tube H, on modifie aussi la pression dans le vase D et ainsi la vitesse de l'écoulement de l'air liquide. Du fait de cet écoulement, la différence de niveau $h'$ s'accentue. Il faudra donc augmenter en conséquence la hauteur $h$ par l'eau s'écoulant d'un siphon capillaire réglable (S). Du fait de l'imperfection encore réelle de l'isolement thermique du vase, il s'évapore continuellement de l'air liquide qui peut, quand sa pression dépasse celle de la colonne d'eau $h$, s'échapper par le tube H. Le réglage du débit dépend donc de la hauteur $h$. Comme celle-ci pour un débit constant d'air liquide doit augmenter avec $h'$, c'est en dernière analyse la position du siphon capillaire S qui règle ce débit. Le réchauffement du thermostat peut se faire en aspirant de l'air à travers le trou qui sert au refroidissement par l'air liquide. On se sert à cet effet d'une trompe à eau. En réglant rant de l'air à travers le trou qui sert au refroidissement par l'air convenablement l'aspiration de celle-ci, on peut réchauffer plus ou moins rapidement le cylindre.

(1) *Zeitschr f. Instrumentenkünde*, 33-35 (1913).



La lecture des températures peut se faire à l'aide d'une pince thermo-électrique. On obtient pourtant une bien plus grande précision en employant un thermomètre à tension de vapeur (1). Le principe de ces thermomètres est fort simple : on mesure à la température considérée la tension de vapeur d'un gaz pur, liquide ou solide à cette température. Connaissant la tension de vapeur, on peut déduire la température à l'aide de la courbe des tensions de vapeur du gaz employé. Ces thermomètres sont fort commodes, mais ne peuvent servir que pour une gamme de températures peu étendue. Comme gaz thermométrique pour les températures aux environ de — 127°, nous avons employé l'éthane.

## RESUME.

Nous avons décrit une méthode d'analyse exacte des grisous. Celle-ci est basée sur le fractionnement préalable du mélange complexe par distillation à basse température. Appliquée à l'examen d'un grand volume de grisou, cette méthode permet d'atteindre une grande précision dans la détermination de l'hydrogène et des hydrocarbures autres que le méthane. Etant donné les nombreuses controverses auxquelles a donné lieu la présence d'hydrogène dans les grisous, nous avons soumis à plusieurs contrôles la sensibilité dés détermination de l'hydrogène. Ceux-ci nous ont montré qu'une grande précision peut être atteinte. Ces méthodes sont employées dans les laboratoires de l'Institut National des Mines pour l'étude des grisous belges.

*Pâturages, le 15 mars 1931.*

(1) *Stock ünd Nielsen.* B. 39. s. 2066 (1906).

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

—

*ANNEXE IV.*

# Considérations sur l'adsorption du grisou par les houilles

## Le gisement du grisou dans les couches de houille

—

## NOTE

DE

L. COPPENS,
Docteur en Sciences — Attaché à l'Institut

Nous signalerons dans cette note quelques observations de laboratoire qui sont en relation étroite avec le gisement du grisou. Nous décrirons en détail la théorie que ces observations tendent à faire admettre. A la lumière de celle-ci nous analyserons le mécanisme du dégagement du grisou. Nous verrons que des données expérimentales justifient les conclusions de cette analyse. Nous diviserons l'exposé comme suit :

A. *L'espace libre des charbons.*
B. *L'adsorption des gaz par les parois inertes.*
C. *Le gisement du grisou et la théorie de l'adsorption.*
D. *Analyse théorique du dégagement du grisou.*
E. *Vérification expérimentale.*
*Résumé et conclusions.*



### A. — L'espace libre des charbons.

Si l'on se rapporte à l'examen microscopique des charbons, on arrive à la conclusion que l'espace libre dans ceux-ci doit être infime. Il se limite aux fentes de retrait, visibles, des matières colloïdales desséchées et évoluées qui forment la pâte fondamentale de la roche et aux vides que peuvent offrir les éléments figurés dont la structure cellulaire semble encore conservée. Ces cellules sont d'ailleurs souvent remplies par la pâte fondamentale. A ce volume, il y a lieu d'ajouter les vides submicroscopiques : nous entendons par là les vides qu'ont laissés entre elles en précipitant dans la lagune houillère les particules matières colloïdales desséchées et évoluées qui forment la pâte colloïdales qui, desséchées et évoluées, forment maintenant la pâte du charbon. Les figures 1 à 4 donnent des coupes agrandies de divers charbons. Le volume, somme toute, doit être faible. Comme l'écrivait E. Lemaire (1):

« La densité apparente du charbon est de 1.25. Si on admet que la densité absolue soit celle du carbone diamant, ce qui est faire la large part aux vides, on peut estimer à 300 litres environ le volume des vides dans une tonne de charbon en place. Or les expériences de pulvérisation de charbon en vase clos montrent que l'on peut retirer de certains charbons 3 à 4 $m_3$ de grisou par tonne ce qui dans l'hypothèse du grisou à l'état gazeux suppose une pression de dix à treize kilos par $cm_2$ dans un fragment de houille abattu. Un charbon tendre n'y résisterait pas. » (2)

Donc en considérant d'une part le volume gazeux imposant que doit loger l'espace libre très restreint du charbon et d'autre part la pression limite à laquelle un charbon abattu peut être supposé pouvoir résister, l'on arrive à cette conclusion qui précise déjà singulièrement la question : *Si une partie du grisou existe dans les vides à l'état gazeux, une partie importante est dans un état dans lequel il n'exerce pas de tension.*

(1) Etude sur les dégagements instantanés de grisou. *Annales des Mines de Belgique*, 1926, t. 27, p. 854.

(2) Le volume de grisou qu'on peut retirer de certains charbons est de loin supérieur à 4 $m^3$ à la tonne. Ces chiffres sont donnés par Fontenelle et Lecocq. (*Annales des Mines de Belgique*, 1902, t. 7, pp. 657-685.) Ces auteurs se sont contentés d'un simple broyage alors qu'il aurait fallu pomper les gaz au fur et à mesure de leur dégagement et cela jusqu'au vide persistant.

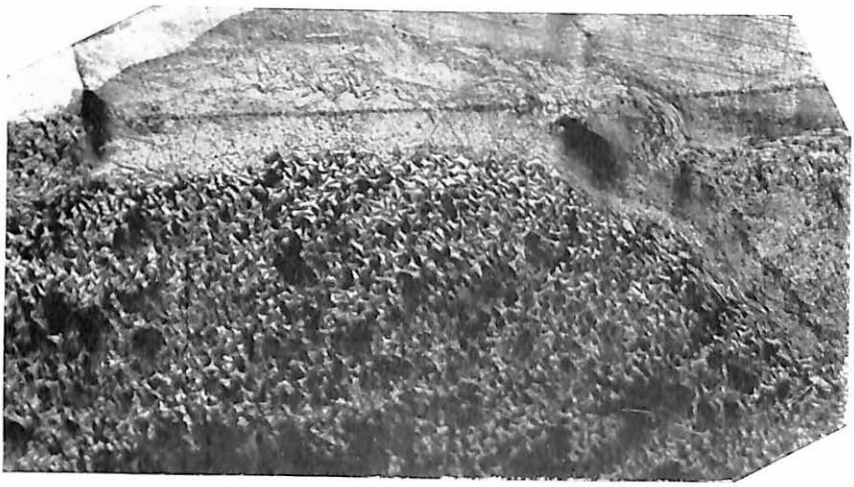


Fig. 1. — Structure en étoiles — Anthracite de la Mure.
Grossissement : 45 diam.

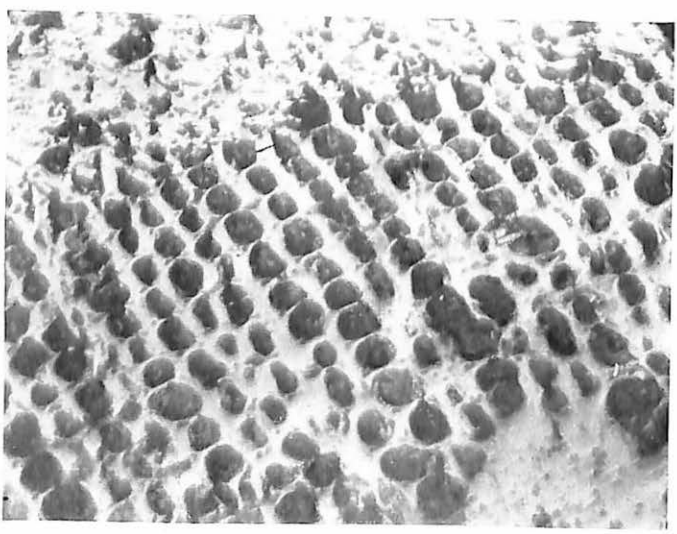


Fig. 2. — Structure celluleuse Couche Grand Fontaine
à Blegny-Trembleur — Grossissement : 150 diam.

Photos aimablement communiquées par M. Legraye.

MUSEE ROYAL D'HISTOIRE NATURELLE DE BELGIQUE
KONINKLIJK NATUURHISTORISCH MUSEUM VAN BELGIE

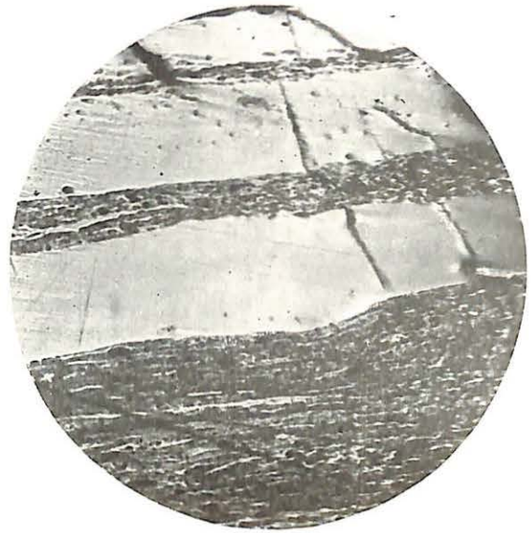


Fig. 3. — Durain et Vitrain avec fissures de retrait. (Charbonn. d'Abhooz). Grossissement: 20 diam.

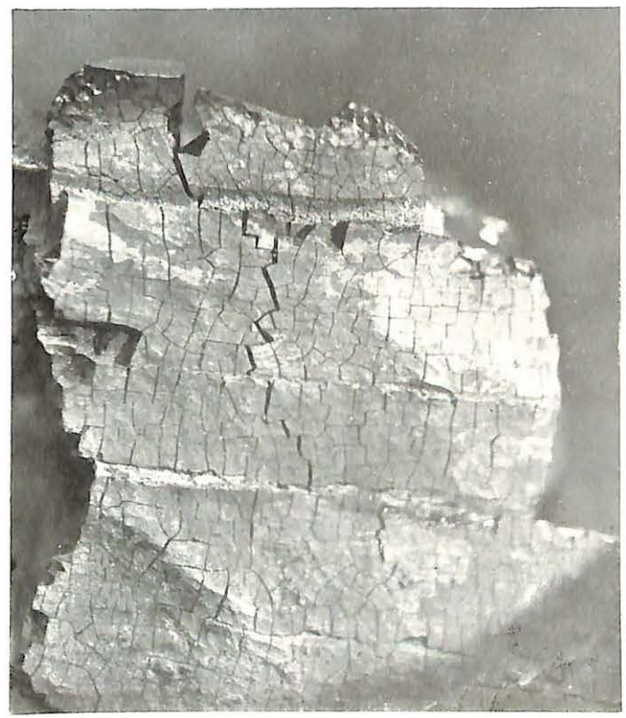


Fig. 4. — Lignite de Roumainie, avec fissures de retrait dans le vitrain. Les fissures de retrait présentent de même dans le vitrain des charbons belges. — Grandeur naturelle.

Photos aimablement communiquées par M. Legraye.

On ne peut songer à l'état liquide puisque à — 95.5° C., il faut encore une pression de 50 atmosphères pour obtenir la liquéfaction du méthane... à moins qu'une propriété spéciale de structure physique ou chimique du charbon puisse faciliter la condensation.

La restriction mérite au moins d'être examinée; nous verrons que des faits expérimentaux et des rapprochements semblent lui donner tout son sens.

### B. — **L'adsorption des gaz par les parois inertes.**

On constate qu'au voisinage d'un solide délimitant une solution, il é'stablit une concentration du corps dissout différente de la valeur moyenne dans la solution : dans l'immense majorité des cas, elle y est supérieure. Le phénomène a reçu le nom d'adsorption. Ainsi, si dans une solution quelconque de titre connu, nous mettons une quantité suffisante d'une poudre très fine et absolument indifférente à la solution au point de vue chimique, nous constaterons, à l'analyse, que la concentration de la solution surnageant la poudre a varié; généralement, elle aura diminué.

De même, une augmentation de concentration analogue se produit à la délimitation solide d'un volume gazeux et l'on admet que le gaz reste à la surface du solide, qu'il recouvre d'une pellicule de densité plus élevée. Ainsi, si dans une enceinte renfermant de l'azote, nous introduisons de la silice colloïdale desséchée, nous verrons la pression diminuer par suite de l'adsorption de l'azote qui est cependant indifférent à la silice au point de vue purement chimique.

L'interprétation qu'on donne à l'adsorption dans le cas des gaz est basée sur les valences résiduelles. Au point de vue purement chimique, il existe des corps saturés : ce sont ceux qui ayant toutes leurs valences saturées ne peuvent donner des produits d'addition. Le type de ces composés est le méthane : les quatre valences du carbone sont saturées par les quatre valences des quatre atômes d'hydrogène et le méthane ne saurait donc donner des produits d'addition. Pourtant le méthane est loin d'être un gaz parfait; l'attraction intermoléculaire n'est pas nulle. La molécule n'est donc saturée qu'au seul point de vue chimique et présente en réalité des valences résiduelles. C'est à



la mise en œuvre de celles-ci qu'on attribue l'adsorption d'un gaz par une paroi inerte. On ne pourrait soutenir que l'oxygène par exemple entre en combinaison avec le carbone du charbon de bois qui adsorbe des volumes considérables de ce gaz. Les combinaisons du carbone avec l'oxygène sont très stables et dans ces conditions on ne saurait récupérer l'oxygène par une légère diminution de pression ou une élévation de température de quelques degrés seulement. Les valences principales n'entrent pas en jeu et les liaisons se font simplement par les valences résiduelles. Quoique l'on ne puisse rien affirmer de général, la polarité des molécules semble jouer un rôle important. Dans certaines molécules, la distribution des charges électriques est telle que ces charges se neutralisent les unes par les autres : la molécule n'a pas de champ extérieur et n'exercera aucune attraction. Ces molécules se prêteront peu à l'adsorption. D'autres, comme celles de l'eau, ont un champ extérieur très fort et seront plus facilement adsorbées (1). Tel est le principal aspect qualitatif du phénomène.

Au point de vue quantitatif, nous constatons que l'adsorption aboutit à un équilibre. Le phénomène est d'ailleurs réversible et il semble bien que dans beaucoup de cas les exceptions à la loi de réversibilité puissent être expliquées par le fait qu'on ait pris pour un état d'équilibre un état fort voisin dans lequel la vitesse de fixation, pour être très faible, n'en était pas moins réelle encore. Il semble à peine nécessaire d'ajouter que certains phénomènes concomitants peuvent masquer l'adsorption tandis que d'autres peuvent la simuler.

L'examen d'un grand nombre de résultats expérimentaux a conduit Freundlich à la formule empirique suivante qui représente d'une manière assez satisfaisante l'isothermie d'adsorption:

$$\frac{x}{m} = a\,P^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

$$\Delta t = 0$$

---

(1) J. DUCLAUX, 1929. —*Les colloïdes:* — Paris, Gauhier-Villars.

(2) Cette relation peut être mise sous la forme:

$$ln\,\frac{x}{m} = \frac{1}{n}\,ln\,P + c$$

On voit que le logarithme de la concentration de l'adsorbé dans l'adsorbant est une fonction linéaire du logarithme de sa concentration ou de sa pression résiduaire.

$a$ et $n$ sont des constantes dépendant des corps adsorbant et adsorbé.

$x$ est la quantité adsorbée par une masse $m$ d'adsorbant.

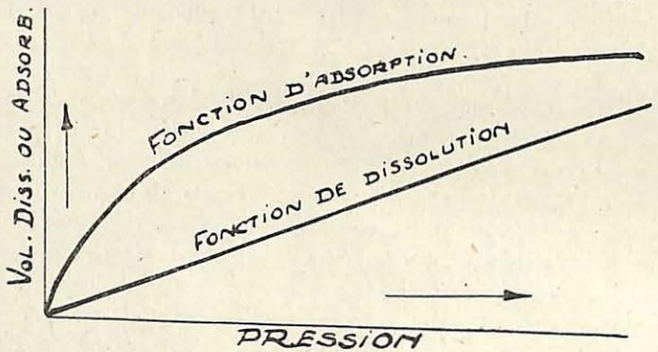



Fig. 5. — Courbes des 2 phénomènes.

P est la pression gazeuse ou osmotique du gaz ou du corps dissous non adsorbé après établissement de l'équilibre.

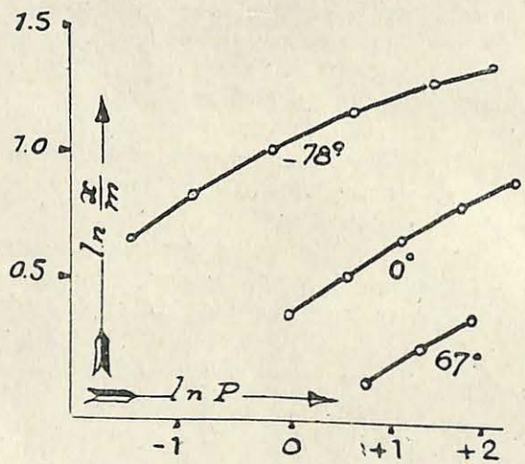



Fig. 6. — Courbes de l'adsorption à diverses températures.

On voit que si $n$ devient égal à l'unité, la relation se confond avec la loi de Henry relative à la dissolution des gaz par les



liquides. La loi de Henry peut donc être envisagée comme un cas particulier de la loi d'adsorption. L'adsorption et la dissolution sont des phénomènes d'ailleurs fort voisins. Dans la dissolution d'un gaz par un solide, les molécules gazeuses sont logées entre les molécules du solide et sont retenues par les forces d'attraction de ces dernières. Dans le cas de l'adsorption par une gelée colloïdale, les molécules du gaz sont logées entre les granules du colloïde et y sont retenues par des forces de même nature. La cause profonde est la même : seule la dimension des particules agissantes (molécules dans le premier cas, agrégats de molécules dans le second) semble dicter les différences d'allure observées.

La figure 5 donne les courbes représentatives des deux phénomènes.

La température a une influence marquée et la quantité adsorbée par unité de surface active diminue rapidement (fig. 6) quand la température s'élève (1). L'influence de celle-ci semble être la même que dans le cas d'une véritable dissociation. L'adsorption est d'ailleurs un phénomène exothermique et le dégagement des gaz adsorbés demande un apport de chaleur.

Nous avons vu que l'équilibre d'adsorption dépendait aussi de la nature du gaz. Le tableau suivant emprunté à G. Vater (2), montre comment les différents gaz se comportent vis-à-vis d'un même adsorbant : un charbon animal préparé spécialement (3). Il donne en cm³ (4) les volumes absorbés par un cm³ d'adsorbant à différentes températures et sous une pression d'équilibre de 760 mm.

---

(1) TAYLER: *The Chemistry of colloïds*, p. 256, Londres.

(2) G. VATER. — Studiën über die adsorption von Gassen durch Kohle und einige andere poröse Körper, p. 42. Diss. Dresden, 1910.

(3) Ce charbon est préparé en chauffant à 600° du charbon animal imbibé d'une solution de sang de bœuf à 10 %.

(4) Ces volumes sont réduits à 0° et 760 mm. de mercure.

TABLEAU I

| | + 20° | — 78° | — 185° |
|---|---|---|---|
| Hydrogène | 7.3 | 19.5 | 284.7 |
| Azote | 21.0 | 107.4 | 663.2 |
| Oxyde de carbone | 26.8 | 139.4 | 697.0 |
| Oxygène | 25.4 | 122.4 | |
| Méthane | 41.7 | 174.3 | |
| Ethylène | 139.2 | 360.7 | |
| Ethane | 119.1 | 275.5 | |
| Acétylène | 135.8 | 488.5 | |
| Anhydride carbonique | 83,8 (1) | 568.4 | |
| Hydrogène sulfuré | 213. | | |

On voit que les gaz composés à poids moléculaire élevé sont adsorbés plus énergiquement que les gaz simples; il est vrai qu'ils sont à la température ordinaire plus voisins de leur liquéfaction que ces derniers.

Il nous reste à examiner le cas de l'adsorption non plus d'un gaz pur, mais d'un mélange. Au moyen du tableau que nous venons de donner, il nous sera possible de prévoir dans une certaine mesure le résultat auquel aboutira cette adsorption. Prenons le cas d'un mélange simple composé de x % d'hydrogène et (100 — x) % de méthane. Après établissement de l'équilibre, nous constaterons que les compositions de la phase condensée et de la phase gazeuse diffèrent sensiblement de la composition initiale du mélange. Dans le mélange non adsorbé, la teneur en hydrogène a passé de x à x', x' étant de loin supérieur à x. Dans la phase condensée, nous trouverons une exaltation correspondante du taux en méthane. Ces considérations ont été vérifées expérimentalement. Il en découle que si un adsorbant a fixé un mélange gazeux complexe, le dégagement des gaz adsorbés (2) se fera d'une façon rappelant en quelque sorte une distillation fractionnée. Les gaz peu adsorbables seront

(1) Le chiffre obtenu pour l'absorption de l'anhydride carbonique à 20° semble trop faible.

(2) Par suite, par exemple, de l'élimination de la phase non adsorbée.



surtout dans les « têtes » de dégagement alors que les gaz facilement adsorbables seront surtout concentrés dans les « queues ».

## C. — Le gisement du grisou et la théorie de l'adsorption.

Beaucoup de théories qui ont eu leur moment d'actualité ne font que déplacer la difficulté et prennent comme point de départ une hypothèse qui n'a jamais reçu de confirmation. On ne saurait attacher d'importance à une théorie admettant le méthane dans les couches sous la forme d'un polymère; le chimiste n'a jamais reconnu l'existence de polymères du méthane et ce qu'il sait de la constitution et des propriétés de ce gaz rendent l'hypothèse, sinon impossible, du moins invraisemblable. Dans ces conditions, il serait aussi facile de faire appel au concept vague des combinaisons instables; la décomposition brusque d'un composé fragile du méthane avec certains groupements du charbon serait responsable des volumes souvent énormes de méthane dégagé. Rien n'est plus aisé que de changer d'inconnue et de telles hypothèses, si elles ne sont pas impossibles, à la rigueur, ne peuvent contenter celui qui se tient au niveau des faits observés réellement.

Pour qu'une théorie soit admissible, il faut qu'elle puisse interpréter et grouper un ensemble de faits observés, qu'elle permette d'en prévoir d'autres et que ses corollaires n'aillent pas à l'encontre de principes solidement établis.

Tout d'abord, que peut apprendre l'histoire du charbon? La preuve de l'origine végétale de la houille ne doit plus être faite. Celle-ci dérive de l'accumulation et de la transformation de débris végétaux dont certaines parties plus résistantes ont gardé jusqu'à nos jours une figure qui rappelle leur aspect primitif. L'examen des charbons, soit en lame mince — opération très difficile — soit au banc métallographique à l'aide de surfaces polies, y révèle des éléments figurés souvent bien conservés tels que des tissus liginifiés, des corps résineux, des cuticules, des spores et, dans certains charbons, des algues. Ces éléments figurés sont noyés dans une pâte (substance fondamentale de la

roche) qui ne s'est (1) « individualisée que secondairement, c'est-à-dire postérieurement au dépôt des corps figurés. L'étude microscopique de la houille montre, en effet, qu'elle est venue faire prise entre ces corps en suspension dans l'eau et encore animés d'un mouvement de translation lente sans déranger leur alignement. » — « La pâte est de nature colloïdale et s'est individualisée au sein d'une solution ou d'une pseudo-solution (solution colloïdale) comme le démontre l'étude des phénomènes de retrait qui attestent qu'elle a acquis la consistance d'une gelée avant de se solidifier. » — « L'étude des tourbières actuelles a montré qu'au cours du phénomène de la tourbification, il y avait non seulement formation d'un humus acide (tourbe), mais encore mise en liberté de produits solubles, à réaction acide que l'on a désignés par le terme vague d'acides humiques. Ce sont ces produits solubles qui donnent parfois aux eaux qui s'écoulent des tourbières une teinte foncée qui leur a valu le qualificatif d' « eaux brunes ». Dans certaines conditions, ces acides humiques se précipitent et forment des flocons qui s'agglomèrent pour donner naissance à une gelée de plus en plus consistante. C'est de cette façon que se forment les couches de dopplérite que l'on rencontre interstratifiées dans les lits de tourbe. Les lits de dopplérite particulièrement purs ont leurs homologues dans les lits de vitrain de la houille, ces derniers lits étant uniquement formés de substance fondamentale. » — « Il est donc bien fondé d'admettre que la substance fondamentale (pâte de la houille), est le résultat de la précipitation de tous les produits solubles (acides humiques) des réactions chimiques très complexes qui se produisaient dans la lagune houillère. Dans certaines conditions, dont la principale devait être une saturation, la solution colloïdale donnait naissance à des flocons qui enrobaient les corps figurés en suspension dans l'eau et arrêtaient leur mouvement de translation lente. En s'agglomérant, ces flocons formaient peu à peu une couche continue d'une gelée qui devenait de plus en plus consistante et où les corps figurés se trouvaient soustraits à l'action de la plupart des agents de destruction. »

(1) A. DUPARQUE : La structure microscopique et macroscopique de la houille. Son origine et son mode de formation. — *Revue de l'Industrie Minérale*, 1926, n° 142, pp. 500 et 501.



Si l'on considère maintenant l'énorme surface que présentent les gelées colloïdales desséchées, on est au moins tenté d'admettre que la pâte fondamentale du charbon, édifice complexe de ces granules colloïdaux desséchés et évolués, doit présenter une surface active énorme et, dès lors, donner lieu à des phénomènes d'adsorption.

Ces considérations ne peuvent évidemment avoir la valeur d'un argument, mais montrent au moins que les propriétés adsorbantes éventuelles du charbon n'offriraient rien d'inattendu. Or on sait depuis longtemps que les charbons absorbent des volumes considérables de gaz. Dans l'examen d'une série de charbons belges, nous avons rencontré des échantillons qui d'abord vidés de gaz par une extraction prolongée à la trompe à mercure absorbaient à 0° jusque 500m³ de méthane par 100 gr. de charbon et cela sous une pression de 700 mm. de mercure seulement (1). Sans doute, la préparation de l'échantillon altère celui-ci et on ne saurait comparer l'échantillon préparé au laboratoire avec le charbon vierge du gisement. On ne pourrait pourtant soutenir que l'oxydation plus ou moins profonde qu'a subi l'échantillon soit seule responsable des volumes absorbés. Au contraire, en examinant deux échantillons dont l'un était oxydé pendant quatorze jours à 100° Iv. Graham (2) a trouvé que dans les mêmes conditions opératoires, 100 gr. du charbon oxydé absorbaient 35 cm³ d'azote, alors que le charbon frais absorbait, dans les mêmes conditions de température et de pression 57,6 cm³ de ce gaz. Tout au

(1) Ainsi, un échantillon provenant d'un sondage pratiqué dans la veine Bouleau au charbonnage de Hornu et Wasmes, nous a donné les résultats suivants :

| | |
|---|---|
| $H^2O$ | 1,22 |
| Matières volatiles | 22,82 |
| Cendres | 10,36 |
| Mat. Vol. du charbon exempt d'humidité et de cendres | 25,81 |

Le volume de méthane absorbé par 100 gr. de ce charbon sec était de 472,4 cm³ réduits à 0° et 700 mm. L'échantillon était broyé jusque passage complet au tamis de 900 mailles au cm² et on a retenu pour les déterminations la partie de l'échantillon stiuée entre le tamis 900 et 1600 mailles au cm². Le charbon destiné à la mesure du pouvoir absorbant était séché dans le vide, dans l'appareil de mesure même, en présence de $P^2O^5$ et cela à la température ordinaire.

(2) Iv. GRAHAM. *Trans. of the Inst. of Mining-Engineers*, Febr. 1917. — The Permeability of Coal to Air or Gas, and the solubilities of different Gases in Coal.

plus peut-on dire que l'altération doit, en changeant dans une certaine mesure la structure physique et chimique du charbon, modifier dans un sens ou l'autre ses propriétés absorbantes.

On peut par l'extraction à la pompe à mercure, récupérer entièrement les volumes de gaz absorbés (1). Dans une de nos déterminations, nous avons introduit dans l'appareil de mesure contenant le charbon vidé préalablement de gaz, un volume de méthane pur égal à 705.2 $cm_3$. Par extraction à la trompe à mercure, nous avons récupéré un volume gazeux égal à 707.5 $cm_3$ et composé uniquement de méthane. Les écarts observés sont de l'ordre de grandeur des erreurs d'observation que pouvaient causer les méthodes employées dans ce cas pour la mesure des volumes.

Les volumes absorbés varient d'un charbon à l'autre et dépendent aussi de la nature du gaz, de la pression de celui-ci et de la température. Le phénomène aboutit à un véritable équilibre entre la phase absorbée et la phase gazeuse. Nous retrouvons donc les mêmes facteurs qui régissent l'équilibre d'adsorption et une variation de ceux-ci déplace les deux équilibres dans le même sens.

Une autre analogie apparaît quand on examine les différences quantitatives auxquelles donne lieu la nature des différents gaz. En examinant l'adsorption de ceux-ci par un même adsorbant, nous avons vu que les gaz à poids moléculaire élevé sont adsorbés plus énergiquement que les gaz simples. Nous aurions pu ajouter qu'en rangeant les différents gaz dans l'ordre des volatilités décroissantes, on remarque, à une ou deux exceptions près, une gradation ascendante des volumes absorbés. La même gradation s'observe dans le cas de l'absorption de différents gaz par un même charbon. Le tableau suivant est emprunté à Iv. Graham (2). Il donne en $cm_3$ (réduits à 0° et 760 mm.) les volumes de quelques gaz absorbés par 100 gr. d'un même charbon à 30° et 100° (3).

(1) Du moins dans le cas de gaz indifférents au charbon au point de vue chimique.

(2) Cité plus haut.

(3) L'échantillon a été broyé de façon à passer complètement au tamis de 200 mailles au pouce linéaire.



TABLEAU II

| | 30° | 100° |
|---|---|---|
| | — | — |
| $H_2$ | 6.81 | 3.80 |
| $N_2$ | 57.60 | 11.50 |
| CO | 71.20 | 15.90 |
| $CH_4$ | non déterminé | 25.00 |
| $CO_2$ | 800.00 | 148.00 |

Ce tableau nous donne l'occasion de reprendre le raisonnement que nous avons fait en examinant l'adsorption de deux gaz. En laissant absorber dans des conditions déterminées de

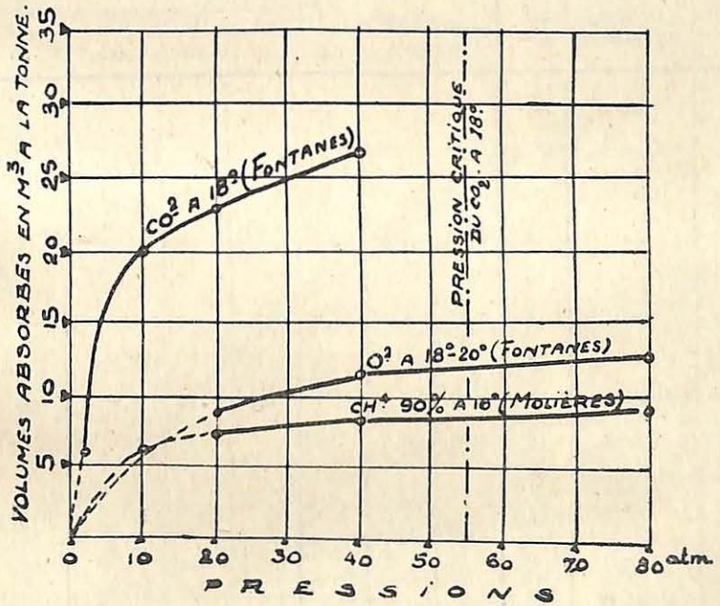



Fig. 7. — Expériences de Leprince Ringuet.

pression et de température un mélange de x % d'hydrogène et (100 — x) % de méthane, nous retrouverons à l'équilibre une composition centésimale différente dans la phase absorbée et la phase gazeuse. Dans cette dernière, la teneur en hydrogène aura passé de x à x', x' étant supérieur à x. Dans la phase absorbée, le taux en méthane aura augmenté en conséquence.

Les expériences faites à haute pression sont aussi significatives. Celles de Leprince-Ringuet ont été faites sous des pressions allant à 80 atmosphères. Elles sont résumées dans le tableau suivant (1).

Absorptions en $m_3$ à 0° et 760 mm. par tonne de houille.

TABLEAU III

| Gaz | Origine du charbon | T en °C | Pression en atmosphères absolues 0,25 | 0,5 | 1 | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Air | Liévin | 20° | | | 0,7 | | | | | |
| $O_2$ | Fontanes | 18—20 | | | | | 9 | 12 | | 12,5 |
| Grisou 61,5 % | Liévin | 30 | | | | | | 10,5 | | |
| Grisou 61,5 — | — | 18 | 0,75 | 1,5 | 3,0 | | | | | |
| Grisou 89,0 — | — | 50 | | | 0,5 | | | | | |
| Grisou 89,0 — | — | 16 | 0,5 | 1 | 1,9 | | | | | |
| Grisou 82,0 — | — | 18 | | | | | | 11,5 | | |
| Grisou 90,0 — | Molières | 16 | | | | 5,8 | 7,4 | 8,2 | | 8,7 |
| | Liévin | 18 | 5,6 | 6,6 | 7,2 | | | | | |
| | Fontanes | 27 | | | | | | | | 27 liq. |
| | — | 18 | | | 5,5 | 20 | 23 | 27 | 36 liq. | |
| $CO_2$ | — | 0 | | | 7.5 | | | 43 liq. | | |
| | Molières | 18 | | | | | | 31 | | |
| | — | 0 | | | | | | 52 liq. | | |

(1) LEPRINCE-RINGUET : Expér. sur l'absorption de gaz par la houille. — *Compte-rendu Acad. Sciences*, 1914, p. 158.



La figure 7 donne la représentation de certains de ces résultats. On remarquera que le volume absorbé augmente au début très rapidement avec la pression, plus lentement ensuite et semble tendre insensiblement vers une limite aux hautes pressions. Ces courbes rappellent par leur forme celle représentant l'iso-

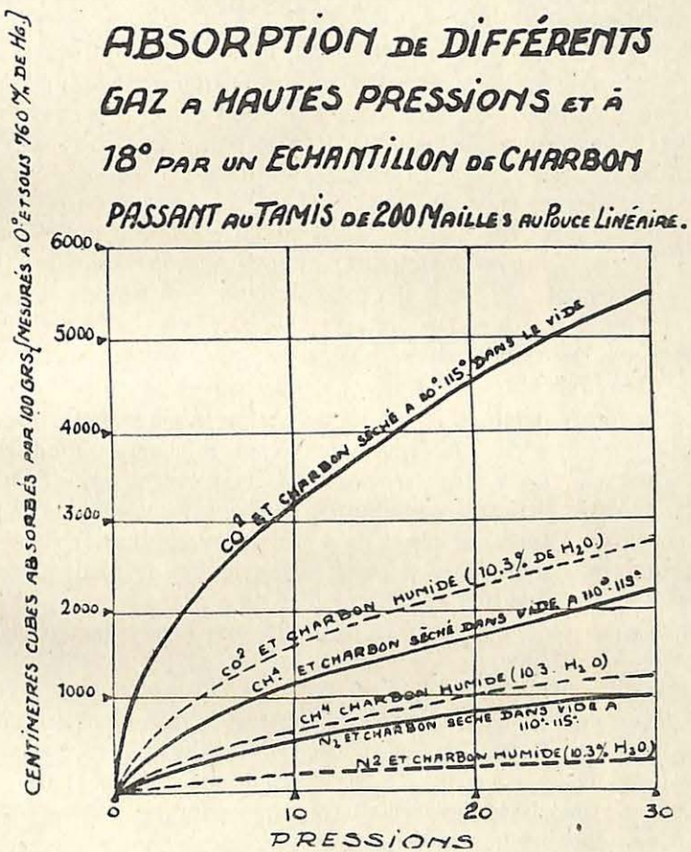



Fig. 8. — Expériences de Graham.

therme d'adsorption (fig. 5). L'adsorption des gaz par le charbon de bois et leur absorption par la houille nous ont présenté jusqu'ici plusieurs analogies. La position de la courbe relative

à l'absorption de l'oxygène semble pourtant vouloir faire exception. En se rapportant au tableau I, cette isotherme devrait se trouver sous celle du méthane. L'anomalie n'est qu'apparente et la cause doit être recherchée dans l'oxydation du charbon par l'ozygène sous pression. Les volumes renseignés comme absorbés comprennent aussi les volumes d'oxygène disparus dans l'oxydation.

La figure 8 donne les isothermes obtenues par Iv. Graham (1) dans une série d'expériences faites à des pressions allant jusque 30 atmosphères. Elles confirment, par leur forme du moins, les courbes de Leprince-Ringuet obtenues aux basses pressions. L'influence marquée de l'humidité ne doit pas nous surprendre. Rapportons-nous au tableau II. Nous avons rangé les différents gaz dans l'ordre des volatilités décroissantes et nous avons remarqué que tout comme dans le cas de la véritable adsorption, il y avait une gradation ascendante dans les volumes absorbés. Or dans ce tableau, l'eau se placerait encore loin derrière l'anhydride carbonique absorbé pourtant dans des proportions déjà notables; la vapeur d'eau le sera donc encore davantage. Donc, dans chaque mesure faite, soit avec un gaz humide, soit avec un gaz sec et un charbon humide, nous aboutirons à une phase gazeuse à deux constituants dont l'un, la vapeur d'eau, sera absorbé énergiquement et cela, au détriment de l'autre. Le degré de dessiccation de l'échantillon a donc une importance capitale mais la manière de la réaliser est fort discutée. Pour les uns, l'humidité ne comprend que l'eau absorbée et par conséquent en équilibre avec sa vapeur dans l'atmosphère ambiante. Un séjour plus ou moins prolongé de l'échantillon dans le vide sec et à température ordinaire suffira donc pour le'n débarrasser. D'autres font la dessiccation dans le vide à 110°. Ceux-ci enlèvent l'eau absorbée et provoquent le départ d'une partie de l'eau combinée sous forme d'hydrates instables avec certains groupements du charbon. Il n'est pas douteux que le départ d'eau combinée puisse donner lieu à un changement notable de la structure physique du charbon dans le sens d'une augmentation plus ou moins sensible du pouvoir absorbant. Il est évident que la première méthode de

(1) Iv. GRAHAM: The adsorption or solution of methane and other gases in coal, charcoal and other materials. — 1922.



dessiccation doit être préférée à la seconde qui aboutit à un produit artificiel.

Cet aperçu résume les données les plus caractéristiques des trop rares études qui ont été faites dans ce domaine. Il montre que le charbon se comporte vis-vis des gaz d'une façon qui rappelle à tous points de vue leur adsorption par le charbon de bois et les gelées colloïdales desséchées. Il semble donc bien fondé d'admettre que les molécules gazeuses d'une partie de grisou sont retenues à la surface des granules colloïdaux qui forment la pâte de la roche. On devra pourtant se garder de vouloir identifier trop étroitement deux phénomènes que seules quelques manifestations extérieures nous ont fait rapprocher. C'est donc avec toutes les réserves possibles que nous devrons admettre les corollaires qu'entraîne cette identification; il nous faudra les vérifier expérimentalement.

### D. — **Analyse théorique du dégagement du grisou.**

Nous avons admis que le charbon se comporte comme un adsorbant. Les granules qui composent la pâte fondamentale de la roche retiennent une partie du grisou à leur surface par la mise en œuvre d'attractions intermoléculaires; ils s'en recouvrent comme d'une pellicule (1). Nous pouvons donc décomposer le volume gazeux total d'une veine en deux phases:

1° Une phase gazeuse libre dans les fentes de retrait et autres vides que lui offre le charbon;

2° Une phase adsorbée qui n'intervient pas (momentanément du moins) dans la « tension gazeuse » du massif et qui est en équilibre avec la première.

L'équilibre dépend de la structure du charbon, de la composition du grisou total, de la pression de la phase gazeuse et de la température du massif.

Chacune des deux phases comprend tous les constituants du mélange, mais la concentration de chacun de ceux-ci est différente dans chacune d'elles. La concentration des gaz diffici-

(1) On comprend que ce recouvrement doit, dans le cas d'une véritable dissolution (diffusion de l'adsorbé entre les molécules même de l'adsorbant), en être la première étape et favoriser la diffusion conséquente. Nous avons vu d'ailleurs qu'une différence de dimensions seulement sépare les deux phénomènes et que la dissolution peut être considérée comme un cas particulier de l'adsorption.

lement adsorbés sera supérieure dans la phase gazeuse. Les autres seront concentrés dans la phase adsorbée (1).

Ceci nous permettra de suivre le dégagement du grisou. Afin de faciliter l'exposé, nous limiterons d'abord nos observations à une couche et à un grisou théoriques.

Supposons pour fixer les idées que le grisou total de la veine soit composé uniquement de méthane et d'hydrogène et soient

$$C_{H_2} \text{ et } C_{CH_4} \quad (2)$$

leurs concentrations respectives dans le grisou total.

Soit $P_1$ la pression à laquelle l'équilibre entre la phase gazeuse et la phase adsorbée est réalisé à la température T que nous supposons rester constante.

A l'équilibre, nous désignerons par

$$C^{P1}_{H_2} \text{ et } C^{P41}_{CH_4}$$

les concentrations respectives de l'hydrogène et du méthane dans la phase gazeuse et par

$$A^{P1}_{H_2} \text{ et } A^{P1}_{CH_4}$$

celles de ces mêmes constituants dans la phase adsorbée. Nous aurons en considérant la nature des deux gaz au point de vue de l'adsorption :

$$C^{P1}_{H_2} > C_{H_2} > A^{P1}_{H_2} \text{ et}$$
$$A^{P1}_{CH_4} > C_{CH_4} > C^{P1}_{CH_4} \text{ (voir tableaux précédents).}$$

Enlevons maintenant par un moyen (théorique évidemment) toute et rien que la phase gazeuse. Par suite de la disparition de celle-ci, une partie du mélange adsorbé se libère et remplira l'espace libre avec une pression d'équilibre $P_2$.

$$P_2 < P_1$$
$$(\Delta T = 0)$$

Nous pourrons écrire en considérant de nouveau les concentrations des constituants de chaque phase à l'équilibre.

$$C^{P2}_{H_2} > A^{P2}_{H_2}$$
$$A^{P2}_{CH_4} > C^{P2}_{CH_4}$$

et puisque $P_2 < P_1$, nous aurons également:

(1) Voir les tableaux précédents.
(2) $Cch^4 = 1 - Ch^2$.



$$C^{P1}_{H_2} > C^{P2}_{H_2}$$
$$A^{P2}_{CH_4} > A^{P1}_{CH_4} > C_{H_4}$$

et d'après la valeur de $C_H$ et $P_2$ $\quad C^{P2}_{H_2} \gtrless C_{H_2}$

Par le même artifice théorique, nous réaliserons un nouvel équilibre pour la pression $P_3$ et ainsi de suite. Nous obtiendrons ainsi une série de concentrations successives que nous pourrons représenter comme suit :

$$C^{P1}_{H_2} > C^{P2}_{H_2} > \ldots C^{Px}_{H_2} > C_{H_2} > C^{Py}_{H_2} \ldots > C^{Pn-1}_{H_2} > C^{Pn}_{H_2}$$

$$C^{P}_{CH_4} < C^{CP2}_{CH_4} < \ldots C^{Px}_{CH_4} < C_{CH_4} < C^{Py}_{CH_4} \ldots C^{Pn-1}_{CH} < C^{Pn}_{CH_4}$$

$$C_{H_2} > A^{P1}_{H_2} > A^{P2}_{H_2} \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots A^{Pn-1}_{H_2} > A^{Pn}_{H_2}$$

$$C_{CH_4} < A^{P1}_{CH_4} < A^{P2}_{CH_4} < \ldots \ldots \ldots A^{Pn-1}_{CH_4} < A^{Pn}_{CH_4}$$

et pour $n \to \infty$, nous aurons à la limite

$$C^{Pn}_{H_2} = 0 \qquad C^{Pn}_{CH_4} = 1$$
$$A^{Pn}_{H_2} = 0 \qquad A^{Pn}_{CH_4} = 1$$

Donc en « saignant » progressivement une veine chargée uniquement d'hydrogène et de méthane et supposée entièrement perméable de façon à ce que tous les points de la veine participent à la saignée sans décalage aucun, nous obtiendrons une série de gaz de plus en plus riches en méthane et de moins en moins chargés en hydrogène. Celui-ci sera concentré dans les « têtes » du dégagement ; les « queues » comprendront presque exclusivement du méthane. En plus, il y aura une composition intermédiaire identique à celle du grisou total avant la saignée.

Ces conclusions se rapportent évidemment à un cas théorique. Avant d'examiner les restrictions à faire dans les cas réels, nous examinerons quelques données expérimentales qui confirment cette analyse théorique.

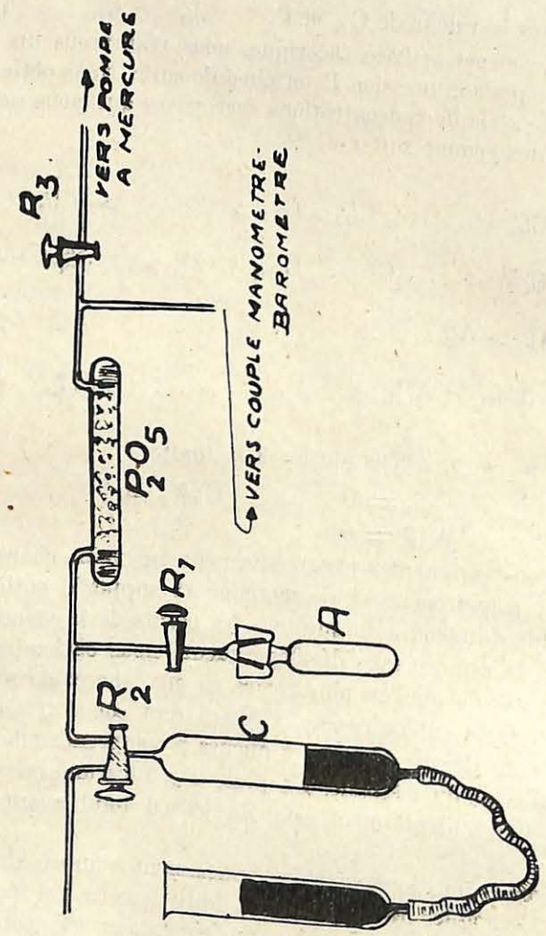



Fig. 9. — Appareil pour la vérification expérimentale de l'adsorption.



## D. — Vérification expérimentale.

Nous avons laissé adsorber par un charbon un mélange gazeux composé d'hydrogène, de méthane, d'éthane et d'anhydride carbonique; diminuant ensuite progressivement la pression, nous avons prélevé à plusieurs équilibres une partie des phases gazeuses correspondantes. Par l'analyse de ces fractions, nous avons pu déterminer la composition de ces différentes phases gazeuses.

Le charbon employé provenait d'un dégagement instantané qui a eu lieu le 30 octobre 1930 au Charbonnage de Forte-Taille, à Montignies-le-Tilleul. On a retenu de l'échantillon sommairement broyé la fraction qui passait à travers le tamis de 1,600 mailles au $cm_2$ (1).

### *Description de l'appareil employé*

Le charbon était contenu dans une ampoule A (fig. 9) reliée au reste de l'appareil par un raccord rodé muni d'une fermeture hydraulique. Le volume de l'ampoule jusqu'au robinet $R_1$ était de 83.76 $cm_3$. Au robinet $R_1$ faisait suite un tube à $P_2 O_5$, un couple manomètre-baromètre, le robinet $R_3$ et une pompe à mercure. Par le robinet $R_2$, on pouvait mettre l'appareil en communication avec un réservoir C contenant le mélange gazeux à faire adsorber. Ce mélange était composé de méthane, d'hydrogène, d'anhydride carbonique et d'éthane.

### *Marche de l'expérience*

L'ampoule A remplie partiellement de charbon (26,919 grs) était raccordée à l'appareil. Tous les robinets étant ouverts à l'exception de $R_2$, on pompait jusqu'au vide persistant; le charbon était ainsi privé de gaz et d'humidité adsorbés. On fermait

---

(1) *Analyse immédiate*

| | | |
|---|---|---|
| Charbon tel quel | Humidité | 0,51 |
| | Matières volatiles nettes | 12,94 |
| | Cendres | 14,81 |
| Charbon sec | Matières volatiles | 13,01 |
| | Cendres | 14,89 |
| Charbon pur | Matières volatiles | 15,80 |
| Poids spécifique | | 1,503 |

alors $R_3$ et l'ampoule était placée dans un thermostat qui la maintenait à 0° pendant toute la durée de l'expérience. Ouvrant alors $R_2$, on introduisait le mélange gazeux. Dès que l'appareil était rempli sous pression atmosphérique environ, on fermait le robinet $R_2$.

Par suite de l'adsorption, la pression diminuait progressivement et après deux jours seulement l'équilibre d'adsorption était atteint. La pression était alors de 710.2 mm. de mercure. Le robinet $R_1$ était alors fermé ; ouvrant ensuite $R_3$, on pompait les gaz contenus dans les canalisations. On obtenait ainsi une fraction qui représentait une partie de la phase gazeuse correspondant à l'équilibre d'adsorption réalisé à 0° pour une pression de 710.2 mm. de la phase gazeuse. [« Extrait I » (0° — 710.2 mm.)]

Fermant alors le robinet $R_3$, on ouvrait $R_1$. Par suite de l'augmentation de volume, une partie des gaz adsorbés se dégageait et un nouvel équilibre s'établissait. La pression d'équilibre cette fois-ci était de 264.4 mm. Après avoir fermé $R_1$, on ouvrait de nouveau $R_2$ et on pompait ainsi une fraction représentant une partie de la phase gazeuse correspondant à l'équilibre réalisé à 0° pour une pression de 264.4 mm. de la phase gazeuse. [« Extrait II » (0° — 264.4 mm.)]

Par ces opérations, on obtenait successivement les fractions suivantes :

« Extrait I » (0° — 710.2 mm.).
« Extrait II » (0° — 264.4 mm.).
« Extrait III » (0° — 118.8 mm.).
« Extrait IV » (0° — 59 mm.).
« Extrait V » (0° — 31.5 mm.).

Après avoir obtenu l' « Extrait V », on ouvrait $R_1$ et une extraction poussée jusqu'au vide persistant donnait le résidu des gaz encore libres dans l'ampoule à 31.5 mm. et ceux encore adsorbés par le charbon à cette même pression (« Résidu »).

Chacune des fractions ainsi obtenues était soumise en vue de son analyse à une distillation fractionnée à — 190°. Chaque extrait donnait ainsi deux fractions (1).

(1) Voir notre note sur l'analyse des grisous.



| | |
|---|---|
| A. Fraction condensée à — 190° | $CO_2$ |
| | $C_2H_6$ |
| B. Fraction non condensée | $CH_4$ |
| | $H_2$ |

Dans la fraction A, nous avons déterminé l'anhydride carbonique par absorption dans la potasse ; nous obtenions ainsi par différence l'éthane. Dans la fraction B, on a déterminé les proportions respectives d'hydrogène et de méthane par une combustion eudiométrique.

*Résultats et interprétation*

L'ensemble des résultats que nous a donnés l'analyse des différentes fractions est consigné dans le tableau IV.

Ces données permettent de calculer la composition des phases gazeuses successives. Le tableau V donne ces compositions.

La figure 10 donne la représentation graphique de la succession de ces différentes compositions. Examinons maintenant si ces résultats confirment les conclusions de l'analyse théorique que nous avons faite.

Rappelons tout d'abord que si $x_{H_2}$, $x_{CH_4}$, $x_{C_2H_6}$, $x_{CO_2}$ sont les volumes d'hydrogène, de méthane, d'éthane et d'anhydride carbonique adsorbés séparément dans les mêmes conditions de température et de pression par un même adsorbant, nous pouvons écrire

$$x_{H_2} < x_{CH_4} < x_{C_2H_6} < x_{CO_2}$$ (voir tableau précédent)

L'examen de la figure 10 montre nettement que comme nous l'avions prévu, la concentration de l'hydrogène diminue progressivement dans les phases gazeuses successives. Celle du méthane, par contre, augmente régulièrement. L'augmentation de la concentration du méthane ($\Delta C_{CH_4}$) diminue pourtant

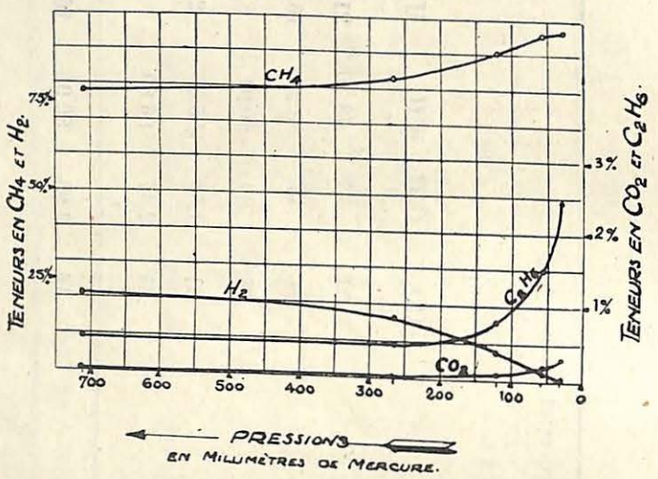



Fig. 10.

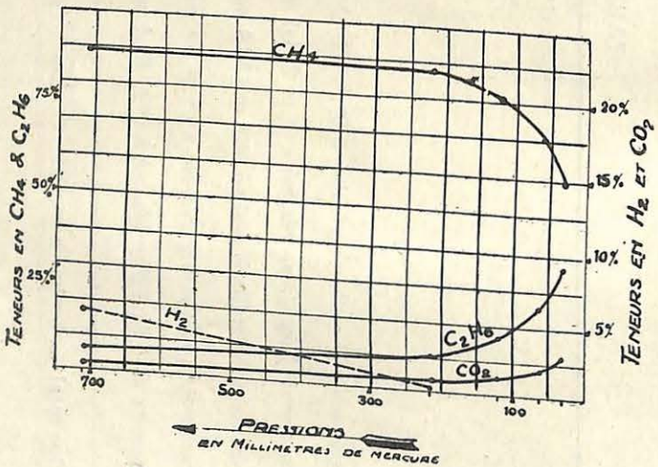



Fig. 11.



aux environs de la pression de 31.5 mm. et la courbe représentative annonce visiblement un maximum. Ceci ne doit pas nous surprendre : A ce stade de l'extraction, l'hydrogène a presque complètement disparu tant des phases gazeuses que des phases adsorbées. Nous nous trouvons donc pratiquement devant le cas d'un mélange ne contenant plus que le méthane, l'éthane et l'anhydride carbonique. De ces trois gaz, le méthane étant le moins adsorbable, sa concentration d'après nos prévisions diminuera dans les phases gazeuses ultérieures; les concentrations de l'éthane et de l'anhydride carbonique augmenteront. Les courbes représentatives des concentrations de ces deux derniers gaz confirment cette manière de voir. Sans que les courbes de la figure 10 puissent le confirmer avec certitude, nous pouvons prévoir qu'après celle du méthane la courbe de l'éthane présentera un maximum et que la concentration de ce gaz diminuera ensuite progressivement. A la fin théorique du dégagement, nous n'aurons plus que l'anhydride carbonique tant dans la phase gazeuse que dans la phase adsorbée (1).

L'expérience que nous venons de décrire confirme donc entièrement ce que la théorie pouvait prévoir. Nous continuons ces expériences à haute pression.

## Résumé et Conclusions.

Nous avons montré que l'occlusion du grisou présente les plus grandes analogies avec l'adsorption des gaz par le charbon de bois et les gelées colloïdales. Nous avons admis finalement que la même cause régissait les deux phénomènes. Cela étant, nous avons analysé le régime du dégagement du grisou en limitant nos observations à un cas théorique. Nous avons conclu et l'expérience nous a confirmé que ce dégagement se fait d'une

(1) Connaissant le volume de l'ampoule A et le poids spécifique du charbon, nous pouvons calculer au moyen des données des tableaux IV et V la composition des différentes phases adsorbées. La fig. 11 donne la représentation graphique de la succession de ces compositions. La concentration de l'hydrogène est négligeable aux basses pressions et les erreurs d'observation introduites dans la détermination de ce gaz par la combustion eudiométrique rendent impossible le tracé de la courbe des concentrations de l'hydrogène aux basses pressions. L'interprétation des courbes de la fig. 11 est analogue à celle que nous avons donnée pour la figure 10 et confirme entièrement ce que nous avons dit plus haut.

façon sélective et rappelle en quelque sorte la distillation fractionnée : les éléments volatils, tels que l'hydrogène, sont concentrés dans les « têtes » du dégagement.

L'application de ces données à l'analyse des cas réels est extrêmement difficile. Les charbons sont plus ou moins imperméables et le dégagement qu'on peut observer par exemple aux sondages n'intéresse qu'une étendue peu conséquente des massifs. Bien plus : les différents points saignés par le sondage ne participent pas au dégagement sans déclalage comme nous l'avions supposé ; les points voisins du sondage seront presque complètement saignés alors que les têtes des masses plus éloignées ne commenceront qu'à affluer (1). On peut pourtant concevoir que les choses puissent se passer tout autrement si un ébranlement d'une origine quelconque arrive à disloquer brutalement une partie importante d'un massif vierge. Par suite du morcellement le facteur imperméabilité disparaît dans une certaine

(1) L'exemple suivant montre dans quelle mesure peut varier la composition des gaz successivement dégagés par un même sondage. A notre demande, un sondage avait été pratiqué au siège de Vaux des charbonnages de Werister, dans la couche Nooz-Donné, à l'étage de 500 m. Trois échantillons de grisou y furent prélevés, le premier immédiatement, le deuxième trois heures et le troisième six heures après le forage. Ces trois grisous se ressemblaient et les différences obtenues pour l'azote, le méthane et l'anhydride carbonique ne dépassaient pas les erreurs d'analyse. Nous avons pu déterminer avec une très grande précision l'éthane et la fraction [He + Ne]. nous avons trouvé les teneurs suivantes :

Echantillon prélevé immédiatement après le forage :

| | |
|---|---|
| $C_2 H_6$ ..... | ,19 % |
| He + Ne ..... | ,0354 % |

Echantillon prélevé trois heures après le forage :

| | |
|---|---|
| $C_2 H_6$ ..... | ,20 % |
| He + Ne ..... | ,0251 % |

Echantillon prélevé six heures après le forage :

| | |
|---|---|
| $C_2 H_6$ ..... | ,21 % |
| He + Ne ..... | ,0228 % |

En ce qui concerne l'éthane (gaz très adsorbable) on pouvait s'attendre à la gradation ascendante dans les teneurs. Mais comme les erreurs d'analyse peuvent faire varier de 0,1 %, dans un sens ou l'autre, les teneurs déterminées, il n'est pas permis de voir une confirmation certaine dans les chiffres que nous donnons pour l'éthane. Il en est autrement pour la fraction [He +Ne]. Ici l'erreur ne peut atteindre que ,001 dans les deux sens. Nous observons ici la gradation descendante que la théorie permettait de prévoir pour ces éléments peu adsorbables.

Nous faisons en ce moment l'analyse de trois échantillons de grisou prélevés à un même sondage pratiqué dans la couche Stenaye, à l'étage de 700 m. au siège « Bois d'Avroy », à Sclessin-Ougrée.



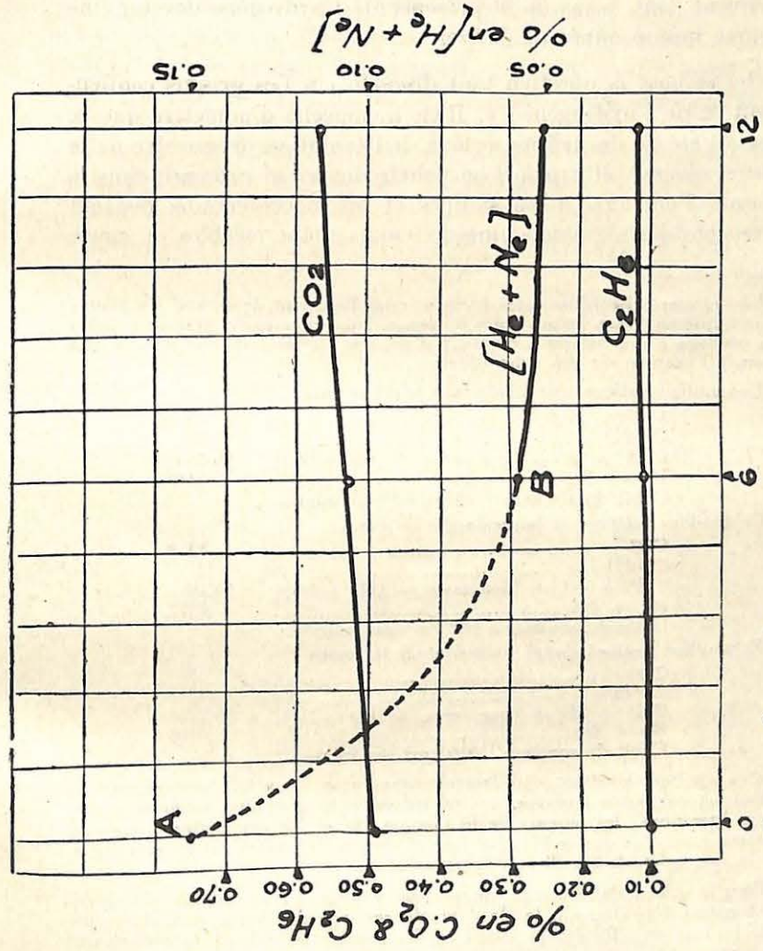



Fig. 12. — Diagramme montrant la variation de composition du grisou de Stenaye (Bois d'Avroy)

mesure et les premiers gaz dégagés brusquement de tous les points auront une composition différente de ceux qu'un sondage aurait soutirés du même massif. Ces gaz d' « ébranlement » contiendront la majeure partie des éléments légers du grison et peuvent dans le cas de la présence de l'hydrogène devenir une source insoupçonnée de danger.

Ici se pose la question tant discutée : « Les grisous contiennent-ils de l'hydrogène? ». Rien n'empêche d'admettre que ce gaz ait été un des termes gazeux de l'évolution progressive de la pulpe végétale et *a priori* on peut redouter sa présence dans le grisou. Pourtant, si les stanpes et les morts-terrains peuvent être considérés comme plus ou moins imperméables à notre

---

Le premier échantillon a été prélevé immédiatement, le second six heures et le troisième douze heures après le forage. Nous donnons ci-dessous le débit du sondage à ces différents moments ainsi que les résultats que nous a déjà donnés l'examen de ces échantillons.

Echantillon prélevé immédiatement après le forage :

| | |
|---|---|
| $CO^2$ | ,49 % |
| $C^2 H^6$ | ,10 |
| $CH^4 + N^2 +$ [gaz rares — (He + Ne)] | 99,26 |
| He + Ne | ,1449 |
| Débit du sondage : 2538 cm³ par minute. | |

Echantillon prélevé six heures après le forage :

| | |
|---|---|
| $CO^2$ | ,53 % |
| $C^2 H^6$ | ,11 |
| $CH^4 + N^2 +$ [gaz rares — (He + Ne)] | 99,29 |
| He + Ne | ,0572 |
| Débit du sondage : 660 cm³ par minute. | |

Echantillon prélevé douze heures après le forage :

| | |
|---|---|
| $CO^2$ | ,57 % |
| $C^2 H^6$ | ,12 |
| $CH^4 + N^2 +$ [gaz rares — (He + Ne)] | 99,27 |
| He + Ne | ,0505 |
| Débit du sondage : 516 cm³ par minute. | |

Ces résultats justifient entièrement notre façon de voir : les teneurs en éthane et anhydride carbonique nous montrent la gradation ascendante que nous attendions; les teneurs de la fraction He + Ne par contre diminuent comme nous l'avions prévu. La fig. 12 donne la représentation graphqiue de la succession de ces diverses compositions.

Pour le grisou de Werister, nous avons négligé les teneurs en anhydride carbonique. Par suite du faible débit du sondage de Werister, la durée du prélèvement était forcément grande et les teneurs en anhydride carbonique se trouvaient faussées. Le débit du sondage du Bois d'Avroy par contre était important et l'on peut négliger les pertes par dissolution pendant le prélèvement (voir note sur l'analyse exacte des grisous).

Dans la fig. 12, la partie A B de la courbe relative aux teneurs de la fraction [He + Ne] est la forme probable. Dans certains essais suivants, nous tâcherons d'avoir des prélèvements d'heure en heure.



échelle du temps, il doit en être autrement dès qu'il s'agit de périodes géologiques. Or l'hydrogène, le plus léger des gaz, possède aussi la plus grande vitesse de diffusion. L'exposé que nous venons de faire de la théorie de l'adsorption, montre en outre qu'il est concentré dans la phase gazeuse des veines. Si dons, au cours des périodes géologiques une diffusion plus ou moins marquée a pu entamer les grisous originels, c'est surtout la concentration de l'hydrogène que cette diffusion aura affecté.

Les analyses faites à ce jour sur les grisous belges montrent qu'il ne reste que des traces de ce gaz, quand il y en a.

Pâturages, le 30 mars 1931.

SERVICE DES ACCIDENTS MINIERS ET DU GRISOU

# LES ACCIDENTS SURVENUS

DANS LES

# Charbonnages de Belgique

## pendant l'année 1926

PAR

G. RAVEN.

Ingénieur en chef-Directeur des Mines, à Bruxelles.

## Accidents survenus dans les travaux souterrains.

*(Suite)* (1)

## Les accidents dus aux transports souterrains

### INTRODUCTION

En 1926, de même d'ailleurs qu'au cours des années précédentes, ce sont les accidents dus aux transports souterrains qui, après ceux provoqués par les éboulements, ont été les plus nombreux.

Au nombre de 44, soit 25,14 % du total des accidents survenus dans les travaux souterrains, ils ont causé la mort de 28 ouvriers et occasionné des blessures graves à 16 autres.

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, tome XXXI (année 1930), 2e, 3e et 4e liv.

Pour 10.000 ouvriers de l'intérieur, la proportion de tués a été de 2,53.

Le nombre des ouvriers qui ont trouvé la mort dans les accidents de cette espèce, représente 20,74 % du nombre total des ouvriers qui, pendant ladite année, ont été tués dans les travaux souterrains.

Ces accidents ont été répartis en deux classes principales, suivant qu'ils se sont produits :

*a)* sur des voies de niveau ou peu inclinées;

*b)* sur des voies inclinées.

Chacune de ces deux classes a été divisée en plusieurs catégories, d'après les moyens employés pour produire le déplacement des véhicules.

---

### Les accidents survenus au cours de la circulation des ouvriers et du transport des produits sur des voies de niveau ou peu inclinées.

Le nombre des accidents de chaque catégorie ainsi que les nombres de victimes sont indiqués dans le tableau suivant :

| NATURE DES ACCIDENTS | | Série | Nombre de accidentés | tués | blessés |
|---|---|---|---|---|---|
| Accidents survenus sur des voies de niveau ou peu inclinées où le transport se fait, | par hommes | A | 9 | 6 | 3 |
| | par chevaux | B | 8 | 4 | 4 |
| | par locomotives | C | — | — | — |
| | par câbles ou chaînes, | D | 3 | 2 | 1 |
| Totaux | | | 20 | 12 | 8 |



# RÉSUMÉS

## SERIE A.

**N° 1.** — *Charleroi. — 5e Arrondissement. — Charbonnage de Baulet. — Siège Ste-Barbe, à Wanfercée-Baulet. — Etage de 252 mètres. — 16 juin 1926, vers 4 h. 1/4. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur G. Paques.*

Un ouvrier qui s'était garé contre une des parois d'une galerie, a été atteint par un wagonnet poussé par un autre ouvrier.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans la galerie de niveau inférieure d'un chantier entrepris vers Est dans une couche pendant vers nord.

Le sol de cette galerie, qui était à voie ferrée unique, « soufflait assez fortement » :

Les 12 et 13 juin 1926, la voie ferrée avait dû être réfectionnée à mi-longueur de la galerie.

Dans la nuit du 15 au 16 du même mois, deux ouvriers H et VB avaient été chargés, le premier de consolider le boisage, le second de remettre en bon état la rigole d'écoulement des eaux, à proximité de l'endroit où avait été pratiquée la réfection de la voie ferrée.

A la fin du poste de travail, ces deux ouvriers, rééquipés pour le retour, s'étaient assis sur le sol contre la paroi sud de la galerie. A 20 mètres à l'est de ce point était arrêté un chariot que H avait rempli de terres.

Pour livrer passage à un autre wagonnet amené du front par un ouvrier, H se leva, vint reprendre son chariot et le poussa vers l'envoyage, c'est-à-dire vers l'ouest. Pendant ce temps, VB, dont la lampe électrique s'était éteinte, changea de place sans que H s'en aperçût et vint se garer contre la paroi nord. Il fut atteint par le chariot poussé par H. Il déclara à son compagnon n'avoir été que légèrement touché et se mit à marcher. Brusquement il s'affaissa sur le sol. Ramené à la surface, il mourut quelques heures plus tard.

Dans ladite galerie, à l'endroit de l'accident, au passage d'un wagonnet, l'intervalle libre était de 0m,21 vers nord et de 0m,70 vers sud; la hauteur était de 1m,55, mesurée sous les bois de soutènement.

**N° 2.** — *Limbourg. — 10e Arrondissement. — Charbonnage de Ste-Barbe et Guillaume Lambert. — Siège d'Eysden-Sainte-Barbe, à Eysden. — Etage de 600 mètres. — 2 juillet 1926, à 8 heures. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur H. Fréson.*

Dans une galerie en pente, un wagonnet plein descendant librement a heurté une berline vide que poussait un ouvrier.

**Résumé**

Une galerie desservant une taille reliait cette dernière au sommet d'un plan incliné. D'une centaine de mètres de longueur, elle était à simple voie ferrée, mais comportait toutefois à chacune de ses extrémités un évitement long de 15 mètres. Elle présentait une pente de 5 millimètres par mètre vers le plan incliné, sauf vers le milieu de sa longueur où sur 10 mètres la pente était de 3° 1/2 dans le même sens. L'augmentation de l'inclinaison en cet endroit provenait du fait que la galerie y était en recarrage par enlèvement dans le sol d'une épaisseur de pierre de 0m,60.

Le transport se faisait par trois hiercheurs qui, poussant chacun une berline — pleine ou vide — se suivaient à l'intervalle d'une dizaine de mètres.

Après le départ des hiercheurs poussant des berlines pleines vers le plan incliné, il restait toujours, sur la voie ferrée, à proximité de la taille, un ou plusieurs wagonnets chargés. Le dernier des trois hiercheurs quittant cet endroit devait immobiliser le premier de ces wagonnets chargés à l'aide d'un morceau de bois entaillé disposé perpendiculairement au rail sous une des roues dudit wagonnet et aussi, d'après certaines déclarations, à l'aide d'un morceau de bèle de taille placé obliquement en travers de la voie et prenant appui, à l'une de ses extrémités, contre une traverse de la voie ferrée et à l'autre, contre un montant du boisage de la galerie.



Au moment de l'accident, les hiercheurs s'éloignaient du plan incliné poussant des berlines vides vers la taille; à l'instant où la berline poussée par le premier d'entre eux quittait l'évitement, elle fut heurtée par un wagonnet plein descendant de la taille sans conducteur. Les deux véhicules déraillèrent et l'ouvrier fut mortellement blessé.

Immédiatement avant l'accident, lors de son départ du pied de la taille, le dernier des trois hiercheurs avait simplement immobilisé le premier des trois wagonnets qui se trouvaient alors en cet endroit en plaçant un morceau de bois entaillé sur un rail. Contre cette rame de trois wagonnets, un quatrième wagonnet avait été poussé peu après.

Le Comité d'Arrondissement a été d'avis qu'à la partie supérieure d'une voie en pente, il convenait d'exiger l'emploi de barrières de préférence automatiques pour parer à un manque de prévoyance du personnel occupé dans cette voie.

M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 10e Arrondissement a écrit dans ce sens à la direction du Charbonnage.

**N° 3.** — *Mons. — 2e Arrondissement. — Charbonnage des Produits et du Nord du Rieu-du-Coeur. — Siège du Rieu-du-Coeur, à Quaregnon. — Etage de 763 mètres. — 7 août 1926, à 10 h. 1/2. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur C. Demeure.*

Un sclauneur qui poussait une berline dans une galerie a été atteint par la berline poussée par un sclauneur qui le suivait.

**Résumé**

Une voie de niveau desservant une taille réunissait le pied de celle-ci au sommet d'un touret-balance; elle était à simple voie ferrée. Par suite du peu de résistance des terrains, cette galerie était en recarrage continuel. Aussitôt recarrée, surtout à cause du « soufflage » du mur, la section s'en rétrécissait de telle sorte que, normalement, les dimensions en était fort exiguës et que 0m,10 à 0m,20 à peine séparaient le bord supérieur des wagonnets des chapeaux des cadres de boisage.

Le transport des produits était effectué par quatre sclauneurs qui se suivaient en poussant, chacun, une berline (pleine ou vide).

Les instructions suivantes avaient été données à ces ouvriers :

1° Obligation de se suivre à une distance minimum de 20 mètres dans le parcours aller (wagonnets pleins) et 10 mètres dans le parcours retour (wagonnets vides).

2°) En cas d'arrêt accidentel du wagonnet poussé par un des sclauneurs, obligation pour celui-ci de crier pour faire arrêter le suivant et ainsi de suite; dans le cas où les cris n'auraient pas été perçus, obligation de se porter à la rencontre du wagonnet suivant pour obtenir son arrêt immédiat.

Au moment de l'accident, les quatre sclauneurs se suivant à la distance prescrite poussaient, chacun, une berline pleine vers le touret-balance.

La berline poussée par le second de ces ouvriers — Q — vint se coincer par son bord supérieur gauche contre un poussard du soutènement de la galerie. Q prévint immédiatement le sclauneur B qui le suivait, lui demandant toutefois d'approcher afin de tamponner avec sa berline le wagonnet coincé et de dégager ainsi ce dernier. Alors qu'il procédait pour la quatrième fois à cette manoeuvre, le sclauneur B fut atteint et blessé mortellement par la berline poussée par le quatrième sclauneur L.

Le sclauneur L a prétendu n'avoir entendu aucun signal et n'avoir pu voir ce qui se passait devant lui.

B a déclaré avoir vu le chariot de L arrêté à 5 ou 6 mètres derrière lui et avoir jugé inutile de crier.

Quant à Q, il a affirmé que B avait crié à L d'arrêter.

A proximité de l'endroit de l'accident, une cheminée en creusement était aérée par tuyaux avec turbine à air comprimé produisant un bruit très violent.

A la réunion du Comité d'Arrondissement, l'Ingénieur qui a procédé à l'enquête a émis l'avis que, vu la difficulté sinon l'impossibilité de maintenir à ladite galerie une hauteur suffisante pour pouvoir y remplacer les sclauneurs par des chevaux, le block-système devrait être adopté, afin qu'un sclauneur ne pénètre dans une section qu'après évacuation de celle-ci par le sclauneur qui le précède, ce dont il serait prévenu par un signal acoustique donné à l'aide d'une sonnette placée à l'entrée de chaque section et commandée par un cordon, avec poignée à la sortie.



Le président et un membre du Comité ont fait observer que ces jeux de cordons et de sonnettes (en double file : une pour l'aller et une pour le retour) constitueraient une grande complication surtout dans une voie dont le boisage était tourmenté par la poussée des terrains et que des contacts accidentels des chariots avec les cordons pourraient donner lieu aussi à des signaux intempestifs.

Ils ont ajouté que l'organisation qu'il convenait de préconiser était celle exposée par MM. Watteyne et Lebens dans les conclusions de leur article sur les accidents de roulage souterrain (*Annales des Mines de Belgique*, année 1921, 4e livr., p. 1082), à savoir « un homme par section », même si le rendement devait s'en trouver un peu diminué, inconvénient racheté par une sécurité plus grande.

M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 2e Arrondissement a écrit dans ce sens à la direction du Charbonnage, à laquelle il a rappelé que ce système « un homme par section » avait été préconisé par une circulaire ministérielle du 12 décembre 1924, publiée dans les *Annales des Mines de Belgique*, année 1924, 4e livraison, page 1260.

Il a aussi fait remarquer à cette direction que quelles que fussent les difficultés d'entretien de la costresse où l'accident s'est produit, il convenait d'exiger qu'un intervalle de $0^m,50$ au moins régnât partout entre bèles et wagonnets tant pour permettre aux sclauneurs de voir au-dessus de leurs chariots les obstacles surgissant sur leur trajectoire (ce qui eût évité l'accident) que pour éviter à ces ouvriers d'avoir la tête ou les mains blessées par le ciel de la galerie, accident fréquent dans les galeries peu élevées.

M. l'Inspecteur Général des Mines a émis le même avis en ce qui concerne le système de roulage.

**N° 4.** — *Charleroi. — 4e Arrondissement. — Charbonnage de Marcinelle-Nord. — Siège n° 5, à Couillet. — Etage de 860 mètres. — 22 août 1926, à 2 h. 1/2. — Un blessé. — P. V. Ingénieur principal L. Legrand.*

Dans une galerie, au passage d'une aiguille, un chariot s'est renversé et a comprimé un ouvrier contre le boisage de soutènement.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans la galerie de niveau inférieure d'un chantier en exploitation.

Un hiercheur avait comme besogne de charger dans des wagonnets les pierres provenant du bosseyement de cette galerie et de faire la manoeuvre des wagonnets entre le front et un évitement se trouvant à une trentaine de mètres de celui-ci.

L'évitement était à aiguille ordinaire manoeuvrée à la main.

Dans le trajet de retour, immédiatement après avoir dépassé l'aiguille, l'ouvrier se retournait et repoussait cette dernière de manière à pouvoir, à son voyage suivant, engager immédiatement le wagonnet chargé sur la voie ferrée réservée aux berlines pleines.

L'accident est survenu comme suit :

Le hiercheur revenait vers l'évitement en poussant un wagonnet rempli de pierres. S'étant aperçu que, lors de son voyage précédent, il avait oublié de déplacer l'aiguille, il se porta rapidement en avant, s'abaissa et tenta de manoeuvrer l'aiguille; il n'en eut pas le temps et fut rejoint par le wagonnet chargé qui, se renversant, le comprima contre le boisage de soutènement de la galerie.

La pente de la voie ferrée vers l'évitement était faible et les wagonnets arrêtés sur cette voie ne se déplaçaient pas d'eux-mêmes.



**N° 5.** — *Limbourg. — 10e Arrondissement. — Charbonnage de Winterslag. — Siège de Winterslag, à Genck. — Etage de 600 mètres. — 29 septembre 1926, à 17 heures. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur A. Meyers.*

Un ouvrier a été relevé atteint de fracture du crâne à proximité de berlines qu'il devait accrocher entre elles.

**Résumé**

L'accident s'est produit non loin du pied d'un bouveau plantant desservant un chantier en exploitation.

A la recette inférieure de ce bouveau, qui comportait deux voies ferrées, étaient installées des barrières conjuguées et des niches de garage étaient ménagées dans les parois.

Plusieurs ouvriers y étaient occupés à la manoeuvre des berlines.

L'un d'eux — le nommé D — était chargé de la formation des rames au delà de la dernière barrière, c'est-à-dire qu'il accrochait entre eux les wagonnets descendus du bouveau plantant et qui lui étaient amenés par d'autres ouvriers.

Le jour de l'accident, vers 17 heures, neuf wagonnets stationnaient sur une des voies ferrées au delà de la dernière barrière.

Trois wagonnets venaient d'être descendus par le bouveau plantant et deux ouvriers les amenaient vers les neuf wagonnets en stationnement. Comme la voie ferrée présentait entre les barrières, sur une longueur de 3 mètres, une pente de 1° 1/2 vers la dernière barrière, les deux ouvriers retenaient les trois wagonnets.

Ceux-ci vinrent buter contre la rame de neuf wagonnets.

Les deux ouvriers qui avaient d'abord aperçu D accroupi dans la position qu'il devait prendre pour accrocher entre elles les berlines, le virent tomber en arrière.

Ainsi qu'il fut constaté dans la suite, D était atteint de fracture du crâne.

Au moment de l'accident, la lampe électrique de D se trouvait, dans la galerie, à 2 mètres de lui.

Les deux ouvriers qui ont amené les trois wagonnets n'ont pas vu comment l'accident s'est produit.

La distance entre les caisses de deux berlines poussées l'une contre l'autre était de 6 à 8 centimètres.

**N° 6.** — *Mons. — 1er Arrondissement. — Charbonnage Espérance et Hautrage. — Siège d'Hautrage, à Hautrage. — Etage de 440 mètres. — 8 novembre 1921, à 13 heures. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur E. Radelet.*

## Un ouvrier a été écrasé entre une rame de wagonnets à l'arrêt et un wagonnet poussé par un sclauneur.

**Résumé**

L'accident est survenu dans un bouveau à double voie ferrée.

Un conducteur de cheval conduisait vers les fronts une rame de wagonnets vides venant du puits. A un moment donné, il dut arrêter sa rame, son chemin étant barré par un wagonnet vide. En cet endroit, sur l'autre voie ferrée se trouvait une rame de wagonnets chargés.

Le conducteur de cheval devait encore faire avancer quelque peu la rame de wagonnets vides afin de pouvoir retourner en arrière avec son cheval en passant entre cette rame et les chariots pleins arrêtés. Il poussa le chariot vide plus loin et revenait vers son cheval quand il fut écrasé entre le dernier des wagonnets chargés en stationnement et un wagon chargé poussé par un sclauneur.

La victime a déclaré qu'au moment de l'accident, elle était porteur de sa lampe électrique.

Le sclauneur a prétendu avoir été ébloui par sa propre lampe électrique qui était posée sur le chariot qu'il poussait et il a ajouté que le conducteur de cheval n'était pas porteur de sa lampe, que celle-ci était accrochée au premier des wagonnets vides, derrière le cheval qui lui en masquait la vue.

A l'endroit de l'accident, la voie ferrée sur laquelle était garée la rame de wagonnets pleins présentait une certaine pente vers le puits.



**N° 7.** — *Charleroi. — 4e Arrondissement. — Charbonnage de Monceau-Fontaine, Martinet et Marchienne. — Siège n° 8, à Forchies-la-Marche. — Etage de 468 mètres. — 13 novembre 1926, à 12 heures. — Un blessé. — P. V. Ingénieur R. Lefèvre.*

## Un hiercheur qui, dans une galerie, poussait un wagonnet, a fait une chute.

**Résumé**

Un hiercheur chaussé de souliers à semelles garnies de clous poussait un wagonnet chargé de charbon dans une galerie.

A un moment donné, il glissa et tomba le genou gauche sur le rail. Il ressentit une vive douleur qui l'empêcha de continuer son travail.

La blessure s'aggrava et quelques mois après le hiercheur dut être amputé de la jambe gauche.

**N° 8.** — *Charleroi. — 4e Arrondissement. — Charbonnage de Forte-Taille. — Siège Espinoy, à Montigny-le-Tilleul. — Etage de 850 mètres. — 17 novembre 1926, vers 10 h. 3/4. — Un tué. — P. V. Ingénieur principal L. Legrand.*

## Dans une galerie de faible section, un porion a été tué par un wagonnet chargé descendant librement.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans la galerie de niveau inférieure d'un chantier en exploitation.

Cette galerie, de faible section, était à simple voie ferrée.

Vers les fronts, sur une longueur de 480 mètres, la manoeuvre des wagonnets était effectuée par six hiercheurs.

Cette partie de la galerie était divisée en six tronçons ou sections numérotées ci-après dans le sens de la marche des wagonnets vides. Aux points de jonction de ces sections, des « rechanges » ou abris pour le garage des wagonnets étaient ménagés dans l'une des parois.

Un hiercheur était affecté à chacune des sections.

Les wagonnets mesuraient $1^m,03$ à $1^m,05$ de hauteur, $0^m,77$ de largeur et $1^m,30$ de longueur.

Sur toute la longueur des tronçons 2 à 5, la section de la galerie était en général simplement maintenue pour permettre le pas-

sage des wagonnets; les cadres de boisage, placés à l'origine à $1^m,25$ environ d'écartement, étaient parfois déplacés ou cassés et consolidés ou renforcés par intercalation d'autres cadres. Sauf dans le deuxième tronçon, il n'y avait que de rares endroits où, entre deux cadres, il y eût place pour qu'un homme pût se garer en se tenant accroupi.

La pente de la galerie était irrégulière.

Les hiercheurs poussaient les wagonnets devant eux en se servant de « menottes ».

La manoeuvre des wagonnets — en prenant pour exemple la cinquième section — s'effectuait comme suit :

Le hiercheur poussait le wagonnait chargé jusqu'à un ou deux mètres du « rechange » compris entre les cinquième et quatrième sections. En ce point, le véhicule était immobilisé par une cale en bois placée sur un des rails ou en travers de la voie ferrée.

Le hiercheur de la quatrième section après avoir garé son wagonnet vide dans le « rechange » venait chercher le wagonnet plein arrêté, pour le pousser vers le puits.

Dans la moitié de la cinquième section voisine de la quatrième, la pente de la voie ferrée était telle qu'un wagonnet chargé abandonné à lui-même continuait à avancer, à vitesse accélérée, passait devant le « rechange » et s'engageait dans la quatrième section.

Peu avant l'accident, le porion du chantier, pour laisser passer le wagonnet vide, s'était garé, accroupi, dans une enfractuosité de la quatrième section, à $3^m,50$ du rechange compris entre cette section et la cinquième.

Le hiercheur de la quatrième section, poussant son wagonnet vide, passa sans encombre devant le porion. Arrivé au « rechange », il entendit arriver un chariot plein dans la cinquième section. Il se gara, ainsi que le chariot vide, dans le « rechange ». Peu après, le wagonnet plein venant de la cinquième section passa devant le « rechange » et s'engagea dans la quatrième section. Le porion qui était sorti de son abri et cheminait vers le puits, fut atteint et tué par le wagonnet que le hiercheur de la quatrième section avait vainement essayé de retenir.

Le hiercheur de la cinquième section a déclaré que le wagonnet plein qui a causé l'accident s'étant coincé contre le toit de la galerie, il avait dû faire des efforts pour le dégager; qu'en ce faisant, il avait glissé et que le wagonnet dégagé était parti librement avant qu'il eût pu le rattraper.

Il a ajouté qu'il avait placé une cale sur un des rails et que probablement cette cale avait été écrasée par le wagonnet.



M. l'Inspecteur Général des Mines a estimé que l'organisation et l'entretien des travaux laissaient à désirer à ce charbonnage. La preuve en est, a-t-il dit, que le fait de négliger le recarrage de la voie où s'est produit l'accident, a entraîné la nécessité d'utiliser pour le service d'une seule taille, six hiercheurs au lieu d'un cheval et de son conducteur qui auraient amplement suffi à assurer l'évacuation des produits. Il a ajouté que vraisemblablement l'entretien de cette voie était négligé depuis longtemps puisque le hierchage à bras s'y effectuait sur une longueur d'environ 480 mètres.

**N° 9** — *Mons. — 1er Arrondissement. — Charbonnage de Belle-Vue, Baisieux et Boussu. — Siège n° 7, à Dour. — Etage de 870 mètres. — 18 novembre 1926, à 2 heures. — Un blessé. — P. V. Ingénieur G. Lemaire.*

## Dans une galerie, un ouvrier a eu le poignet droit écrasé par un wagonnet contre une pièce du soutènement.

**Résumé**

L'accident est survenu dans une galerie de niveau, au pied d'un plan incliné.

En cet endroit, le sol de la galerie était couvert de taques métalliques placées bien horizontalement et sur lesquelles l'ouvrier préposé à la recette inférieure du plan incliné manoeuvrait les berlines devant passer soit du plan incliné dans la galerie de niveau, soit de celle-ci dans celui-là.

Une berline chargée de charbon venait d'être descendue par le plan incliné et l'ouvrier exerçait des efforts pour la faire tourner en vue de l'engager sur la voie ferrée de la galerie de niveau. Au cours de cette manoeuvre, l'ouvrier eut le poignet droit écrasé entre la berline et un des montants d'un cadre de boisage.

## SERIE B.

**N° 1** — *Charleroi. — 4e Arrondissement. — Charbonnage d'Amercoeur. — Siège Naye-à-Bois, à Roux. — Etage de 180 mètres. — 7 janvier 1926, vers 21 heures. — Un tué. — P. V. Ingénieur principal L. Legrand.*

### Dans un bouveau, un conducteur de cheval a été coincé entre un wagonnet d'une rame en mouvement et un montant d'un cadre de boisage.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans le bouveau principal nord partant du puits, à l'étage de 180 mètres.

Ce bouveau avait une longueur de 330 mètres depuis le pied d'un bouveau montant jusqu'à l'envoyage; il était à simple voie ferrée et présentait une pente assez régulière, voisine de 1/2° dans la direction du puits.

Vers le milieu de la longueur susdite, il comportait un évitement de 28 mètres de longueur totale.

La hauteur libre était de 1m,70 à 1m,80 et la largeur, à mi-hauteur, était, à l'évitement, de 2 mètres à 2m,10.

Les voies de roulage et le soutènement étaient en bon état.

Le transport se faisait par rames de huit wagonnets, traînées par poneys.

Le palonnier du poney était relié au wagonnet avant de la rame par une chaîne de 2m,60 de longueur avec crochet d'extrémité. On n'employait pas de guide pour conduire le cheval. Pendant le trajet, le conducteur s'asseyait sur l'avant de la caisse du premier wagonnet.

Les rames de wagonnets chargés venant du nord étaient arrêtées sur la voie ferrée ouest de l'évitement, alors que la tête du convoi était arrivée en regard d'un montant blanchi à la craie.

Le jour de l'accident, vers 21 heures, le conducteur d'une rame venant du sud trouva le conducteur d'une rame venant du nord, debout, la poitrine coincée entre le premier chariot de cette dernière rame et un montant d'un cadre de boisage. Le premier chariot avait dépassé de 1m,20 le point d'arrêt habituel et le



montant contre lequel se trouvait l'ouvrier était à 1 mètre au sud du montant blanchi à la craie.

Le cheval était détaché de la rame et aucun wagonnet de celle-ci n'était déraillé.

A l'endroit de l'accident, la distance comprise entre le montant et le bord supérieur de la caisse du wagonnet était de 0m,11.

Le cheval était très doux.

Les témoins ont supposé que, la rame arrivant un peu plus vite qu'à l'ordinaire, le conducteur se sera aperçu que le convoi allait dépasser le point d'arrêt habituel, et qu'il aura alors sauté du wagonnet sur lequel il était assis, décroché le cheval et tenté de retenir la rame en s'y adossant.

**N° 2.** — *Mons. — 2e Arrondissement. — Charbonnage de Hornu et Wasmes et Buisson. — Siège n° 7 (Vanneaux), à Hornu. — Etage de 308 mètres. — 11 janvier 1926, vers 13 h. 1/2. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur R. Hoppe.*

### Un ouvrier assis sur le premier wagonnet d'une rame traînée par un âne a cogné de la tête une pièce du boisage de la galerie.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans une galerie en recarrage.

Cette galerie, entièrement boisée, présentait une hauteur moyenne de 1m,60 à 1m,80; certains tronçons nouvellement recarrés avaient jusque 2m,20 de hauteur; en divers endroits, les cadres de boisage avaient été consolidés par des « ventrières », bois transversaux calés entre les montants et qui réduisaient la hauteur à 1m,45, voire même à 1m,30 au-dessus des rails.

Deux ouvriers — le père et le fils M — étaient occupés au recarrage.

Les déblais étaient transportés dans des chariots de 0m,82 de hauteur. Les rames formées de deux ou trois chariots étaient tirées par un âne que conduisait l'un des deux ouvriers, généralement le père.

Le 11 janvier 1926, vers 13 h. 1/2, les deux ouvriers revenaient vers le puits, ramenant une dernière rame, celle-ci de

deux wagonnets. Le père M, assis sur le premier chariot, conduisait l'âne, tandis que son fils suivait le convoi.

A un moment donné, le père M donna violemment de la tête contre une « ventrière » et tomba à la renverse sur le chariot.

A l'endroit de l'accident la voie ferrée était parfaitement horizontale; les bêles des cadres étaient à 1m,45 au-dessus du rail, mais l'un des cadres avait été renforcé par une « ventrière » placée à 1m,30 seulement au-dessus du sol. C'est cette dernière — la plus basse de toute la galerie — qui a occasionné l'accident.

La victime était coiffée d'une chapeau de cuir.

A la réunion du Comité d'Arrondissement, l'Ingénieur qui a procédé à l'enquête a rappelé les conclusions de l'étude de MM. Watteyne et Lebens sur les accidents du roulage souterrain (*Annales des Mines de Belgique*, année 1921, 4e livr.) conclusions dans lesquelles les auteurs ont fait valoir combien il était préférable que le conducteur marchât devant l'animal au lieu de s'asseoir sur le convoi, pratique d'usage courant dans la bassin de Liége.

M. le Président a ajouté qu'à sa connaissance, cette pratique était aussi d'usage courant dans les charbonnages hollandais.

L'Ingénieur qui a procédé à l'enquête, tenant compte des difficultés qu'il y aurait à changer radicalement les habitudes du Couchant de Mons et du Centre, a estimé qu'il conviendrait que les directions des charbonnages ne permissent aux conducteurs de monter sur les wagonnets que dans les galeries où il y a 0m,70 de hauteur libre au-dessus des chariots, hauteur qui devrait être vérifiée hebdomadairement en faisant circuler un gabarit dans les voies.

M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 2e Arrondissement a écrit dans ce sens à la direction du Charbonnage.

**N° 3**. — *Charleroi. — 4e Arrondissement. — Charbonnage de Marcinelle-Nord. — Siège n° 4 (Fiestaux), à Couillet. — Etage de 704 mètres. — 15 mars 1926, vers 8 heures. — Un blessé. — P. V. Ingénieur principal L. Legrand.*

Pendant le replacement sur rails d'un wagonnet déraillé faisant partie d'une rame, un ouvrier a été coincé



entre deux chariots, le cheval attelé à la rame s'étant remis en marche.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans un évitement de la voie de niveau inférieure d'un chantier.

A l'endroit de l'accident, ladite galerie avait une section libre de 2m,20 de largeur et de 1m,45 à 1m,50 de hauteur.

Sur une des voies ferrées de l'évitement se trouvait une rame comportant huit wagonnets chargés. Les wagonnets étaient reliés entre eux par des chaînettes, de telle façon que, chaînette tendue, l'intervalle compris entre les caisses de deux wagonnets voisins était de 0m,40 à 0m,50 environ.

A la rame était attelé un cheval, par une chaîne de 2m,20 de longueur accrochée à l'anneau du timon du premier wagonnet.

La rame venait d'être mise en marche vers le puits. Alors que le cheval n'était pas encore arrivé à l'aiguille, le second wagonnet qui était chargé de terres et pesait ainsi environ 1.100 kilogrammes, dérailla des quatre roues.

Le conducteur de cheval après arrêt du convoi parvint à remettre seul sur rails les deux roues postérieures du wagonnet. Pour replacer sur les rails le train de roues d'avant ,il demanda l'aide d'un hiercheur. Les deux ouvriers s'étaient placés entre le premier et le deuxième wagonnet et, après un premier effort, se préparaient à soulever le wagonnet déraillé, quand brusquement le cheval se mit en marche. Le conducteur de cheval parvint à se rejeter sur le côté; le hiercheur fut coincé entre les deux chariots, le second de ceux-ci ayant encore déraillé complètement. Le conducteur fit aussitôt arrêter le cheval qui n'avait guère avancé que de 0m,50, puis dégagea la victime qui était gravement blessée.

Les deux ouvriers ont déclaré que le cheval s'était mis en marche sans qu'aucun commandement lui eût été donné.

Le conducteur de cheval qui, à l'époque de l'accident, était en service dans la galerie en question depuis deux mois et demi, a prétendu n'avoir jamais reçu l'ordre de décrocher la chaîne d'attache du cheval en cas de remise sur rails d'un wagonnet déraillé et il a ajouté qu'il n'avait pas jugé prudent de le faire.

Le porion a affirmé avoir maintes fois donné des instructions dans ce sens, mais n'a pu préciser s'il avait fait cette recommandation au conducteur du cheval qui a occasionné l'accident.

Ce cheval n'était pas rétif, mais cependant assez nerveux.

**N° 4.** — *Charleroi. — 4e Arrondissement. — Charbonnages Réunis de Charleroi. — Siège n° 1, à Charleroi. — Etage de 700 mètres. — 5 juin 1926, à 7 h. 1/2. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur principal L. Hardy.*

## Un conducteur de cheval garé contre une des parois d'une galerie a été atteint par un wagonnet déraillé d'une rame en mouvement.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans un bouveau partant de l'envoyage du puits et recoupant une couche à 80 mètres de celui-ci.

A partir de cette couche, le bouveau était horizontal sur une longueur de 36 mètres environ, occupée, en grande partie, par une double voie ferrée formant station; sur les 12 mètres suivants, le bouveau était en pente de 2° 1/2 vers l'envoyage; la pente était ensuite de 3° 1/2 sur 14 mètres et enfin de 1° sur 18 mètres, toujours dans le même sens.

La galerie était à simple voie ferrée dans la partie en pente.

Les rames de wagonnets chargés venant de la couche, tirées par un cheval, étaient arrêtées au sommet de la pente. L'ouvrier suiveur de rame plaçait alors une enrayure au dernier wagonnet, puis le conducteur de cheval marchant en tête de la rame, amenait celle-ci à l'envoyage.

L'accident s'est produit de la manière suivante :

Une rame de trois wagonnets chargés venant de la couche avait été arrêtée quelques mètres avant l'endroit habituel. Le conducteur de cheval prit alors l'animal par la bride pour le faire avancer de quelques pas. Le cheval bouscula et renversa l'ouvrier dont la lampe s'éteignit, et continua à avancer vers le puits en tirant la rame. Le conducteur de cheval se mit à l'abri en se blotissant contre une des parois de la galerie.

D'un autre côté, le suiveur de rame, craignant de voir le transport prendre une vitesse exagérée, parce qu'il n'avait pas eu le temps de placer l'enrayure au dernier wagonnet, fit dérailler celui-ci afin d'augmenter la résistance. Au passage, le chariot déraillé vint malheureusement frapper le conducteur de cheval.

Le suiveur de rame avait remarqué que la lampe du conducteur de cheval s'était éteinte, mais n'avait pas vu que son compagnon s'était blotti contre une des parois de la galerie. Il avait voulu réduire la vitesse du convoi dans le but précisément d'éviter que celui-ci n'atteignît le conducteur de cheval.

Normalement, le cheval n'était pas rétif.



**N° 5.** — *Mons. — 1er Arrondissement. — Charbonnage de Blaton. — Siège d'Harchies, à Harchies. — Etage de 480 mètres. — 3 août 1926, à 15 heures. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur G. Lemaire.*

## A un accrochage, un ouvrier a été écrasé contre la cage par un wagonnet mis en mouvement par le choc d'une rame.

**Résumé**

L'accident s'est produit à la recette de 480 mètres du puits d'extraction. Cette recette comprenait deux accrochages, l'un vers sud, l'autre vers nord, celui-ci servant à l'encagement des berlines. Ce dernier accrochage était en ligne droite sur 13 mètres à partir du puits; il décrivait ensuite une courbe. Les deux voies ferrées présentaient une pente de 1° vers le puits sur les quatre premiers mètres et de 1/2° sur les huit mètres suivants. Dans la partie en courbe, la pente était nulle.

A chacune des voies ferrées, un corbeau placé à 1m,75 du puits pouvait se rabattre sur l'un des rails et, ainsi que l'a constaté l'Ingénieur qui a procédé à l'enquête, empêcher sûrement, lorsqu'il était rabattu sur le rail, le passage des wagonnets.

A la voie ferrée Est, ce corbeau était disposé du côté de l'entre-voie.

Les wagonnets qui, chargés de charbon pesaient 900 kilogrammes, pouvaient être mis aisément en mouvement lorsqu'ils se trouvaient à proximité immédiate du puits.

Normalement, l'accès du puits était interdit par une barrière à claire-voie.

Les cages circulant dans le puits étaient à quatre compartiments pouvant recevoir chacun deux wagonnets.

Au moment de l'accident, la cage Est était arrêtée, son compartiment supérieur en face de la recette de 480 mètres. Dans ce compartiment devaient être introduits deux wagonnets chargés venant de l'accrochage nord. La barrière du puits, de ce côté, était ouverte.

Dans ledit accrochage, un seul chariot plein de charbon se trouvait alors sur la voie ferrée Est; il était à une distance de 2m,35 de la cage.

Sur cette voie ferrée arriva des fronts une rame de wagonnets chargés tirée par un cheval. Comme d'habitude, quand la rame fut à 8 mètres environ du puits, le cheval fut dételé et conduit sur le côté de la voie ferrée.

A l'aide d'une perche un ouvrier — ainsi que cela se faisait ordinairement — opérait un freinage afin de réduire la vitesse de la rame et d'arrêter celle-ci; malheureusement, la rame, encore animée d'un certain mouvement, vint frapper la berline arrêtée qui, elle-même, du coup, se déplaça vers le puits. La rame s'arrêta 0m,25 plus loin, mais le wagonnet continua son mouvement auquel un ouvrier tenta vainement de s'opposer. Cet ouvrier fut poussé vers le puits et coincé par le wagonnet contre l'armature supérieure de la cage.

Les témoins ont déclaré qu'en dehors des moments d'encagement, le corbeau devait toujours être rabattu sur le rail.

Le Comité d'Arrondissement a émis l'avis que le corbeau devrait rester normalement fermé et ne devrait être levé pour l'encagement que quand les wagonnets sont immobiles; il a estimé en outre que les rames ne devraient arriver dans l'accrochage qu'à vitesse réduite.

M. le Président a fait ressortir la position peu heureuse du corbeau qui aurait dû se trouver du côté du rail extérieur et non du côté de l'entre-voie. Il a préconisé l'emploi, au lieu de corbeaux, du dispositif à étoile à quatre branches avec contrepoids, permettant un arrêt complet des rames et le passage de deux wagonnets à la fois, par le déplacement d'un simple levier. Il a rappelé que ce dispositif avait été décrit par MM. Dufrasne et Seutin dans la quatrième livraison du tome XXIV (année 1923) des *Annales des Mines de Belgique*.

M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 1er Arrondissement des Mines a écrit dans ce sens à la direction du charbonnage.



**N° 6.** — *Charleroi. — 4e Arrondissement. — Charbonnage de Marcinelle-Nord. — Siège n° 12, à Marcinelle. — Etage de 1.058 mètres. — 13 octobre 1926, vers 14 h. 45. — Un blessé. — P. V. Ingénieur principal L. Legrand.*

## Un conducteur de cheval qui essayait de retenir une rame en mouvement a été coincé entre celle-ci et l'encadrement d'une porte.

**Résumé**

Un ouvrier qui, depuis trois ans, travaillait dans les travaux souterrains des charbonnages, était occupé depuis sept mois en qualité de conducteur de cheval dans une galerie de niveau.

**Cette galerie, à simple voie ferrée,** avait été barrée par deux portes régulatrices à son extrémité voisine du bouveau la reliant au puits; ces portes étaient distantes l'une de l'autre de 40 mètres. A l'époque de l'accident, les battants des portes avaient été enlevés, mais les encadrements de celles-ci subsistaient. Ces encadrements laissaient une section libre de 1 mètre à 1m,06 de largeur et 1m,60 de hauteur. La voie ferrée était placée sensiblement à égale distance des montants de ces encadrements.

La galerie présentait une pente légère vers le puits; cette pente était généralement si faible et notamment aux environs des encadrements de portes qu'un wagonnet chargé de charbon, en mouvement, s'arrêtait s'il était abandonné à lui-même; en quelques endroits cependant — sur 5 à 7 mètres — la pente était plus forte au point qu'un wagonnet y avançait seul.

Le transport se faisait par rames de 8 wagonnets tirées par un cheval.

Des enrayures étaient placées dans les roues de deux wagonnets, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière de la rame.

Le cheval était attelé par une chaîne de 2m,50 à 3 mètres de longueur.

Le jour de l'accident, un suiveur de rame qui se trouvait à un évitement vit, à un moment donné, arriver une rame, dont le conducteur de cheval était assis sur le premier wagonnet. Cette rame, qui comprenait des wagonnets chargés de charbon et se dirigeait vers le puits, s'arrêta pour permettre le placement d'une enrayure au dernier wagonnet; après avoir été remise en marche, elle fut arrêtée à nouveau pour permettre la mise en place de

l'enrayure avant. Le convoi fut de nouveau mis en mouvement, mais le suiveur n'a pu dire si le conducteur de cheval s'était encore assis sur le premier wagonnet; il n'a pu, au surplus, donner aucun renseignement sur ce qui s'est passé dans la suite.

Quant au conducteur de cheval, il a déclaré qu'il marchait entre le cheval et le premier wagonnet, et que la rame passa sans encombre dans le premier encadrement de porte. Il a ajouté que le cheval buta, probablement de la tête, lorsqu'il arriva à l'allure normale au second encadrement, et que lui-même, tenant la droite du convoi, s'adossa alors à la paroi avant du premier wagonnet pour tenter de retenir la rame, qu'il fut entraîné et que le wagonnet ayant déraillé lui coinça la tête contre le montant de l'encadrement ou contre la maçonnerie à laquelle cet encadrement était fixé.

Le crochet de la chaîne d'attache du cheval ayant sauté de l'anneau du wagonnet, le cheval partit seul à l'écurie.

Les témoins ont été d'accord pour dire qu'il était interdit aux conducteurs de chevaux de s'asseoir sur la première berline des rames en mouvement.

La voie ferrée était en bon état.

Le Comité d'Arrondissement a été d'avis que la pratique la plus rationnelle pour un conducteur de cheval est de marcher à la tête de son cheval, tenant celui-ci par la bride.

**N° 7** — *Limbourg. — 10e Arrondissement. — Charbonnage de Beeringen-Coursel. — Siège de Kleine-Heide, à Coursel. — Etage de 789 mètres. — 2 décembre 1926, à 19 heures. — Un blessé. — P. V. Ingénieur H. Fréson.*

## Dans un bouveau, un ouvrier a été coincé entre deux rames en mouvement.

### Résumé

L'accident s'est produit dans un bouveau à double voie ferrée.

Ce bouveau présentait une pente de 1/2° dans le sens de la marche des wagonnets chargés.

Le transport se faisait par rames de 15 wagonnets traînées par chevaux.

Par suite de la faible inclinaison du bouveau, aucune précaution spéciale n'était à prendre au cours de la marche des rames.



Au moment de l'accident, un conducteur de cheval — V — amenait vers le puits une rame de wagonnets chargés. Il marchait dans l'entre-voie et modérait la vitesse de la rame en serrant une pièce de bois entre deux des roues du premier wagonnet.

Sur l'autre voie arriva, marchant évidemment en sens inverse, une rame de chariots vides dont le conducteur — B — se tenait à la tête de son cheval.

B a prétendu avoir crié à V de passer devant son cheval et avoir vu cet ouvrier se placer devant le premier wagonnet de sa rame et marcher ensuite la main droite posée sur la caisse de ce wagonnet.

B continua à avancer; les têtes des rames se croisèrent sans encombre et se dépassèrent de 5 à 6 mètres. B. se retourna alors et vit, a-t-il dit, V entre les deux rames, essayant de sauter sur la rame pleine, puis bousculé entre les wagonnets et finalement tomber entre deux des wagonnets vides.

La victime a déclaré que la manoeuvre qu'elle effectuait était nécessaire pour empêcher la rame de prendre une trop grande vitesse; elle a ajouté qu'elle avait crié à B de s'arrêter.

Les déclarations de la victime en ce qui concerne la nécessité du freinage des rames en charge à l'endroit de l'accident ont été contredites par tous les témoins.

Des constatations faites par l'Ingénieur qui a procédé à l'enquête ont démontré que ce freinage était inutile.

A l'endroit de l'accident, le bouveau était éclairé par des lampes électriques fixes.

La victime qui était conducteur de cheval depuis deux mois dans une galerie ne présentant qu'une seule voie ferrée sans croisement, avait été attachée le jour même de l'accident au service du bouveau, c'est-à-dire d'une galerie comportant deux voies ferrées et des croisements de convois. Toutefois, la veille, elle avait accompagné les rames dans ledit bouveau pour se rendre compte des particularités des manoeuvres.

**N° 8.** — *Liége. — 9e Arrondissement. — Charbonnage de Hasard-Fléron. — Siège de Micheroux, à Micheroux. — Etage de 520 mètres. — 27 décembre 1926, vers 11 h. 1/2. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur principal P. Thonnart.*

Dans une galerie, un wagonnet, en se renversant, a coincé un ouvrier contre un montant du boisage.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans une bacnure nord-sud, à grande section, en un endroit où celle-ci mesurait 2m,10 de hauteur sur 1m,80 de longueur.

Cette galerie était boisée au moyen de cadres distants les uns des autres de 1m,30 d'axe en axe. Elle était à simple voie ferrée et celle-ci, constituée de rails de 14 kilogrammes par mètre courant, fixés sur traverses et réunis entre eux par éclisses, était bien établie; elle présentait une pente nulle.

Le long de la paroi Est de la galerie, dans le sol, était creusée une rigole profonde de 0m,30 et large de 0m,50.

Le 27 décembre 1926, vers 11 h. 1/2, une rame de 12 berlines remplies de charbon, tirée par un cheval, emprunta cette bacnure. Le charretier était assis sur le bord avant de la caisse de la première berline et le cheval trottait; la vitesse était d'environ 8 kilomètres à l'heure.

A un moment donné, le charretier vit un tas de pierres sur le sol devant le cheval. Il sauta dans la rigole, mais, à ce moment, le premier wagonnet, dont les roues venaient d'atteindre le tas de pierres, dérailla, obliqua vers la rigole et culbuta sur l'ouvrier, coinçant celui-ci contre un montant de cadre de boisage.

Les pierres qui gisaient sur la voie ferrée s'étaient détachées de la paroi ouest de la galerie, dont le boisage toutefois était resté intact.

La distance entre la voie ferrée et le montant contre lequel l'ouvrier a été coincé, était de 0m,60.



## SERIE D.

**N° 1.** — *Limbourg. — 10e Arrondissement. — Charbonnage de Winterslag. — Siège de Winterslag, à Genck. — Etage de 660 mètres. — 5 février 1926, à 10 heures. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur H. Fréson.*

Un ouvrier a été entraîné par une rame de wagonnets mise en mouvement intempestivement et écrasé contre une pièce de bois.

**Résumé**

Une galerie de direction ouest-est et de 200 mètres de longueur desservait la taille inférieure d'un chantier. Depuis son origine vers le puits jusqu'à 60 mètres de la taille, cette galerie était horizontale et à voie ferrée unique. Au delà et jusqu'à la taille, la voie ferrée était double et la galerie présentait vers la taille, c'est-à-dire vers Est, une pente croissant régulièrement pour atteindre un maximum de 3°. Dans cette partie inclinée étaient installées quatre barrières destinées à empêcher la descente inopinée des wagonnets. Chacune de ces barrières était composée de deux bouts de rail articulés à une semelle transversale et pouvant reposer chacun sur le sol dans l'axe de l'une des deux voies ferrées. A l'emplacement de la première barrière (les barrières étant numérotées 1 à 4 en partant de la taille), la galerie mesurait 2m,80 de largeur à la base, 1m,35 au sommet et 1m,60 de hauteur. La semelle de cette barrière était placée à 0m,97 au-dessus des rails. Les wagonnets en service avaient 0m,90 de haut et 0m,83 de large. A hauteur du bord supérieur des wagonnets, la distance comprise entre ceux-ci et le boisage de la paroi sud était de 0m,22.

La galerie était creusée dans un terrain très sujet à foisonnement; la paroi sud de la couche était exploitée et les remblais y avaient été médiocrement serrés; les bois de revêtement se brisaient après peu de temps et les réfections qu'on effectuait continuellement dans cette galerie avaient seulement pour résultat de maintenir une section suffisante pour le passage des wagonnets.

A l'origine de la galerie, vers le puits, était installé un treuil électrique actionnant un câble sans fin, servant au déplacement

des wagonnets, et passant sur une poulie de renvoi placée dans la partie inclinée au voisinage de la troisième barrière.

Les rames étaient constituées d'une vingtaine de berlines.

Par le câble sans fin susdit, les rames de wagonnets vides étaient amenées dans le fond de la galerie, sur la voie ferrée nord.

Les rames de wagonnets chargés étaient formées sur la voie ferrée sud, à l'ouest de la deuxième barrière.

Les wagonnets vides étaient passés un à un de la voie ferrée nord sur la voie ferrée sud. Quand un wagonnet avait été chargé à la taille, il était poussé dans la galerie à 5 ou 6 mètres de distance et immobilisé à l'aide d'une broche. On opérait de même avec deux autres wagonnets et les trois wagonnets chargés étaient alors reliés entre eux et formaient ainsi une rame partielle. Cette rame partielle était ensuite tirée vers l'ouest, c'est-à-dire vers l'endroit de formation des longues rames, par le câble d'un treuil à air comprimé installé à l'aplomb de la bifurcation des deux voies ferrées.

Les signaux étaient donnés par sonnettes commandées par câbles.

Au moment de l'accident, une rame partielle comprenant trois wagonnets chargés avait déjà été remontée quelque peu à l'aide du treuil à air comprimé et était arrêtée sur la voie ferrée sud à hauteur de la première barrière — qui était placée à une dizaine de mètres de la taille —; le bout de rail de cette barrière reposait dans la caisse du premier wagonnet. Plus haut, sur la même voie ferrée sud, était arrêtée une rame de dix-huit wagonnets pleins dont le dernier se trouvait un peu à l'ouest de la seconde barrière. Le câble du treuil à air comprimé, resté attaché à la rame de trois wagonnets, n'était pas tendu et reposait sur les wagonnets de la longue rame. Le signal de mise en marche de la longue rame fut donné; en ce moment, un ouvrier s'introduisait entre le deuxième et le troisième wagonnet de la petite rame. La longue rame fut mise en marche entraînant le câble du treuil à air comprimé et par conséquent la petite rame. L'ouvrier fut écrasé entre le bord supérieur du troisième wagonnet de cette rame et la semelle de la première barrière.

Le câble du treuil à air comprimé était métallique, lisse et sans noeud ni épissure.



Le Comité d'Arrondissement a estimé que la multiplicité des transports mécaniques dans une mine exigeait un renforcement des précautions ordinaires destinées à empêcher les accidents; qu'il convenait notamment de donner partout aux galeries des dimensions suffisantes tant en largeur qu'en longueur et, au surplus, que des mesures devaient être soigneusement prises pour éviter la mise en marche intempestive des véhicules.

M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 10e Arrondissement des mines a fait part de ces considérations à la direction du charbonnage. Il lui a écrit notamment :

« . . . . . ,

» En tout premier lieu, la section des galeries où s'opère ce » genre de transport doit être suffisante tant en largeur qu'en » hauteur pour que tout membre du personnel puisse, d'une » part, se garer partout à côté des véhicules et ne soit plus, » d'autre part, comme ce fut le cas dans l'accident ci-dessus rap- » pelé et comme cela s'est déjà présenté antérieurement, écrasé » contre une traverse de cadre ou de barrière, si accidentellement » il est entraîné par des wagonnets en marche J'attire tout » spécialement votre attention sur ce dernier point en vous fai- » sant remarquer qu'aucune raison sérieuse n'empêchait de placer » les semelles soutenant les rails-barrières à hauteur voulue et » que l'affaissement des terrains n'est pas une excuse à la situa- » tion constatée, car il a été relevé que dans cette partie de la » mine, le remblai n'était que médiocrement serré au toit le » long des voies.

» . . . . . ,

» Quant aux mesures de nature à éviter spécialement le retour » d'un accident de l'espèce, je vous recommande d'éviter par » tous moyens la mise en mouvement intempestive de wagonnets » en stationnement soit en évitant le chevauchement d'un moyen » de transport sur l'autre ou, si cette mesure est difficilement » applicable, en pendant le câble d'un des treuils de manière » qu'il ne puisse être entraîné par les véhicules tirés par un » autre ou tout au moins en recommandant de n'accrocher les » véhicules en stationnement qu'après le départ de la rame » circulant sur la section voisine. »

**N° 2.** — *Centre. — 3e Arrondissement. — Charbonnage de La Louvière et Sars-Longchamps. — Siège n° 9/10, à Saint-Vaast — Etage de 525 mètres. — 13 mars 1926, vers 9 h. 1/2. — Un tué. — P .V. Ingénieur principal E. Molinghen.*

Un ouvrier a été trouvé mortellement blessé étendu sur le sol, contre une des parois d'un bouveau où le déplacement des rames de berlines se faisait par traînage mécanique.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans un bouveau principal de transport, de direction nord-sud, à double voie ferrée, avec traînage mécanique établi sur une longueur de 600 mètres.

Aux environs de l'endroit de l'accident, le bouveau avait une section de 2 mètres de hauteur sous bêles et 2m,50 à 2m,65 de largeur entre montants. Les voies ferrées avaient 0m,60 d'écartement et l'espace compris entre les deux voies était de 0m,40 à 0m,60. Les rails faisaient saillie de 0m,03 à 0m,05. Une rigole de 0m,10 à 0m,15 de profondeur était ménagée le long de la paroi Est.

Les wagonnets en service étaient en fer et mesuraient de 0m,90 à 1 mètre de hauteur au-dessus des rails, 0m,80 de largeur et 1m,20 de longueur.

Ils étaient réunis en rames de 20 à 25 unités, au moyen de chaînettes que l'on accrochait à des anneaux fixés à la face inférieure de la caisse; l'écartement entre deux wagonnets successifs d'une rame était de 0m,50 environ.

Les rames étaient amarrées à un câble flottant, sans fin, en acier, de 20 millimètres de diamètre, dont chacun des deux brins se déplaçait, à peu près parallèlement à l'axe du bouveau, au-dessus de l'une des deux voies ferrées. La vitesse était approximativement de 0m,55 par seconde.

Ce câble était actionné par un treuil installé dans une salle située à proximité de l'accrochage du puits et la tension de ses brins était obtenue par l'action d'un contrepoids agissant sur la poulie de renvoi établie à l'extrémité sud du traînage. Il était guidé et maintenu à hauteur convenable au-dessus du sol par des poulies-guides, dites « calets » jumellées, à axe presque vertical, entre lesquelles il passait, et qui étaient suspendues de distance en distance aux bêles des cadres de boisage.



Les rames de wagonnets pleins se déplaçaient dans le sens sud-nord sur la voie ferrée levant; les rames de wagonnets vides, dans le sens nord-sud, sur la voie ferrée couchant.

Deux poulies-guides maintenaient le câble levant à proximité de l'endroit où l'on a découvert la victime de l'accident. Ces poulies avaient une hauteur de 150 millimètres et un diamètre de 300 millimètres au fond de la gorge, de 430 millimètres au bord supérieur et de 480 millimètres au bord inférieur; la gorge, sensiblement équidistante des bords, se trouvait à 1m,70 au-dessus des rails.

Les axes de ces poulies ne se trouvaient ni dans le même plan nord-sud, ni dans le même plan est-ouest. L'axe de la poulie sud était à 600 millimètres au sud du plan est-ouest passant par l'axe de la poulie nord et à 350 millimètres à l'ouest du plan nord-sud passant par le même axe.

Le câble, tangent au fond de la gorge de la poulie sud, s'écartait quelque peu du fond de la gorge de la poulie nord, à la suite d'une légère déviation du bouveau.

Une tuyauterie à air comprimé installée à 1m,80 au-dessus du sol, passait à 150 millimètres à l'ouest de l'axe de la poulie sud.

Dans l'axe du bouveau, à 1m,85 au-dessus du sol, était placé un cordon de sonnette servant à donner les signaux.

Chaque rame était réunie au câble flottant par une chaîne de 6m,40 de longueur, munie à une de ses extrémités d'un crochet que l'on raccordait à l'anneau inférieur avant du premier wagonnet, et, à l'autre extrémité, d'une attache spéciale que l'on adaptait au câble. Cette attache, d'un type assez répandu, consistait en une maille allongée, ouverte sur l'une de ses faces latérales pour permettre l'introduction du câble; le coincement de celui-ci dans l'attache était obtenu par une cale de profil trapézoïdal. Cette cale était pourvue d'une chaînette de 0m,55 de longueur, attachée à l'un des premiers maillons de la chaîne. On provoquait le serrage de la cale en frappant celle-ci sur le gros bout et le desserrage en frappant sur le petit bout.

Bien qu'antigiratoire, le câble prenait assez fréquemment un mouvement de torsion, faisant pivoter l'attache autour de l'axe du câble et amenant l'enroulement de la chaînette sur celui-ci.

Le long du traînage mécanique étaient échelonnés sept ouvriers — caleurs ou envoyeurs — chargés, chacun dans sa section, d'accompagner les rames et : 1°) de sonner l'arrêt en cas de déraillement et la reprise du mouvement après la remise sur rails; 2°) de desserrer l'attache lorsque celle-ci avait tendance à pivoter, parce que l'enroulement de la chaînette sur le câble provoquait la chute de ce dernier des poulies-guides; 3°) de sonner l'arrêt lorsque cette manoeuvre ne pouvait être faite assez rapidement.

Au moment des repas, la longueur des sections était plus grande, le nombre des caleurs étant réduit.

Le 13 mars 1926, vers 9 h. 1/2, un caleur se dirigeant vers le puits pour aller déjeuner, marchait à plus grande vitesse que le transport, lorsqu'arrivé à 250 mètres du puits, il découvrit un de ses compagnons gravement blessé, étendu inanimé sur le dos, dans la rigole, la tête vers l'envoyage, à 2m,20 au nord de la poulie-guide sud dont il a été question plus haut.

La victime expira peu après. Elle était atteinte de : 1°) écrasement complet du côté droit de la tête; 2°) contusion de la région cervicale droite et de l'épaule droite; 3°) fracture du bras droit au tiers supérieur; 4°) fracture ouverte du poignet droit avec luxation.

Aucun des chariots de la rame se dirigeant vers le puits et qu'accompagnait la victime n'avait déraillé; cette rame était convenablement enrayée comme d'habitude à l'aide de 5 à 6 enrayures.

Il a été constaté la présence de débris de cervelle sur le bas de la paroi Est du bouveau à 0m,20 environ au-dessus du sol, en regard du lieu où la victime a été relevée, et l'existence, en regard de la poulie-guide nord, sur la face Est de la tuyauterie à air comprimé, d'une zone d'une quinzaine de centimètres de longueur parsemée de gouttelettes de sang qui paraissaient y avoir été projetées normalement.

Le « calou » (barre de fer servant à frapper sur la cale) de la victime a été ramassé en travers de la rigole, à 8 mètres au sud de la poulie-guide sud; il ne présentait aucune trace de sang.

Au moment de l'accident, l'ouvrier était coiffé d'une casquette et celle-ci a été retrouvée à la surface dans le chariot qui avait servi à remonter le corps; elle portait deux taches de sang sur la face inférieure de la visière, et, sur la face supérieure de celle-ci, du côté droit, une souillure noire, rectiligne de 25 millimètres de



largeur. Des stries apparaissaient dans cette souillure. A la rencontre de cette dernière avec le béret proprement dit, l'étoffe de celui-ci était déchirée et également tachée de noir. Des traces de souillure analogues, mais étendues, avec petites déchirures du tissu s'observaient également sur la moitié gauche du béret, qui était de plus en partie décousu.

La voie ferrée levant présentait des pentes locales dans un sens ou dans l'autre atteignant au maximum 3/4°.

La victime, dont la taille mesurait 1m,70, avait une chevelure abondante et longue d'une dizaine de centimètres.

D'après le personnel surveillant, les convoyeurs de rames avaient reçu les instructions suivantes : 1°) obligation de marcher en avant de l'attache de la rame ou en arrière de celle-ci à côté de la chaîne du côté de l'entre-voie; 2°) obligation de passer autant que possible sur le côté des galets; 3°) interdiction de poser la main sur le câble ou sur la chaîne d'attache des rames; 4° défense de prendre place sur les chariots; 5° obligation d'arrêter le traînage pour remettre sur rails un chariot déraillé; 6°) obligation de décaler l'attache de la rame lorsque celle-ci tournait et d'arrêter le traînage dans le cas où on n'arrivait pas à décaler à temps; 7°) nécessité de se tenir en garde, lors des arrêts, la remise en marche pouvant avoir lieu sans avertissement.

Les convoyeurs n'ont pas été d'accord entre eux sur les recommandations qui leur avaient été faites, mais tous ont déclaré n'avoir pas reçu toutes les instructions ci-dessus rapportées.

D'après le directeur des travaux, l'atelier du charbonnage était occupé à la mise au point de nouvelles attaches, conçues en vue d'empêcher l'enroulement de la chaînette sur le câble.

De nombreuses hypothèses ont été émises pour expliquer l'accident. Celle qui a paru la plus vraisemblable est que la victime a été happée par la chevelure et la casquette entre le câble et l'une des poulies-guides.

Le Comité d'Arrondissement a estimé qu'il n'était guère possible de protéger les poulies guidant le câble sans fin du traînage mécanique, mais qu'il convenait d'empêcher par une modification des attaches, l'enroulement des chaînettes d'attelage des rames autour du câble sans fin lors des mouvements de giration de ce

dernier, ou de supprimer, par un moyen approprié, lesdits mouvements de giration.

Le Comité a été en outre d'avis qu'il était prudent que les convoyeurs des rames fussent coiffés de calottes de cuir.

L'Ingénieur qui a procédé à l'enquête a invité la direction du charbonnage : 1°) à hâter la mise au point des nouvelles attaches, lesquelles permettront peut-être aussi de masquer dans une certaine mesure les poulies-guides, sans créer une autre source de danger, tout en supprimant, comme on l'espérait, le mouvement de giration des attaches; 2°) à astreindre le personnel au port de la calotte de cuir; 3°) à prendre des mesures en vue d'assurer plus efficacement la connaissance des instructions concernant le traînage.

**N° 3.** — *Limbourg. — 10e Arrondissement. — Charbonnage de Winterslag. — Siège de Winterslag, à Genck. — Etage de 600 mètres. — 10 décembre 1926, à 7 heures. — Un blessé. — P. V. Ingénieur A. Meyers.*

Dans un galerie, un ouvrier a eu plusieurs doigts des deux mains écrasés entre une poulie et un câble servant à tirer les berlines.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans une galerie desservant une taille. Comme, à proximité de celle-ci, la galerie montait de 3° environ, les rames vides étaient tirées vers la taille par un câble, actionné par un treuil électrique et passant sur une poulie de renvoi.

Le treuil était installé à une trentaine de mètres de la taille, tandis que la poulie de renvoi était suspendue à une bêle en regard de celle-ci.

La poulie de renvoi était protégée par des flasques ne la recouvrant que partiellement.

A la suite d'un accident survenu peu de temps auparavant, la direction avait défendu l'emploi des poulies de ce genre et mis à la disposition des ajusteurs des poulies à flasques latéraux de protection complète.



Le brin supérieur du câble était raccordé au treuil, le brin inférieur à la rame à tirer.

Au moment de l'accident, le signal ad hoc ayant été sonné, le treuil fut mis en marche, tirant une rame vers la taille.

Un ouvrier qui se trouvait au pied de cette dernière eut les deux mains entraînées entre le câble et la poulie.

Il a prétendu avoir voulu, sans avertir le machiniste, remettre sur la poulie le câble qui en était sorti, et ce en saisissant le brin supérieur des deux mains.

Un autre ouvrier qui se trouvait près de la victime a affirmé que celle-ci se reposait en tenant les mains jointes sur le brin inférieur à 0m,30 environ de la poulie.

La poulie avait été placée quelques jours avant l'accident.

L'enquête administrative n'a pu déterminer qui était responsable du placement d'une poulie d'un type dont l'emploi était interdit par la direction, les dépositions recueillies à ce sujet étant contradictoires.

---

## Les accidents survenus, au cours de la circulation des ouvriers et du transport des produits, sur voies inclinées.

Dans le tableau ci-après est indiqué le nombre des accidents de chacune des catégories, ainsi que les nombres des victimes.

| NATURE DES ACCIDENTS | | Série | Nombre de accidents | Nombre de tués | Nombre de blessés |
|---|---|---|---|---|---|
| Accidents survenus sur voies inclinée où le transport se fait | par hommes et chevaux . . . | A | 1 | — | 1 |
| | par treuils ou poulies . . . . | B | 22 | 16 | 6 |
| | par traction mécanique . . . . | C | 1 | — | 1 |
| | | — | 24 | 16 | 8 |

## SERIE A.

**N° 1.** — *Limbourg. — 10e Arrondissement. — Charbonnage de Winterslag. — Siège de Winterslag, à Genck. — Etage de 660 mètres. — 4 mars 1926 à 20 h. 1/2. — Un blessé. — P. V. Ingénieur H. Fréson.*

### Un wagonnet descendant librement dans une galerie inclinée a écrasé un ouvrier contre une rame arrêtée.

**Résumé**

Dans une galerie de transport à double voie ferrée desservant une taille, un ouvrier devait conduire les wagonnets chargés de charbon depuis le pied de cette taille jusqu'au point de formation des rames situé à une cinquantaine de mètres de ladite taille. Sur cette distance, la galerie présentait, dans le sens de la marche des wagonnets chargés, une pente atteignant jusque 5°.

Pour empêcher la descente intempestive des wagonnets chargés, deux barrières conjuguées étaient installées au voisinage de la taille; un ouvrier avait pour mission de les manoeuvrer.

Au moment de l'accident, un wagonnet chargé amené jusqu'à la rame par le premier ouvrier avait déraillé et celui-ci était occupé à le remettre sur rails. Cet ouvrier fut écrasé contre la rame par un autre wagonnet plein qui était descendu librement depuis la taille. Il n'avait pu se garer par suite de la présence de wagonnets vides sur l'autre voie ferrée et parce que le wagonnet déraillé l'avait empêché de se retirer contre la paroi.

L'ouvrier préposé à la manoeuvre des barrières était pour la première fois affecté à ce service.

Il avait, d'après plusieurs témoins, reçu l'ordre de ne jamais laisser passer un wagonnet sans conducteur; mais il a nié avoir reçu cet ordre.

A l'endroit de l'accident, la galerie avait 2m,20 de hauteur et 2m,90 de largeur.



## SERIE B.

**N° 1.** — *Limbourg. — 10e Arrondissement. — Charbonnage de Winterslag. — Siège de Winterslag, à Genck. — Etage de 600 mètres. — 30 janvier 1926, à 16 heures. — Un tué. — P. V. Ingénieur H. Fréson.*

### Au pied d'un bouveau incliné desservi par un treuil électrique, un ouvrier a été écrasé par des berlines remontées intempestivement.

**Résumé**

L'accident s'est produit au pied d'un bouveau de 100 mètres de longueur, incliné vers ouest de 22°.

Vers le bas, ce bouveau incliné se raccordait à un bouveau horizontal dont une partie de 18 mètres de longueur se trouvait dans la direction même du bouveau incliné.

Dans le bouveau horizontal et dans le bouveau incliné étaient établies deux voies ferrées; par la voie ferrée nord montaient les berlines vides ou chargées de pierres venant du puits; par la voie ferrée sud descendaient les berlines chargées de charbon provenant d'un chantier en exploitation.

A 26 mètres au delà de la tête du bouveau était installé un treuil à deux tambours, mû par un moteur électrique et assurant, à l'aide de deux câbles métalliques, le déplacement simultané des wagonnets sur les deux voies ferrées.

Dans le bouveau incliné, les wagonnets étaient réunis en rames de trois, dont le premier était raccordé au dernier par une chaîne de sûreté.

Le transport se faisait toujours avec moteur du treuil embrayé et sous tension, celui-ci, en cas de remonte de wagonnets vides, jouant le rôle de frein et de régulateur de vitesse, cette dernière ne dépassant guère un mètre à la seconde. Les câbles tracteurs pouvaient être accrochés aux véhicules indifféremment sur les deux voies ferrées.

Dans la paroi sud, au pied même du bouveau incliné, était aménagée une niche. De celle-ci on pouvait, pour donner les signaux, agir sur un cordon agitant une sonnette placée à la tête du bouveau incliné et de ce dernier point les signaux étaient

transmis par une autre sonnette au machiniste du treuil. Du sommet du bouveau incliné, on pouvait au surplus, en agissant sur un cordon, faire tinter une sonnette installée en regard de la niche, à la paroi nord.

Les rames de trois wagonnets pleins de charbon descendant du sommet du bouveau montant étaient arrêtées au bas de celui-ci, alors que le dernier wagonnet — dans le sens de la marche — se trouvait en face de la niche.

Les wagonnets pleins de charbon n'étaient décrochés du câble que lorsque des wagonnets prêts pour la remonte avaient été amenés sur la voie opposée au pied du bouveau incliné.

Dans le bouveau horizontal inférieur, le déplacement des wagonnets se faisait par transport mécanique jusqu'à 18 mètres du pied du bouveau incliné. Sur ces 18 mètres, les wagonnets étaient manoeuvrés par des ouvriers.

C'est l'un de ces ouvriers, le nommé D, qui a été la victime de l'accident, lequel s'est produit comme suit :

Trois wagonnets pleins de charbon descendus au pied du bouveau incliné n'avaient pas été détachés du câble faute de wagonnets sur l'autre voie ferrée.

Quelques minutes après, des wagonnets vides précédés par D furent amenés en face des wagonnets pleins de charbon. D voulut alors se rendre dans la niche en contournant les wagonnets pleins vers le haut. Au moment où il passait devant ces wagonnets, ceux-ci remontèrent la pente, tirés par le treuil. D ne put se garer que contre la paroi où malheureusement l'espace n'était pas suffisant et il fut écrasé par le troisième des wagonnets montants que l'on trouva déraillé.

D'après les ouvriers qui se trouvaient au pied du bouveau incliné, aucun signal de mise en marche n'avait été donné.

L'ouvrier préposé à la tête de cette galerie a prétendu avoir perçu très distinctement le signal de mise en marche consistant en deux coups de sonnette et avoir transmis ce signal au machiniste du treuil. Celui-ci a déclaré avoir reçu ce signal. Deux autres ouvriers occupés à la tête du bouveau incliné ont reconnu avoir entendu un signal à la sonnette, mais n'avoir pu distinguer le nombre de coups.

L'Ingénieur qui a procédé à l'enquête a constaté que sur toute sa longueur, le toit de la galerie était pourvu d'un garnissage



suffisant pour empêcher la chute de pierres qui, en heurtant le cordon, auraient pu actionner la sonnette.

Il a relevé au surplus que la transmission d'un signal par le cordon de la sonnette installée au sommet de la galerie inclinée exigeait un effort considérable.

Le Comité d'Arrondissement a estimé que la précaution consistant à attacher le câble à un anneau fixé au pied du plan incliné doit être préférée à celle adoptée dans le cas présent et consistant à ne décrocher les wagonnets pleins de charbon qu'après l'arrivée des wagonnets vides.

M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 10e Arrondissement des mines a écrit dans ce sens à la direction du charbonnage.

**N° 2.** — *Charleroi. — 5e Arrondissement. — Charbonnage du Petit-Try. — Siège Ste-Marie, à Lambusart. — Etage de 470 mètres. — 1er février 1926, vers 13 h. 45. — Un blessé. — P. V. Ingénieur G. Paques.*

## Un wagonnet qui a dévalé librement du sommet d'un plan incliné a atteint un ouvrier occupé dans celui-ci.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans un plan incliné automoteur de 31° 1/2 de pente et de 32 mètres de longueur, à chariot porteur et à contrepoids, ce dernier roulant sur une voie intérieure à celle du chariot porteur.

A ce plan incliné aboutissaient trois voies de niveau : l'une au sommet, l'autre à la base, la troisième sensiblement à mi-longueur. Les première et dernière de ces voies se raccordaient à des tailles.

Lorsqu'on encageait à la voie intermédiaire, le contrepoids et le chariot étaient approximativement superposés et les deux brins du câble se trouvaient, au sommet du plan incliné, respectivement à 0m,20 et 0m,60 de hauteur au-dessus du niveau des rails.

Les deux voies de niveau supérieures donnant accès au plan incliné étaient barrées, au cadre de boisage immédiatement voisin de celui-ci, chacune, par une barrière constituée par une pièce de sapin de 2m,20 de longueur et 0m,39 de circonférence, placée

obliquement en travers de la section de la galerie et pouvant tourner autour d'un boulon fixé à un des montants dudit cadre.

La voie de niveau supérieure était établie sans pente sensible.

L'accident est survenu dans les circonstances suivantes :

Le nommé M était « ravaleur » au sommet du plan incliné, c'est-à-dire qu'il était chargé de la manoeuvre de la poulie.

A la voie de niveau intermédiaire, un hiercheur voulut placer un wagonnet chargé sur le chariot porteur du plan incliné; le wagonnet dérailla.

Pour remettre ce wagonnet sur rails, le hiercheur appela à son aide le « ravaleur » M. Celui-ci, emportant sa lampe, descendit auprès du hiercheur et les deux hommes se mirent en devoir de remettre le wagonnet sur rails.

Sur ces entrefaites, le hiercheur de la voie de niveau supérieure arriva au sommet du plan incliné en poussant devant lui un wagonnet plein de charbon. Ce wagonnet brisa la barrière en bois et dévala dans le plan incliné. Le « ravaleur » put se garer, mais le hiercheur de la voie de niveau intermédiaire fut atteint par le wagonnet et gravement blessé.

Le hiercheur de la voie de niveau supérieure travaillait pour la première fois en cet endroit. Il a déclaré que, par suite de l'absence de la lampe du « ravaleur », il ne s'est pas rendu compte de l'approche du plan incliné.

Le Comité d'Arrondissement a été d'avis qu'il convenait de placer une lampe à demeure aux abords du plan incliné pour en prévenir l'approche.

M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 5e Arrondissement a attiré sur ce point l'attention de la direction du charbonnage.

**N° 3.** — *Liége. — 7e Arrondissement. — Charbonnage de Marihaye. — Siège Boverie, à Seraing. — Etage de 85 mètres. — 27 février 1926, vers 21 h. 1/2. — Un tué. — P. V. Ingénieur R. Masson.*

Au sommet d'une grale desservie par un treuil à air comprimé, un ouvrier a été trouvé à l'état de cadavre



à côté d'une berline qui avait été tirée contre le treuil et était déraillée.

**Résumé**

L'accident s'est produit au sommet d'une grâle de 29 mètres de longueur, établie avec une pente de 30°, obliquement, dans une couche en dressant.

A la partie supérieure de cette grâle, qui était à simple voie ferrée, était installée un treuil à air comprimé.

A cette recette supérieure, la voie ferrée n'était pas interrompue; elle était légèrement détournée pour passer sur le côté du treuil.

La victime était préposée au service du treuil; elle effectuait en outre la manoeuvre des berlines pleines et vides entre la grâle et un évitement.

Le jour de l'accident, elle avait remonté 7 ou 8 berlines chargées de charbon, quand, vers 21 h. 1/2, un surveillant la trouva, à l'état de cadavre, près du treuil, à côté d'une berline pleine de charbon, qui avait tirée hors des rails contre un montant placé devant le treuil. La chaînette terminant le câble s'était enroulée sur le tambour, brisant une partie d'une des flasques de celui-ci; le robinet réglant l'arrivée d'air comprimé était largement ouvert; le frein du treuil était également ouvert et le levier de commande en était maintenu dans la position d'ouverture par un morceau de bois.

L'accident n'a pas eu de témoin.

**N° 4.** — *Mons. — 2e Arrondissement. — Charbonnage des Produits et du Nord du Rieu-du-Coeur. — Siège n° 28, à Jemappes. — Etage de 805 mètres. — 8 mars 1926, vers 14 heures. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur C. Demeure.*

Dans un plan incliné automoteur, un ouvrier qui avait remis sur rails la première des trois berlines descendantes, laquelle avait déraillé, a été entraîné vers le bas par cette berline qui s'était détachée des deux autres.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans un plan incliné automoteur de 19° 1/2 de pente.

Les chariots étaient remontés et descendus dans ce plan incliné par rames de trois. A chacune de leurs faces frontales, au bas de la caisse, les chariots étaient munis d'un crochet de sûreté avec anneau-cliquet ou « toc ». (Après introduction de l'attache dans le crochet, le « toc » retombe et doit empêcher la sortie intempestive de l'attache.)

Les wagonnets constituant les rames se déplaçant dans le plan incliné étaient réunis entre eux par une chaînette. Chaque rame était reliée au câble de la manière suivante : chaque brin du câble se terminait par trois chaînettes : le maillon terminal d'une de ces chaînettes était introduit dans le crochet de sûreté de la face amont du wagonnet d'amont; une autre des chaînettes — munie d'un grappin — se terminait par un crochet spécial que l'on appliquait sur le bord supérieur de la même face du même chariot; la troisième chaînette — chaîne inférieure ou longue chaîne — plus longue que les deux autres, était passée sous les deux berlines supérieures et attachée au crochet d'amont de la berline inférieure.

Peu avant l'accident, une rame de trois wagonnets pleins de charbon descendait, tandis qu'une rame de trois wagonnets vides montait dans le plan incliné.

Le wagonnet de tête de la rame descendante, c'est-à-dire le wagonnet d'aval, dérailla et vint buter contre le wagonnet de tête de la rame montante.

L'ouvrier préposé aux manoeuvres bloqua aussitôt le frein de la poulie.

Le sclauneur préposé à la recette inférieure monta dans le plan incliné et il y fut rejoint par un surveillant descendu du niveau supérieur.

Le surveillant fixa d'abord à un rail le grappin de la rame descendante, puis il vérifia si le wagonnet déraillé était resté convenablement attaché au second wagonnet de la rame et à la chaîne inférieure ou longue chaîne.

Ayant constaté qu'il en était ainsi, il aida le sclauneur à remettre sur rails le wagonnet déraillé. Pour ce faire, le sclauneur avait fixé le crochet de sa bretelle au chariot.

Les efforts des deux hommes aboutirent; le chariot fut remis sur rails, mais il se détacha du second chariot de la rame et de la chaîne inférieure, dévala au fond du plan incliné en entraînant le sclauneur qui était resté attaché par sa bretelle.

Le sclauneur fut mortellement blessé.



Immédiatement après l'accident, il fut constaté que le wagonnet ayant causé l'accident était en bon état — notamment les crochets de sûreté. Des constatations identiques furent faites en ce qui concerne le plan incliné.

Le surveillant a estimé qu'au moment de la remise sur rails du wagonnet déraillé, il a dû se produire un choc qui aura fait sauter le « toc » et permis le dégagement de la longue chaîne et de la chaînette d'attache au second wagonnet de la rame.

A la réunion du Comité d'Arrondissement, l'Ingénieur qui a procédé à l'enquête a fait remarquer que cet accident montrait, une fois de plus, que l'on ne pouvait avoir entière confiance dans les anneaux de garde dits aussi anneaux allemands ou tocs. Il a estimé en outre que, pendant la remise sur voie d'un wagonnet déraillé dans un plan incliné, le sclauneur ne devrait pas faire usage de bretelle et s'atteler au véhicule; que ce dernier devrait être immobilisé par une chaîne volante (dite grappin portatif) dont tout plan incliné devrait être muni, chaîne qui permettrait d'accrocher directement le chariot aux traverses de la voie ferrée ainsi que cela se pratique d'ailleurs dans certains charbonnages.

M. le Président a fait observer qu'une bonne précaution serait en tout cas d'enrayer les roues du chariot déraillé, attendu qu'il pourrait aussi arriver que le chariot se décrochât de la chaîne volante. Il a regretté que, dans le cas dont il s'agit, les deux chaînes d'attelage du wagonnet eussent été attachées au même crochet. D'après lui, la longue chaîne reliant directement le véhicule inférieur de la rame descendante au câble aurait dû être fixée au bord supérieur de la caisse ainsi que cela se pratique dans d'autres charbonnages (voir à ce sujet l'étude de MM. Watteyne et Lebens sur les accidents de plans inclinés).

Un échange de vues sur les déraillements survenant dans les plans inclinés s'est ensuite produit entre les différents membres du Comité.

En conclusion, il a été décidé que les Ingénieurs de district recommanderont aux directeurs des charbonnages sous leur sur-

veillance de faire usage de chaînes volantes pour l'immobilisation des wagonnets déraillés dans les plans inclinés; de faire entretenir les voies ferrées des plans inclinés de façon à rendre les déraillements aussi rares que possible et de stimuler, dans ce sens, le zèle des surveillants par des primes périodiques.

**N° 5.** — *Mons. — 2e Arrondissement. — Charbonnage de Hornu et Wasmes et Buisson. — Siège n° 3, à Wasmes. — Etage de 694 mètres. — 19 avril 1926, à 7 heures. — Un tué. — P. V. Ingénieur R. Hoppe.*

## Un chariot dévalant librement du sommet d'une descenderie, à la suite d'une rupture d'attelage, a atteint et tué un ouvrier circulant dans cette galerie.

### Résumé

A l'étage de 694 mètres dudit siège, au nord des puits, plusieurs chantiers exploités en défoncement étaient desservis par une descenderie de 130 mètres de longueur et de 27° d'inclinaison. Cette galerie inclinée, dont la section mesurait 1m,60 de largeur et 1m,50 de hauteur, était armée de trois lignes de rails, avec croisement à quatre lignes de rails à mi-longueur; au sommet était installé un treuil double, mû à l'air comprimé. Les wagonnets y étaient remontés et descendus par rames de deux.

Au charbonnage en question, l'attelage des wagonnets était réalisé de la manière suivante :

A chacune des faces frontales des chariots, étaient fixées deux pièces rigides pouvant recevoir chacune le bec d'un crochet d'attelage. La pièce inférieure, dite « timon », consistant en un fer plat de 15 millimètres d'épaisseur et 50 millimètres de largeur, rivé au fond de la caisse et dont l'extrémité était percée d'un trou de 20 millimètres de diamètre, était la pièce principale d'attelage. Sur les voies horizontales, les véhicules étaient assemblés entre eux par une seule chaînette de 0m,50 de longueur, terminée à chaque bout par un crochet qui était passé dans le trou du timon correspondant. La seconde pièce d'attelage appelée « manique » était un fer rond de 22 millimètres de diamètre et 30 centimètres de longueur, forgé en forme de poignée et rivé à la face frontale, à mi-hauteur environ de celle-ci.



Pour le transport sur les voies inclinées, une seconde chaînette identique à celle des timons était passée de « manique » à « manique ».

Chaque brin du câble des plans inclinés était terminé par trois chaînettes : l'une était accrochée au timon, l'autre à la manique, tandis que la troisième était terminée par un fer plat recourbé qui se plaçait en cavalier sur le bord du chariot.

Dans les longs plans inclinés où les manoeuvres s'effectuaient par rames de plusieurs wagonnets, l'attelage de la rame au câble était complété par une longue chaîne de sûreté, appelée communément « boyau », reliant directement le timon inférieur du wagonnet inférieur à l'anneau terminal du câble, en passant sous les wagonnets. Ce « boyau » n'intervenait qu'en cas de défaillance des chaînettes.

Le 19 avril 1926, vers 7 heures, descendaient sur l'une des voies ferrées de la descenderie, un wagonnet vide et un « truck » chargé de bois, tandis que sur l'autre voie ferrée montait une rame de deux wagonnets chargés de terres. Entre ces deux wagonnets la chaînette des timons n'avait pas été placée parce qu'à la la face arrière du wagonnet de tête le timon était brisé.

Au cours de la translation, le « truck » dérailla une première fois au croisement des rames. Un surveillant et un ouvrier descendirent du niveau supérieur, remirent le « truck » sur les rails et se garèrent dans une niche ménagée en cet endroit dans l'une des parois. De cette niche, le surveillant sonna le signal de mise en marche. Mais alors que la manoeuvre était à peu près terminée, le « truck » dérailla à nouveau. Le surveillant sonna l'arrêt, puis les deux hommes descendirent vers le pied de la vallée pour remettre le chariot sur rails.

A ce moment, le wagonnet inférieur de la rame montante rompit ses amarres et descendit à toute allure.

Il atteignit les deux hommes, tua l'ouvrier, blessa le surveillant, et alla finalement s'écraser sur le truck qui fut démoli.

Il fut constaté que la « manique » du wagonnet inférieur avait été arrachée à la naissance des brides et que la longue chaîne de sûreté ou « boyau » s'était rompue.

A l'endroit de chacune des cassures de la « manique » apparaissait une couche de rouille recouvrant les trois quarts de la section transversale de la bride. La portion de métal sain était

réduite à environ 1 centimètre carré dans l'une des sections et à moins de 1/2 centimètre carré dans l'autre section.

Quant à la longue chaîne, un des maillons s'était ouvert à l'endroit de la soudure et une couche de rouille tapissait les deux tiers de la section transversale du maillon; de plus, plusieurs autres maillons avaient leur soudure légèrement ouverte et partiellement recouverte de rouille.

A la réunion du Comité d'Arrondissement, l'Ingénieur qui a procédé à l'enquête a exposé que les chariots de ce charbonnage sont d'un type ancien et que les « maniques » sont des poignées destinées à faciliter la manoeuvre des wagonnets et non pas à recevoir les chaînettes d'attache. Il a signalé que les wagonnets déraillaient fréquemment.

M. le Président a fait connaître les observations qu'il avait adressées à la direction du charbonnage et qui sont indiquées plus loin.

Une discussion s'est engagée sur les mérites respectifs de la longue chaîne et du « piqueron » (fourche traînante) en vallée.

L'un des membres a expliqué que la longue chaîne lui paraissait plus efficace à retenir le chariot de queue montant au cas où il se décrocherait, attendu que le sol souvent lisse des plans inclinés pouvait empêcher le « piqueron » d'y mordre.

M. le Président a fait observer que le piqueron pouvait, même en ce cas, fonctionner en s'arcboutant à l'une des traverses de la voie et que rien n'empêchait d'ailleurs de creuser des « potiaux » dans le sol trop lisse. Il a ajouté :

« Le « piqueron » a, en outre, le mérite de parer aux consé-
» quences d'une rupture de câble; or, en vallée, c'est le brin
» montant qui fatique le plus puisque c'est lui qui remorque la
» charge la plus lourde; c'est donc lui qui est le plus exposé à
» une rupture de même que ses chaînettes d'attelage et le « pique-
» ron » traînant derrière le dernier chariot montant est une
» excellente précaution qu'on a tort d'abandonner. »

M. le Président a, en outre, déploré que, contrairement aux recommandations faites à diverses reprises par les Ingénieurs des mines, les ouvriers n'observaient pas encore systématiquement la précaution de ne jamais descendre un plan incliné sur lequel stationnait, en amont d'eux, un ou plusieurs wagonnets, sans



avoir préalablement immobilisé pareils véhicules, soit par un grappin de sûreté fixé aux traverses de la voie, soit par des pilots placés en travers de celle-ci pour parer à toute rupture éventuelle du câble ou des chaînettes ou au décrochement intempestif des attelages. Il a prié les membres du Comité de recommander aux Ingénieurs, chefs-porions et porions qui les accompagnent dans leurs inspections souterraines, de faire observer rigoureusement par leur personnel cette mesure de précaution qui aurait empêché l'accident dont il s'agit de se produire.

Il a rappelé ce qui précède à la direction du charbonnage et il l'a invitée à donner des ordres à son personnel pour qu'on ne laisse plus en service dans les travaux souterrains, des chariots privés de leur anneau d'attelage (timon), et que ces chariots soient immédiatement mis au rebut et envoyés en réparation.

Il lui a fait remarquer que les « maniques » étaient trop déformées par leurs rivets d'attache à la caisse du wagonnet et ne pouvaient remplacer les timons, surtout dans les transports sur plans inclinés.

Enfin, il lui a aussi fait observer que les longues chaînes, dites « boyaux », employées sur ces plans inclinés comme attache supplémentaire du wagonnet de queue des rames, devraient être visitées chaque jour par le porion du chantier et qu'il n'était pas admissible qu'elles fussent maintenues en service lorsqu'elles présentaient des maillons désoudés et baillants, ainsi que c'était le cas pour la chaîne employée lors de la manoeuvre au cours de laquelle l'accident s'est produit.

Il l'a invitée à hâter le remplacement des trains de roues de son matériel roulant devenu trop vétuste afin d'éviter ainsi les nombreux déraillements qui se produisaient et qui constituaient une source permanente de dangers directs et indirects pour les ouvriers.

M. l'Inspecteur Général a approuvé ces observations et il a ajouté que si le hiercheur de service au pied de la vallée et qui a dû évidemment constater l'absence d'un « timon », s'était donné la peine de faire virer le wagonnet afin d'utiliser l'autre timon, l'accident eût vraisemblablement été évité.

**N° 6.** — *Charleroi. — 4e Arrondissement. — Charbonnage de Monceau-Fontaine, Martinet et Marchienne. — Siège n° 10, à Forchies-la-Marche. — Etage de 513 mètres. — 27 avril 1926, à 11 heures du matin. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur R. Lefèvre.*

Au pied d'un plan incliné automoteur, un ouvrier a été écrasé par un wagonnet chargé descendant à toute vitesse, attaché au câble, le wagonnet vide s'étant décroché de l'autre brin de celui-ci.

**Résumé**

L'accident s'est produit au pied d'un plan incliné automoteur de 12m,50 de longueur et de 30° d'inclinaison vers sud.

Au sommet, ce plan incliné était pourvu d'une poulie avec frein à contrepoids normalement serré et d'une chaîne servant de barrière tendue normalement à 0m,40 au-dessus du plancher horizontal supérieur. Au pied étaient fixés deux étriers permettant l'attache du brin libre du câble.

Les signaux étaient donnés par une sonnette placée au sommet et dont le cordon était bifurqué vers le bas.

Au pied du plan incliné, il n'y avait pas de niche de garage, la voie de niveau se développant vers l'est et vers l'ouest.

L'attelage des wagonnets au câble était réalisé comme suit : Chaque brin du câble était terminé par deux chaînettes; l'une de ces chaînettes était pourvue à son extrémité d'un crochet recourbé en hélice (attache dite en tire-bouchon) que l'on engageait dans un anneau fixé au bas de la caisse des wagonnets; l'autre chaînette se terminait par un fer plat recourbé qui se posait en cavalier sur le bord des wagonnets.

Les circonstances de l'accident furent les suivantes :

L'ouvrier préposé à la manoeuvre de la poulie arrivant au sommet du plan incliné avec un chariot chargé entendit deux coups de sonnette (signal de la mise en marche). Il attacha le chariot au brin supérieur du câble, enleva la chaîne-barrière, engagea le wagonnet sur une des voies ferrées du plan incliné et ouvrit le frein de la poulie. Un cliquetis de chaînettes se produisit dans le bas; le chariot plein descendit à toute vitesse et l'autre brin du câble monta sans wagonnet.



L'ouvrier avait immédiatement serré le frein, mais le câble avait glissé sur la poulie.

Le chariot plein descendant avait écrasé contre la paroi de fond l'ouvrier préposé à la recette inférieure.

Un ouvrier occupé non loin de cette dernière a déclaré avoir entendu un bruit qu'il a estimé être celui provoqué par l'attache supérieure s'échappant du bord du wagonnet vide.

Accouru aussitôt, il a vu celui-ci debout au milieu du plan incliné.

La victime était, au siège susdit, préposée depuis plusieurs mois aux manoeuvres des plans inclinés.

L'enquête n'a pas permis de déterminer la cause pour laquelle le wagonnet vide s'était détaché du câble.

**N° 7.** — *Namur. — 6e Arrondissement. — Charbonnage de Tamines. — Siège Ste-Barbe, à Tamines. — Etage de 285 mètres. — 7 juin 1926, vers 23 h. 1/2. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur R. Prémont.*

Un boutefeu qui gravissait un bouveau incliné a été atteint par un wagonnet chargé descendant librement du sommet de celui-ci.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans un bouveau incliné de 27°, long de 80 mètres, présentant une section moyenne de 2m,20 de large sur 1m,80 de haut, et aménagé en plan incliné automoteur.

Au palier supérieur de ce plan incliné le sol était recouvert de cinq taques métalliques placées horizontalement, d'une longueur totale de 2m,50, et auxquelles faisaient suite, sur une longueur de 1m,40, des rails inclinant de 1/2° vers le plan incliné.

La galerie horizontale aboutissant à ce palier était dans le prolongement du plan incliné. A son sommet, le bouveau incliné pouvait être barré par une barrière formée d'une pièce de bois articulée à l'une de ses extrémités à un montant du cadre supérieur de boisage, l'autre extrémité s'appuyant sur le sol, contre le second montant du cadre, dans la position fermée, et sur un tasseau fixé sur ce second montant, à hauteur suffisante, dans la position ouverte.

Cette barrière ne devait rester ouverte que pendant le déplacement des wagonnets dans le bouveau incliné; elle devait être fermée dès l'arrivée du wagonnet vide à la recette supérieure.

Les signaux étaient donnés au moyen de deux sonnettes placées, l'une à la recette supérieure, l'autre à la recette inférieure, et commandées par le même cordon.

Toute personne désireuse de gravir le bouveau incliné ne pouvait le faire avant que le préposé à la recette inférieure en eût informé son compagnon de la recette supérieure par un « roulement » (succession de nombreux coups ininterrompus) et eût reçu réponse de celui-ci, réponse consistant en un même roulement.

Le jour de l'accident, un ouvrier marocain, âgé de 22 ans, était de service à la recette supérieure, un ouvrier italien, âgé de 19 ans, à la recette inférieure.

Le travail venait de commencer et la première manoeuvre de wagonnets était en train, quand, à la recette inférieure, arriva un boutefeu qui devait gravir le bouveau incliné.

Pendant que l'ouvrier italien s'était écarté du pied du bouveau, le boutefeu, sans attendre qu'on eût donné les signaux prescrits, se mit à gravir ce bouveau.

Il fut atteint par un wagonnet chargé dévalant librement du sommet de ce dernier.

L'ouvrier marocain avait oublié de fermer la barrière au sommet du plan incliné après la première manoeuvre. Revenant ensuite avec un second wagonnet chargé, il poussa celui-ci jusqu'à l'origine du bouveau incliné sans l'accrocher. Le wagonnet s'engagea dans le bouveau et dévala.

C'était la première fois que l'ouvrier marocain assurait seul le service au sommet du bouveau incliné; mais depuis plusieurs semaines il était affecté à ce service avec un autre ouvrier et pendant ce temps, plusieurs fois chaque jour, il avait effectué les manoeuvres.

L'ouvrier italien était occupé à la même besogne depuis deux mois.

Ils avaient tous deux reçu des instructions du porion.

A la suite de cet accident, M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 6e Arrondissement a, par écrit, attiré l'attention de la direction du charbonnage sur les circonstances de l'accident; il a de



plus signalé à cette direction qu'au cours d'une visite qu'il avait faite quelques jours auparavant au même siège, il avait constaté que l'accrocheur au sommet d'un plan incliné à chariot porteur laissait la barrière ouverte sous prétexte qu'il était seul pour assurer le service. Il lui a en outre fait diverses recommandations dans les termes suivants :

« Je vous prie de bien vouloir faire surveiller de près le per-
» sonnel des plans inclinés, surtout les jeunes ouvriers étrangers
» et exiger notamment que :

» 1°) la barrière au sommet soit fermée aussitôt après l'arrivée
» du wagonnet vide et ne soit ouverte qu'après l'accrochage au
» câble du wagonnet plein suivant;

» 2°) le préposé à la base ne laisse monter personne sans avoir
» donné, lui-même, le signal nécessaire.

» Il importe que les porions s'occupent spécialement de la for-
» mation professionnelle des jeunes ouvriers des plans inclinés. »

**N° 8.** — *Liège. — 7e Arrondissement. — Charbonnage des Kessales-Artistes et Concorde. — Siège Kessales, à Jemeppe-sur-Meuse. — Etage de 530 mètres. — 23 juin 1926, vers 15 h. 1/2. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur principal M. Guérin.*

Au pied d'un plan incliné automoteur, un ouvrier a été atteint par une berline chargée descendant attachée au câble, du sommet de ce plan incliné, la berline vide s'étant décrochée de l'autre brin du câble.

**Résumé**

Du pied d'un plan incliné automoteur long de 22 mètres et dont l'inclinaison vers l'est variait de 22 à 29°, partait une bacnure qui se trouvait presque dans le prolongement de ce plan incliné.

Un refuge de 1m,20 de profondeur était établi dans la paroi nord immédiatement au pied du plan incliné et, en face de celui-ci, étaient disposées de grosses pièces de bois destinées à arrêter les wagonnets descendants.

Chaque brin du câble se terminait par deux chaînettes se terminant elles-mêmes, l'une par un crochet légèrement contourné en hélice, l'autre par un crochet en forme d'U.

C'est par ces chaînettes que se faisait l'attelage des berlines au câble.

Le crochet en hélice était passé le bec vers le bas dans un anneau spécial fixé sous la caisse du wagonnet, l'autre crochet était posé en cavalier sur le bord de la caisse de la berline.

Un seul ouvrier assurait le service du plan incliné; il accrochait les berlines au câble, au pied et au sommet de ce plan incliné, et manoeuvrait le frein de la poulie.

Le jour de l'accident, ce service était effectué par le nommé D.

Vers 15 h. 1/2, un bosseyeur et son aide descendirent le plan incliné. Un wagonnet chargé de pierres était accroché au brin supérieur du câble; un wagonnet vide, au brin inférieur. Arrivés au pied du plan incliné, les deux hommes prévinrent D. Celui-ci effectua la manoeuvre. La berline pleine descendit; quant à la berline vide, elle s'était à peine déplacée de 2 à 3 mètres quand elle se décrocha du câble. Celui-ci glissa sur la poulie et la berline pleine dévalant à toute vitesse, vint buter violemment contre les pièces de bois, eut deux de ses roues brisées et fut rejetée à l'entrée de la bacnure où elle atteignit et blessa mortellement l'aide du bosseyeur.

Le bosseyeur et son aide ne s'étaient pas garés dans le refuge, mais s'étaient placés à l'entrée de la bacnure.

**N° 9.** — *Liége. — 7e Arrondissement. — Charbonnages de Kessales-Artistes et Concorde. — Siège Champs-d'Oiseaux, à Mons-lez-Liége. — Etage de 264 mètres. — 26 juin 1926, vers 21 h. 1/4. — P. V. Ingénieur principal M. Guérin.*

Au cours d'une manoeuvre dans un plan incliné automoteur, la barrière installée au sommet de celui-ci a été arrachée par la berline montante et a atteint un surveillant.

**Résumé**

L'accident est survenu à la tête d'un plan incliné automoteur réunissant entre elles des galeries établies respectivement aux niveaux de 233 et 241 mètres.



Ce plan incliné, qui présentait une pente de 18°, réduite toutefois à 3°, sur une faible longueur, à la partie supérieure, était pourvu à son sommet d'une barrière qui en défendait l'accès et qui consistait en une perche suspendue par deux chaînettes à deux montants du boisage. Lors des manoeuvres, cette perche était relevée et déposée sur les deux grosses pointes qui, enfoncées dans les montants, à 1m,09 au-dessus des rails, maintenaient les chaînettes de suspension.

Les berlines avaient 1 mètre de hauteur.

Une berline étant déformée au point que l'une de ses parois latérales était bombée d'au moins 0m,20 vers l'extérieur, deux surveillants décidèrent de redresser cette paroi en la faisant frapper par une berline pleine de pierres descendant du sommet du plan incliné.

Ils placèrent la berline déformée au pied de ce dernier. Ils accrochèrent ensuite une berline vide au brin inférieur du câble, une berline pleine au brin supérieur.

L'un des surveillants effectua alors la manoeuvre du plan incliné en ouvrant le frein de la poulie par le moyen du levier de commande.

La manoeuvre se fit à allure assez vive et la berline vide, en arrivant au sommet du plan incliné, heurta la barrière. Celle-ci arrachée d'un des deux montants vint atteindre le surveillant à la tête.

**N° 10.** — *Centre. — 2e Arrondissement. — Charbonnage de Strépy et Thieu. — Siège St-Julien, à Strépy. — Etage de 550 mètres. — 5 avril 1926, à 11 heures. — Un tué. — P. V. Ingénieur principal G. Desenfans.*

Un ouvrier qui était accroupi au pied d'un plan incliné a été atteint par un bloc de houille dégringolé du sommet de celui-ci.

**Rséumé**

L'accident s'est produit au pied d'un plan incliné automoteur de 18 mètres de longueur et de 35 à 38° d'inclinaison vers sud.

Il y avait un arrêt dans le transport. L'extrémité du brin ouest du câble pendait sur le palier supérieur, l'extrémité du

brin Est était accrochée à un anneau de sûreté (cravate) fixé à un montant de la recette inférieure.

Au sommet, le plan incliné était fermé par une barrière.

Un ouvrier était accroupi à la recette inférieure devant la voie ferrée ouest du plan incliné, le dos tourné vers celui-ci; il avait enlevé sa calotte de cuir.

A un moment donné, un bloc de houille tomba du sommet du plan incliné et vint atteindre l'ouvrier à la nuque. L'ouvrier fut tué.

Le bloc de houille en question se trouvait sur un wagonnet dont il dépassait le bord de la caisse, wagonnet que poussait un ouvrier sur le palier supérieur du plan incliné. Ayant heurté le câble, il était tombé du wagonnet et avait dégringolé dans le plan incliné.

Au Comité d'Arrondissement, l'Ingénieur qui a procédé à l'enquête a fait remarquer que cet accident montrait une fois de plus qu'il y avait toujours danger à stationner au pied des plans inclinés de faible longueur et très inclinés, lorsque des manoeuvres s'exécutaient au palier supérieur, alors même que les barrières étaient fermées. Il a ajouté que les ouvriers chargés du service au pied des plans inclinés devraient, à ce moment, être garés et aussi qu'il serait nécessaire d'imposer aux ouvriers le port de la calotte de cuir.

Il a, a-t-il dit, donné des instructions dans ce sens à la direction du charbonnage. Les autres membres du Comité ont annoncé leur intention de faire des recommandations identiques aux directions des charbonnages placés sous leur surveillance.

**N° 11.** — *Mons. — 2e Arrondissement. — Charbonnage du Levant du Flénu. — Siège n° 17, à Cuesmes. — Etage de 710 mètres. — 12 août 1926, vers 10 heures. — Un tué. — P. V. Ingénieur R. Hoppe.*

## Un ouvrier a été tué par un wagonnet au pied d'un plan incliné automoteur à la suite de la rupture du câble.

**Résumé**

La voie thierne d'une taille montante du chantier entrepris dans la couche Anas à l'étage de 710 mètres, taille mactive depuis plusieurs mois, était en recarrage.



Cette voie présentait une inclinaison de 11° vers nord et le front du recarrage était arrivé à 7 mètres environ de la voie de niveau inférieure.

Deux voies ferrées avaient été établies sur cette longueur de 7 mètres et une poulie avait été placée au sommet. Cette partie de la voie thierne se trouvait ainsi aménagée en plan incliné automoteur. Au pied de cette voie thierne, la galerie de niveau s'étendait vers l'ouest; vers l'est était ménagée une niche de garage.

Le câble utilisé, de 14 millimètre de diamètre, était constitué de 6 torons de 12 fils d'acier de $1^{mm},2$ de diamètre, avec âme en chanvre.

Ce câble avait fonctionné jusqu'au début de juillet dans un plan incliné en creusement du chantier de la couche Anas; ce travail terminé, il avait été déposé dans un chariot garé dans une galerie abandonnée.

Le 9 août, un des ouvriers recarreurs occupés à la voie thierne, le nommé G, était venu le chercher et l'avait placé sur la poulie de cette voie. Il en avait confectionné lui-même les boucles terminales et ce en repliant chaque bout sur une pièce métallique, sensiblement semi-ovale, à encoche semi-cylindrique, dite « cosse », et en enserrant ensuite, comme d'habitude, sur le câble, l'extrémité du bout ainsi replié au moyen de clames et boulons .

Le 12 août, vers 9 h. 3/4, un wagonnet vide avait été accroché par G au brin ouest du câble; un wagonnet plein de terres avait d'autre part été attaché au brin Est. Un ouvrier, en agissant sur le frein de la poulie, faisait fonctionner le plan incliné, lorsque la boucle terminale du brin Est s'ouvrit. Les deux wagonnets dégringolèrent jusqu'à la voie de niveau inférieure et l'ouvrier G qui était resté devant le plan incliné fut atteint par un des chariots et tué.

Le câble s'était rompu dans la partie courbée sur la « cosse ». Il a été constaté que la boucle qui a cédé et la partie adjacente du câble sur 8 à 10 mètres étaient fortement rouillés et que dans la boucle qui s'est rompue, une simple flexion suffisait à rompre certains fils; que, de plus, l'état de décomposition du câble était manifeste.

Le porion du poste du matin avait vu le câble en service sur la voie où l'accident s'est produit, mais il ne l'avait pas spécia-

lement visité, parce que cette besogne incombait au surveillant de nuit. Ce dernier, à qui, en effet, d'après le règlement intérieur de la mine, incombait la visite hebdomadaire des accessoires des plans inclinés, n'avait pas visité la voie thierne en question entre le 9 et le 12 août.

Le cordier, qui était chargé de visiter une fois par mois tous les câbles en service dans les travaux souterrains, avait visité le chantier d'Anas, le 15 juillet précédent, et, à cette date, avait inscrit à son registre : « Les câbles du chantier d'Anas sont en bon état ».

A la réunion du Comité d'Arrondissement, M. le Président a exprimé son étonnement de ce que de simples ouvriers manoeuvres aient pu se permettre de mettre en service un nouveau plan incliné sans en avoir fait examiner au préalable tous les accessoires par l'agent responsable de ces engins ou tout au moins par les porions du chantier. Il lui a paru qu'un vice d'organisation devait exister dans la surveillance des câbles de plans inclinés puisque, a-t-il fait connaître, le jour de l'enquête de l'accident susdit, un autre câble tout aussi fragile avait été découvert.

M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 2e Arrondissement des mines a attiré l'attention de la direction du charbonnage sur l'incurie constatée au cours de l'enquête et a invité cette direction à prendre des mesures pour que de tels faits ne se produisent plus.

**N° 12.** — *Charleroi. — 5e Arrondissement. — Charbonnage de Baulet. — Siège Ste-Barbe, à Wanfercée-Baulet. — Etage de 173m,90. — 14 août 1926, vers 4 h. 1/2. — Un blessé. — P. V. Ingénieur G. Paques.*

Au pied d'un plan incliné automoteur, au cours d'une manoeuvre, un ouvrier a été blessé par le wagonnet vide qui s'était décroché du câble.

**Résumé**

L'accident s'est produit au pied d'un plan incliné automoteur, long de 33 mètres et présentant 25° de pente vers sud.

Ce plan incliné, à double voie ferrée, était pourvu d'une poulie avec frein automatiquement fermé par un contrepoids.



Au pied de ce plan incliné, vers l'est, était ménagée une niche de refuge de 2 mètres de large, 2 mètres de profondeur et 2m,10 de hauteur; à l'ouest aboutissait la galerie de niveau; le palier, à plancher métallique, y était spacieux et il se raccordait au plan incliné proprement dit par une taque spéciale dite « à coeur » destinée à faciliter la mise à rails des wagonnets vides.

Les signaux étaient donnés par une sonnette installée au sommet du plan incliné et dont le cordon bifurquait au bas de celui-ci de façon que la sonnette pût être actionnée tant de la niche que de la voie de niveau ouest.

Chaque brin du câble se terminait par deux chaînettes servant à l'attelage des wagonnets et se terminant elles-mêmes, l'une par un crochet ordinaire que l'on plaçait « en cavalier » sur le bord supérieur avant de la caisse du wagonnet, l'autre, par un crochet annelé (crochet de sûreté avec anneau-cliquet retombant après introduction de l'attache) que l'on accrochait à un anneau de traction fixé à la base de la caisse du wagonnet.

Au moment de l'accident, le surveillant de trait avait, au sommet du plan incliné, accroché un wagonnet plein de terres au brin ouest du câble, tandis qu'un ouvrier avait, à la recette inférieure, attaché, par les deux chaînettes, un wagonnet vide au brin Est. Après avoir, par trois coups de sonnette, donné le signal de départ, cet ouvrier était resté derrière le wagonnet vide pour guider celui-ci dans la mise à rails. Le surveillant de trait, toutes autres manoeuvres effectuées, ouvrit le frein de la poulie. Les wagonnets se mirent en marche, mais aussitôt le wagonnet vide se décrocha du câble; il redescendit, fut frappé par le wagonnet plein et vint heurter l'ouvrier qui n'avait pas eu le temps de se retirer dans la niche de garage.

Après l'accident, il fut constaté que les chaînettes d'attache, ainsi que leurs crochets, du brin levant du câble étaient en bon état.

Le wagonnet qui avait occasionné l'accident — non répéré — avait été remis dans la circulation et n'avait donné lieu à aucun incident. Il ne put être examiné par l'Ingénieur qui a procédé à l'enquête.

Celui-ci a constaté qu'il était impossible que la chaînette inférieure se décrochât fortuitement des wagonnets, sauf dans le cas où l'anneau fixé à la caisse de ceux-ci n'étant pas engagé à fond

dans la gorge du crochet, prenait appui sur l'extrémité du bec de ce dernier.

Dans ce cas, toute traction exercée sur le câble rétablissait un accrochage convenable, mais la moindre poussée sur le wagonnet suffisait pour amener le décrochage de l'attelage inférieur, le seul efficace.

Il a relevé également que 25 % des wagonnets avaient leurs anneaux de traction rompus et que ces anneaux avaient été réparés par rivetage, ce qui rendait quelque peu malaisé leur introduction dans le crochet d'attelage et empêchait parfois l'anneau de sûreté de celui-ci de prendre sa position d'enclenchement.

Le Comité d'Arrondissement a constaté que cet accident montrait, une fois de plus, que les crochets avec anneau ou cliquet de sûreté n'étaient pas d'une efficacité absolue.

Il a critiqué la réparation par rivure des anneaux d'attelage, employée au charbonnage susdit, et s'est rallié à une suggestion faite par l'auteur du procès-verbal : le remplacement provisoire de l'anneau par un étrier fixé par boulon.

M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 5e Arrondissement des mines a écrit dans ce sens à la direction du charbonnage.

**N° 13.** — *Centre. — 2e Arrondissement. — Charbonnage du Levant de Mons. — Siège n° 1, à Estinnes-au-Val. — Etage de 415 mètres. — 19 août 1926, vers 19 heures. — Un tué. — P. V. Ingénieur C. Demeure.*

Au pied d'un plan incliné automoteur, un ouvrier a été enseveli sous un éboulement provoqué par le wagonnet plein descendant à toute vitesse, le wagonnet vide n'ayant pas été attaché au câble.

**Résumé**

L'accident s'est produit au pied d'un plan incliné automoteur de 25 mètres de longueur et 25° d'inclinaison.

Au pied de ce plan incliné, une niche de garage était ménagée dans chacune des parois et deux anneaux de sûreté (cravates) étaient fixés à des montants; à l'un de ses anneaux devait être



accrochée l'extrémité du câble après décrochement de la berline pleine descendue.

L'attelage des wagonnets au câble se faisait comme suit :

Chaque brin du câble se terminait par trois chaînettes qui, elles-mêmes, se terminaient : l'une par un crochet de sûreté — crochet annelé — que l'on passait dans un anneau fixé au bas de la face frontale de la caisse du wagonnet; une autre, par un crochet plat que l'on plaçait en cavalier sur le bord supérieur de cette face et la troisième par le grappin que l'on passait dans une poignée fixée à mi-hauteur de la même face.

La poulie était à frein normalement serré par un contrepoids.

Au moment de l'accident, le plan incliné ayant été inactif pendant une dizaine de minutes, un wagonnet plein de terres avait été accroché au brin supérieur du câble, après signal de mise en marche, consistant en trois coups de sonnette, donné par l'ouvrier préposé à la recette inférieure, signal que cet ouvrier avait ensuite confirmé par le cri « C'est hue! ».

L'ouvrier de la recette supérieure, toutes manoeuvres préalables terminées, avait ouvert le frein de la poulie.

Le wagonnet plein descendit à toute vitesse, heurta violemment le boisage de soutènement au pied du plan incliné, boisage qui céda en provoquant un éboulement important sous lequel fut enseveli et tué l'ouvrier préposé à la recette inférieure.

Il a été constaté que le brin inférieur du câble avait été détaché de la « cravate », mais n'avait pas été accroché au wagonnet vide et que l'ouvrier n'avait reçu aucune blessure provenant d'un choc d'un des wagonnets.

**N° 14.** — *Charleroi. — 4e Arrondissement. — Charbonnage de Monceau-Fontaine, Martinet et Marchienne. — Siège n° 4, à Monceau-sur-Sambre. — Etage de 750 mètres. — 7 septembre 1926, vers 1 heure. — Un blessé. — P. V. Ingénieur R. Lefèvre.*

Au sommet d'un plan incliné automoteur, la barrière ayant été heurtée par le wagonnet montant, a atteint un ouvrier à la tête.

**Résumé**

L'accident s'est produit au sommet d'un plan incliné automoteur de 25° de pente vers sud.

En ce point, la descente intempestive des wagonnets dans le plan incliné était empêchée par une barrière, formée d'un fer rond de 35 millimètres de diamètre et de 2m,70 de longueur, fixée par un de ses bouts, à l'aide d'un boulon, au montant levant du cadre supérieur de boisage du plan incliné. Lorsque la barrière était fermée, elle reposait sur le sol par son autre bout, contre le montant couchant du même cadre. Ouverte, elle reposait sur un support plat fixé à ce dernier montant; elle se trouvait alors au-dessus du sol à une hauteur qui dépassait de 0m,30 la hauteur des wagonnets.

Au moment de l'accident, un wagonnet plein descendait sur la voie ferrée levant du plan incliné, un vide montait sur la voie ferrée couchant; un hiercheur était garé à la recette supérieure vers l'ouest, à côté d'une berline pleine arrêtée. Cette berline ayant reçu un choc d'une autre berline poussée par un ouvrier, le hiercheur voulut la retenir afin de l'empêcher d'être atteinte par le wagonnet montant dans le plan incliné. C'est alors qu'il fut frappé à la tête par la barrière du plan incliné, barrière qui, heurtée par le wagonnet montant, avait été projetée vers la poulie.

Le blessé a déclaré qu'il croyait — sans pouvoir l'affirmer — que le wagonnet qu'il voulait retenir s'est engagé sous le brin montant du câble qu'il a soulevé au moment où le wagonnet vide arrivait au sommet du plan incliné.

Le Comité d'Arrondissement a critiqué l'installation; il a fait remarquer que lorsqu'on utilisait des barrières de ce genre, on plaçait généralement un solide montant près de celui portant le crampon destiné à supporter l'extrémité de la barrière; cette extrémité se mouvant entre ces deux montants ne pouvait ainsi subir de mouvement latéral sous l'effet d'un choc.

Des observations dans ce sens ont été présentées par M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 4e Arrondissement des mines à la direction du charbonnage, qui avait d'ailleurs pris la décision de remplacer cette barrière par une autre d'un type ne présentant pas l'inconvénient signalé.



**N° 15.** — *Charleroi. — 4e Arrondissement. — Charbonnage de Marcinelle-Nord. — Siège n° 12, à Marcinelle. — Etage de 875 mètres. — 8 septembre 1926, à 14 h. 3/4. — Un blessé. — P. V. Ingénieur principal L. Legrand.*

## Dans un bouveau incliné, un ouvrier qui essayait de dégager un wagonnet calé contre un montant du boisage, a été écrasé par ce wagonnet contre un autre montant.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans un bouveau descendant à 26-27°, de 63 mètres de longueur. Ce bouveau, à simple voie ferrée, avait, sur presque toute sa longueur, une section libre de 1m,75 de hauteur et 1m,55 de largeur; toutefois, à environ 25 mètres de la recette supérieure, cette section se trouvait fortement réduite sur une longueur approximative de 5 mètres et, même en un point, ne mesurait que 1m,36 de hauteur et 0m,84 de largeur, à hauteur du bord supérieur de la caisse des wagonnets. Ceux-ci avaient 0m,76 de largeur.

Les wagonnets étaient manoeuvrés dans ce bouveau incliné par un treuil à air comprimé, installé au sommet. Le câble, en fils d'acier, avait 18 millimètres de diamètre.

Pour la montée, une fourche était accrochée derrière les wawonnets chargés; elle n'était pas utilisée en cas de montée de wagonnets vides.

Lors de l'accident, on faisait monter un wagonnet vide. A l'endroit où la galerie était de section rétrécie, le wagonnet vint buter contre un montant d'un cadre de boisage et s'immobilisa, coincé. Le treuil s'arrêta. Le machiniste essaya vainement de vaincre la résistance qui s'était produite en déroulant un peu de câble et en faisant tirer le treuil par acoups. N'y parvenant pas, il cria à l'ouvrier occupé à la recette inférieure du bouveau incliné de monter jus'au wagonnet pour examiner ce qu'il y avait. Il avait, au préalable, serré le frein du treuil.

L'ouvrier de la recette inférieure, arrivé près du wagonnet, constata que celui-ci n'était pas déraillé; mais simplement calé contre le montant. Se tenant près de l'un des angles inférieurs du wagonnet, il essaya, vainement, a-t-il dit, de décaler ce dernier en le faisant osciller; tout à coup, le wagonnet descendit et l'écrasa contre un montant du boisage.

D'après les constatations faites par les ouvriers qui se sont portés au secours de la victime, il semble que la descente du chariot n'ait été que de 0m,40 à 0m,50, ce que la victime a d'ailleurs reconnu comme possible.

Le machiniste n'avait pas constaté que le câble présentât du mou; mais, a-t-il déclaré, cela a pu se produire parce que le câble, de fort diamètre, manquait de souplesse et ne s'appliquait pas parfaitement sur le tambour du treuil, notamment aux derniers tours lors de la traction d'un wagonnet vide. L'Ingénieur qui a procédé à l'enquête a constaté qu'il en était bien ainsi.

Le Comité d'Arrondissement a estimé qu'en cas de déraillement ou de coincement d'un wagonnet sur un plan incliné ou un défoncement, il convenait d'aborder le véhicule par le haut afin d'examiner les mesures à prendre. Il a émis l'avis que cet accident montrait une fois de plus l'utilité de l'emploi des grappins de sûreté lors de la remise à rails ou de décalage des chariots circulant sur les voies inclinées.

M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 4e Arrondissement des mines a écrit dans ce sens à la direction du charbonnage et lui a conseillé de prescrire l'emploi de dispositifs capables de diminuer le danger des remises à rails des chariots déraillés sur les voies inclinées.

**N° 16.** — *Charleroi. — 3e Arrondissement. — Charbonnage du Nord de Charleroi. — Siège n° 6 (Périer), à Souvret. — Etage de 310 mètres. — 14 septembre 1926, vers 10 heures. — Un blessé mortellement. — P. V. Ingénieur principal E. Molinghen.*

## En remettant sur rails un wagonnet déraillé dans un plan incliné, un ouvrier a eu la tête serrée entre ce wagonnet et un montant du soutènement.

### Résumé

L'accident s'est produit dans un plan incliné automoteur de 50 mètres de longueur et de 23° de pente vers sud.

Les wagonnets à manoeuvrer dans ce plan incliné étaient attachés aux extrémités d'une chaîne passant sur une poulie à gorge, avec frein automatique à contrepoids, installée au sommet.



Deux chaînettes, dites chiens de sûreté, se terminant à leur extrémité libre par un crochet, étaient fixées à demeure au châssis de la poulie. Elles servaient à immobiliser la chaîne de manoeuvre en cas de déraillement d'un chariot dans le plan incliné; le crochet d'une des chaînettes — qui était tendue — était alors passé dans l'un des maillons du brin descendant de la chaîne.

L'accident est survenu comme suit :

On procédait à une manoeuvre dans le plan incliné : un wagonnet plein de terres (poids approximatif : 700 kilogrammes) descendait sur la voie ferrée levant; un wagonnet vide montait sur la voie ferrée couchant.

Le wagonnet chargé dérailla à 12 mètres environ de la recette inférieure.

Le préposé au service de la poulie serra le frein, mit le « chien de sûreté » au brin descendant de la chaîne, puis se rendit auprès du chariot déraillé, de même que le préposé de la recette inférieure, le nommé B.

Les deux hommes se mirent en devoir de remettre le chariot sur rails. B s'était placé en contrebas du chariot, l'épaule gauche adossée à la face avant de la caisse, la face tournée vers l'Est; ayant saisi le véhicule par le bord inférieur de la caisse, il s'efforçait de le soulever et de le déplacer vers l'Est. L'autre ouvrier, à l'amont, exerçait des efforts sur l'attelage du chariot pour favoriser le soulèvement.

A un moment donné, alors que le chariot était soulevé vers l'aval, B glissa sur le sol et lâcha le wagonnet qui retomba en lui coinçant la tête contre un montant du boisage.

Le sol du plan incliné entre les rails de la voie ferrée levant était lisse et humide.

Il n'a été relevé aucune cause de déraillement.

Le préposé de la recette supérieure du plan incliné a déclaré qu'au moment de l'accident, le chariot déraillé est descendu de quelques centimètres.

Le Comité d'Arrondissement a estimé que pour remettre sur rails le chariot plein déraillé, la victime n'aurait pas dû se placer à l'aval, précaution recommandée dans les conclusions de l'étude des accidents survenus sur les plans inclinés de 1889 à 1912, par MM. Watteyne et Lebens (*Annales des Mines de Belgique*, tome

XX, année 1919, 3e livraison). Il a été en outre d'avis qu'il était préférable d'immobiliser directement le chariot déraillé, plutôt que la chaîne ou le câble du plan incliné, à condition que le grappin de sûreté soit d'un type présentant toutes garanties et qu'il en soit fixé un à demeure à chaque extrémité dudit câble ou de ladite chaîne.

M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 2e Arrondissement des mines a invité la direction du charbonnage à interdire au personnel de se placer à l'aval d'un wagonnet déraillé pour le remettre sur rails, dans un plan incliné.

Il lui a conseillé de faire appliquer dans les manoeuvres des plans inclinés, toutes les autres mesures de sécurité préconisées dans l'étude susrappelée de MM. Watteyne et Lebens.

**N° 17.** — *Mons. — 2e Arrondissement. — Charbonnage d'Hornu et Wasmes. — Siège n° 6, à Wasmes. — Etage de 543 mètres. — 23 septembre 1926, à 1 heure. — Un blessé. — P. V. Ingénieur R. Hoppe.*

## Un ouvrier qui était resté dans un plan incliné pendant la manoeuvre des wagonnets a été blessé par le chariot montant.

**Résumé**

L'accident est survenu dans un plan incliné automoteur desservant une taille montante.

Ce plan incliné, de 50 mètres de longueur, présentait une pente de 28° sur les 12 mètres inférieurs, de 24° sur les 8 mètres suivants et de 18° sur les 30 mètres supérieurs.

La poulie, placée au sommet, était pourvue d'un frein à bande commandé par un levier à main.

Deux ouvriers avaient été chargés par un porion de nettoyer ce plan incliné.

De ces deux ouvriers, l'un — C —, ouvrier mineur de profession, n'avait jamais manoeuvré le frein de la poulie de ce plan incliné; l'autre — L — était un ouvrier de fabrique occupé dans la mine depuis trois semaines seulement.

Ces deux ouvriers attachèrent un wagonnet vide à chaque brin du câble; puis en tirant sur celui-ci produisirent mètre par mètre



le déplacement des wagonnets et à chaque arrêt, chargèrent dans le chariot de tête les terres et les pierres qui jonchaient le sol.

Quand il fut descendu de 10 mètres, le chariot de tête était rempli.

C dit alors à L de rester dans le plan incliné et de pousser ce chariot vers le bas, afin d'amorcer la manoeuvre, pendant que lui-même desserrait le frein; il lui demanda encore de le prévenir de l'arrivée près de lui du wagonnet vide montant, ajoutant qu'il arrêterait alors la manoeuvre en agissant sur le frein de la poulie.

Le but de C était de charger quelques pelletées de terre dans ce chariot avant de l'amener au sommet du plan incliné, pour rendre plus aisée la manoeuvre suivante.

Malheureusement, C ne parvint pas à arrêter les wagonnets et le chariot montant vint heurter l'ouvrier L.

L'Ingénieur qui a procédé à l'enquête a vérifié expérimentalement que, dans ce plan incliné, si on laissait prendre aux wagonnets une vitesse un peu grande, il devenait très vite impossible d'arrêter le mouvement en agissant sur le frein de la poulie.

Le Comité d'Arrondissement, constatant que cet accident montrait l'inefficacité des freins agissant uniquement sur la poulie, lorsque la vitesse des chariots devient considérable, a estimé que les freins agissant à la fois sur la poulie et le câble étaient plus recommandables.

**N° 18.** — *Limbourg. — 10e Arrondissement. — Charbonnage André Dumont sous-Asch. — Siège de Waterschei, à Genck. — Etage de 700 mètres. — 26 octobre 1926, vers 1 heure. — Un tué. — P. V. Ingénieur P. Gérard.*

## Un ouvrier qui descendait un plan incliné a été tué par une berline dévalant, non attachée au câble, du sommet de ce plan incliné.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans un plan incliné automoteur de 70 mètres de longueur et de 12° d'inclinaison.

Au sommet de ce plan incliné, dont la poulie était munie d'un frein automatique à contrepoids, était placée une barrière constituée par une bêle pivotante.

Les signaux étaient donnés par deux sonnettes, suspendues l'une au sommet, l'autre au pied du plan incliné, et pouvant être manoeuvrées par cordon, la première, de la recette inférieure, la seconde, de la recette supérieure.

L'attelage des wagonnets au câble était réalisé comme suit :

Chaque brin du câble se terminait par deux chaînettes d'inégale longueur et se terminant chacune par un crochet ordinaire. Une des chaînettes était accrochée à un oeillet fixé à la partie inférieure de la caisse du véhicule, tandis que le crochet terminal de l'autre chaînette était placée en cavalier sur le bord de cette caisse.

Lorsqu'une personne devait descendre le plan incliné, le préposé de la recette supérieure avait pour ordre d'en informer le préposé de la recette inférieure par le signal « Personnel » consistant en cinq coups de sonnette.

L'ouvrier J, assisté d'un aide D, était chargé des manoeuvres des wagonnets au sommet du plan incliné; ce même ouvrier avait aussi dans ses attributions la commande du frein de la poulie.

Quelques instants avant l'accident, dans la voie de niveau supérieure, le nommé M se dirigeant vers le sommet du plan incliné, rencontra, à 8 mètres de celui-ci, J et D qui s'en éloignaient en poussant une berline vide. En passant près d'eux, il dit qu'il allait descendre le plan incliné, d'après ce qu'a déclaré D, mais J a prétendu que cela était inexact.

J et D revinrent presque aussitôt vers le plan incliné en poussant une berline chargée de pierres. A ce moment-là, le signal de mise en marche fut sonné par le préposé de la recette inférieure, lequel ignorait que M descendait le plan incliné. J ne donna pas le signal « Personnel ». Avec D, il fit pivoter la berline pleine qu'il attacha ensuite au câble. La berline était contre la barrière, il la retira quelque peu vers la poulie pour permettre à D d'ouvrir la barrière. J poussa alors la berline sur la voie ferrée ouest du plan incliné. La berline descendit à toute vitesse non accrochée, ratrappa M qui fut mortellement blessé et mourut trois heures après.

J a déclaré qu'à son sens, la berline s'était décrochée, sans qu'il s'en fût aperçu, pendant la manoeuvre qu'il a faite pour la tirer vers le haut. Il a ajouté qu'il n'a pas donné le signal « Personnel » parce qu'il a pensé que M avait eu le temps d'arriver à la recette



inférieure pendant, qu'avec son aide, il effectuait les manoeuvres à la recette supérieure.

D a, d'autre part, déclaré que d'habitude J attachait le crochet inférieur et lui-même le crochet supérieur; mais qu'il n'était pas certain d'avoir accroché le crochet supérieur à la berline qui a occasionné l'accident.

**N° 19.** — *Centre. — 2e Arrondissement. — Charbonnage du Levant de Mons. — Siège n° 1, à Estinnes-au-Val. — Etage de 420 mètres. — 19 novembre 1926, à 12 heures. — Un tué. — P. V. Ingénieur C. Demeure.*

Au pied d'un bouveau-vallée, au cours d'une manoeuvre dans celui-ci, un ouvrier a été tué par un chariot libéré à la suite de la rupture du câble.

**Résumé**

L'accident s'est produit dans un bouveau-vallée, long de 38m,60 et présentant une inclinaison de 25° vers Est.

Cette vallée comportait trois lignes de rails, sauf évitement à quatre rails vers le milieu.

Au pied, vers sud, était ménagée une niche de garage de 1m,70 de profondeur, tandis qu'au nord aboutissait la voie de niveau.

Au sommet était installé un treuil à air comprimé; le diamètre d'enroulement du câble sur le tambour de ce treuil était de 0m,60.

L'accident est dû à une rupture du câble.

Celui-ci, placé, neuf, trois mois avant l'accident, était en acier clair de 130/140 kilogrammes par millimètre carré de résistance. De 15 millimètres de diamètre, il était constitué de 6 torons de 19 fils de 1 millimètre de diamètre et d'une âme en chanvre. Dans chaque toron les fils étaient répartis comme suit : 9 fils intérieurs formant âme et 10 fils extérieurs formant couronne. A la fourniture, le fabricant avait garanti une charge de rupture minimum de 10.800 kilogrammes.

Un wagonnet chargé de charbon pesait 800 kilogrammes et exerçait sur le câble un effort de traction de 338 kilogrammes.

Les wagonnets pleins montants étaient toujours munis d'un « piqueron », sorte de fourche-béquille, qui s'accrochait, par un crochet ordinaire, à l'anneau arrière de la caisse et dont le rôle

était d'empêcher la descente du wagonnet en cas de rupture ou de déroulement du câble.

Au moment de l'accident, un wagonnet plein de charbon, attaché au câble, montait sur la voie ferrée sud. Alors qu'il s'était déplacé de quinze mètres environ, il redescendit à toute vitesse et vint tuer le préposé de la recette inférieure.

Le câble s'était rompu.

Les ouvriers interrogés ont estimé que la victime après s'être garée dans la niche comme elle le faisait habituellement, avait voulu fuir et avait été atteinte par le wagonnet alors qu'elle passait devant la voie ferrée sud.

Le « piqueron » a été retrouvé à 10m,50 du pied du plan incliné.

Au siège susdit, les visites des câbles des plans inclinés et vallées étaient organisées comme suit :

1) Visites journalières, matin et soir, par les porions;

2) Visites journalières par le machiniste du treuil et par l'ajusteur-visiteur du chantier;

3) Visites hebdomadaires par le chef-ajusteur et le cordier;

4) Visite du contrôleur du matériel lorsque la durée normale de fonctionnement (huit mois) était dépassée.

Le câble qui s'est rompu avait régulièrement fait l'objet des visites reprises sous les numéros 1, 2 et 3 et les visiteurs n'y avaient rien constaté d'anormal.

Il avait notamment été visité le matin même du jour de l'accident par le chef-ajusteur.

Le cordier l'avait visité à fond le 15 novembre, soit quatre jours avant l'accident. Il y avait relevé la présence de quelques fils cassés, mais le nombre de ceux-ci n'était pas suffisant pour justifier le remplacement du câble.

L'Ingénieur qui a procédé à l'enquête a constaté que le câble présentait des traces d'usure : 1°) dans la zone avoisinant le point de rupture; 2°) dans une zone située à 30 mètres des chaînes d'attelage, traces d'usure consistant en fils brisés (fils extérieurs ou de « couronne » des divers torons) et en diminution de la résistance à la flexion des fils extérieurs non brisés. Les fils intérieurs de chaque toron résistaient à 6, 8 et 10 flexions à 180°; les fils extérieurs se brisaient par trois flexions à 180°.

Au cours d'expériences, le « piqueron » s'est détaché du chariot deux fois sur quatre.

Les voies ferrées étaient en bon état.



A la réunion du Comité d'Arrondissement, l'Ingénieur qui a procédé à l'enquête a fait remarquer que même en supposant usés les 10 fils extérieurs de chacun des six torons et en ne tablant que sur la résistance des 9 fils intérieurs de ces torons, le câble présentait encore un coefficient de sécurité de 14,4 et qu'il avait fallu pour le rompre un violent effort dynamique dont la nature n'avait pu être établie par l'enquête. Il a, de plus, émis l'avis que le faible rapport entre le diamètre du tambour et celui du fil avait dû fatiguer le métal.

M. le Président a fait la supposition qu'antérieurement à l'accident le câble avait pu être blessé à l'endroit où la rupture s'est produite.

Un membre s'est demandé si la section de rupture ne correspondait à celle tangente au tambour du treuil lorsque, après avoir ralenti, le machiniste rendait probablement de l'air comprimé à la machine pour amener le chariot plein jusqu'à la recette, cet acoup étant, d'après lui, de nature, à la longue, à affaiblir le câble dans cette partie. Il a estimé qu'un acier aussi dur était peu indiqué pour fabriquer des câbles soumis aux faibles enroulements qu'offrent les treuils et les poulies en usage dans les plans inclinés.

Un membre a préconisé de munir le crochet d'attache des « piquerons » d'un « toc » ou anneau retombant tel celui employé parfois pour les crochets d'attelage des wagonnets.

M. le Président a fait observer qu'une bonne précaution serait aussi de creuser, comme on le fait dans certains charbonnages, des trous entre les traverses de la voie pour que le « piqueron » puisse fonctionner immédiatement après la rupture du câble et empêcher ainsi tout recul et par là même tout soulèvement du chariot montant.

Un membre a ajouté que pour être efficaces, les « piquerons » devaient être assez longs, sinon ils tendaient à être renversés par le chariot pour peu que celui-ci se soulevât.

Enfin, le Comité a été d'avis que puisque les câbles des plans inclinés ne servaient pas à la translation du personnel, il n'y avait pas lieu de les soumettre à des prescriptions réglementaires, étant donné de plus que les ouvriers devaient être garés lorsque les chariots étaient en mouvement dans ces galeries.

**N° 20.** — *Liége. — 7e Arrondissement. — Charbonnage de Marihaye. — Siège Vieille-Marihaye, à Seraing. — Etage de 742 mètres. — 29 novembre 1926, vers 19 h. 1/2. — Un tué. — P. V. Ingénieur R. Masson.*

Au cours d'une manoeuvre dans un plan incliné automoteur, l'ouvrier préposé au service de la recette supérieure a été atteint par la berline montante.

**Résumé**

L'accident est survenu à la recette supérieure d'un plan incliné automoteur de 29 mètres de longueur et de 25° de pente environ. La poulie, placée à 0m,90 au-dessus du sol de ladite recette était munie d'un frein à vis et manivelle.

Quand l'accident s'est produit, l'ouvrier C était préposé depuis un mois et demi environ à la manoeuvre des wagonnets dans la voie de niveau supérieure ainsi qu'au service de la recette correspondante et par là même à la commande du frein de la poulie.

Au moment de l'accident, le préposé G de la recette inférieure revenant vers celle-ci, entendit une berline descendre à grande vitesse dans le plan incliné. Cette berline, qui était chargée de pierres, vint se renverser sur les taques recouvrant le sol de cette recette; elle était attachée à l'un des brins du câble. G se rendit immédiatement au sommet du plan incliné et il y trouva l'ouvrier C ne donnant plus signe de vie, étendu sur le sol à l'entrée de la voie de niveau.

La lampe et le chapeau de cet ouvrier étaient déposés sur le sol près de la poulie.

La berline vide attachée à l'autre brin du câble était arrêtée contre les montants masquant la poulie et le frein de cette dernière était ouvert; il fallut exécuter deux tours de manivelle pour le fermer.

A la suite de cet accident, M. l'Ingénieur en Chef-Directeur du 7e Arrondissement a rappelé à la direction du charbonnage une circulaire ministérielle du 11 février 1898 préconisant l'emploi de freins disposés de telle sorte qu'ils soient toujours fermés au repos. Il l'a invitée à modifier, sans retard, toute installation ne satisfaisant pas à cette instruction.



**N° 21.** — *Mons. — 2e Arrondissement. — Charbonnages du Rieu-du-Coeur et de la Boule Réunis. — Siège Ste-Placide, à Quaregnon. — Etage de 602 mètres. — 13 décembre 1926, à 9 h. 1/2. — Un tué. — P. V. Ingénieur J. Martelée.*

La chaînette reliant deux berlines vides montant dans un plan incliné s'étant rompue, un ouvrier a été atteint par la berline libérée.

**Résumé**

Un plan incliné automoteur de 24 mètres de longueur et de 24 à 25° d'inclinaison vers sud, comportait trois lignes de rails avec, au milieu, un croisement à quatre rails. A l'endroit du croisement des berlines, l'entrevoie mesurait 0m,165, ce qui laissait normalement entre les caisses des berlines circulant sur les deux voies ferrées, un intervalle de 0m,03.

A sa base, le plan incliné aboutissait à une voie de niveau s'étendant tant vers l'est que vers l'Ouest.

Les signaux étaient donnés au moyen d'une sonnette placée au sommet du plan incliné et dont le cordon, vers le bas de celui-ci, se dédoublait de façon à pouvoir être tiré de chacun des deux côtés de la recette inférieure.

Au moment de l'accident, un wagonnet chargé de charbon descendait sur la voie ferrée levant, tandis que deux wagonnets vides montaient sur la voie ferrée couchant. Ces deux derniers étaient réunis entre eux par une chaînette en fer n° 4 dont les maillons avaient environ 100 millimètres carrés de section.

Un seul des wagonnets vides parvint à la recette inférieure. La chaînette d'attelage des deux wagonnets montants s'était rompue et le wagonnet libéré était venu écraser l'ouvrier préposé à la recette inférieure, contre la paroi de la voie de niveau.

L'ouvrier de la recette supérieure avait entendu du bruit au moment du croisement des wagonnets, mais il n'en avait pas été surpris, a-t-il dit, parce que fréquemment, dans le croisement, des chariots, plus ou moins déformés, frottaient l'un contre l'autre.

Un des maillons de la chaîne s'était brisé en deux parties; les morceaux ont été retrouvés à une dizaine de mètres du pied du plan incliné.

La section d'une des deux cassures était légèrement rouillée. D'après l'Ingénieur qui a procédé à l'enquête, cette première cassure a dû s'ouvrir avant que la seconde se produisît.

La victime était occupée depuis plusieurs mois au service des plans inclinés.

A la réunion du Comité d'Arrondissement, M. le Président a fait observer que cet accident montrait une fois de plus l'utilité de ne pas se borner à un attelage unique entre des chariots circulant sur voie inclinée. Il a insisté sur ce point que l'accident n'aurait pu se produire s'il avait été fait usage entre les deux chariots montants d'un double attelage ou bien si le dernier wagonnet avait été relié directement au câble par une chaîne passant sous le premier chariot, précaution habituellement prise dans les charbonnages sur les plans inclinés où la translation de plusieurs wagonnets se fait simultanément sur une même voie ferrée.

Le Comité d'Arrondissement a été d'avis que dans les évitements un intervalle de 0m,10 au moins devrait exister entre les chariots qui se croisent pour tenir compte des déformations éventuelles de leurs caisses et éviter toute rencontre.

La direction du charbonnage a été invitée à veiller à ce que tous les plans inclinés satisfassent à cette condition.

## SERIE C.

*N° 1. — Limbourg. — 10e Arrondissement. — Charbonnage de Winterslag. — Siège de Winterslag, à Genck. — Etage de 600 mètres. — 16 avril 1926, vers 11 h. 1/2. — Un blessé. — P. V. Ingénieur A Meyers.*

### Dans un taille desservie par une courroie transporteuse, un ouvrier a eu le bras gauche entraîné entre cette courroie et le rouleau de renvoi.

**Résumé**

Dans une taille le transport des produits se faisait au moyen d'une courroie de 0m,51 de largeur, entraînée, à la vitesse de 0m,50 par seconde, par un moteur électrique et passant au sommet de la taille sur un rouleau de renvoi de 0m,35 de diamètre.



Normalement, ce rouleau était recouvert d'une taque formant trémie et sur laquelle étaient déversées, au moyen d'un culbuteur, les pierres destinées au remblayage de la taille. Cette taque constituait au surplus le protecteur du rouleau.

Au poste qui avait précédé celui de l'accident, la taque avait été enlevée pour permettre de tendre la courroie qui s'était déchirée. Le porion avait oublié de la faire replacer.

Au moment de l'accident, un ouvrier se tenait dans la voie de niveau supérieure sur le côté de la courroie, en aval du rouleau. Il plaçait sur la courroie des bois nécessaires au soutènement de la taille.

Il trébucha et son bras gauche vint en contact avec le brin inférieur de la courroie que précisément alors le machiniste remettait en marche, en faisant comme d'habitude d'abord marche avant, puis marche arrière. A la marche avant, le bras de l'ouvrier fut entraîné entre la courroie et le rouleau; il fut dégagé à la marche arrière.

Après l'accident, la direction a donné des ordres à son personnel pour que la négligence commise par le porion ne se produise plus.

# MÉMOIRE

## Etude

sur

## les Fonçages de Puits en Campine

PAR

C. GUION

Ingénieur civil des Mines.

Assistant de Géologie à l'Université de Liége.

*(Première suite)*

CHAPITRE VIII.

## Fonçage avec cimentation prealable.

Lors d'accidents survenus à d'anciens cuvelages (fissures, venues d'eau, etc.), on a pu réaliser un système de réparation aisé, très efficace, relativement peu coûteux et n'exigeant pas l'enlèvement et le remplacement du cuvelage défectueux. Ce système a été breveté sous le nom de système Portier.

Il consiste à créer derrière le cuvelage, dans le terrain lui-même, un massif de béton constitué par les éléments de la roche réunis par du ciment injecté à l'état de lait de ciment. Ce lait de ciment pénètre dans les joints, fissures et autres cassures des terrains et les pénètre. Le ciment s'y dépose et y fait prise. Il se constitue ainsi derrière le cuvelage un nouveau revêtement résistant et étanche.

L'injection du ciment se fait sous pression par des orifices forés dans le cuvelage. Le lait de ciment se prépare en surface et est amené à l'orifice par un conduit flexible. La pression est parfois simplement due à la hauteur de la colonne de lait de ciment.

La réussite de ce procédé, dès 1899, a amené les entrepreneurs de fonçage à envisager son utilisation pour le creusement des puits.

La *technique du procédé* est la suivante :

On fore sur la périphérie du puits à creuser une série de sondages disposés circulairement. Ces sondages sont soit creusés directement, soit par passes successives alternant alors avec la cimentation. Ces trous de sondes sont

laissés à nu sur la hauteur de la passe à cimenter ou, si un tubage est nécessaire, celui-ci est perforé aux niveaux voulus. On descend alors dans les sondages des tubes d'injection débouchant un peu au-dessus de la base du trou et on injecte le ciment. Ce ciment pénètre les joints et fissures et colmate ceux-ci. Il imprègne la roche et la rend compacte et étanche.

Dès 1905, après l'emploi en quelques sièges de charbonnages de ce procédé, on avait pu déduire *les constataions suivantes* :

1°) Le ciment pénétrait et faisait prise excellente dans les fissures et crevasses un peu importantes et disposées verticalement.

2°) Les joints horizontaux, les fissures étroites n'étaient pas cimentées et donnaient lieu à des venues d'eau. La cimentation était défectueuse.

Ceci s'expliqua aisément : les boues de forage se déposaient et provoquaient des obstructions. Lors de l'injection du ciment, elles constituaient un obstacle à la cimentation ou faisaient office de filtre retenant le ciment sur une épaisseur minime.

3°) De nouveaux essais réalisés avec circulation d'eau sous pression avant cimentation donnèrent d'excellents résultats. La circulation d'eau lavait les fissures et en expulsait la boue. Cette circulation pouvait se faire de deux façons : soit par injection d'eau sous pression, soit par aspiration de l'eau des nappes.

Ce dernier procédé présente l'avantage d'extraire les boues du trou et non de les refouler vers la périphérie du sondage.

4°) Quant à la pression d'injection du ciment, on avait remarqué qu'elle était insuffisante pour expulser ces boues et qu'elle était nécessaire pour développer la zone d'action des tubes cimenteurs.



5°) En ce qui concerne cette zone d'action, on avait pu constater qu'elle diminuait avec la profondeur.

6°) Les essais réalisés jusqu'à cette date n'avaient été exécutés qu'en terrains cohérents et durs. On recherchait le moyen d'utiliser la cimentation dans les morts-terrains meubles.

En 1910, on avait pu compléter ces premiers résultats. Les essais opérés avaient indiqué suffisamment l'inefficacité du procédé en terrains sableux.

Il en était de même pour des terrains argileux où les fissures et autres ouvertures se colmataient par des bouchons imperméables peu résistants.

La nécessité des hautes pressions pour étendre la zone d'influence des sondages était également apparue, de même que celle de faire varier la teneur du lait de ciment. Enfin, on avait pu déjà réaliser des comparaisons quant à la question de l'utilité des petites passes ou des grandes passes.

Les travaux entrepris en Campine allaient donner des résultats intéressants confirmant ou complétant ceux déjà réunis.

### Aptitude des terrains à la cimentation.

Au cours d'un accident survenu par rupture du soutènement en maçonnerie de béton au puits n° 1 de Beeringen, on versa au fond du puits 50 tonnes de ciment pour créer un bouchon étanche. Dans d'autres puits, au cours d'accidents dus à des venues d'eau, on réalisa la même opération. Chaque fois le ciment fut retrouvé sans consistance.

Pour réparer ce même accident, on fit une injection derrière le cuvelage; le ciment revint par les joints à l'intérieur du puits et lors de la vidange de celui-ci, on

trouva le ciment épandu en fine poussière sur toutes les saillies. Il n'avait pas fait prise.

Diverses tentatives ont été faites en vue de cimenter le crétacé à sa partie supérieure dans des craies dures et le tuffeau. Les tubes d'injection se calèrent au niveau du tuffeau dans des bouchons de ciment. Un certain tonnage de ciment pénétra cependant dans les terrains, mais moindre que dans la craie. Lors des sondages de contrôle forés à travers la masse supposée cimentée, on ne constata aucune diminution de la venue d'eau. Cependant, lors du creusement, on remarqua que des fissures traversant le tuffeau étaient bien colmatées au ciment.

D'ailleurs, lors d'essais expérimentaux réalisés par M. Sauvestre à Beeringen, relativement à la cimentation d'un trou de sonde dans le tuffeau, on avait obtenu les résultats suivants :

On injectait un lait de ciment par un ajutage dans une carotte de tuffeau évidée au centre. L'eau du lait de ciment traversait aisément la carotte très poreuse. Le ciment ainsi filtré par le tuffeau se concentrait dans la partie évidée, y faisait prise et finalement diminuait la porosité du tuffeau. La densité du ciment obturant le vide de la carotte était de 1,5 environ. Au cours d'autres essais, on fut amené à constater que du ciment injecté sous pression au travers d'un gravier passait d'abord intégralement, puis, une fois les fissures extérieures obturées et créant ainsi alentour du dépôt de gravier, une cuve étanche et résistante, le ciment injecté sous pression se tassait entre les fragments de roche et les cimentait en un béton compact.

Citons quelques constatations intéressantes relevées au cours soit du travail de cimentation, soit du creusement.



Aux *Charbonnages de Beeringen*, malgré les précautions prises pour éviter le calage des tubes (circulation du lait de ciment, rotation des tubes d'injections, etc.), ceux-ci se calèrent pour la plupart à la traversée du tuffeau par suite de la formation de bouchons de ciment.

Après ces essais, deux sondages de contrôle permirent de constater le résultat de l'injection.

Dans le tuffeau, il était nul. La cimentation était sans effet. Dans les craies et marnes sous-jacentes, le résultat était excellent. Les venues d'eau étaient supprimées. L'effet de la cimentation était tel qu'on envisagea la suppression du cuvelage. Un simple muraillement de béton fut établi. Dans la suite, on décida d'élever un cuvelage attendu qu'une fissure pouvant toujours se produire dans les terrains cimentés, le puits n'était pas, de ce fait, entièrement à l'abri d'une venue d'eau.

Aux *Charbonnages de Limbourg-Meuse* à Eysden, la quantité de ciment injectée dans le tuffeau fut faible. Les venues d'eau contrôlées par sondage persistèrent, mais diminuèrent.

Les craies et marnes furent aisées à cimenter. La quantité de ciment absorbée fut importante et les venues d'eau furent supprimées.

Des fissures existaient à la tête du houiller. Des essais de cimentation furent tentés, mais sans succès. Les roches étaient fortement altérées en sable et argile.

Aux *Charbonnages André Dumont*, les tubes d'injection se calèrent au niveau du tuffeau. Les résultats de la cimentation dans le tuffeau furent nuls. Dans les craies et les marnes, les résultats indiqués par les sondages de contrôle furent excellents : les venues d'eau étaient supprimées. Lors du creusement, les craies et les marnes présentaient des fissures de 4 à 5 millimètres imparfaite-

ment cimentées. Cependant, l'effet était excellent. Il n'y eut que des venues faibles facilement épuisées à la tonne.

Lors du sondage de reconnaissance exécuté pour l'étude du Hervien, il y avait eu dans le puits d'importantes venues d'eau par le sondage lui-même. Ces venues avaient entraîné de grandes quantités de sables fins. On avait injecté dans le sondage et par lui dans le terrain hervien du ciment. Les quantités de ciment injectées avaient même été supérieures et de beaucoup aux quantités de sable expulsées. Au creusement, on rencontra dans le Hervien congelé de grandes poches de ciment parfaitement compact ainsi que de nombreuses fissures cimentées. Certaines dépassaient 2 et 3 centimètres d'épaisseur.

A *Helchteren-Zolder*, on a entrepris une cimentation des morts-terrains et du houiller qui a donné des résultats satisfaisants : cette cimentation avait colmaté toutes les fissures des craies et marnes du crétacé, et avait supprimé une venue d'eau de la tête du houiller.

A la suite de ces constatations, on peut conclure :

1°) *Certaines roches sont rebelles à la cimentation.* Ce sont :

*a)* les *argiles* qui, délayées dans le lait de ciment, colmatent partiellement les fissures et provoquent des bouchons peu résistants, imperméables, qui empêchent toute cimentation prononcée. Ces bouchons peuvent céder localement en cas de surpression à l'injection, mais pour se reformer immédiatement. L'imperméabilité de la roche et son mélange facile avec le lait de ciment sont les deux principaux obstacles;

*b)* les *sables fins* qui, par leur finesse et leur enchevêtrement, constituent de véritables filtres et provoquent la séparation du ciment du lait de ciment;



*c)* les *tuffeaux* qui, par leur porosité, leur nature spéciale et leur texture, jouent un rôle analogue de filtre.

2°) Cependant, *des poches et fissures existant dans les sables et les tuffeaux peuvent être remplies ou colmatées* par un ciment résistant, à condition qu'il puisse y atteindre et que le tube d'injection ne soit pas séparé de ces espaces par des écrans filtrants.

3°) Les *meilleures roches* paraissent être les roches dures fissurées et les roches tendres assez compactes comme les craies et les marnes.

Cependant, dans le cas de roche dure, l'altération de celle-ci peut, par ses sables ou argiles, empêcher une action efficace de la cimentation;

4°) En ce qui concerne les *fissures*, on a pu remarquer que certaines d'entre elles (même assez larges, 3 ou 4 millimètres) peuvent ne posséder qu'un remplissage imparfait. La circulation intense d'eau préalablement à la cimentation a eu des effets excellents. Les fissures étaient parfaitement nettoyées;

5°) Les résultats des travaux de Campine et des essais réalisés à cette occasion permettent de détailler les modalités de la cimentation en nappes aquifères et de mettre en évidence l'action des résistances à la circulation du lait de ciment.

Du ciment injecté sans surpression dans l'eau ou dans une nappe aquifère ne se déposera pas ou, s'il se dépose, ne fera pas prise. Mais le lait de ciment croîtra en densité avec les résistances opposées à sa circulation et sous l'action de la pression se tassera et fera prise dans les fissures et dans les interstices entre les grains d'une roche. Le *ciment pénètrera donc une roche-grenue meuble et cimentera ses grains en béton compact tant que*

*les dimensions de ceux-ci et leurs dispositions dans la roche n'en feront pas un filtre parfait.*

Les essais exécutés et les résultats obtenus à Beeringen sont probants à cet égard;

6°) Enfin, à titre pratique, au point de vue résultats : la cimentation supprime les nappes aquifères sans cependant donner une étanchéité parfaite; les venues d'eau sont fortement réduites.

Une cimentation même fortement incomplète, comme dans le tuffeau par exemple, peut entraîner cependant une diminution dans le débit par suite de la cimentation de certaines fractures.

Dans aucun des puits de Campine, on n'a eu absence totale de venues d'eau à la traversée des passes cimentées, mais ces venues ont été excessivement faibles.

Il y a lieu évidemment de tenir compte du mode de réalisation de cette cimentation. Le ciment était injecté par des sondages à partir de la surface. Les terrains cimentés auraient pu présenter une étanchéité parfaite à la suite d'une injection supplémentaire de ciment partant des parois. C'est d'ailleurs ce que l'on a réalisé derrière le cuvelage des puits après achèvement de ceux-ci.

Nous en étudierons les résultats et la réalisation dans un chapitre ultérieur.

### Importance des passes cimentées d'une seule venue.

Une question importante et qui s'était posée dès le début de l'emploi du procédé de cimentation, consistait dans l'importance des passes cimentées d'une seule venue.

Si la hauteur à cimenter est trop grande, en effet, le régime des fissures peut présenter une très grande variabilité; de plus, la nature des terrains, l'importance des



nappes aquifères et des teneurs en eau des terrains peuvent varier dans de grandes limites.

Or, il ressort et des travaux de cimentation entrepris avant 1910 et de ceux entrepris en Campine, que la nature des terrains, le régime aquifère et l'état de fissuration sont des facteurs essentiels dans la détermination des conditions de pression et de dilution du lait de ciment dans l'opération de la cimentation.

Quant au *régime des fissures et cassures,* il paraît essentiel de régler soigneusement la pression suivant l'importance de la largeur et l'amplitude du développement de ces cassures. Dans une roche finement fissurée en réseau très serré, il faudra, pour atteindre une zone de pénétration suffisante, une pression plus élevée que dans le cas d'un régime très large de fissures bien ouvertes. Cette augmentation est nécessaire pour vaincre le frottement que les joints et cassures présentent à la circulation du lait de ciment, frottement qui provoque un rapide dépôt de ciment et un colmatage des joints. Ce colmatage se réalise dès le voisinage des trous de sonde et nécessite, si l'on veut réaliser une grande pénétration du ciment, une surpression afin de vaincre les résistances supplémentaires, de déboucher les canaux naturels que constituent les fissures et de chasser plus loin le ciment.

Il est évident que tout ce qui réduit le frottement dans les fissures est avantageux. Par conséquent, un lait de ciment, de faible densité, sera plus approprié et atteindra une zone plus grande dans le cas d'une roche finement fissurée.

De ces quelques considérations, il résulte donc que la cimentation réalisée sur une passe importante entraîne, du fait même de cette grande hauteur de passe, la cimen-

tation de roches de natures différentes, diversement aquifères et présentant d'importantes variations dans le régime des fissures. La cimentation se faisant simultanément dans toutes ces couches à la même pression et avec la même dilution, il en résultera une grande irrégularité dans le résultat. Des zones peuvent être trop fortement cimentées, le ciment peut avoir atteint une aire de dépôt économiquement trop vaste alors que d'autres bancs sont insuffisamment colmatés.

Certes, cet inconvénient est partiellement réduit du fait des variations de pression et de dilution du lait qui sont réalisées au cours de l'opération. Mais ces variations se font simultanément et identiquement pour toutes les assises; utiles pour certaines, elles peuvent être superflues et même néfastes pour d'autres. Expliquons-nous par un exemple concret :

Un sondage recoupe une série de roches où le régime de fissuration varie fortement : à la base et au sommet, assez larges, les cassures se prolongent à grande distance. Dans la zone médiane, nous avons un réseau de cassures fines, fortement bifurquées et entrecroisées.

Alors qu'à la base et au sommet, une faible pression et un lait épais sont largement suffisants, au milieu il est nécessaire de chasser sous forte pression, un lait très dilué. Si au début nous marchons à faible pression avec lait épais, le ciment se déposera en d'excellentes conditions dans les cassures larges. Au milieu, il y aura seulement un manchon de terrain cimenté d'épaisseur réduite autour du trou de sonde. La pression pourra croître, la densité du lait diminuer, il n'y aura plus aucune pénétration de ciment dans les terrains de la zone médiane.

En réalisant une variation en sens inverse : d'abord un lait dilué à forte pression, nous voyons que ce lait de ciment sera absorbé d'abord par les terrains présentant le minimum de résistance, c'est-à-dire les terrains largement fissurés. Le ciment se répandra dans une aire considérable inutilement sans que la cimentation soit parfaite dans la zone médiane, vu la grande différence de résistance qu'elle présente avec les autres assises. Donc dépense inutile au point de vue pratique et superflue au point de vue de l'aire cimentée. Le résultat est donc complètement anti-économique. De plus, une grande passe peut rencontrer des lits de roches poreuses faisant office de filtres et rejetant vers le trou de sonde le ciment du lait. Ce ciment constituant un bouchon opaque, cale les tubes d'injection et empêche toute cimentation prolongée d'une partie des assises recoupées.



* * *

Examinons maintenant la cimentation réalisée aux différents sièges de Campine.

*Charbonnages André-Dumont.*

Au siège n° 1, la cimentation fut tentée sur toute la hauteur des terrains, c'est-à-dire entre 300-510 mètres. Les tubes cimenteurs débouchaient à 500 mètres. Les tubes furent calés et bouchés par le ciment rejeté à hauteur du tuffeau entre 300-360 mètres.

Le tubage fut ensuite poussé à 360 mètres.

On remplit les trous de sonde avec du sable et on les refora par passes de hauteur variable, la cimentation suivant immédiatement le creusement. Ces passes furent :

360-380 dans des craies très aquifères;
380-410 dans des craies très aquifères;
410-450 dans des terrains calco-marneux peu aquifères;
450-510 dans des marnes non aquifères.

On remarquera la progression de l'importance des passes avec la diminution des teneurs en eau, et surtout que chacune d'elles correspond à un degré de cette teneur et par suite à un état moyen différent du régime des cassures.

Au siège n° 2, l'opération fut réalisée de même, mais une cassure très aquifère ayant été recoupée à la base du tuffeau à 353 mètres, on fit une passe supplémentaire de 340-360 mètres.

*Charbonnages des Liégeois.*

Les essais de cimentation tentés donnèrent peu de satisfaction. Les quantités de ciment injectées furent minimes et sans effet. On abandonna toute tentative.

*Charbonnages de Beeringen.*

Au puits n° 1, la cimentation fut réalisée sur toute la hauteur. Les tubes furent calés dans le tuffeau. Cependant, lors des contrôles et au creusement, la cimentation avait été utilement réalisée. Il y avait diminution des venues.

Au puits n° 2, on cimenta en deux passes : 390-485 mètres dans le tuffeau, puis 485-625 dans les craies et marnes de base du crétacé. Ceci fut uniquement réalisé de manière à éviter tout calage des tubes.

La cimentation fut particulièrement utile.

*Charbonnages de Limbourg-Meuse à Eysden.*

La cimentation se fit par passes de 5 mètres, sous 230 mètres. Les quantités de ciment injectées furent plus importantes proportionnellement qu'à Kleine-Heide. La cimentation se fit avec régularité.

*Charbonnages de Helchteren-Zolder.*

La hauteur de terrains cimentés était de 400 à 580 mètres. Les passes furent de 30 à 40 mètres et les résultats furent satisfaisants.

De ces opérations, il résulte à première vue que, sauf en ce qui concerne le calage au passage du tuffeau, les résultats pratiques apparents sont identiques dans le cas de grandes passes et de petites passes.

Mais en détaillant les opérations, on constate qu'aux Charbonnages André-Dumont, l'essai réalisé d'abord sur toute la hauteur des terrains à cimenter a été au point de vue pratique totalement défectueux, par suite de l'irrégularité de l'absorption du ciment.

Si nous considérons ensuite les tonnages de ciment injecté sous pression, on remarquera de grands écarts.



*André-Dumont :*

135 tonnes sous une pression de 15 à 32 kgr. par cm², pour 150 mètres *au puits n° 1*;

230 tonnes sous une pression de 12 à 30 kgr par cm², pour 170 mètres de haut et pour la cimentation d'une importante cassure à 353 mètres *au puits n° 2.*

*Beeringen :*

80 tonnes pour 95 mètres de tuffeau et 140 mètres de craies et marnes sous des pressions de 25 à 27 kgr. par cm² *au puits n° 1*;

52 tonnes pour les mêmes hauteurs, de terrains à cimenter sous des pressions de 28 à 32 kgr. par cm² *au puits n° 2.*

Il y a lieu de noter ici que l'absorption par le tuffeau fut très faible.

On constate que le tonnage absorbé aux puits des Charbonnages André-Dumont est plus important que celui de Beeringen, que les pressions auxquelles s'est faite cette injection présentent plus de variabilité à André-Dumont qu'à Beeringen.

Il semble donc qu'au point de vue de la cimentation, celle-ci est beaucoup plus nette, plus sûre dans le cas de passes de faible hauteur.

Il y a cependant une limite inférieure que l'on ne peut dépasser sans faire perdre de son économie au procédé.

En effet, si nous dressons le bilan théorique des avantages et désavantages du procédé, nous devons faire figurer au débit du procédé par courtes passes, l'inconvénient que celui-ci présente de multiples reprises de sondages. En effet, après chaque passe, le forage est interrompu, l'outillage doit être retiré du trou et démonté, l'installa-

tion de cimentation doit être réinstallée, d'où de considérables pertes de temps.

De plus, dans l'opération totale de cimentation, le temps du forage est prépondérant. Or, nul sondeur ne niera que cette opération est bien plus rapide si l'on fore d'une seule venue sur toute la hauteur qu'en s'y reprenant à plusieurs passes.

Il y a ensuite les multiples opérations de tubage et détubage qui entraînent une nouvelle perte de temps. On voit donc qu'il est dangereux et coûteux de multiplier les passes en réduisant leur hauteur. A ce titre, le système employé aux Charbonnages de Limbourg-Meuse d'opérer par passes de 5 mètres apparaît comme défectueux. La direction des travaux s'en est d'ailleurs aperçue, car, au cours du travail, à certains sondages, elle a augmenté la hauteur des passes, les portant à 10 et même 15 mètres.

Il parait ainsi que les meilleures hauteurs de passes sont d'une trentaine de mètres pris d'ailleurs autant que possible de manière à ne recouper qu'une seule nature de roche, présentant un régime aquifère sensiblement constant sur toute la hauteur et un système de cassures également réparties et de même importance. *Dans ce cas, la cimentation jouit de tous les avantages d'un réglage en harmonie avec les conditions dans lesquelles on se trouve placé du fait de l'état des roches sans cependant exagérer les inconvénients de passes multiples.*

En résumé, nous pouvons donc conclure :

Qu'au point de vue de *la hauteur des passes à cimenter*, il est intéressant, au cas où la cimentation a pour objet un complexe de couches de natures différentes, diversement aquifères et possédant des systèmes de cassures d'importance variable, de préférer au procédé de cimentation en une seule passe, le procédé par passes



multiples, chacune de celles-ci recoupant si possible des *couches de même nature et présentant* une uniformité moyenne au point de vue aquifère et fractures.

Ces passes ne doivent pas être trop réduites et trop nombreuses sous peine d'entraîner des pertes de temps onéreuses et un rendement économique inférieur.

La réalisation de la cimentation des terrains se fait par des sondages forés sur toute la périphérie du puits à creuser.

Comme dans le cas de la congélation, ces sondages seront creusés avec rapidité de manière à gagner le plus de temps. Le forage au trépan a été le procédé principalement utilisé en Campine. Nous avons indiqué ci-dessus quels inconvénients au point de vue sondage entraîne le procédé de cimentation par passes successives : perte de temps pour le maniement des appareils, lenteur du forage.

Dans ce cas, on doit évidemment accélérer le plus possible par une *bonne organisation des services.*

On a pu ainsi combiner les opérations dans divers sondages voisins, de manière qu'elles se succèdent avec un certain décalage. Les instruments de travail n'étaient jamais laissés en repos. Pendant que le ciment faisait prise dans un sondage ou deux, la cimentation était en train dans un troisième et le forage dans un quatrième.

Le service est aussi organisé d'une manière continue pour les divers organes.

La Compagnie Foraki a utilisé une série d'appareils qui permettent d'accélérer le travail à un même sondage. Pendant la prise même du ciment injecté dans les crevasses, elle réalise au même sondage la reprise du ciment qui s'est déposé dans le trou de sonde, elle procède à la reprise de fonçage de la passe suivante, à son lavage, et ensuite à sa cimentation.

Les diverses opérations peuvent se succéder sans autres retards que ceux nécessités par le changement d'appareillage.

Les passes non cimentables sont tubées. Ce tubage est isolant et supprime toute communication de la sonde avec les nappes ainsi isolées. A la base de ce tubage, on établit une frette étanche en ciment.

Lorsque les sondages doivent être ultérieurement utilisés pour la congélation, comme il en a été dans les travaux de Campine, les tubes sont retirés après le placement des tubes congélateurs. C'est là une opération délicate et qui peut amener de nombreux accidents : ruptures de tubes, pertes, etc.

Aux *Charbonnages de Beeringen* où l'on a procédé en deux passes successives : 390 à 485 mètres, puis 485 à 625 mètres, le trou a d'abord été tubé jusqu'à 390 mètres, niveau auquel on a établi une frette étanche en ciment, puis le creusement a été poursuivi jusque 485 mètres et l'on a injecté le ciment par un tube descendu jusqu'à 400 mètres.

La cimentation achevée, on a tubé l'assise 390-485 en rendant le tubage étanche par une injection de ciment. Ceci était justifié parce que le ciment n'avait guère pénétré les terrains constituant l'assise. La nappe aquifère devait être isolée. De plus, afin d'éviter tout calage pendant la cimentation des terrains inférieurs à 485, il importait que la masse de tuffeau qui occupait la hauteur 390-485 mètres ne vint pas jouer son rôle néfaste de filtre.

On voit que le tubage a également pour effet d'isoler les couches susceptibles d'entraîner des inconvénients graves.



*Combien de sondages de cimentation* doit-on forer sur la périphérie du puits à creuser et à *quelle distance du centre?*

Sur cette question, les travaux de Campine apportent peu de données nouvelles.

Tous les sondages de cimentation ont été des sondages utilisés ultérieurement pour la congélation.

Aux Charbonnages André-Dumont ainsi qu'aux Charbonnages de Helchteren, la cimentation fut réalisée par quatre sondages disposés aux extrémités de deux diamètres perpendiculaires. Aux Charbonnages de Kleine-Heide, elle fut obtenue par l'intermédiaire de douze sonsages au puits n° 1 et de quatre seulement au puits n° 2.

Aux Charbonnages d'Eysden, on utilisa également quatre sondages. Il semble donc, à la suite de ces travaux entrepris en Campine, que l'utilisation de quatre sondages seulement disposés aux extrémités de deux diamètres perpendiculaires à des distances de 5 à 6 mètres du centre du puits suffise pour assurer une cimentation de terrains sans pour cela exiger des pressions exagérées, ni des dilutions trop accentuées.

Deux faits seulement permettent d'étayer cette appréciation. Les Charbonnages André-Dumont envisageaient l'utilisation de dix sondages. A la suite d'incidents lors des premières tentatives de cimentation, ils furent amenés à ne plus en utiliser que quatre. Devant les résultats obtenus, ils opérèrent également avec quatre sondages au puits n° 2. Aux Charbonnages de Beeringen, après avoir réalisé la cimentation avec douze sondages au puits n° 1, on en utilisa seulement quatre au puits n° 2.

Ces exemples sont cités à titre documentaire. On sait que la technique de la cimentation a évolué dans un tout autre sens et qu'elle fait application courante du système de très nombreux sondages de petit diamètre.

A l'époque des fonçages de Campine, une autre question encore se posait : n'y aurait-il pas intérêt à réaliser la cimentation simultanément par tous les sondages? Des essais ont été entrepris à Beeringen : injection simultanée par douze, puis par quatre sondages, et à André-Dumont : injection simultanée par quatre sondages; ils ont démontré la nécessité d'une injection séparée pour chaque sondage. En effet, en réalisant simultanément l'injection par tous les sondages, on peut se trouver dans les mêmes difficultés que pour la cimentation par une seule passe : les différents sondages recoupent les mêmes bancs, mais ceux-ci peuvent présenter des différences parfois légères, parfois importantes, dans leur état de fissuration. Certes, les irrégularités sont moins grandes que dans le cas d'une seule passe, mais ce n'est pas cependant sans exception. Le lait de ciment est injecté simultanément en différents circuits présentant des écarts assez sensibles de résistance, d'où des irrégularités d'action peu perceptibles, puisque les organes de contrôle en surface ne donnent que des résultats moyens. Ceux-ci peuvent masquer la défectuosité de la cimentation dans tel ou tel sondage, défectuosité directement perceptible si l'on agit isolément sur chaque sondage.

En conséquence, il apparaît comme préférable de *réaliser la cimentation isolément sur chaque sondage*. L'appareillage est d'ailleurs plus simple et l'opération bien plus facile à conduire.

* * *

Il reste encore quelques détails à mentionner pour la réalisation de la cimentation.

*Lavage des trous de sonde et des terrains.* Dès les débuts de l'emploi du procédé de cimentation, la nécessité s'est fait sentir d'opérer un lavage des trous de sonde et des fissures du terrain afin de les dépouiller de tout enduit, encrassement, etc., qui, se mêlant au lait de ciment, en contrarierait la prise ou la pénétration à grande distance.



Ce lavage peut être réalisé de deux manières : soit par refoulement, soit par aspiration de l'eau.

Ces deux procédés ont été appliqués en Campine. Le lavage par injection d'eau consiste d'abord en un curage du trou. L'eau est chassée par le tube cimenteur, descendu dans le trou de sonde et relié à une pompe installée en surface. L'eau remonte boueuse, entraînant tous les débris qui emplissent le trou de sonde et les orifices des fissures et sort par un robinet d'écoulement fixé avec un manomètre sur l'orifice du tubage du sondage. Dès que le trou de sonde est nettoyé, ce que l'on constate par le retour d'eau claire, on ferme le robinet d'écoulement et on force la pompe de manière à créer une surpression chassant l'eau dans la nappe aquifère. L'eau pure pénétrant dans le terrain par les fissures y refoule les dépôts.

Le lavage par aspiration se fait en épuisant l'eau du trou de sonde. Aux Charbonnages de Beeringen, il a été réalisé par émulsion. On a descendu dans le sondage un tube de 125 millimètres de diamètre, dans lequel débouchait un tube plus étroit, long de 140 mètres seulement, par où on injectait de l'air comprimé.

Le débit ainsi réalisé atteignit 62 mètres cubes à l'heure. L'aspiration d'eau se fait irrégulièrement, mais on peut dire que, pratiquement, elle est complète et efficace sur une douzaine de mètres en-dessous du pied du tube aspirateur. Plus bas, son action faiblit et tend rapidement à être nulle. Aussi l'opération fut-elle réalisée par passes successives en ce sens que le tube aspirateur fut descendu de 10 mètres à la fois. Après chaque descente, on injectait l'air comprimé. Le sondage débitait

d'abord de l'eau chargée de débris qui, peu à peu, se clarifiait; quand l'eau débitée était claire, on abaissait à nouveau le tube de 10 mètres et on recommençait l'aspiration.

La critique des deux procédés peut se résumer ainsi :

Si le forage se fait par un procédé à curage continu, il est naturel de forcer la marche quand une passe est terminée pour réaliser le curage du trou de sonde. Mais le procédé par injection est défectueux pour le lavage des fissures du terrain, car il refoule dans le terrain lui-même les boues à éliminer. Les dépôts ne sont pas supprimés. Ils peuvent bien au contraire créer des obstructions nouvelles et empêcher la pénétration du ciment.

Par contre, le procédé par aspiration réalise l'enlèvement de tous les dépôts, enlèvement toujours contrôlable, puisque les eaux débitées le sont en surface. Ce procédé élargit le champ d'action du ciment en dégageant les voies dans une aire croissante à mesure du curage. Il est toujours loisible de contrôler son activité par l'état des eaux débitées. L'emploi de l'émulsion par air comprimé supprime les inconvénients d'une pompe aspiratrice avec des organes toujours sujets à embouement.

En résumé, pour le trou de sonde, le curage par injection d'eau parait préférable; il donne en outre des indications sur l'état de cassures si l'on a soin de surveiller le manomètre et le débit du courant de retour. Mais pour le lavage des cassures du terrain, l'aspiration par émulsion d'air comprimé des eaux mêmes des nappes est un système présentant les meilleures garanties.

C'est ainsi qu'aux Charbonnages de Helchteren et Zolder, on réalisa un sytème mixte : le trou de sonde



fut lavé par injection d'eau et les fissures du terrain par émulsion sous l'action de l'air comprimé.

### Injection du ciment.

Les sondages de cimentation devant aussi servir à la congélation ont subi quelques aménagements, de manière à s'adapter à cette double destination.

Ainsi les trous de sonde ont été munis d'un tubage étanche sur la hauteur des assises non cimentables. Ce tubage est particulièrement surveillé en ce qui concerne les joints. S'il y a lieu, on renforce l'étanchéité en faisant des injections de ciment derrière, mais ceci est à rejeter le plus possible en considération du détubage. On veille également à ce que le tubage soit muni à sa base d'une frette étanche, ordinairement en ciment. Ces joints ont été soigneusement réalisés dans les différents fonçages de puits en Campine.

De plus, les têtes des tubages sont reliées au terrain par un joint de béton.

Le tube de tête porte de plus à sa partie supérieure : 1°) un plateau sur lequel se visse un presse-étoupe au travers duquel peut glisser le tube d'injection de ciment; 2°) un robinet d'écoulement à fermeture étanche et 3°) un manomètre qui permet de mesurer la pression à la sortie. Le tube d'injection est relié par un conduit flexible et amovible à la pompe qui aspire dans la cuve où se fait le mélange. L'extrémité inférieure du tube d'injection débouche à quelques mètres au-dessus du fond du sondage, sans qu'il y ait cependant de lois à observer. Ainsi, aux Charbonnages de Limbourg-Meuse, la hauteur des passes étant de 5 mètres, l'extrémité inférieure du tube débouchait à $0^{m},75$ au-dessus du fond. Aux Charbonnages André-Dumont, la cimentation étant faite sur une passe

de 300 à 511 mètres, l'extrémité inférieure du tube se trouvait à 500 mètres.

Les pompes sont évidemment construites de manière à présenter le minimum d'usure et de détérioration : suppression des clapets et remplacement par des boulets d'acier, soin apporté aux sièges pour éviter une usure trop importante par matage, etc. Ces pompes doivent être robustes, de maniement facile et présenter une souplesse suffisante pour s'accomoder de rapides variations de pression. De même, le mélange doit être fréquemment vérifié quant à la teneur du lait en ciment afin d'éviter soit un lait trop dense qui colmaterait les joints trop rapidement, soit un lait trop fluide qui serait sans effet.

Le curage du trou de sonde et des fissures du terrain étant achevé, on relie le tube d'injection à la pompe et on injecte le ciment.

L'injection de ciment se fait soit à robinet fermé, soit à robinet ouvert. Nous parlons ici du robinet placé sur le tubage pour le retour du ciment dans l'espace annulaire du tube d'injection.

Dans la marche à robinet fermé, la pression est d'abord faible, puis va en croissant à mesure que le colmatage se fait plus intense. Dès que la pression indiquée au manomètre atteint des valeurs trop élevées, on est obligé d'ouvrir le robinet d'écoulement de manière à abaisser la pression, éviter les à-coups ou poussées trop fortes sur les appareils. Dès que par suite de la désobstruction de fissures, la pression s'abaisse, on referme le robinet. Le ciment qui sort par ce robinet est ramené vers la cuve de mélange.

A Beeringen, on a réalisé la cimentation en maintenant constamment le robinet partiellement ouvert. La pression était évidemment affaiblie, mais ce système



avait l'avantage de créer une circulation continuelle du ciment dans le trou de sonde. On évitait ainsi les calages intempestifs du tube d'injection. Ce système n'a pas donné toutes les satisfactions que l'on en attendait. Les tubes se sont quand même calés dans le tuffeau. Les valeurs atteintes pour la pression n'ont pas dépassé 27 kilogrammes par centimètre carré, tandis qu'ailleurs, on obtenait 30 à 35 kilogrammes.

A la suite des travaux de Campine, on peut dire que le procédé le meilleur consiste dans l'injection du ciment à robinet fermé. Celui-ci n'est ouvert qu'à la fin de l'opération pour éviter les à-coups ou les pressions trop brusques.

En ce qui concerne la densité du lait de ciment, on peut citer quelques chiffres de densités de lait utilisées en Campine. A Beeringen, la densité du lait initialement injecté était de 1/1000 en poids et fut progressivement élevé à 5 %. Aux Charbonnages André-Dumont, la teneur du lait de ciment fut de 10 à 20 % au puits n° 1, 10 à 15 % au puits n° 2. Les résultats sont apparus aussi médiocres d'un côté que de l'autre. La plus grande partie du ciment est revenue à la surface. Cependant, il semble que la cimentation ait été moins parfaite à André-Dumont. Les pressions exigées à la fin furent d'ailleurs supérieures à celles réalisées à Beeringen.

En général, les travaux de Campine confirment les directives générales déduites des premiers travaux de cimentation de puits : le lait de ciment ne peut pas être trop dense, des valeurs de 20 % sont trop fortes, 15 % paraît être un maximum, 10 % sera une honnête moyenne. La teneur en ciment est d'ailleurs très variable suivant la période de la cimentation. Il faut, en effet, que la cimentation atteigne une grande aire autour du son-

dage et qu'elle soit parfaite, c'est-à-dire que toutes les fissures soient bien colmatées. Au début, on injectera un lait de ciment peu dense afin d'atteindre les extrémités de la zone cimentable; un lait trop dense se déposerait rapidement et aux environs immédiats du sondage. Ensuite, on augmentera peu à peu la teneur en ciment jusqu'à atteindre des teneurs de 10 % en moyenne. Peu à peu, les fissures se colmateront ainsi en se rapprochant du sondage; dès que la pression d'injection atteindra des valeurs trop importantes, on réduira la teneur en ciment, on diluera le lait. Celui-ci pourra ainsi pénétrer dans des espaces de plus en plus étroits et parachever le colmatage. Les teneurs de début et de fin dépendent évidemment de la fissuration plus ou moins fine des terrains. Plus elle est fine, plus le lait doit être dilué.

Au cas où une désobstruction se produirait brusquement, amenant de trop importants abaissements de pression, la teneur du lait de ciment doit croître de manière à réaliser un colmatage nouveau de la voie qui s'est rouverte. Ce colmatage doit évidemment être à nouveau réalisé de manière parfaite et complète.

La cimentation achevée, on fore quelques sondages de contrôle afin de vérifier en des points particulièrement délicats si la cimentation a été parfaite; dans ces sondages, on mesurera avec soin les venues d'eau, après avoir soigneusement isolé par tubage et frettes étanches les passes aquifères non cimentées.

* * *

### Résultats de la cimentation.

Nous avons déjà indiqué que, du fait de la nature poreuse du tuffeau, les assises constituées par cette roche n'avaient pu être cimentées.



La cimentation n'a pu dans aucun des puits où elle a été réalisée, réduire à zéro les venues d'eau. Celles-ci ont été fortement réduites, mais ont persisté. Vu les faibles valeurs auxquelles elles étaient ainsi réduites, on a généralement pu épuiser ces venues à l'aide des bennes d'extraction des déblais, c'est-à-dire sans devoir installer des dispositifs spéciaux d'épuisement.

La cimentation a donc permis la traversée de certaines passes de terrain aquifère sans nécessiter de congélation, mais elle n'a pas dispensé de la pose d'un cuvelage.

## CHAPITRE IX.

## Cimentation postérieure au creusement.

Aux Charbonnages André-Dumont, on a réalisé après la congélation, une cimentation supplémentaire des terrains.

Les têtes et raccords des tubes congélateurs ayant été démontés, les tubes intérieurs retirés et les tubes extérieurs abandonnés dans les sondages et nettoyés, on procéda, en utilisant un outil spécial, au percement des tubes extérieurs. De 7 en 7 mètres, on perça ainsi quatre trous de 1 à 2 centimètres carrés de section. Les tubes furent enfin reliés à une cuve où l'on réalisait un mélange de ciment et d'eau. On injecta ainsi avec une surpression de 5 à 6 kilogrammes par centimètre carré, 350 tonnes de ciment dans les terrains inférieurs du Tertiaire. Cette opération se fit en deux passes successives, d'abord entre 380 et 290 mètres, puis entre 290 et 150 mètres. L'absorption se fit très aisément. Il semble qu'il en soit résulté une diminution des venues d'eau par les joints du cuvelage.

Aux Charbonnages de Helchteren, à la suite de venues d'eau importantes qui s'étaient faites jour à hauteur du houiller et du crétacé lors de la décongélation, il fut décidé d'opérer une cimentation de la tête du houiller et du crétacé. A cet effet, on utilisa quelques-uns des congélateurs, autant que possible répartis de manière uniforme à la périphérie du puits.

Ayant retiré les tubes intérieurs et ayant nettoyé les tubes extérieurs, on perça les tubes à leur base d'abord



et l'on injecta du ciment sans pression après avoir soigneusement lavé les tubes et les roches par injection d'eau sous pression. Après cimentation du houiller, on effectua la même opération pour le crétacé. Six sondages furent utilisés à cet effet. Plus de 300 tonnes de ciment furent absorbées. Les venues d'eau ont été fortement réduites et le travail a pu reprendre avec succès.

D'autres concessionnaires ont réalisé également des injections de ciment par les trous des sondages de congélation. Il en est qui obtinrent des résultats jugés assez bons, d'autres qui abandonnèrent cette cimentation après quelques essais infructueux.

Il est évident que la cimentation pratiquée postérieurement au creusement nécessite, pour être efficace, les mêmes conditions que la cimentation préalable. Elle sera parfaite dans des terrains cratacés fissurés ou du houiller fracturé ou tout autre terrain de consistance et d'état analogue. Dans un banc sableux, elle sera mauvaise. Mais ce qui est un résultat mauvais dans le cas d'une cimentation préalable peut être encore suffisamment bon dans le cas d'une cimentation postérieure.

Dans ce cas, en effet, il ne s'agit plus d'immobiliser les eaux dans un grand espace autour du puits et de créer un cuvelage monolithe résistant par lui-même à la pression hydrostatique, mais simplement d'assurer une liaison entre le terrain et le cuvelage métallique, de rendre celui-ci plus étanche et plus résistant.

Il semble donc très utile pour la sécurité future du puits d'injecter du ciment par les tubes congélateurs. Le résultat sera satisfaisant pour les terrains susceptibles de cimentation. Si l'absorption est nulle dans certains bancs, il sera inutile de poursuivre l'injection. Le trou de sonde se fermera d'ailleurs par le dépôt du ciment refusé par le terrain.

## CHAPITRE X.

## Cuvelage et revêtement.

Les puits furent tous cuvelés sur toute la hauteur des morts-terrains et maçonnés ou bétonnés dans les parties creusées en terrain houiller.

A Beeringen, on s'était contenté d'un revêtement de béton armé dans une passe de terrain peu ou pas aquifère, préalablement cimenté d'ailleurs; un accident assez grave survint par suite de la mise en communication de cette assise et spécialement de la zone voisine du revêtement avec la nappe aquifère supérieure. Cette mise en communication résultait de l'existence d'un trou de sonde abandonné. Une importante fissure résultant d'un tassement de terrain aurait pu amener la même conséquence.

La poussée excédant toutes les prévisions, le béton céda, créant ainsi une excavation par où l'eau put sourdre avec force. Le revêtement ne fut pas entièrement démoli.

Il y eut arrachement d'un bloc qui resta suspendu par son armature. La cimentation à niveau plein par le puits fut d'un précieux secours et permit une réparation parfaite. A la suite de cet accident, on doubla toute la passe en béton armé par un cuvelage en métal. Cet exemple prouve la nécessité de cuveler les morts-terrains à nombreuses nappes aquifères sur toute leur hauteur.

La maçonnerie ou le bétonnage peuvent suffire à la traversée des terrains cohérents du paléozoïque. Cependant, on laisse le cuvelage pénétrer d'une certaine hauteur dans le socle paléozoïque de manière à se préserver



contre toutes les venues d'eau qui pourraient survenir par suite de l'état d'altération et de désagrégation de la partie supérieure du houiller immédiatement sous-jacent aux nappes herviennes.

Dans le même ordre d'idées, on a été amené à placer quelques anneaux de cuvelage au passage d'une veine importante existant à la partie supérieure du houiller recoupé sous les morts-terrains et qui, affleurant sous ceux-ci, constituait un drain excellent pour les eaux de certaines nappes.

Mais à partir d'une certaine profondeur dans le houiller, le revêtement est partout constitué par de la maçonnerie ou du béton.

* * *

Les cuvelages utilisés en Campine sont en fonte ou en acier. Le métal a été soumis à une série d'épreuves de résistance à la traction, à la flexion et au choc dont nous donnons le détail pour certains dans les monographies annexées. De plus, les pièces achevées ont été elles-mêmes vérifiées avec soin en ce qui concerne l'homogénéité du mélange, sa composition, sa cohérence et sa compacité.

L'assemblage a été vérifié avec soin et les tolérances ont été dans certains cas réduites dans d'extrêmes proportions. Les cuvelages utilisés ont été simples ou doubles. L'épaisseur variait suivant la profondeur et les conditions de sollicitation auxquelles les pièces allaient être soumises.

Ainsi, aux Charbonnages André-Dumont, l'épaisseur du cuvelage passait de 30 millimètres à la partie supérieure à 130 millimètres en profondeur. Aux Charbonnages de Limbourg-Meuse, le cuvelage en fonte avait 35 millimètres d'épaisseur à la tête et 180 millimètres

à 470 mètres de profondeur. C'est une épaisseur fort élevée, qui n'a jamais été atteinte dans les puits des houillères. De telles épaisseurs présentent le risque de soufflures dans le métal, ce qui en altère les conditions de résistance. Aussi, en profondeur de plus de 400 mètres, ceux qui redoutent cette éventualité préfèrent installer un double cuvelage. La résistance des deux anneaux est rendue solidaire par l'intercalation dans l'espace annulaire intermédiaire de béton compact de bonne qualité soigneusement damé.

Aux Charbonnages de Beeringen et aux Charbonnages André-Dumont, pour la traversée de la nappe hervienne (60 et 50 atmosphères de pression), un cuvelage double a été nécessaire parce qu'on ne disposait pas d'appareils de levage suffisamment puissants pour descendre les anneaux d'un cuvelage simple.

Aux Charbonnages des Liégeois, où cependant le diamètre utile était de $5^m,25$, on installa un cuvelage simple en fonte jusque 290 mètres et plus bas un cuvelage double. L'épaisseur des derniers anneaux du cuvelage simple atteignait la valeur de 130 millimètres, considérée depuis longtemps dans les ouvrages classiques comme limite de garantie de fabrication. L'opinion régnante était alors qu'au-delà, la coulée des pièces de fonte se fait difficilement sans soufflures et que celles-ci sont plus difficilement discernables. Mais il est loisible d'établir dans les contrats des spécifications et des vérifications sur éprouvettes tirées de segments de cuvelage brisés intentionnellement ou de carottes forées. Les progrès de l'usinage, attestés par ces essais, permettent de couler jusqu'à 200 millimètres d'épaisseur.

Les cuvelages ondulés à grand module de flexion furent employés aux Charbonnages André-Dumont, Beeringen et Zolder, ce qui permit de réduire notablement l'épaisseur.



Ces cuvelages font d'ailleurs meilleure prise avec le béton.

### *CUVELAGES UTILISES DANS QUELQUES PUITS DE CAMPINE.*

#### *Charbonnages de Kleine-Heide (Beeringen).*

Cuvelage du type ondulé à saillies intérieures.

Les anneaux ont $1^m,497$ de hauteur, ils sont constitués de 10 à 12 segments de manière à réduire le poids de chaque pièce maniée. Sur la hauteur, elle porte trois ondulations extérieures. Les trous de boulons de liaison sont distants de 150 millimètres. L'épaisseur minimum est de 38 millimètres. Le cuvelage est fait en fonte de seconde fusion et première qualité, grise à grain fin. La teneur en phosphore étant au maximum de 1,25 %.

Cuvelage double à la traversée du Hervien (voir détails dans les Monographies).

*Note.* — Nous n'abordons pas ici la critique du mode de calcul des pièces de cuvelage ainsi que l'établissement des méthodes de calcul les plus exactes et les plus précises. M. L. Denoel, professeur d'Exploitation des Mines à l'Université de Liége, a publié sur cette question, une étude détaillée qui épuise la question actuellement.

Il nous eût ainsi suffi de résumer cette étude.

Nous rappelons cependant qu'il y a actuellement trois méthodes employées :

1° Calcul du cuvelage en négligeant les nervures. Seule la paroi cylindrique résiste.

2° Sur les bases de ce calcul, on procède à des déterminations empiriques des dimensions et formes des pièces d'après les résultats obtenus en travaux similaires (actuellement employée par la Compagnie Foraky pour le calcul du cuvelage de Houthaelen).

3°) Calcul complet du cuvelage : influence des nervures, de la forme, etc. (méthode la plus exacte utilisée par la Compagnie Franco-Belge de Fonçage).

*Charbonnage de Winterslag.*

Les anneaux de cuvelage sont constitués en 11 segments. Ils ont 1m,50 de haut et portent intérieurement deux nervures horizontales et une verticale. La surface extérieure est cylindrique, l'épaisseur minimum est de 0m,35.

*Charbonnages des Liégeois à Zwartberg.*

On a placé un cuvelage simple jusque 290 mètres. Au-delà, un cuvelage double. Les anneaux étaient constitués chacun de 10 segments de 1m,50 de haut à surface extérieure lisse et deux nervures horizontales vers l'intérieur. Les joints verticaux sont disposés de manière imbriquée. Cuvelage en fonte. Le cuvelage était encore raidi par la pose de trousses.

*Charbonnages de Limbourg-Meuse.*

Cuvelage constitué d'anneaux en 12 segments de 1m,50 de haut. L'épaisseur varie sur toute la hauteur de 35 à 180 millimètres. Les anneaux portent deux nervures horizontales et extérieurement une saillie destinée à faciliter la prise avec le béton damé derrière le revêtement.

Le cuvelage est en fonte.

*Charbonnages de Helchteren-Zolder.*

Puits n° 1, diamètre 5 mètres. Cuvelage bombé simple jusqu'à 566 mètres. Epaisseur croissante de 30 à 120 millimètres. Nervures très larges, croissant de 150 à 300 millimètres. De 566 à 610, cuvelage double. Enveloppe extérieure lisse, 40 millimètres d'épaisseur en acier coulé, intérieure en fonte de 130 millimètres. Boîte spéciale de raccord entre les deux cuvelages au sommet de la passe.

Puits n° II, diamètre 6 mètres. Cuvelage simple du haut au bas. Anneaux bombés, même profil qu'au n° I. Epaisseur croissant de 30 à 170 millimètres. Hauteur des segments jusqu'à 120 millimètres : 1m,50; aux fortes épaisseurs : 1m,20.

On trouvera d'autres renseignements concernant les cuvelages dans les monographies annexées à la présente étude.



En général, on voit que le type principalement utilisé en Campine est le type de cuvelage en fonte à surface extérieure lisse présentant intérieurement des nervures horizontales destinées à renforcer la résistance et à faciliter en outre la pose du guidonnage. Parfois, il y a une nervure verticale ou des consoles destinées à renforcer les passes. Les anneaux sont divisés en segments. Ceux-ci sont en nombre tel que le maniement soit aisé, le poids étant réduit, sans cependant multiplier le nombre de joints qui sont toujours des points faibles.

Les anneaux à surface extérieure ondulée ont paru intéressants à certain point de vue, l'ondulation augmente la résistance et facilite l'adhérence au béton.

Nous allons dans les pages qui vont suivre étudier quelques détails de la pose du cuvelage, à savoir :

1° L'établissement du cuvelage et son garnissage extérieur;

2° Le soin apporté aux joints;

3° La vérification des pièces de cuvelage;

4° La réparation des pièces de cuvelage;

Enfin, dans un chapitre différent, nous étudierons en détail la question des raccords de cuvelage et des trousses.

Quant aux accidents qui sont arrivés au cours des travaux, nous en parlerons dans les études monographiques qui forment la deuxième partie du présent mémoire.

## 1. — ETABLISSEMENT DU CUVELAGE.

Le cuvelage est établi au diamètre intérieur utile du puits. Le puits est creusé à un diamètre notablement supérieur, ceci afin de faciliter le maniement et la pose des pièces et de permettre le bétonnage derrière le cuvelage d'un anneau de ciment qui fait corps avec le terrain

et le revêtement et établit la transmission des charges tout en contribuant à l'étanchéité.

Il y a lieu de considérer quelle sur-largeur il faut tolérer au creusement.

En général, on dame derrière le cuvelage une épaisseur de 25 à 30 centimètres de béton. Parfois, ce béton est de composition variable suivant l'épaisseur, mais on veille toujours que ce soit du béton résistant assez riche en ciment. Outre son rôle de répartir la pression du terrain sur le cuvelage, il augmente la résistance et l'étanchéité. Les cuvelages ondulés font corps avec ce béton qui reporte sur le terrain le poids de la masse métallique, avantage très appréciable, surtout dans la pose en descendant. Il en est de même lorsque, comme nous l'avons indiqué pour les Charbonnages de Limbourg-Meuse, le cuvelage porte extérieurement des nervures.

On pourrait encore renforcer le béton par le placement préalable dans sa masse d'une armature métallique qui serait reliée à des anneaux solidaires du cuvelgae; il y aurait ainsi renforcement du béton et liaison parfaite entre les éléments constituant le revêtement. Cette espèce de cuvelage mixte n'a pas été appliquée en Campine.

Aux Charbonnages de Limbourg-Meuse, le diamètre de creusement fut notablement supérieur au diamètre extérieur du cuvelage. Ceci permettait de réaliser un matage extérieur des joints en plomb et d'assurer ainsi une meilleure étanchéité. Il y avait évidemment du fait de ce plus grand diamètre un surcroît de dépense au creusement.

Et il semble que cette dépense supplémentaire n'entraînait pas en contre-partie un surcroît d'étanchéité tellement grand qu'il en résultait un bilan économique.

Le béton damé contient d'ordinaire un quart de ciment. Le reste est constitué de gravier, de plaquettes et de sable.



Aux Charbonnages de Limbourg-Meuse, on établissait d'abord contre le terrain un recouvrement en béton comprenant 1/2 de cendre et 1/2 de sable et 100 kilogrammes de ciment au mètre cube. Derrière le cuvelage, on bétonnait sur une épaisseur de 35 centimètres avec un mélange de 3/4 de gravier et un quart de sable contenant 300 kilogrammes de ciment au mètre cube.

Le béton était damé derrière le cuvelage après la pose de quelques anneaux, dans le cas de cuvelage posé en montant. Dans le cas de cuvelage posé en descendant et pour le remplissage derrière le dernier segment de l'anneau de raccord, on injectait par des ouvertures ad hoc un mélange moitié ciment moitié sable.

*Placement du cuvelage.*

Le cuvelage était placé ordinairement en montant par passes successives. Dans le cas de terrain facilement ébouleux ou sujet à de fortes poussées, le cuvelage était placé en descendant.

Parfois le cuvelage est renforcé par l'intercalation de trousses non picotées dont le seul rôle est de raidir le cuvelage (Charbonnages des Liégeois). Parfois aussi, le cuvelage est placé par passes assez courtes. Dans ce cas, il a une composition un peu spéciale (Charbonnage de Limbourg-Meuse).

Nous allons rapidement esquisser le mode de montage employé dans ces différents cas :

Quand le *cuvelage est placé en montant*, on choisit ordinairement une assise assez résistante et conservant ses qualités même après la congélation. On établit alors dans cette assise une banquette soigneusement arasée où l'on pose une trousse soigneusement picotée. Sur cette trousse, on monte ensuite les divers anneaux, segment par segment. La pose d'un segment d'un nouvel anneau

n'est faite qu'après achèvement du montage de l'anneau précédent. Les anneaux successifs sont montés dans des sens alternants afin d'éviter la torsion du cuvelage. Les joints verticaux sont également disposés en quinconce de manière à présenter le moins possible de joints continus.

Après montage de 3 ou 4 anneaux, on dame le béton derrière. Parfois ce damage se fait après la pose de chaque anneau.

Dans le *cas du cuvelage posé en descendant* à mesure du creusement, on procédait de la manière suivante :

Après avoir creusé sur une hauteur un peu supérieure à la hauteur d'un anneau, on établissait au fond de l'avaleresse une surface circulaire soigneusement arasée où l'on montait l'anneau de cuvelage, cet anneau était rattaché au dernier anneau placé par une série de longs boulons qui étaient progressivement et uniformément serrés. Ce mouvement de serrage se faisait simultanément pour tous les boulons. En général quatre à six par anneau.

L'anneau s'élevait ainsi régulièrement et sans déformation et venait se placer exactement sous le précédent. Après vérification de l'exactitude du montage et du placement, on boulonnait définitivement d'abord les boulons de montage (joints verticaux), puis ceux de placement (joint horizontal).

On arrivait ainsi à réaliser un montage exact et précis. Il fut opéré de cette manière aux Charbonnages des Liégeois et spécialement pour le placement des anneaux des trousses placés tous les 30 mètres environ et destinés à raidir et renforcer le cuvelage.

Fréquemment aussi, on emploie le procédé ordinaire de pose successive des segments sous le dernier anneau placé. Le segment est descendu par un treuil de manoeuvre. Il est suspendu au câble par des crochets et des chaînes boulonnées. Celles-ci doivent être évidemment démontées lors du placement; aussi ne les utilise-t-on qu'en compagnie de chaînes à crochet. Elles constituent pendant la descente, des attaches de sûreté. Le segment ne peut se détacher quel que soit le heurt ou le mouvement imprimé (1). Les chaînes à crochet sont seules utilisées pendant la manoeuvre dans le fond. On amène alors le segment sous le dernier anneau placé à sa place et on l'y boulonne.



Ce procédé est plus rapide et exige moins de préparation que la méthode exposée plus haut. Elle présente un peu moins d'exactitude et de soin dans le montage d'un anneau.

Généralement, on l'utilise pour le montage des anneaux de cuvelage réservant spécialement le premier procédé pour le montage d'anneaux de renforcement, des trousses, etc.

Le bétonnage se fait après le placement d'un ou de deux ou trois anneaux par injection d'un mélange de ciment et de sable derrière le cuvelage. On établit à la base du dernier anneau un dispositif de sûreté constitué soit par une tôle circulaire, soit par un picotage. L'injection de ciment se fait par des trous laissés pour cet usage dans les pièces de cuvelage. Ces trous sont fermés ultérieurement par des boulons vissés.

Le nombre d'anneaux bétonnés simultanément dépend évidemment de la facilité des terrains congelés à fluer. Si les poussées sont fortes et rapides, on cimentera après la pose de chaque anneau avec un mélange riche en ciment et à prise rapide. Pour la pose du cuvelage sans déformation, on a pris certaines précautions.

(1) Ce mode de suspension est le plus pratique et le plus sûr. C'est celui utilisé pour la descente des pièces de cuvelage dans le puits.

Nous avons déjà cité le montage des anneaux alternativement en sens inverse pour éviter la rotation.

Le centrage des anneaux dans le puits est vérifié par la méthode des trois fils à plomb. Afin d'éviter les moindres dénivellations et erreurs de centrage, on opère un réglage soigné par l'interposition de coins en fer et dans le but de supprimer toute ovalisation des anneaux, on a utilisé, entre autres, à Winterslag, des verins spéciaux les maintenant bien circulairement.

Le béton damé derrière le cuvelage contient environ 300 kilogrammes de ciment au mètre cube. Pour l'injection, c'est un mélange de sable fin et de ciment à 50 % de ciment. Le gâchage se fait avec de la saumure à 15° Beaumé. Ceci dans le but d'empêcher, par suite de la basse température qui règne dans le puits, tout gel du ciment avant sa prise.

* * *

Dans certains cas où, par suite de poussées, on a été contraint à poser le cuvelage assez tôt après le creusement, on a procédé par petites passes avec pose d'un cuvelage suspendu.

Il est évident que pour réaliser ce dernier système, il faut des terrains permettant le creusement de passes de quelques mètres sans entraîner de trop importantes déformations des parois nues.

Aux Charbonnages André Dumont, on a ainsi adopté pour la traversée des assises marneuses du Landenien, du Heersien et du Montien, le système suivant de pose du cuvelage.

On creuse sans revêtement une passe de 7 à 8 mètres. Sur une surface bien arasée, on établit soigneusement une trousse sur laquelle on élève 4 à 5 anneaux de cuvelage, ce montage se fait avec soin. Il reste évidemment un jeu entre le dernier anneau et la trousse de la passe précédente. On fait le joint par de longs boulons (trois ou quatre par segment) que l'on serre énergiquement de manière à soulever l'ensemble de la passe inférieure. On place des boulons définitifs, on picote à la base de la trousse et on injecte le ciment derrière les anneaux.



Aux Charbonnages de Limbourg-Meuse, on a dû, au passage des marnes de Gelinden, opérer le creusement par petites passes. Ces passes ont été de 4$^{m}$,50.

Le revêtement comportait un anneau de renforcement de 0$^{m}$,50 de haut et de 0$^{m}$,40 de large, alors que les anneaux ordinaires n'en avaient que 0$^{m}$,20, deux anneaux de 1$^{m}$,50 de haut à deux nervures horizontales et un anneau de 1 mètre de haut à une seule nervure.

L'anneau de renforcement jouait le rôle de trousse de base sur laquelle étaient montés les trois anneaux.

Au fur et à mesure du montage, on bétonnait derrière le cuvelage sur 30 centimètres d'épaisseur derrière l'anneau de base et sur 50 centimètres derrière les autres.

La hauteur de creusement était calculée et établie de manière à laisser le jeu minimum entre le sommet de cette passe et la base de la passe précédente. Ce jeu était obstrué par un picotage serré. On réalisait ensuite simultanément l'injection de ciment derrière la pièce de clef et derrière les joints horizontaux. Un anneau métallique noyé dans le béton protégeait le picotage.

Ce système de creusement par petites passes et placement en montant d'un cuvelage reposant sur trousse ou sur des anneaux de renforcement permet ainsi que nous l'avons dit à propos des deux exemples rapportés ci-dessus : un montage soigné et plus rapide, un bétonnage plus serré (dans le second exemple), bref, des

qualités qui manquent au procédé de montage du cuvelage en descendant anneau par anneau.

* * *

Dans le procédé de montage du cuvelage en descendant, il faut évidemment veiller à établir soigneusement et à renforcer les trousses des passes précédentes, auxquelles se suspendra tout le cuvelage à monter.

En général, ces trousses sont renforcées par le placement d'un second anneau soigneusement picoté de manière à créer une adhérence parfaite avec le terrain, reposant en partie sur des banquettes bien établies.

Si la passe à cuveler est relativement grande, on multipliera sur sa hauteur les trousses qui seront picotées et s'appuyeront sur le terrain. Il est évident que le bétonnage derrière les anneaux intervient pour alléger en partie les charges des anneaux suspendus en établissant une certaine solidarité avec le terrain.

De même, les anneaux de tête du cuvelage doivent d'une manière tout spéciale être solidement établis et vérifiés, renforcés même s'il y a lieu car, lorsqu'on établit un revêtement provisoire, celui-ci doit être suspendu à ces premiers anneaux.

Ainsi, aux Charbonnages de Helchteren-Zolder, a-t-on, avant même d'entreprendre tout travail de creusement, veiller à consolider la tête du puits. On creusa sous le radier de l'avant-puits à une profondeur de $4^{m},50$ et on établit trois anneaux de cuvelage rattaché à ce radier et soigneusement contrebutté par un fort bétonnage, de manière à constituer ainsi un énorme et solide massif de résistance auquel pourrait se suspendre tout le revêtement provisoire.



Le matériel nécessaire à la pose du cuvelage comporte évidemment un treuil pour la descente des pièces de cuvelage et un second treuil pour le déplacement du plancher de manoeuvre où travaillent les ouvriers.

Ce plancher mobile peut se caler par verrou contre le cuvelage déjà placé en se fixant sur les nervures.

* * *

Le cuvelage double comporte deux séries d'anneaux disposés concentriquement.

L'écart entre ceux-ci est en moyenne de 40 à 50 centimètres. Dans la plupart des cas et spécialement lors des reprises de congélation à Beeringen et André Dumont, le cuvelage extérieur est placé en descendant, le cuvelage intérieur en montant après pose complète du cuvelage extérieur.

La liaison entre les deux cuvelages est établie par l'interposition d'un béton fortement damé.

La composition de ce béton est en moyenne un tiers de ciment, un tiers de sable, un tiers de gravier. Derrière le cuvelage extérieur, on injecte du béton à un quart de ciment.

La tête de raccord est ordinairement établie (Beeringen, André Dumont) dans une assise imperméable. On se borne à créer alors un massif de béton riche en ciment qui établit une liaison suffisante.

Parfois le raccord (Les Liégeois) est établi par un picotage protégé par un anneau spécial de raccord tronc-cônique.

Les mêmes dispositifs sont réalisés à la base. Parfois les deux cuvelages sont identiques, parfois ils sont différents; les anneaux extérieurs sont de moindre hauteur (1 mètre au lieu de $1^{m},50$). Lors du montage, on veille

à placer les joints en quinconce de manière à ne jamais être en vis-à-vis.

Aux Charbonnages de Helchteren-Zolder, la jonction de la passe à cuvelage simple avec la passe à cuvelage double se fait par un anneau de forme spéciale.

## 2. — LES JOINTS DE CUVELAGE.

Les joints constituent l'un des points faibles du cuvelage. Le revêtement idéal dans le cas de nappe aquifère serait une enveloppe métallique continue, irréalisable.

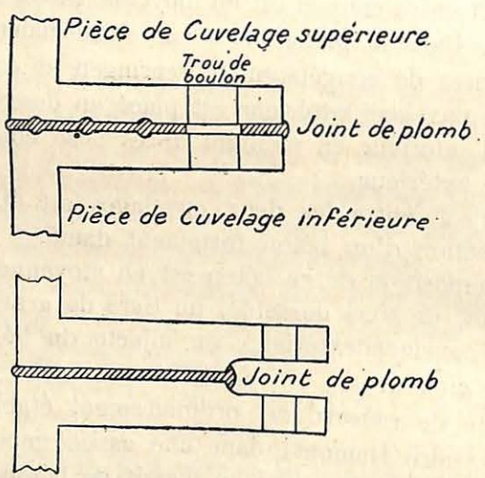



Fig. 10.

L'étanchéité des joints a pu être pratiquement réalisée par l'interposition entre les différents segments de lames plus ou moins épaisses de plomb. Cette substance éminemment plastique s'écrase entre les pièces, se moule au joint et réalise ainsi une quasi continuité dans le revêtement. Mais elle peut se laminer outre mesure et manquer son but, ce qui motive certains dispositifs spéciaux.



Ainsi, notamment à Winterslag, l'adhérence du plomb dans les joints est accentuée par l'existence sur les faces des segments de fines rainures où le plomb se moule. Dans certains puits, les boulons d'assemblage ne traversent pas les feuilles de plomb interposées. Le joint n'existe alors que sur une partie de la largeur des nervures. A l'emplacement des boulons existe un évidement. Ce dispositif donne toute liberté à la lame de plomb pour s'écraser et se mouler. Le serrage du boulon peut être plus fortement poussé sans craindre que le plomb ne flue dans les trous de boulons.

Ce qui achève d'assurer l'étanchéité due aux lames de plomb des joints, c'est le matage.

Cette opération reprise plusieurs fois a réduit notablement les venues d'eau. Le plomb s'étale à la surface extérieure des joints et se moule à toutes les aspérités de la fonte, s'y incruste réellement.

Le dispositif que nous venons de mentionner pour l'emplacement des boulons facilite ce matage. Certains cuvelages ont été dans le même ordre d'idée muni d'un chanfrein de manière à faciliter le matage.

Aux Charbonnages de Limbourg-Meuse on a réalisé un matage extérieur et intérieur qui a donné d'excellents résultats. Le matage extérieur a été exécuté une seule fois avant le bétonnage. Après chaque matage intérieur, les venues d'eau par les joints ont été notablement réduites.

Pour ne citer qu'un chiffre entre autres en notre possession : aux Charbonnages de Limbourg-Meuse, sur 519 mètres de cuvelage, on n'a eu après matage complet de tous les joints que 520 litres de venue horaire.

Nous avons dit un mot plus haut des boulons.

On les munit, à la tête et à l'écrou, de rondelles en

plomb qui, en s'écrasant, jouent le même rôle pour l'étanchéité que le joint de plomb.

Il en est de même pour les boulons destinés à obturer les trous servant à l'injection du ciment.

### 3. — VERIFICATION DU CUVELAGE.

Au cours de l'avancement des travaux, on procède à diverses vérifications du cuvelage.

Ces opérations comportent :

1° Contrôle des joints et matage de manière à réduire les venues;

2° Vérification des raccords et remplacement ou renforcement en cas de défectuosité;

3° Injection de ciment derrière le cuvelage par les orifices réservées dans les segments (trous circulaires de 50 millimètres de diamètre environ);

4° Reserrement des boulons; vérification des rondelles en plomb; remplacement s'il y a lieu;

5° Injection des anneaux de cuvelage. Réparation ou remplacement des pièces avariées.

Une dernière vérification doit être faite avant la décongélation. Il en est de même chaque fois que l'on a été obligé de noyer le puits par suite d'un accident ou de tout autre motif.

Après la décongélation, on inspecte encore le puits. On s'attache alors spécialement à exécuter des matages, des reserrements de boulons destinés à réduire de plus en plus les venues d'eau.

Après la décongélation, on opère parfois une dernière cimentation derrière le cuvelage, destinée à parer aux fissures qui ont pu se faire jour.



### 4. — REPARATION DES PIECES DE CUVELAGE.

L'opération de remplacement de pièces de cuvelage détériorées est toujours une opération délicate, difficile et dangereuse. Elle est impossible après décongélation. Heureusement que, par suite de la plasticité des roches congelées, les poussées se font principalement sentir avant décongélation.

Quand la détérioration n'atteint pas une extrême gravité, on se borne fréquemment à réparer le segment.

On élargit alors à l'outil la fissure en créant un certain chanfrein. On y chasse des lamelles de plomb, mais plus souvent de cuivre, que l'on mate soigneusement. Cette opération réalisée à Winterslag, à Eysden et à Zolder a donné d'excellents résultats. Les pièces de cuvelage ont parfaitement résisté et les fissures matées au cuivre n'ont pas donné de suintement.

Fréquemment, les fissures partent du trou réservé pour l'injection de ciment. Il est impossible de les réparer en ce point en y chassant des lamelles de cuivre. Aussi place-t-on sur le trou boulonné, un chapeau de fer soigneusement et fortement vissé. Une lame de plomb interposée assure l'étanchéité.

ANNEXE AU CHAPITRE X

## Revêtement en maçonnerie et béton

Dans les terrains cohérents non aquifères du houiller, on a utilisé comme revêtement un muraillement de briques, de moellons ou de béton suivant les charbonnages. En un seul siège, à Beeringen, on a utilisé à la traversée des morts-terrains pour une passe de crétacé non aquifère en partie et préalablement cimentée par injection, un revêtement en béton.

### Revêtement à la traversée des morts terrains à Beeringen.

De 508 à 585 mètres, on avait traversé une passe de craies grises et blanches cimentées et ne donnant aucune venue d'eau, sauf entre 554 et 570 mètres dans des craies friables où la venue avait atteint 600 litres à l'heure.

La congélation avait été arrêtée à 485 mètres et s'était fait sentir jusque 490 mètres. A ce niveau, les terrains cimentés avaient donné une venue de 180 litres à l'heure.

Les conditions dans lesquelles on se trouvait : terrain cimenté pratiquement non aquifère, avaient permis d'envisager le placement d'un revêtement de béton.

Afin d'assurer l'étanchéité de la base du cuvelage, celle-ci avait été établie à 508 mètres. De même, on reprenait la pose du cuvelage à partir de 585 mètres pour la traversée des nappes aquifères de base des morts-terrains.

Un revêtement fut établi au diamètre intérieur de $6^m,60$ (mesure de précaution en cas de nécessité de la pose d'un cuvelage). Ce revêtement était constitué par du béton armé avec gabarit en voussoirs de béton dont les dimensions étaient les suivantes : $770 \times 250 \times 80$ millimètres. Le diamètre était au creusement de $7^m,40$. On bétonnait derrière ce gabarit de claveaux un remplissage compact et continu. Ce remplissage était armé par une série de barres verticales reliées transversalement entre elles et par des barres horizontales aux anneaux extérieurs saillants des claveaux.



Par poste de 8 heures de 18 à 20 hommes, l'avancement fut de $1^m,50$.

Ce revêtement fut établi sur cette hauteur aux deux puits. Comme on atteignait au puits n° 1 la profondeur de 646 mètres, une voie d'eau se déclarait à 544 mètres. La venue atteignait 150 mètres cubes à l'heure.

La genèse de l'accident put être facilement reconstituée à la suite des indications relevées.

Un vieux sondage abandonné mettait en communication l'assise aquifère du tuffeau avec l'assise des craies peu compactes qui donnaient déjà une faible venue d'eau. A la décongélation, les eaux pénétrèrent dans cette assise par le sondage. L'eau était entrée en contact avec le revêtement. La mise sous tension avait été trop forte. Un décollement s'était produit entre la craie et le béton à la hauteur du plan de contact, entre la craie grise compacte et la craie blanche peu résistante. Le revêtement s'était déchiré. L'armature métallique avait retenu les blocs arrachés qui avaient pénétré dans la section utile du puits.

Les 40 centimètres de béton armé n'avaient donc pas constitué un revêtement suffisant pour résister à une pression de 50 atmosphères.

Après sauvetage, on a placé sur toute la hauteur de cette passe un cuvelage en fonte.

L'accident aurait pu se produire également à la suite d'une fissuration résultant du jeu des terrains consécutif à l'exploitation souterraine. Si l'on calcule l'épaisseur du cuvelage en prévision de cette éventualité, on voit que le béton n'a pas une résistance adéquate et que l'emploi de la fonte est indispensable.

* * *

Pour terminer ce chapitre, disons quelques mots des limites d'emploi du béton.

Nous nous baserons sur des faits :

L'accident de Beeringen est un premier fait qui montre l'insuffisance d'un revêtement en béton même pour une passe en morts-terrains cimentés peu aquifères.

Aux Charbonnages de Bois-du-Luc dans le Hainaut, on a utilisé un revêtement en béton comme cuvelage jusqu'à 180 mètres. A cette profondeur, l'épaisseur de béton atteignait 80 centimètres et l'armature était à son maximum.

On saisit les idfficultés d'établissement de ce revêtement et les frais supplémentaires entraînés.

On a pu dans certains cas établir à plus grande profondeur un cuvelage en béton d'épaisseur moindre. Ce cuvelage n'est pas calculé pour résister à toute la pression hydrostatique. Les nappes sont captées derrière le cuvelage.

Ce procédé ne donne cependant pas toute satisfaction. L'eau affouille le terrain, provoque des décollements autour du revêtement, désagrège le ciment et met à nu les armatures.

Bref, une installation spéciale exigeant un soin continu et un soutènement qui n'est point exempt de danger et d'insécurité.

A la suite de ces constatations, on peut conclure que si l'utilisation du cuvelage en béton est encore possible pour la traversée de morts-terrains aquifères sur des hauteurs relativement faibles, le cuvelage métallique, nécessaire pour les grandes profondeurs, est dans tous les cas le plus pratique, le plus sûr, le moins onéreux et le plus simple de montage.

## Revêtement en terrain cohérent.

En terrain cohérent, le revêtement a été constitué par un muraillement de béton ou de maçonnerie.

Dans ce dernier cas, il a été constitué par une tour d'épaisseur moyenne de $0^m,75$ en briques et mortier de ciment. Derrière ce mur et de manière à assurer le contact avec le terrain, on a damé un béton compact.

Aux Charbonnages de Waterschei, le revêtement en terrains compacts fut réalisé en constituant autour du puits un anneau de béton monolithique de $0^m,80$ d'épaisseur.

Nous donnons quelques détails sur la méthode d'organisation du travail parce qu'elle est réellement un modèle de soin et d'économie.

Il faut, en effet, que le revêtement soit établi solidement et d'une manière assez continue, que le damage soit parfaitement réalisé, que le coffrage soit continu, résistant et ne donne pas de dénivellation trop accentuée.

Au point de vue économie, il y a à envisager la facilité de pose et de montage du coffrage, le coût de ce coffrage et ses facilités de remploi, l'encombrement réalisé dans le puits, etc.

A ces différents points de vue, on a préféré utiliser un coffrage métallique rapide à monter, peu encombrant, de forme régulière et assez résistant pour permettre un remploi répété.



Une série de cercles constitués de fers U de dimensions suivantes $180 \times 70 \times 8$ furent successivement montés tous les 66 centimètres environ. Ces anneaux étaient en six segments assemblés par boulons, ce qui réduisait le nombre de joints et laissait les pièces de maniement facile.

On plaçait à l'extérieur des anneaux, des tôles cintrées. Celles-ci étaient raidies verticalement et circulairement par des fers en L de dimensions $80 \times 80 \times 8$. La cornière inférieure était perforée de manière à pouvoir être fixée sur l'anneau inférieur par des broches qui traversaient les ailes des fers U également perforées.

Ces tôles ne présentaient extérieurement aucune saillie et elles étaient préparées (graissées, etc.) de manière à présenter un minimum d'adhérence au béton. Leur enlèvement était facilité par leurs dimensions assez réduites, 65 ou 80 centimètres. Deux poignées en facilitaient le maniement. Leur poids atteignait moins de 40 kilogrammes, l'épaisseur des tôles était de 5 millimètres. Le bétonnage était exécuté après la pose d'un anneau. La hauteur étant de 65 centimètres seulement, le travail était aisé et soigné. Après 24 heures, on pouvait enlever le coffrage et le réutiliser.

Avec une équipe de 20 ouvriers et manoeuvres, l'avancement réalisé fut de 6 mètres par jour. Le matériel était réduit et de coût peu élevé.

Les ouvriers travaillaient sur un plancher volant. On voit que tout dans cette organisation a été étudié en vue d'améliorer le rendement et le soin :

Coffrage aisé à poser, à manier et rapidement libéré;

Bétonnage sur une faible hauteur, ce qui permet un damage soigné et compact;

Montage et étayage du coffrage peu compliqué, sans embarras et suffisamment résistant.

D'autres puits furent également revêtus en profondeur de béton armé ou de moellons de béton ou encore de claveaux frettés et armés derrière lesquels on établissait un bourrage en béton avec armatures métalliques.

* * *

On attacha un soin spécial à l'aménagement des accrochages. Ceux-ci étaient placés dans un évasement du puits. La pente en

surplomb fut toujours réduite de manière à donner plus de sécurité. Ces raccords en troncs de cône furent spécialement surveillés et renforcés. Même dans les puits muraillés en briques, on les établit en béton armé ou en claveaux de béton armé avec derrière un garnissage en béton.

Nous mentionnerons à titre d'indication au point de vue des difficultés que l'on rencontre et des accidents auxquels on est sujet dans le creusement de ces accrochages et pour l'établissement de leur revêtement, l'accident survenu sur la fin de 1920 au puits n° 1 des Charbonnages de Limbourg-Meuse.

A 690 mètres, on avait décidé d'établir un accrochage. Les schistes à ce niveau présentaient de grandes cassures verticales dirigées N.W.-S.E. Les terrains étaient soutenus par un revêtement provisoire, mais par suite de l'inconsistance des terrains, de l'évasement et de la défectuosité du revêtement provisoire, celui-ci céda bientôt entraînant la chute d'une masse importante de roche.

Le revêtement de maçonnerie avait été arrêté à 666 mètres au diamètre intérieur de $6^m,20$, le diamètre de creusement étant de $7^m,50$. On avait creusé jusqu'à $685^m,87$ à ce diamètre. Après l'éboulement et afin d'en limiter les effets, on avait comblé le puits de $690^m,72$ à $684^m,10$ avec du sable.

Après avoir régularisé la section du puits et réalisé entre 670 mètres et $684^m,10$, un cône à pente assez faible, afin d'obtenir à ce dernier niveau le diamètre de creusement tel qu'il résultait de l'éboulement, on établit sur le sable une trousse en béton fortement armé sur lequel on éleva un muraillement en maçonnerie pour rejoindre la passe précédemment muraillée.

Le diamètre intérieur de la trousse était de $7^m,70$. On creusa ensuite à nouveau le puits en l'évasant progressivement de manière à atteindre à 690 mètres un diamètre de creusement de $10^m,70$, valeur très grande, mais nécessaire à la suite de l'éboulement.

Ce creusement fut réalisé par passes de 2 mètres de haut que l'on revêtit de béton armé immédiatement sur une épaisseur de 60 centimètres. De 690 à 700 mètres, on creusa à parois verticales au diamètre de $9^m,50$ avec un soutènement provisoire. Sous 700 mètres, on reprit le diamètre de creusement de $7^m,50$.

A l'intérieur de la chambre tronconique ainsi établie, on éleva ensuite le revêtement de la chambre d'accrochage où le puits



avait un diamètre utile de $7^m,50$. Ce revêtement était constitué de claveaux de béton fretté derrière lesquels on bétonna.

Cet exemple montre le travail auquel on a été contraint à la suite de cet accident. De ce fait et de quelques autres constatations, il apparaît que dans le placement d'un revêtement en maçonnerie ou béton, il est nécessaire de prendre une série de précautions spéciales lors de l'établissement des accrochages. Ces précautions dépendent de la nature des terrains où l'on se trouve et de leur friabilité. Elles doivent tenir compte de l'inclinaison de l'évasement.

Le béton armé résiste mieux que n'importe quel autre mode de revêtement à ces conditions spéciales.

S'il y a lieu, après avoir veillé à établir une assise ferme pour le revêtement supérieur, on opère par petites passes de creusement immédiatement bétonnées ensuite.

CHAPITRE XI.

# Trousses et raccord de cuvelage

Dans l'étude du cuvelage, il y a deux points de détail importants que nous aborderons séparément : les *trousses* et surtout les *raccords de cuvelage*.

## Les Trousses.

Les trousses ont principalement pour but de constituer les bases solides des passes de cuvelage. Parfois, elles constituent un renforcement du cuvelage. Elles contribuent à le raidir. Lorsqu'elles sont établies dans des terrains imperméables à la base des nappes aquifères, elles réalisent par leur mode de montage, des bourrages étanches autour du cuvelage, qui rendent indépendantes les diverses nappes. Elles créent entre celles-ci des cloisons qui les empêchent de communiquer entre elles et ainsi d'ajouter parfois leurs effets et de mettre tout le cuvelage sur toute sa hauteur en charge maximum et en contact avec l'eau.

## Quelques trousses.

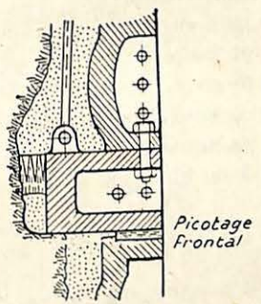
Aux Charbonnages André-Dumont, les trousses sont constituées par des anneaux de $0^m,50$ de haut et $0^m,60$ de large, nervurés verticalement et surépaissis.

Ces trousses portent extérieurement des anneaux de fonte auxquels s'attache une armature métallique établissant une liaison étroite avec le béton damé derrière le cuvelage.

Aux Charbonnages de Winterslag, les trousses ont $0^m,50$ de haut et $0^m,35$ à $0^m,40$ de large. Elles portent une nervure horizontale de $0^m,10$ à $0^m,15$ et sont renforcées par une série de consoles verticales.



Aux Charbonnages de Beeringen, les trousses étaient constituées de deux anneaux superposés ayant respectivement 320 et 350 millimètres de haut, 425 et 500 millimètres de large.




Trousse de Cuvelage employée aux Charbonnages André Dumont

Fig. 11.

On voit donc par ces quelques exemples, que nous ne multiplierons pas, qu'en général, les anneaux des trousses sont de faibles hauteurs, larges et solidement renforcés. Parfois, ils sont constitués de manière à former des complexes plus résistants.

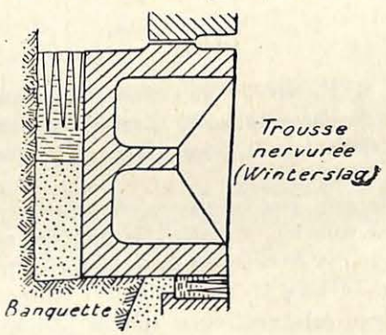



Fig. 12.

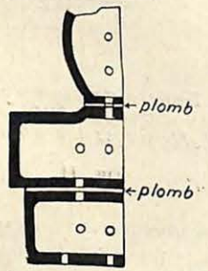
Ces points sont évidemment d'extrême importance pour la base des cuvelages à élever.

Voyons maintenant quelques détails de montage. Ces trousses, lorsqu'elles servent de base à une passe, sont établies sur une

banquette bien arasée et de niveau établie sur tout le pourtour du puits. Cette banquette peut être en console au cas où le creusement a été poursuivi plus bas.

Autant que possible, cette banquette est ménagée en terrain résistant. On bétonne ensuite soigneusement derrière le cuvelage et si la trousse est posée en terrain imperméable et ferme, on établit un picotage serré.

Comme exemple, nous citerons les Charbonnages de Winterslag où derrière les anneaux de trousse de 0m,50, on a bétonné sur 25 centimètres de haut un mélange riche en ciment, forte-




Trousse à double anneau
(Beeringen)

Fig. 13.

ment damé et établi sur les 25 centimètres restant un picotage serré de coins de chêne, chassés à refus dans des blocs de bois tendre. L'épaisseur laissée libre derrière l'anneau était de 5 à 6 centimètres.

En cas de terrain peu consistant ou aquifère, le picotage est inutile et même nuisible. En effet, le picotage ne peut être efficace que dans le cas de terrains durs contre lesquels il se produit un écrasement du bois.

En terrain peu cohérent, outre que sa réalisation est difficile, elle est inutile, car le picotage ne tient pas. En terrain congelé, le picotage réussit parce que le terrain est rendu cohérent par suite de la congélation. Mais lors de la décongélation, la masse reprend son état normal et l'eau désagrège le picotage. Celui-ci est nuisible parce qu'il crée une discontinuité dans le béton damé derrière le cuvelage.



Dans l'étude des trousses, il faut particulièrement faire ressortir le soin et l'importance à attacher aux trousses de base du cuvelage. Celles-ci, en effet, doivent constituer un joint parfaitement solide et étanche de la base du cuvelage avec les terrains cohérents et imperméables.

En général, la base des cuvelages est constituée par plusieurs trousses superposées ou alternant avec des anneaux; les picotages sont multipliés, soignés et renforcés par des boucliers métalliques.

C'est à des insuffisances dans l'établissement de ces trousses de base que l'on doit imputer des accidents comme les venues d'eau qui se sont manifestées lors de la décongélation, dans le muraillement exécuté dans le terrain houiller, sous la base du cuvelge au puits de Zolder. L'eau s'infiltrant entre le terrain et le cuvelage a agi sur le revêtement de maçonnerie non calculé pour résister à de tels efforts.

Remarquons, à propos du soin à apporter au placement des trousses, qu'en certains puits on a été amené en divers cas (insuffisance des terrains, etc.) à les placer sur un petit muraillement circulaire. Ceci leur donnait une base plus ferme, bien établie et indéformable.

Cela est important pour le montage subséquent des anneaux parce que les moindres dénivellations, les plus faibles affaissements entraînent de graves conséquences pour le placement des anneaux supérieurs et des raccords.

De même l'injection de ciment dans le terrain, à hauteur de la trousse, a permis de donner plus de résistance au terrain et par suite plus d'efficacité au picotage, la résistance du terrain cimenté étant peu sensible à la décongélation.

Dans le même ordre d'idée que les trousses, nous pouvons considérer l'établissement des raccords des passes à cuvelage simple aux passes à cuvelage double.

On a employé dans certains cas (Les Liégeois, Helchteren-Zolder) des anneaux spéciaux de raccord. Mais c'est là un dispositif coûteux s'il est parfait.

On a réalisé parfois des dispositifs aussi parfaits et moins onéreux.

Nous en citerons un :

Aux Charbonnages André-Dumont, après avoir creusé sur quelques mètres de haut au diamètre extérieur maximum, on établit (495$^{m}$,60) une trousse du cuvelage de grand diamètre (7$^{m}$,40).

Cette trousse de 36 centimètres de haut fut picotée à refus. Au-dessus on plaça en montant deux anneaux de 0$^{m}$,85 de haut qui furent soigneusement bétonnés, matés et injectés de ciment. On plaça ensuite devant ce cuvelage et en descendant, de manière que les joints ne soient pas en vis-à-vis, deux anneaux de 1 mètre de haut au cuvelage de 6 mètres de diamètre. L'intervalle a été ensuite soigneusement bétonné et cimenté.

On a ainsi créé un bouchon de ciment étanche.

Aux Charbonnages de Beeringen, où la liaison avait été établie de même et avec picotage à refus des anneaux supérieurs afin de renforcer encore l'étanchéité, le raccord de base fut établi de la manière suivante :

La trousse de base du cuvelage double avait été établie avec soin, bétonnée et picotée à 634$^{m}$,50 dans le bon terrain. Vis-à-vis de cette trousse, on établit une banquette de béton circulaire armée de tôles métalliques placées à plat et sur laquelle on éleva le cuvelage intérieur. L'espace intermédiaire fut bétonné.



Le cuvelage simple fut prolongé et la trousse de base fut posée à 644 mètres.

Ces dispositifs sont simples, rapidement montés. Ils n'exigent aucune construction spéciale et ils sont efficaces.

### Les raccords de cuvelage.

Lors de la mise en place des cuvelages de différentes passes, une question importante se pose : c'est celle des raccords des différentes passes.

Le procédé habituellement employé consistait à placer à la tête de la passe cuvelée un anneau spécial de raccord dont les dimensions étaient telles qu'il obturait le mieux possible l'espace laissé vide entre le dernier anneau et la trousse supérieure. On bétonnait derrière cet anneau comme derrière les autres anneaux de cuvelage, mais en opérant à mesure que les différents segments étaient placés, par pilonnage latéral ; le dernier segment placé et boulonné, on injectait derrière celui-ci par une ouverture ad hoc un lait dense de ciment. L'interstice entre cet anneau et la trousse supérieure était ensuite picoté à refus de manière à assurer une étanchéité parfaite. Les autres joints subissaient un matage des feuilles de plomb interposées.

Il en était de même lorsque l'espace libre entre le dernier anneau et la trousse se réduisait à quelques centimètres. Après cimentage, on introduisait des coins de bois tendre que l'on picotait à refus.

A l'époque des fonçages de puits en Campine, on eut à enregistrer un assez grave accident au puits de Saint-Vaast à La Louvière. Un segment d'un anneau de raccord picoté comme il vient d'être dit, s'est brisé deux

ans après le fonçage et alors que la mine était en exploitation. Ce joint avait été fait dans les sables congelés et on suppose qu'après dégel, la trousse étant mal appuyée s'est dénivelée et a exercé un effort oblique sur l'anneau de joint dont la pièce faible a sauté. Cet accident a amené les fonceurs de puits en Campine à étudier des dispositifs de protection et de renfort des joints picotés.

Nous allons en donner quelques exemples :

*Aux Charbonnages de Beeringen.*

Au-dessus de 200 mètres, certains raccords s'étant montrés défectueux, on leur substitua une roue en fonte en plusieurs segments à joints matés au plomb et raccordés par boulons aux anneaux voisins.

Sous 200 mètres, on a élargi le diamètre de creusement et on a suspendu à la trousse inférieure dont les dimensions étaient de $620 \times 350$, un cuvelage double comportant : à l'extérieur, deux anneaux lisses de 40 millimètres d'épaisseur au diamètre de $6^m,65$ et, à l'intérieur, un anneau lisse de 40 millimètres et de $5^m,80$ de diamètre utile surmontant le cuvelage inférieur par un joint au plomb boulonné comme à l'ordinaire.

Les anneaux extérieurs nervurés étaient noyés dans le béton, le joint entre l'anneau au diamètre de $5^m,80$ et la trousse étaient matés au plomb. Son épaisseur était de 6 à 20 millimètres.

Le même dispositif (1) a été également utilisé au puits n° 2, mais l'espace entre les anneaux intérieurs de petit diamètre et la trousse a été rendu étanche par un picotage.

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, t. XX (année 1919), pp. 1188 et 1192.



On trouvera le détail de ces raccords dans les monographies annexées.

Certains picotages ont été protégés par un béton établi derrière le cuvelage et armé de treillis métalliques. Il semble que ce dispositif se soit montré meilleur au point de vue protection du picotage que la simple injection de ciment derrière le cuvelage.

*Aux Charbonnages de Limbourg-Meuse.*

Le problème fut posé ici dès le montage du cuvelage. Aussi prenons-nous cette réalisation comme exemple de l'aménagement et du renforcement des raccords dans le montage même du cuvelage.

Les résultats obtenus démontrent la réussite des systèmes employés.

Jusqu'à 250 mètres, on a adopté le système connu des brides de raccord en queue d'aronde avec des coins placés le gros bout vers le terrain, ce qui assure plus de tenue au picotage.

De 250 à 400 mètres, on a mis en plus des couvre-joints. Ceux-ci sont des anneaux en fer plat constitués de plusieurs segments vissés sur le cuvelage et masquant partiellement le picotage. Ces anneaux peuvent être enlevés pour la réparation du picotage. Celui-ci peut être surveillé lors des visites du puits. Il est en partie découvert.

Sous 400 mètres, les poussées devenant plus considérables, il devenait nécessaire de soustraire le plus possible le joint à leurs effets.

On a élargi le diamètre de creusement et on a placé à cheval sur le joint un anneau de cuvelage de grand diamètre, picoté s'il y a lieu contre le terrain. Le béton

damé entre cet anneau et le cuvelage a été armé par un treillis de barres de fer. Le picotage a toujours été muni de son couvre-joint.

*Charbonnages de Helchteren-Zolder.*

Les joints sont protégés par un anneau de cuvelage en acier coulé, placé contre le terrain et noyé dans le béton. Le raccord se fait par picotage, non pas sous la trousse, mais entre le premier et le deuxième anneau de la passe inférieure. On a observé que le picotage sous la trousse fait naître dans la bride, en raison de sa grande largeur, des tensions dangereuses. On emploie les coins en queue d'aronde.

* * *

Résumons les constatations et conclusions que l'on peut tirer des faits vus en Campine.

L'établissement d'un joint étanche au raccord de passes de cuvelage paraît n'être bien réalisé et facilement obtenu que par l'emploi du picotage à refus. L'emploi d'anneaux spéciaux exige un montage difficile et il en résulte toujours des imperfections dans l'étanchéité des joints. Le matage du plomb dans des joints de quelque importance se révèle défectueux. Aussi ceux qui ont tenté ce dernier mode sont-ils rapidement revenus à l'emploi du picotage.

Le picotage néanmoins laisse subsister un certain risque : à la longue, comme tout ouvrage en bois, il perd de sa résistance et peut céder sous de trop fortes pressions hydrostatiques et plus spécialement sous les poussées des terrains.

En ce qui concerne la résistance aux pressions hydrostatiques, le picotage à refus dans un joint ménagé en



queue d'aronde avec pose d'un couvre-joint en fer, combiné à une surveillance régulière, donne d'excellents résultats même à des pressions hydrostatiques élevées : le picotage est étanche; l'arrachement et la projection de picots sont rendus difficiles par la forme du joint et la présence du couvre-joint. On devra soigneusement veiller au maintien de l'étanchéité.

Le picotage peut s'ouvrir si la poussée des terrains amène une déformation ou ovalisation du cuvelage. Le simple béton est insuffisant comme remède. Il faut poser un anneau de cuvelage de protection soit à cheval sur le joint, soit suspendu à l'anneau de trousse.

C'est, en somme, une petite passe de cuvelage double de part et d'autre du joint. Elle équivaut à l'empattement ou au rouet de pierre de taille que l'on met à la base des passes de maçonnerie, elle renforce considérablement la résistance à la flexion et sous le rapport de l'étanchéité, elle joue le rôle des joints contournés.

## CHAPITRE XII.

## Revêtement provisoire

Une des questions secondaires, mais encore très importante dans le soutènement des terrains, est leur mode de revêtement pendant le creusement. Cette question a été fortement controversée.

M. Zaeringer, un des grands spécialistes de fonçage de puits spécialement par congélation, résumait en 1910 son opinion sur l'emploi des soutènements provisoires, de la manière suivante :

Il est insuffisant pour prémunir contre une irruption imprévue de sables mouvants (c'était le cas généralement étudié).

La chute du revêtement provoquée par quelque cause que ce soit (dégel, manque de consistance du terrain, etc.) est préjudiciable par suite des graves conséquences qu'elle entraîne pour le personnel occupé à l'avaleresse.

Le revêtement provisoire masquant le terrain rend impossible l'observation des parois où certains indices peuvent révéler une mauvaise tenue des terrains ou de la congélation, prévenir d'un accident imminent ou encore permettre de le conjurer.

M. Zaeringer dans d'autres lettres confirmait encore ces conclusions.

L'administration des mines allemandes maintenait l'obligation du revêtement provisoire. Elle le justifiait comme un mode de soutènement des terrains qui empêchait leur déformation, affaissement, poussée, etc. et comme un élément de sécurité contre la chute de blocs peu adhérents au muraillement.



Au début de la période de forage des puits en Campine, M. Breyre, attaché au service administratif des accidents au Corps des mines de Belgique, étudiant le mode de fonçage, opposait à la rigueur des arguments de M. Zaeringer, les remarques suivantes :

Pour résister à des venues de sables, seule la pose du cuvelage en descendant est un moyen efficace. Il est nécessaire de procéder alors de cette façon. Par suite ce n'est pas là un des buts du montage d'un revêtement provisoire. Le but primordial est celui reconnu par le service des mines d'Allemagne : la prévention de la chute de blocs de terre, rendus cohérents et durs par la congélation, but d'autant plus important que la hauteur des passes est grande.

Mais, s'empressait-il d'ajouter, il faut établir une discrimination entre les différents terrains.

Un terrain grenu saturé d'eau (sable ou craie) n'exige pas de revêtement parce qu'il prend extrêmement bien la congélation et que, par suite de la cohésion de la masse, le maintien en parois verticales et compactes est parfaitement réalisé par la congélation.

Un terrain compact, imperméable, fissuré (argile, craie, marne) sans eau exige par contre un soutènement.

Divers exemples tirés de travaux entrepris en Belgique confirmaient ce raisonnement et démontraient par expérience la sécurité en certains terrains du creusement sans soutènement.

Le seul argument prépondérant et favorable à la suppression de tout revêtement préalable consistait dans le fait de la surveillance possible des parois. M. Breyre préconisait à ce titre, spécialement en ce qui concerne les ruptures de tubes congélateurs, le placement sur les circuits d'appareils indicateurs des perturbations et les localisant.

L'emploi de ces appareils ne paraissait pas encore donner toute satisfaction.

* * *

Tels étaient les principaux avis au début du travail entrepris. Des points restaient en discussion ou en suspens. Les résultats des travaux de Campine apportent-ils des éléments nouveaux dans ce débat?

1° Selon les conclusions de M. Breyre, l'emploi du soutènement dépend des conditions même des terrains traversés et peut en certains cas être supprimé.

En Campine, la traversée des terrains sableux et calcaires fortement aquifères, des terrains cimentés, de certaines intercalations résistantes et compactes a pu être réalisée sans aucun danger, sans revêtement. Les terrains cimentés par la glace ou le ciment injecté se maintenaient excellemment. Il n'y a eu aucun accident.

2°) L'emploi d'un soutènement est-il utile dans tous les cas?

En certains cas, il peut être nuisible et superflu par suite de son impuissance. C'est principalement le cas dans la traversée des terrains sujets à d'importantes poussées et dans le cas de terrains congelés se déformant par suite de la charge trop élevée qui s'exerce sur l'anneau de glace.

Sous l'action de la poussée des terrains, les revêtements provisoires ne peuvent tenir. Les étais se brisent, les anneaux se disloquent et s'écrasent. Les accidents survenus montrent suffisamment que le revêtement même le plus soigné est impuissant pour résister à ces poussées. Bien mieux, il se produit un calage tellement énergique des pièces que celles-ci ne peuvent plus être démontées. Il faut les débiter au chalumeau, les abandonner totalement ou partiellement s'il est possible dans



le béton derrière le cuvelage, creuser à un diamètre plus grand. Toutes opérations onéreuses, lentes et dangereuses.

Les mêmes conséquences se produiraient dans le cas des poussées en terrains congelés. Dans ce cas, il est de plus très utile pour leur résistance propre de laisser la hauteur à découvert réduite au minimum.

Ces faits et ces raisonnements amènent à conseiller dans ces cas la pose du cuvelage en descendant.

3°) Dans des cas de terrains fissurés, écailleux, sujets à des chutes de blocs des parois, il est utile de placer un revêtement. Celui-ci doit être particulièrement soigné, spécialement en ce qui concerne les anneaux, leur montage et le dispositif des organes de suspension, surtout quand le creusement se fait en élargissant le diamètre. Il sera parfois nécessaire de creuser avec pose de revêtement par petites passes successives.

4°) Comme le soutenait M. Zaeringer et comme on a pu le remarquer, il est utile de travailler sans revêtement afin de pouvoir surveiller l'état des parois.

Les appareils de contrôle des circuits de congélation ont été utiles, mais sans grand succès. Les indications visibles sur les parois sont plus nettes, plus rapides, moins délicates. De plus, elles peuvent donner des indications relativement à d'autres perturbations que celles de la congélation.

Ainsi, dans le cas de brusque poussée de terrain et d'irruption de sable, les indices apparaîtront sur les parois assez tôt pour garantir la sécurité et le sauvetage du personnel.

5°) On est amené à constater également qu'il ne faut pas creuser de trop grandes passes sans revêtement puisque l'on s'expose à une ovalisation ou à un rétrécissement du puits.

Cela est important également sous le point de vue de la gravité des conséquences d'un accident. Les parois nues sont dangereuses parce qu'elles peuvent être affouillées et attaquées par les eaux. Le montage d'un revêtement provisoire est un paillatif trop insuffisant. Si l'on doit combler avec du sable la passe non cuvelée, l'existence d'un revêtement provisoire éboulé complique les opérations de reprise.

Il faut donc laisser le moins de terrain exposé en parois nues de crainte de leur danger en cas d'accident par venues d'eau.

6°) Pour protéger les ouvrages de l'avaleresse contre la chute de glaçons ou d'autres objets tombant de la paroi du puits, on installe des planchers annulaires, soit fixés sur des traverses encastrées dans le terrain ou appuyées sur les bords de la dernière passe de cuvelage, soit suspendus par des chaînes ou câbles et suivant le creusement.

Maintenant que nous avons résumé l'expérience des douze fonçages de Campine, il nous reste à porter une conclusion générale.

Nous la formulons ainsi :

1°) Les passes creusées sans soutènement, c'est-à-dire sans pose du cuvelage ne seront pas de hauteur exagérée ;

2°) Dans le cas de terrains sujets à fortes poussées, on placera le cuvelage en descendant.

### Réalisation du soutènement.

Le soutènement provisoire est constitué par des madriers jointifs calés entre le terrain et des anneaux métalliques montés au fur et à mesure du creusement.



Ces anneaux sont constitués de fers U cintrés, réunis par des couvre-joints également en fers U. Le mode d'assemblage se fait ordinairement par boulons ou broches.

Les anneaux sont suspendus les uns aux autres par des crochets métalliques en S.

Lorsqu'il y a évasement, ces crochets sont établis de manière à permettre cet évasement. Ce système s'est montré défectueux. On a préféré y substituer un assemblage constitué de manchons vissés sur des pattes de soutien.

La distance entre deux anneaux successifs est environ de 1 mètre à 1$^{m}$,20. Le système complet est suspendu au dernier anneau de cuvelage monté.

Les pièces sont calculées pour résister aux efforts que l'on envisage. Les tiges de suspension sont spécialement établies pour soutenir le poids de tout le revêtement.

Les cercles métalliques sont parfois renforcés par le placement de traverses étayées. En cas de poussée de terrain, il est inutile d'en multiplier le nombre pour renforcer le revêtement. Ces traverses flambent et se brisent sous la poussée.

*(A suivre.)*

# Procédé optique

POUR LE

# rattachement d'un levé de surface à un levé souterrain

PAR

L. PAUWEN,

Chargé de Cours à l'Université de Liége.

---

## INTRODUCTION

Le procédé classique de rattachement d'un levé de surface à un levé souterrain consiste, comme on le sait, lorsque l'on ne dispose que d'un seul puits vertical, à faire usage de deux fils à plomb, les plus distants possible et fortement tendus par deux poids, que l'on fait baigner dans un liquide en vue d'amortir leurs oscillations. Ce procédé bien appliqué donne d'excellents résultats, mais les mesures peuvent être affectées, surtout aux grandes profondeurs, d'une erreur systématique provenant d'une déviation du plan des aplombs sous l'action constante de courants d'air passant des galeries vers le puits ou inversement. Il est souvent difficile, si pas complètement impossible, d'obvier à ce grave inconvénient qui risque de compromettre complètement les opérations.

Pour remédier à ce défaut, M. le Professeur Dehalu (1) a tenté, il y a quelques années, l'essai d'un procédé optique et a

---

(1) M. DEHALU. Sur un procédé de rattachement d'un levé de surface à un levé souterrain et son application aux mesures d'étoiles doubles, *Mémoires de la Société Royale des Sciences de Liége*, 3e série, t. XIII.

démontré que la précision des mesures dépend essentiellement de la puissance de la lunette de visée. J'ai pensé qu'il serait intéressant en partant de cette idée de faire une étude systématique des procédés applicables à un théodolite ordinaire possédant une lunette susceptible de supporter des grossissements plus importants que ceux dont on fait habituellement usage.

Le procédé consiste à disposer dans le puits à la hauteur de l'étage qu'il s'agit de rattacher à la surface, deux signaux lumineux constitués par des lampes électriques pointolites qui seront décrites plus loin en détail. A la surface, au-dessus du puits, sensiblement dans le plan vertical de ces lampes, on installe un théodolite à lunette plongeante au moyen de laquelle on effectue simultanément des visées sur les signaux lumineux et sur un signal fixe placé à la surface à quelque distance du puits.

Une faible inclinaison de l'axe de rotation de la lunette est ici sans importance puisque la direction de la lunette amenée horizontalement pour le pointé du signal de surface se trouve ainsi dans une position parallèle à la droite joignant les signaux lumineux du fond. Mais nous montrerons que les variations d'inclinaison de cet axe de rotation au cours des mesures peuvent affecter celles-ci d'une manière très sensible.

La méthode optique impose, comme nous l'avons dit, de forts grossissements. On sait que le grossissement est donné par le rapport de la distance focale de l'objectif à la distance focale de l'oculaire. Dans les théodolites utilisés en topographie, celle-ci n'est guère inférieure à 8 mm., de sorte que le grossissement d'une lunette de 200 mm. de distance focale sera de vingt-cinq fois, ce qui est tout à fait insuffisant pour le but que nous poursuivons. Nous avons obvié à cet inconvénient en remplaçant l'oculaire par un microscope muni d'un objectif et d'un oculaire respectivement de 8 et 30 mm. de distances focales. De cette façon, on obtient un grossissement de 140 fois environ qu'un bon objectif peut facilement supporter. Cependant, comme la limite des grossissements utilisables dépend des qualités optiques de l'objectif, on se trouve vite arrêté dans le choix d'un grossissement quelque peu important. C'est pourquoi nous avons fait usage d'une lunette munie d'un objectif Zeiss de 35 mm. d'ouverture qui convenait parfaitement à notre but.



Notre conclusion est que la méthode optique est susceptible d'une précision suffisante et que son emploi peut être recommandé; elle présente d'incontestables avantages sur la méthode des aplombs lorsqu'il s'agit d'atteindre des profondeurs dépassant 300 à 400 mètres.

Qu'il me soit permis en terminant cette introduction de rendre hommage à M. le Professeur Dehalu pour les conseils éclairés qu'il n'a cessé de me prodiguer au cours de ce travail; à M. Masy, directeur-gérant des Charbonnages de Bonne-Espérance, Batterie, Violette et Wandre; à M. Tibaux, directeur des travaux qui ont mis très aimablement à ma disposition un puits du charbonnage de la Batterie pour y effectuer mes expériences; enfin, à M. Charles Henrard, directeur du siège des Tawes dont l'aide m'a été précieuse dans l'organisation matérielle de mon travail.

---

## I. — Description des appareils.

### 1. *Signaux lumineux.*

Chacun des signaux lumineux était constitué par une lampe Philips à arc de tungstène. Cette lampe, de fabrication récente, réalise une source lumineuse intense à peu près punctiforme. Sa forme est celle d'une lampe à incandescence ordinaire de dimensions réduites.

Les deux électrodes $E_1$ et $E_2$ (fig. 1) fixées dans l'axe de la lampe sont constituées par deux sphères de tungstène de 1 mm. de diamètre, distantes de 0,5 mm. environ, entre lesquelles jaillit l'arc électrique. L'ampoule est remplie d'un gaz monoatomique à pression relativement élevée. Comme il n'y a pas de particules dans l'arc et qu'il est court, la quantité de lumière qu'il émet est faible. Par contre, les électrodes sont portées à une température de l'ordre de 3,000 degrés absolus, d'où éclat considérable de la source qui est de l'ordre de 1.500 bougies par centimètre carré. Ces lampes devant être installées dans un puits de mine, il importait de les soustraire à l'action de l'eau. A cet effet elles furent logées dans un double manchon cylindrique en acier A B C D et R N O I dont la partie supérieure

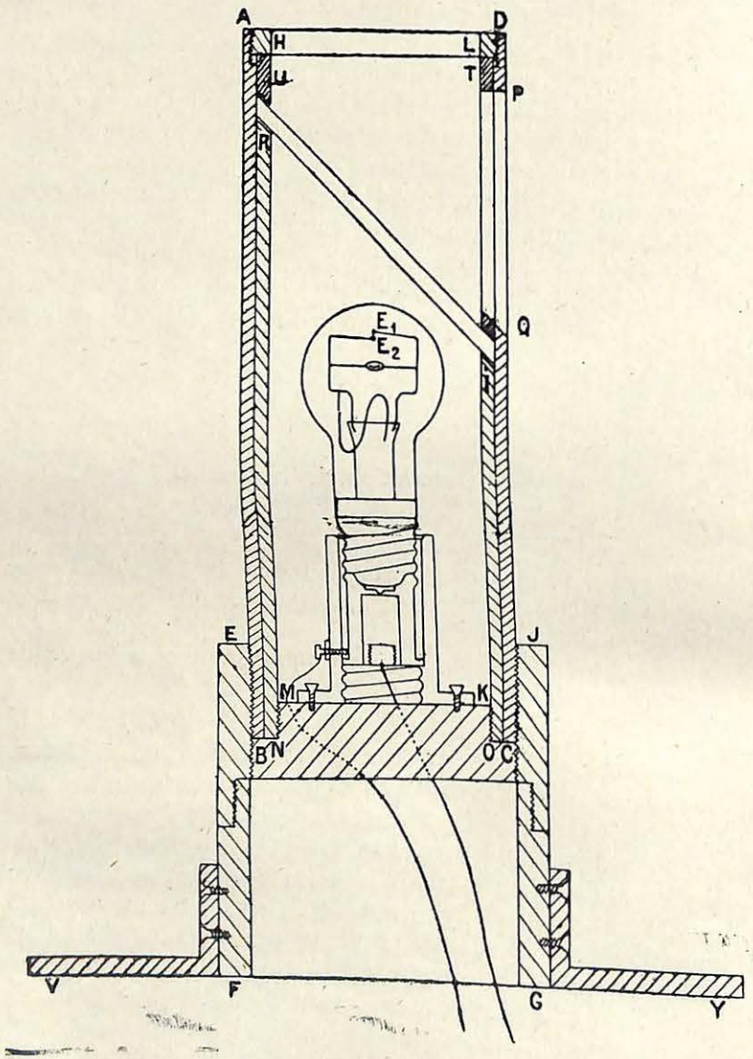



Fig. 1



du dernier était coupée en biseau et fermée par une glace serrée entre deux joints en caoutchouc au moyen d'une bague HL avec pièce intermédiaire UT.

Le soquet de la lampe était monté sur un bouchon en cuivre BMKC vissé à l'intérieur du manchon. Celui-ci était fixé par l'intermédiaire d'un tube cylindrique en deux pièces EFGJ à une embase VY. Dans les manchons était aménagée une fenêtre PQ pour permettre la visée latérale de la sphère supérieure de la lampe. Tous les joints furent soigneusement mastiqués pour rendre cette monture absolument étanche.

2. *Support des lampes dans le puits.*

Les deux lampes $L_1$ et $L_2$ (fig. 2) étaient montées sur un chevalet quadripode en fer de 2 mètres de long dont les mon-

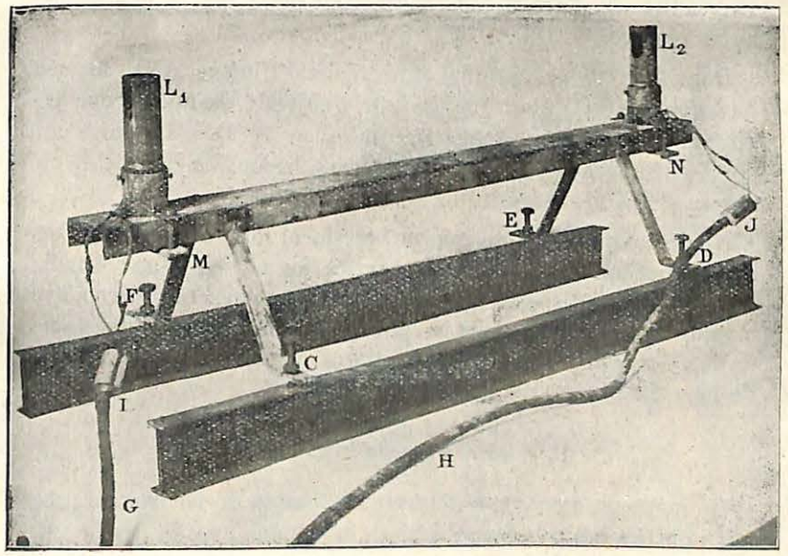



Fig. 2

tants inclinés à 45° étaient terminées par des écrous CDEF dont les pointes étaient logées dans des encoches ménagées dans deux poutrelles qu'on disposait en travers du puits. Les lampes

étaient fixées sur la plate-forme du chevalet au moyen de tire-fonds visibles en partie en M et N.

Les prises de courant des lampes étaient rattachées aux câbles G et H au moyen de deux boîtes d'isolement I et J bien hermétiques.

3. *Appareil de mesure et système optique.*

Nous avons fait usage d'une théodolithe de Bamberg à lunette excentrique. Celle-ci étant d'un faible pouvoir optique, nous lui avons substitué une lunette de Zeiss à lentille mobile interne de 35 mm. d'ouverture et de 200 mm. de distance focale (fig. 3), dont la partie oculaire fut remplacée par un microscope à micromètre M. Le microscope était logé dans un tube FH d'une dizaine de centimètres de long et 20 mm. de diamètre. Un collier de serrage $V_1C$ permettait de fixer le microscope après réglage.

Dans le système optique ainsi réalisé, l'image A'B' formée par l'objectif $O_1$ était reprise par l'objectif de microscope $O_2$ qui en formait une image agrandie en A''B''. La mise au point définitive se faisait en déplaçant la lentille interne L au moyen de la vis à crémaillère V.

Ne disposant pas d'un micromètre focal lors de nos premières déterminations, celles-ci furent faites au moyen d'une échelle micrométrique disposée au foyer du microscope. Ce micromètre employé couramment en microscopie est constitué par une lame de verre très mince sur laquelle est gravée une échelle de 10 mm. de long divisée en 100 parties.

## II. — Principe de la méthode.

La méthode consiste à déterminer l'angle de la droite $L_1$ $L_2$ qui joint les centres des sphères de tungstène avec la droite qui, à la surface, va du centre du théodolite à un signal fixe; l'azimut de cette droite étant fixé astronomiquement, l'azimut de la droite du fond s'en déduit alors facilement.

Pour simplifier l'exposé, nous supposerons la lunette centrée et la visée s'effectuant à travers l'axe principal du théodolite.



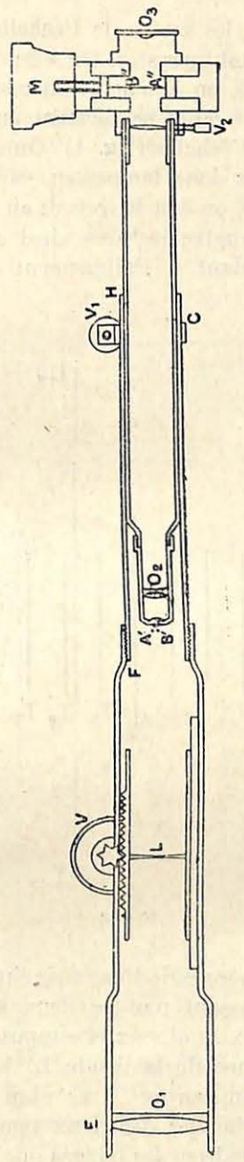



Fig. 3

On rend verticaux les traits de l'échelle micrométrique par des visées sur un signal terrestre. On vise ensuite chaque lampe et par quelques essais on amène le théodolite de manière que les images des deux lampes se forment entre deux traits consécutifs $T_1$ et $T_2$ de l'échelle (fig. 4). On amène alors successivement les images des deux lampes en coïncidence avec ceux-ci et après chaque pointé on fait la lecture au cercle horizontal. De la combinaison des quatre lectures ainsi obtenues, on déduira la lecture correspondant à l'alignement $L_1$ $L_2$ comme nous allons l'indiquer.

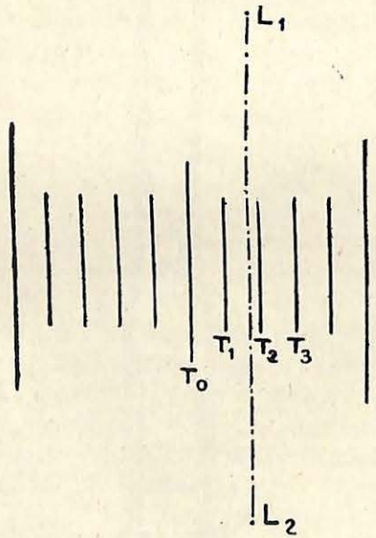



Fig 4

Soit C le point de percée de l'axe principal du théodolite avec le plan horizontal passant par les deux sphères de tungstère constituant les signaux lumineux et supposons que ce point soit situé à peu de distance de la droite $L_1$ $L_2$. Considérons dans l'espace image le plan conjugé à ce plan horizontal et soient (fig. 5) $L'_1$ $L'_2$ les images des deux lampes, $T_1$ $T'_1$, $T_2$ $T'_2$ les deux traits qui encadrent les images des lampes et C' l'image du point C.



Posons :

$\alpha = T'_1\ C'\ L'_2$ $\qquad$ $\beta = T_1\ C'\ L'_1$

$\gamma = L'_1\ C'\ T_2$ $\qquad$ $\delta = T'_2\ C'\ L'_2$.

Le point C' étant supposé proche de la droite $L'_1$ $L'_2$ et la distance des deux traits $T_1$ $T_2$ étant petite par rapport à $C'T_1$ et $C'\ T'_1$ on peut écrire, ainsi que nous le montrerons plus loin

$$\frac{\alpha}{\delta} = \frac{\beta}{\gamma} = \frac{\alpha+\beta}{\gamma+\delta}$$

ou encore

$$\frac{\alpha}{\alpha+\delta} = \frac{\alpha+\beta}{\alpha+\beta+\gamma+\delta}$$

d'où

$$\alpha = (\alpha+\delta)\ \frac{\alpha+\beta}{\alpha+\beta+\gamma+\delta} \qquad (1)$$

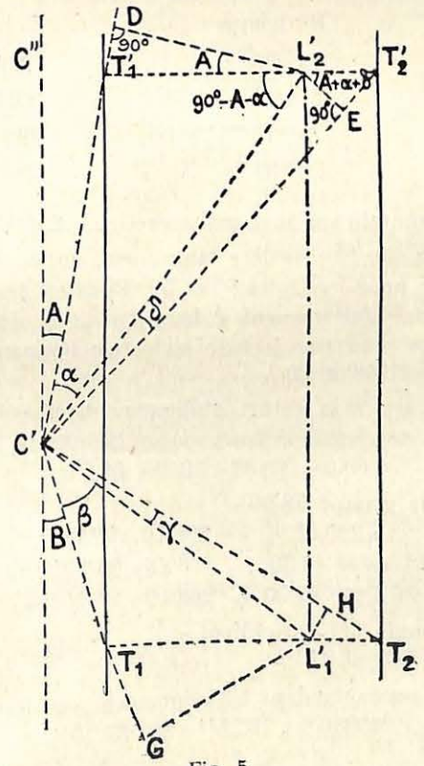



Fig. 5

Les quantités $\alpha+\beta$, $\alpha+\delta$ et $\gamma+\delta$ s'obtiennent aisément. Ce sont les différences prises deux à deux des lectures du cercle horizontal correspondant aux pointés des fils $T_1$ et $T_2$ lorsqu'on les amène sur les deux images des lampes.

En réalité, nous ne nous sommes pas bornés aux lectures des fils $T_1$ et $T_2$, mais nous avons pointé les quatre traits $T_0$, $T_1$, $T_2$ et $T_3$ : deux à gauche et deux à droite de la position d'alignement. Nous obtenions ainsi quatre groupes de deux lectures qui, combinées deux à deux, donnaient quatre valeurs indépendantes de la lecture correspondant à l'alignement des signaux lumineux.

Voici un exemple de mesure et de réduction de calcul.

Lunette à droite.

| Traits du micromètre | Lecture azimutales | |
|---|---|---|
| | 1re lampe | 2e lampe |
| 60 | 297°35' | 299°50 |
| 59 | 298°10' | 299°02' |
| 58 | 298°49'30'' | 298°26' |
| 57 | 299°31'' | 297°41' |

Lecture azimutale sur le signal terrestre : 244°12'35''.

Les lectures sur la première lampe sont supérieures à celles sur la seconde pour les traits 60 et 59. Pour les traits 58 et 57, l'inverse a lieu. L'alignement a donc lieu entre les traits 59 et 58, c'est-à-dire pour une lecture au cercle horizontal comprise entre 298°10' et 298°49'30''.

Quatre valeurs de la lecture d'alignement ont été obtenues en calculant indépendamment les groupes de quatre lectures :

60-58 ; 60-57 ; 59-58 ; 59-57.

Calculons le groupe 58-59 :

$$\alpha+\beta=299.02 \quad - \quad 298.10=52'00''.$$
$$\delta+\gamma=298.49.30 \quad - \quad 298.26=23'30''.$$
$$\alpha+\delta=298.49.30 \quad - \quad 298.10=39'30''.$$

Par la formule (1), on obtient :

$$\alpha=27'15''.$$

La lecture correspondant à l'alignement est donc :

$$298°10'+27'15''=298°37'15''.$$



L'angle de la droite $L_1 L_2$ avec celle joignant le théodolite au signal terrestre est égal à

$$244°12'35'' - 398°37'15''=305°35'20''.$$

*Remarque.*

Menons par C' (fig. 5) une parallèle C' C'' à la direction des traits du réticule et par $L'_2$ des perpendicaulaires à C' $T'_1$ et C' $T'_2$:

$$DL'_2=C'\,L'_2 \sin\alpha$$
$$EL'_2=C'L'_2 \sin\delta$$

d'où

$$\frac{DL'_2}{EL'_2}=\frac{\sin\alpha}{\sin\delta}$$

Mais

$$T'_1L'_2=\frac{DL'_2}{\cos A}.$$

$$T'_2L'_2=\frac{L'_2\,E}{\cos(A+\alpha+\delta)}$$

d'où

$$\frac{T'_1L'_2}{L'_2T'_2}=\frac{DL'_2}{L'_2E}\times\frac{\cos(A+\alpha+\delta)}{\cos A}=\frac{\sin\alpha}{\sin\delta}[\cos(\alpha+\delta)-tg\,A\sin(\alpha+\delta)]$$

ou encore puisque les angles $\alpha$, $\delta$ *et* $\alpha+\delta$ sont petits.

$$\frac{T'_1L_2}{L'_2T'_2}=\frac{\alpha}{\delta}[1-(\alpha+\delta)\,tg\,A\,sin\,1'']$$

Si par $L'_1$, on mène $L'_1$ G et $L'_1$H perpendiculaires à C' $T_1$ et C' $T_2$, on aura de même

$$\frac{T_1L'_1}{L'_1T_2}=\frac{\beta}{\gamma}[1-(\beta+\gamma)\,tg\,B\,sin\,1'']$$

Mais $T_1\,L'_1=T'_1\,L'_2$ et $L'_1\,T_2=L'_2\,T'_2$ donc

$$\frac{\alpha}{\delta}[1-(\alpha+\delta)\,tg\,A\,sin\,1'']=\frac{\beta}{\gamma}[1-(\beta+\gamma)\,tg\,B\,sin\,1'']$$

ou encore

$$\frac{\alpha}{\delta} = \frac{\beta}{\gamma} \times \frac{1 - (\beta + \delta)\, tg\, B \sin 1''}{1 - (\alpha + \delta)\, tg\, A \sin 1''}$$

Quand la mise en station a été effectuée soigneusement et que le puits est vertical, les angles A et B sont du même ordre de grandeur et la deuxième fraction du deuxième membre est voisine de l'unité. On aura donc

$$\frac{\alpha}{\delta} = \frac{\beta}{\gamma}$$

C'est cette relation que nous avons employée dans la réduction de nos mesures. L'erreur sur la détermination de la lecture d'alignement ne dépassera pas 10'' si le point C dans l'espace objet conjugué du point C' dans l'espace image se trouve au plus à 50 cm. de l'alignement $L_1$ $L_2$ des lampes. Pratiquement, il sera facile de disposer le théodolite de façon à réaliser largement cette condition.

## III. — Expériences effectuées au Charbonnage de Batterie.

Les deux lampes à arc de tungstène installées à l'étage de 256 mètres étaient distantes de 1 m. 55. Le théodolite était fixé à deux traverses clouées sur deux poutres en bois de 3 mètres de long et de 25 × 25 cm. de section. Les deux poutres situées à 40 cm. l'une de l'autre étaient placées en travers du puits et reposaient à même le sol. En contre-bas, un plancher indépendant du premier assemblage supportait l'observateur. Pour parer à tout accident, un plancher de sûreté avait été aménagé en-dessous de ce dernier. De petites ouvertures ménagées dans les paliers permettaient les visées dans le puits.

Les expériences ont été poursuivies pendant les mois d'octobre et novembre 1926.

Dans un premier groupe de déterminations, nous avons mesuré dans les conditions les plus diverses l'angle X fait par la droite passant par les points lumineux constitués par les lampes, avec la droite joignant le théodolite à un signal fixe qui était un clocher situé à plus de 3 kilomètres. Ensuite, ayant repéré un alignement dans une galerie, nous l'avons rattaché à nos signaux lumineux du fond et à l'alignement déterminé à la surface. Nous avons ensuite vérifié le résultat par la méthode des aplombs.



*a)* Détermination de l'angle X.

Le tableau I qui suit résume les mesures micrométriques effectuées sur les signaux lumineux.

TABLEAU I.

| DATE | LUNETTE A DROITE | | | LUNETTE A GAUCHE | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Angle | Nombre de mesures du groupe | Erreur probable une mesure | Angle | Nombre de mesures du groupe | Erreur probable une mesure |
| 1-10-26 | 301°34' 40'' | 6 | ± 0'30'' | | | |
| | .36.50 | 6 | 0'40'' | | | |
| | 37.50 | 6 | 1'30'' | | | |
| | .35.35 | 5 | 0'26'' | | | |
| | .38 15 | 6 | 1'00'' | | | |
| | | | | 301°41' 40'' | 10 | ± 2'21'' |
| | | | | 43.05 | 9 | 1'07'' |
| | 34.40 | 13 | 1'20'' | | | |
| | 36.00 | 5 | 1'07'' | | | |
| | 36.10 | 5 | 1'01'' | | | |
| 3-10-26 | 36.30 | 4 | 2'10'' | | | |
| | 39.00 | 6 | 0'42'' | | | |
| | 38.00 | 6 | 0'30'' | | | |
| | 33.50 | 6 | 1'42'' | | | |
| | 38.40 | 6 | 0'36'' | | | |
| | 33 00 | 6 | 0'42'' | | | |
| | 35.20 | 6 | 1'06'' | | | |
| | 33.40 | 6 | 1'01'' | | | |
| | 34.30 | 5 | 0'47'' | | | |
| | | | | 301.48.10 | 5 | 1'50'' |
| | 33.50 | 6 | 0'45'' | | | |
| | 37.20 | 6 | 0'14'' | | | |
| | 38.50 | 6 | 2'0.'' | | | |
| | 37.50 | 6 | 1'06'' | | | |
| | 35.00 | 6 | 1'12'' | | | |
| | | | | 301.45.10 | 5 | 1'00'' |
| | | | | 301.42.00 | 9 | 1'28'' |
| | 38.20 | 5 | 1'00'' | | | |
| | 37.00 | 5 | 0'52'' | | | |
| | | | | 301 39.20 | 10 | 1'02'' |
| | | | | 43.40 | 9 | 2'00'' |
| | 37.30 | 4 | 1'12'' | | | |
| | 36.30 | 10 | 1'35'' | | | |
| | | | | 41.20 | 9 | 2'05'' |
| | | | | 40.40 | 4 | 0'57'' |
| | | | | 43.20 | 6 | 1'01'' |
| 10-10-26 | | | | 42.20 | 6 | 2'20'' |
| | | | | 41.00 | 6 | 1'14'' |
| | 33.20 | 5 | 1'12'' | | | |
| | 37.30 | 6 | 2'07'' | | | |
| | 39.10 | 6 | 2'08'' | | | |
| | | | | 40.50 | 9 | 1'25'' |
| | | | | 38.30 | 8 | 1'35'' |
| | | | | 45.40 | 9 | 1'28'' |
| | | | | 40.20 | 10 | 1'48'' |
| | | | | 44.10 | 6 | 1'15'' |

TABLEAU I *(suite)*.

| DATE | LUNETTE A DROITE | | | LUNETTE A GAUCHE | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Angle | Nombre de mesures du groupe | Erreur probable une mesure | Angle | Nombre de mesures du groupe | Erreur probable une mesure |
| | | | | 301°42' 00" | 5 | ± 2'10" |
| | | | | 45.50 | 6 | 1'00" |
| | | | | 44.40 | 6 | 2'05" |
| | | | | 42.40 | 5 | 2'03" |
| | | | | 41.20 | 6 | 1'50" |
| 4-11-26 | | | | 44.20 | 9 | 0'20" |
| | | | | 43.10 | 6 | 1'46" |
| | | | | 38.20 | 6 | 0'45" |
| | | | | 43 00 | 6 | 1'08" |
| 5-11-26 | | | | 301° 38' 40" | 5 | 0'21" |
| | | | | 43.30 | 6 | 1'30" |
| | 301° 35' 30" | 6 | ± 2'10" | | | |
| | 39.00 | 5 | 0'45" | | | |
| | 34.20 | 6 | 0'54" | | | |
| | | | | 42.50 | 6 | 0'35" |
| | | | | 41.30 | 6 | 1'03" |

Il donne indépendamment les résultats des mesures lunette à droite, lunette à gauche. La première colonne renseigne la date des mesures ; les deuxième et cinquième, les valeurs moyennes de l'angle X pour chaque groupe de pointés dans chacune des deux positions lunette à droite, lunette à gauche ; les troisième et sixième le nombre de mesures par groupe ; les quatrième et septième, l'erreur probable d'une mesure du groupe.

Pendant toute la durée des opérations, s'étendant sur un mois et demi environ, les signaux lumineux sont restés à demeure et toutes les précautions avaient été prises pour éviter tout déplacement du chevalet. Le théodolite a été réinstallé chaque fois à moins de un millimètre d'une position moyenne. Comme le signal terrestre était distant de plusieurs kilomètres, ce faible écart était sans influence sur la direction allant du théodolite au signal.

L'inspection des résultats montre que les écarts entre les deux résultats des divers groupes d'une même journée sont relativement importants, souvent de l'ordre de plusieurs minutes d'arc. Ces écarts peuvent provenir pour une part du fait de l'emploi d'un micromètre à échelle qui réclame un temps



trop long pour l'exécution des lectures d'un même groupe et, pour une autre part, du mauvais état du puits qui laissait filtrer l'eau en abondance, ce qui faisait vibrer les images.

Il importe, en effet, que les mesures soient faites dans le temps le plus court car, comme nous le montrerons plus loin, la moindre variation de l'inclinaison de l'axe principal au cours des mesures peut introduire des erreurs appréciables dans la détermination de l'angle X.

Le puits qui a servi à nos expériences était hors d'usage en attendant sa modernisation, ce qui expliquait son mauvais état. L'eau qui filtrait de ses parois rejaillissait jusqu'au centre, de sorte que les visées s'effectuaient à travers un milieu air-eau dont les réfractions variables déplaçaient constamment les images. L'eau s'écoulant le long des glaces qui protégeaient les signaux lumineux donnait également lieu à de faibles déviations des rayons lumineux émanants des lampes. Toutes ces causes concomitantes contribuaient à rendre les pointés pénibles et difficiles alors que la rapidité d'exécution des mesures est l'élément essentiel du succès dans l'application de cette méthode.

Malgré ces conditions défavorables la précision des mesures données au tableau I est satisfaisante.

Si l'on calcule l'erreur probable d'une mesure en partant des résultats de toutes les observations, on obtient :

Erreur probable d'une mesure lunette à droite ± 1'40'' ;

Erreur probable d'une mesure lunette à gauche ± 1'58'' (1).

Dans le tableau II, les résultats moyens ont été groupés par journée de travail.

(1) L'écart entre ces deux valeurs de l'erreur probable s'explique facilement. Le théodolite étant excentrique, dans la position lunette à droite, les images se formaient au centre du champ ; dans l'autre position, elles se formaient vers un des bords du champ et étaient plus difficiles à pointer.

TABLEAU II.

| DATE | LUNETTE A DROITE | | | | LUNETTE A GAUCHE | | | | Moyenne angle |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nombre de mesures | Moyenne angle | Erreur probable une mesure | Erreur probable moyenne | Nombre de mesures | Moyenne angle | Erreur probable une mesure | Erreur probable moyenne | |
| | | | ± | | | | ± | | |
| 1-10 | 52 | 301°36'03" | 1'06" | ± 08" | 19 | 301°42'21" | 1'28" | ± 20" | 301°39'12" |
| 3-10 | 105 | 36.21 | 1'14" | 07" | 47 | 42.33 | 1'47" | 14" | 39.27 |
| 10-10 | 17 | 36.52 | 1'32" | 23" | 92 | 42.16 | 1'37" | 10" | 39.33 |
| 4-11 | | | | | 27 | 42.27 | 0'50" | 10" | 39.35 |
| 5-11 | 17 | 31.07 | 1'36" | 23" | 23 | 41.40 | 0'36" | 10" | 38.53 |

La première colonne donne la date, les deuxième et sixième le nombre de mesures, les troisième et septième l'angle moyen X dans chaque position de la lunette; les quatrième et huitième l'erreur probable d'une mesure, les cinquième et neuvième les erreurs probables de la moyenne de la journée, la onzième la valeur de l'angle moyen résultant des observations dans les deux positions de la lunette.

Pour varier les conditions de travail, nous avons opéré certains jours avec le ventilateur arrêté; d'autres fois, lorsqu'il était en fonctionnement.

La concordance entre les moyennes des différentes journées de travail semble bien indiquer que les résultats sont indépendants des conditions dans lesquelles les mesures furent effectuées.

D'autre part, l'examen du tableau 1 montre qu'une dizaine de groupes de lectures suffit pour fournir un résultat satisfaisant. Cette opération ne demandera en général pas plus d'une heure de travail.

Cependant les écarts importants constatés entre deux mesures consécutives peuvent laisser subsister un doute sur la validité de nos conclusions. Ces écarts ne proviennent pas de la méthode elle-même, mais comme nous l'avons dit de l'usage de l'échelle micrométrique qui ne convient pas à ce genre de mesures. Il aurait été préférable de recourir à l'emploi d'un micromètre



focal, mais les circonstances ne nous ont pas permis alors de disposer de cet appareil. Pour lever tout doute, nous avons raccordé une direction de surface à une direction du fond par le procédé optique et par la méthode des aplombs.

*b)* Raccordement d'une direction de la surface à une direction du fond.

1. *Méthode des aplombs.*

Deux fils de bronze phosphoreux de 1,3 mm. de diamètre furent suspendus dans le puits et tendus chacun par un poids de 15 kgs. A la surface, ils furent solidement fixés à un gros madrier en bois supporté par deux solides chevalets reposant à même le sol de part et d'autre du puits. Les deux poids furent immergés dans deux baquets remplis d'eau. Toutes les précautions d'usage furent prises pour éviter tout contact des aplombs contre les parois du puits ou des baquets; l'entrée des galeries débouchant au puits furent obstruées le mieux possible et le ventilateur fut arrêté.

Le raccordement fut effectué en appliquant la méthode exposée par M. le Professeur Dehalu dans son cours de topographie minière à l'Université de Liége.

Un théodolite de mine de Breithaupt fut placé dans l'alignement approximatif des aplombs, à la surface d'abord, dans le fond ensuite et l'on effectua la mesure précise de l'angle sous lequel les aplombs étaient vus à partir du théodolite.

Le raccordement de la direction de surface et de la direction de fond fut effectué à deux reprises les 13 et 14 novembre.

Les mesures dans le fond étant les plus délicates, nous donnons dans le tableau suivant les résultats des visées sur les deux aplombs :

| DATE | Groupe | Lecture du cercle azimutal | | Angle | Erreur probable de la valeur moyenne de l'angle |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1er aplomb | 2e aplomb | | |
| 13 nov. | I | 130°27'45" | 138°28'50" | 1'05" | |
| | II | 28.20 | 28.30 | 0'10" | |
| | III | 28.10 | 29.25 | 1'15" | ± 8' |
| | IV | 27.50 | 28.40 | 0'50" | |
| | V | 28.30 | 28.55 | 0'25" | |
| 14 nov. | I | 226°46'30" | 226°48'30" | 2'00" | |
| | II | 46. | 48.30 | 2'30" | |
| | III | 46.30 | 49.20 | 2'50" | ± 10" |
| | IV | 46.30 | 48 40 | 1'50" | |

Partant de ces données, on a calculé l'angle d'un alignement à la surface avec un alignement au fond et son erreur probable déduite des mesures effectuées à la surface et au fond.

Voici les résultats obtenus :

Le 13 novembre, 56°37'10''. — Erreur probable du résultat ± 14''.

Le 14 novembre, 56°37'50''. — Erreur probable du résultat ± 16''.

2. *Méthode optique.*

Le procédé employé est identique à celui que nous avons décrit précédemment. Le rattachement des signaux lumineux à l'alignement du fond dont il a été question plus haut a été effectué en plaçant l'axe optique du théodolite dans l'alignement approximatif des deux sphères de tungstère. Les mesures furent effectuées à deux reprises les 4 et 5 novembre. On a trouvé :

4 novembre. — Valeur de l'angle 56°36'44''. — Erreur probable du résultat ± 15''.



5 novembre. — Valeur de l'angle 56°36'52'''. — Erreur probable du résultat ± 25''.

L'erreur probable de la mesure a été calculée comme pour la méthode des aplombs.

## IV. — Emploi d'un micromètre focal.

Les inconvénients de l'échelle micrométrique dont nous avons parlé précédemment nous engagèrent à entreprendre quelques essais à l'aide d'un micromètre focal. L'usage de cet appareil est de beaucoup préférable car il permet une plus grande rapidité dans les lectures et partant une plus grande précision dans les résultats. Comme nous n'avons pu disposer de ce perfectionnement qu'après nos expériences au puits de Batterie, nous avons dû réduire nos essais à une opération de portée plus limitée que nous décrirons plus loin. Nous commencerons par l'exposé théorique de la méthode.

Supposons l'axe secondaire du théodolite horizontal et le fil mobile du micromètre situé dans un plan perpendiculaire à cet axe.

Pointons les signaux limineux et soient C (fig. 6) le centre optique de l'objectif; $L_1$ et $L_2$ les deux lampes supposées dans un plan horizontal; $l_1$ et $l_2$ leurs images dans le plan conjugué de $L_1$ et $L_2$; $ml_1$ le fil mobile pointant l'image $l_1$ et $m'l_2$ ce même fil amené en coïncidence avec $l_2$; $L_1M$ la conjuguée de $l_1m$ dans le plan objet. Les deux plans M $L_1$ $L_2$ et $m$ $l_1$ $l_2$ sont parallèles. Soit $a = Dl_2$ = distance entre $m$ $l_1$ et $m'l_2$, $\alpha$ l'angle entre le fil mobile et la direction d'alignement. Désignons par $D = C\ L_1$ = la profondeur du puits; par $f = C\ l_1$ = la distance focale de la lunette.

On a d'après la figure 6 :

$$\frac{L_1\ L_2}{l_1\ l_2} = \frac{D}{f}$$

et

$$a = l_1\ l_2 \sin \alpha$$

d'où

$$\sin \alpha = \frac{a}{l_1\ l_2} = \frac{aD}{f\ L_1\ L_2} \qquad (2).$$

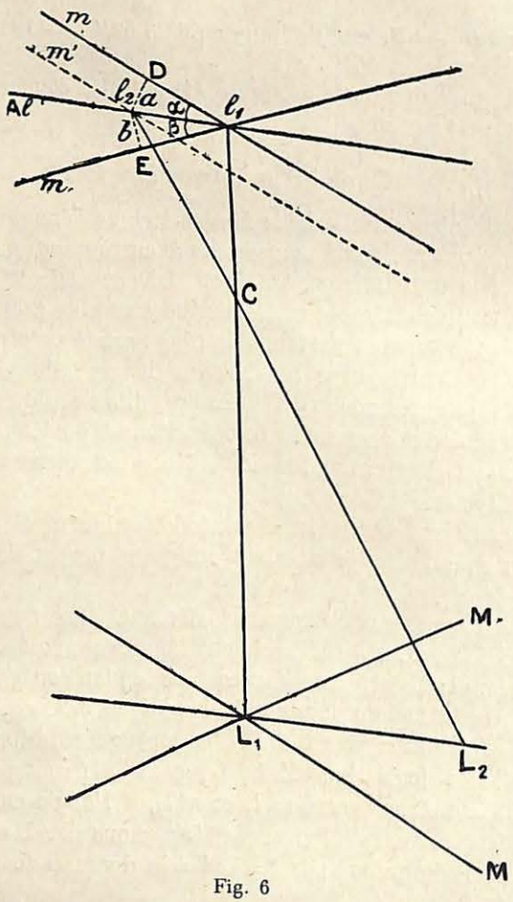



Fig. 6

ou encore $\alpha$ étant petit.

$$\alpha = \frac{aD}{f\ L_1\ L_2\ \sin\ 1''} \qquad (3).$$

Cette formule donne la correction qu'il faut appliquer à la lecture du cercle horizontal pour obtenir la lecture correspondant à l'alignement.

Elle présente l'inconvénient grave de demander une connaissance assez exacte de la profondeur du puits et de la distance



des lampes en même temps qu'une mesure précise de la distance focale du système optique de la lunette. Ces constantes sont toutes trois malaisées à déterminer avec précision. Mais il est possible de tirer la valeur de la constante $\frac{D}{f\ L_1\ L_2\ \sin\ 1''}$ des observations d'alignement elles-mêmes.

Soient $l_1\ m_1$ une seconde position du fil mobile pointé sur $l_1$ et $b$ la distance linéaire entre ce fil et l'image $l_2$. Soit $\beta$ l'angle entre le fil mobile et la direction d'alignement. On aura comme plus haut:

$$\beta = \frac{bD}{f\ L_1\ L_2\ \sin\ 1''} \qquad (4).$$

En additionnant (3) et (4), on obtient :

$$\alpha + \beta = \frac{(a+b)\ D}{f\ L_1\ L_2\ \sin\ 1''}$$

où $\alpha+\beta$ représente la différence des lectures au cercle horizontal correspondant aux positions $l_1 m$ et $l_1\ m_1$ du micromètre et $a$ et $b$ les différences de lecture au micromètre. Ces quantités sont connues.

Posons

$$\frac{D}{f\ L_1\ L_2\ \sin\ 1''} = \frac{\alpha+\beta}{a+b} = K.$$

la formule (3) devient

$$\alpha = a\ K \qquad (5).$$

*Mode opératoire.*

On règle d'abord le fil mobile du micromètre perpendiculairement à l'axe secondaire. Pour cela, on amène l'image d'une des lampes sur ce fil et l'on fait basculer la lunette autour de l'axe secondaire. L'image de la lampe doit parcourir le fil vertical. Si ce résultat n'est pas atteint, on tourne le micromètre dans sa monture jusqu'à réglage convenable.

On amène alors le fil mobile approximativement dans l'alignement. On cale en azimut et l'on pointe successivement les deux lampes au moyen du micromètre. On fait les deux lectures du tambour et la lecture au cercle horizontal. On fait tourner la lunette en azimut de 10 en 10 minutes d'arc et l'on pointe à l'aide du micromètre les deux lampes dans chacune de ces positions. Par intervalle, on vise le signal terrestre.

Les expériences suivantes ont été faites à l'aide d'un théodolite installé à hauteur du deuxième étage de l'Observatoire de Cointe et visant au sol. Pour la facilité, le théodolite avait été installé sur un palier et la visée s'effectuait dans l'espace laissé libre au centre de la cage d'escalier. Les signaux lumineux étaient placés au rez-de-chaussée. Ils consistaient en une lampe à arc de tungstène fixée dans la monture décrite précédemment. Sur la partie supérieure de celle-ci étaient disposés deux objectifs de microscopes situés côte à côte à 160 mm. environ de la source lumineuse, leurs grandes ouvertures tournées vers celle-ci. Le grossissement des objectifs étant de 80, ils formaient deux images très lumineuses et de très faible diamètre de la sphère du tungstène. Les deux images presque ponctuelles, étaient distantes de 27 mm. La distance entre les lampes et le théodolite était de 9 mètres. De cette manière, on se trouvait approximativement dans les conditions de deux signaux situés à 500 mètres de profondeur et distants l'un de l'autre de 1 m. 50. Le théodolite était placé de manière que la verticale passant par l'intersection de l'axe secondaire et de l'axe optique du théodolite tombait dans le voisinage du milieu de la droite joignant les signaux lumineux.

Le tableau ci-dessous reproduit un extrait du carnet de nos mesures.



| Lampe | 1er group. | 2e gr. | 3e gr. | 4e gr. | 5e gr. | 6e gr. | C. H. | Signal fixe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1re lampe | 2048 | 2038 | 2031 | 2028 | 2034 | 2027 | 267°10'00" | 293°15'20' |
| 2e — | 2123 | 2110 | 2111 | 2102 | 2104 | 2098 | | |
| 1re lampe | 2208 | 2200 | 2190 | 2193 | 2180 | 2184 | 267.00.00 | |
| 2e — | 2245 | 2243 | 2233 | 2236 | 2220 | 2218 | | |
| 1re lampe | 2343 | 2347 | 2337 | 2336 | 2330 | 2330 | 266.50.00 | |
| 2e — | 2359 | 2367 | 2347 | 2343 | 2340 | 2352 | | |
| 1re lampe | 2497 | 2512 | 2507 | 2503 | 2501 | 2494 | 266.40 00 | |
| 2e — | 2477 | 2487 | 2474 | 2485 | 2488 | 2475 | | |
| 1re lampe | 2674 | 2675 | 2687 | 2675 | 2683 | 2668 | 266.30 00 | 293.15.32 |
| 2e — | 2626 | 2635 | 2642 | 2628 | 2637 | 2615 | | |

La première colonne indique la lampe pointée, les six colonnes suivantes les lectures à la vis micrométrique; la huitième colonne la lecture au cercle horizontal correspondant aux six groupes de lectures faites dans une même position du théodolite; la neuvième colonne les lectures faites sur le signal au début et à la fin d'un groupe complet de mesures.

L'examen du tableau montre que la lecture d'alignement au cercle horizontal est comprise entre 266°50'00 et 266°40'00''' ; en effet, pour des lectures au cercle horizontal supérieures à 266°50'00'', les lectures de la vis micrométrique correspondant aux pointés de la première lampe sont plus petites que celles qui correspondent aux pointés de la seconde. A partir de la lecture 266°40'00'', l'inverse a lieu.

Il faut d'abord déterminer la constante K de la formule 5. Elle a été calculée au moyen de la formule $\frac{\alpha+\beta}{a+b}=K$. Les éléments de cette dernière sont contenus dans le tableau suivant :

| Lecture C. H. | Moyenne des différences | Différence à la 1re $= a + b$ | Différence à la 2e $= a + b$ | Différence à la 3e $= a + b$ | Différence à la 4e $= a + b$ | $K = \frac{\alpha+\beta}{a+b}$ | $K = \frac{\alpha+\beta}{a+b}$ | $K = \frac{\alpha+\beta}{a+b}$ | $K = \frac{\alpha+\beta}{a+b}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 267° 10 | 73,6 | | | | | | | | |
| 267.00 | —40.0 | 33,6 | | | | 17"85 | | | |
| 266,50 | —16,2 | 57,4 | 23,8 | | | 20"85 | 25"40 | | |
| 266.40 | +21 7 | 95,3 | 61,7 | 37,9 | | 18"90 | 19"50 | 15"9 | |
| 266.30 | +46,5 | 120,1 | 86,5 | 62,7 | 24,8 | 20" 0 | 20"80 | 19"05 | 24"20 |

Dans la première colonne est donnée la lecture au cercle horizontal; dans la deuxième la moyenne des différences des divers groupes de pointés sur les deux lampes correspondant à une même position de l'axe secondaire du théodolite; les troisième, quatrième, cinquième et sixième colonnes les différences deux à deux des nombres de la deuxième colonne prises par rapport au premier, puis au second, puis au troisième, puis au quatrième nombre de cette colonne. Les septième, huitième, neuvième et dixième donnent les différentes valeurs de K déduites des colonnes précédentes par application de la formule

$$K = \frac{\alpha+\beta}{a+b},$$ $\alpha+\beta$ prenant les valeurs 10', 20', 30' et 40'.

La valeur définitive de K a été obtenue en prenant la moyenne pondérée des dix valeurs obtenues. Les poids ont été pris proportionnels aux valeurs des angles $\alpha$.

Ces poids ont donc été 1, 2, 3 et 4.

La valeur définitive de K est donnée par

$$K = \frac{1\,(17"85+25.40+15.90+24.20) + 2\,(20.85+19.50+19.05)}{20} + \frac{3\,(18.90+20.80) + 4\,(20.00)}{20}$$

$K = 20''0625.$

Partant de cette valeur, de la formule $\alpha = aK$ et du tableau d'observation, on en déduit immédiatement le tableau suivant des valeurs de $\alpha$



| Lecture C. H. | 1er groupe | 2e | 3e | 4e | 5e | 6e |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 267° 10'00" | 25' 05" | 24' 05" | 26' 45" | 24' 45" | 23' 24" | 23' 44" |
| 267° 00'00" | 12' 22" | 14' 23" | 14' 23" | 14' 23" | 13' 23" | 11' 22" |
| 266° 50'00 | 5' 21" | 6' 41" | 6' 41" | 2' 20" | 4' 21" | 7' 21" |
| 266° 40'00 | 6' 41" | 7' 12" | 11' 02" | 6' 01" | 4' 21" | 6' 21" |
| 266° 30'00 | 16' 03" | 13' 23" | 15' 03" | 15' 43" | 15' 23" | 17' 43" |

Dans la première colonne sont indiquées les lectures au cercle horizontal et dans les autres colonnes les corrections à apporter à ces lectures pour obtenir la lecture d'alignement.

Les valeurs des lectures d'alignement sont figurées dans le tableau ci-dessous :

| Lecture C. H. | 1er groupe | 2e | 3e | 4e | 5e | 6e |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 267° 10' 00" | 266°44'55" | 266°45'55" | 266°43'15" | 266°45'15" | 266°46'36" | 266°46'16" |
| 267° 00.00 | 47'38" | 45'37" | 45'37" | 45'37" | 46'37" | 48'38" |
| 266°50' 00 | 44'39" | 43'19" | 43'19" | 47'40" | 45'39" | 42'39" |
| 266°40' 00 | 46'41" | 47'12" | 51'02" | 46'01" | 44'21" | 46'21" |
| 266°30' 00 | 46'03" | 43'03" | 45'03" | 45'43" | 45'23" | 47'43" |

Si l'on élimine la quatrième valeur du troisième groupe qui diffère assez fortement des autres, on obtient comme valeur moyenne de la lecture d'alignement 266°45'39".

L'erreur probable d'un pointé est de ±1'00" et l'erreur probable de la moyenne des 29 pointés ± 11".

L'exemple que l'on vient de développer donne les résultats d'un groupe de déterminations. Nous donnons ci-dessous le résultat de nombreuses séries de mesures exécutées avec des grossissements objectifs et oculaires différents.

| Groupes | Nombre de mesures | $G_1$ | $G_2$ | G | Erreur probable d'une mesure |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 31 | 10 | 10 | 100 | ± 1'05" |
| II | 29 | 10 | 10 | 100 | 1'00" |
| III | 33 | 8 | 6 | 48 | 1'54" |
| IV | 34 | 15 | 6 | 90 | 0'52" |
| V | 32 | 10 | 10 | 100 | 1'03" |

Dans la première colonne est indiqué le numéro du groupe. Dans la deuxième le nombre de mesures indépendantes; dans les troisième, quatrième et cinquième respectivement les grossissements objectifs, oculaires et totaux et dans la sixième colonne l'erreur probable d'une mesure de chacun des groupes.

Pour pouvoir comparer la méthode du micromètre focal à celle de l'échelle micrométrique, nous avons effectué des mesures avec le dispositif opératoire décrit plus haut en substituant au micromètre focal une échelle micrométrique.

Nous donnons le résultat des mesures ainsi obtenues, dans le tableau ci-dessous disposé de la même façon que le précédent.

| Groupes | Nombre de mesures | $G_1$ | $G_2$ | G | Erreur probable d'une mesure |
|---|---|---|---|---|---|
| VI | 21 | 15 | 6 | 90 | ± 1'53" |
| VII | 28 | 15 | 6 | 90 | 2'04" |
| VIII | 17 | 10 | 6 | 60 | 2'48" |
| IX | 31 | 8 | 6 | 48 | 4'10" |

On voit que dans les mêmes conditions opératoires l'erreur probable d'une mesure effectuée avec le micromètre focal est la moitié de l'erreur probable de celles effectuées avec l'échelle micrométrique.



## V. — Conclusions.

Il résulte de toutes nos observations et de la note exposée à la fin de ce travail que l'emploi du micromètre focal est indispensable si l'on veut appliquer en toute sécurité la méthode optique. Celle-ci pourra avantageusement être substituée à la méthode des aplombs lorsque cette dernière deviendra difficile à employer soit à cause de la trop grande profondeur de l'étage à rattacher soit à cause des courants d'air capables de dévier systématiquement les aplombs. Elle présente d'ailleurs l'avantage de ne pas exiger l'arrêt du ventilateur. Pour les travaux importants, il nous paraît cependant recommandable d'employer concurremment les deux méthodes. Leur contrôle mutuel donnera une sécurité qui compensera largement le surcroît de travail.

## VI. — Note sur l'influence de la variation de mise en station sur la lecture d'alignement.

1° *Cas du micromètre focal.*

Supposons que l'axe principal fasse un angle V avec la verticale et qu'il perce en C', dans l'espace image, le plan conjugué au plan horizontal passant par les lampes. Soit A B (fig. 7) la position du fil mobile amené en coïncidence avec l'image d'une des lampes. Supposons qu'à ce moment se produise une variation de la verticalité de l'axe principal. Cette variation aura pour effet d'amener C' et C'' et le fil A B en A' B'. Le seul déplacement de A B qui nous intéresse est sa translation dans une direction perpendiculaire à elle-même. Ce déplacement est mesuré par $C'\,C''' = C'\,C''\cos\beta$, $\beta$ représentant l'angle de C' C'' avec C' C'''.

Si l'on considère le triangle rectangle formé par C', C''' et le centre optique du système optique employé, on a (fig. 8)

$$C'\,C'' = f \sin \Delta V = f \Delta V \sin 1''$$

$f$ étant la distance focale de la lunette.

On a en outre

$$C'\,C''' = f \Delta V \cos\beta \sin 1''$$

d'où en posant $\Delta V \cos\beta = \Delta V_1$

$$C'\,C''' = f \Delta V_1 \sin 1'' \qquad (6)$$

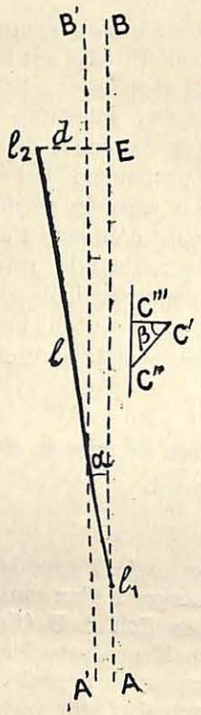



Fig. 7

Fig. 8

$\Delta V_1$ représentant la composante de $\Delta V$ perpendiculairement à la direction du fil mobile.

Si $d = l_2$ E représente la distance de $l_2$ au fil mobile dans sa position A B et $\Delta d$ la variation de $d$ sous l'effet du déplacement de l'axe principal, on a dans le triangle rectangle $l_1$ $l_2$ E.

$$d = l \sin \alpha = l \alpha \sin 1''$$

d'où

$$\Delta d = l \Delta \alpha \sin 1'' \qquad (7)$$

$l$ étant la distance des images des deux lampes.

La distance C' C''' étant égale à $\Delta d$, les formules permettent d'écrire



$$\Delta \alpha = \frac{f}{l} \Delta V_1 \qquad (8)$$

Si O (fig. 9) représente le centre optique du système optique, on a

$$\frac{l}{L} = \frac{f}{D} \qquad (9)$$

L étant la distance des deux lampes et D la profondeur du puits.

Moyennant (9), la formule (8) s'écrit

$$\Delta \alpha = \frac{D}{L} \Delta V_1 \qquad (10)$$

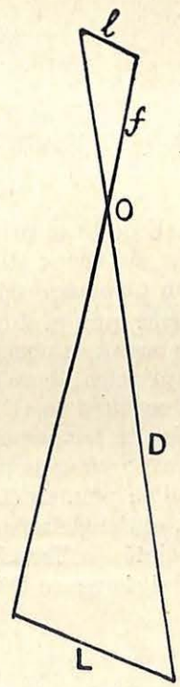



Fig. 9

Si la composante de l'inclinaison de l'axe principal perpendiculaire au fil mobile varie de $\Delta V_1$ entre les deux mesures qui servent à une même détermination d'alignement, elle aura pour effet de faire varier la lecture correspondant à cet alignement de $\Delta V_1$ multiplié par $\frac{D}{L}$.

Dans le cas de signaux lumineux situés à 300 mètres de profondeur et 1 m. 50 de distance $\frac{D}{L}$ est égal à 200.

2° *Cas de l'échelle micrométrique.*

Nous avons précédemment établi la formule

$$\alpha = (\alpha + \delta) \frac{\alpha + \beta}{\alpha + \beta + \gamma + \delta} \qquad (1)$$

qui donne la correction angulaire $\alpha$ qu'il faut apporter aux lectures au cercle horizontal pour obtenir la lecture d'alignement.

Supposons que l'angle V de l'axe principal avec la verticale varie proportionnellement au temps. Il en sera de même de sa projection $\Delta V_1$ sur un plan perpendiculaire à la direction des deux lampes. Supposons que les différents pointés exigent la même durée $\Delta t$. Supposons en plus que le point C' (fig 10) point de percée de l'axe principal dans le plan focal se déplace de C' vers C''. Seule la composante C' C''' nous intéresse. Si l'on considère les pointés des lampes effectués au moyen des fils $T'_1$ $T_1$ et $T'_2$ $T_2$, on voit que si le pointé de $T'_1$ sur $L_1$ est supposé correct, lorsque l'on pointera $L_2$ au moyen du fil $T_1$, celui-ci sera venu en $T''_1$ et l'angle mesuré ne sera plus $\beta$, mais $\beta + \varepsilon$. De même, lors du pointé — effectué après un temps $2\Delta t$ — de $L_2$ au moyen de $T_2$ celui-ci sera en $T''_2$ et l'on mesurera non pas $\gamma$, mais $\gamma - 2\varepsilon$

Enfin, pour la même raison, au lieu de mesurer $\delta$, on mesurera $\delta - 3\varepsilon_1$



La formule (1) devient

$$\alpha = (\alpha + \delta - 3\varepsilon_1) \frac{\alpha + \beta + \varepsilon}{\alpha + \beta + \gamma + \delta + \varepsilon - 3\varepsilon_1} \qquad (11)$$

En reprenant les notations du 1° et en considérant un déplacement $\Delta V_1$ de l'axe principal dans un plan vertical perpendiculaire à la direction des lampes, on obtiendra la formule (6) précédente

$$C' C''' = f \Delta V_1 \sin 1''$$

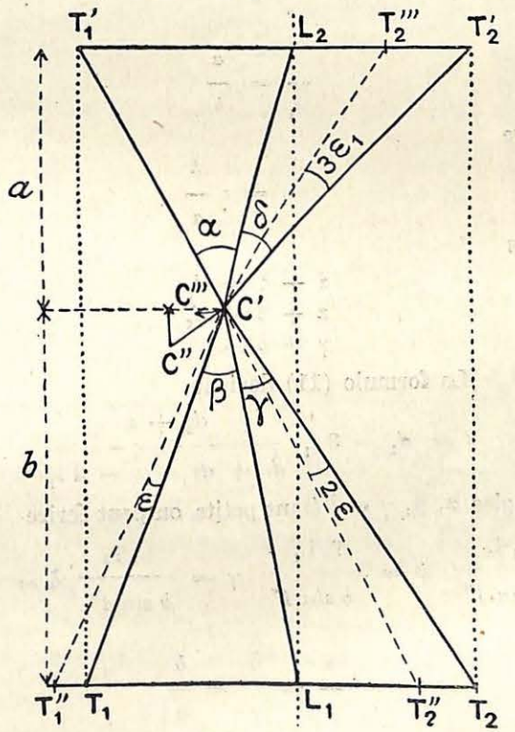



Fig. 10

Le triangle C' $T''_1$ (fig. 10) donne à très peu de chose près

$$T''_1 T_1 = C' T_1 \sin \varepsilon = b\, \varepsilon \sin 1''$$

et comme C' C'''= T''$_1$ T$_1$, on obtient

$$f \Delta V_1 \sin 1'' = b\, \varepsilon \sin 1''$$

d'où

$$\varepsilon = \frac{f}{b} \Delta V_1 \qquad (12)$$

On obtiendrait de même

$$\varepsilon_1 = \frac{f}{a} \Delta V_1$$

d'où

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_1} = \frac{a}{b}$$

ou encore

$$\varepsilon_1 = \varepsilon \frac{b}{a}$$

Posons

$$\alpha + \delta = d_1$$
$$\alpha + \beta = d_2$$
$$\gamma + \delta = d_3$$

La formule (11) devient

$$\alpha = d_1 - 3\varepsilon_1 \frac{d_2 + \varepsilon}{d_2 + d_3 - \varepsilon - 3\varepsilon_1}$$

Les angles $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ et $\delta$ étant petits, on peut écrire

$$\alpha = \frac{T'_1 L_1}{a \sin 1''} \quad \beta = \frac{T_1 L_2}{b \sin 1''} \quad \gamma = \frac{L_2 T_2}{b \sin 1''} \quad \delta = \frac{L_1 T'_2}{a \sin 1''}$$

d'où

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{\delta}{\gamma} = \frac{b}{a} \qquad (13)$$

puisque T'$_1$ L$_1$=T$_1$ L$_2$ et L$_2$ T$_2$= L$_1$ T'$_2$.

$$\frac{\alpha + \delta}{\beta + \gamma} = \frac{b}{a}$$



ou encore

$$\frac{d_1}{d_2 + d_3} = \frac{b}{a+b} \qquad (14).$$

$$\alpha = \left( d_1 - 3\varepsilon \frac{b}{a} \right) \frac{d_2 + \varepsilon}{d_1 \left(1 + \frac{a}{b}\right) - \varepsilon \left(1 + 3\frac{b}{a}\right)}$$

$\varepsilon$ étant petit par rapport aux autres éléments, on peut écrire

$$\alpha = \frac{1}{d_1 \left(1 + \frac{a}{b}\right)} \left( d_1 - 3\varepsilon \frac{b}{a} \right) (d_2 + \varepsilon) \left[ 1 + \varepsilon \frac{1 + 3\frac{b}{a}}{d_1 \left(1 + \frac{a}{b}\right)} \right]$$

$$= \frac{1}{d_1 \left(1 + \frac{a}{b}\right)} \left( d_1 - 3\varepsilon \frac{b}{a} \right) (d_2 + \varepsilon) \left( d_1 + d_1 \frac{a}{b} + \varepsilon + 3\varepsilon \frac{b}{a} \right)$$

$$= \frac{d_2}{1 + \frac{a}{b}} + \frac{\varepsilon}{1 + \frac{a}{b}} \left[ 1 - 2 \frac{d_2}{d_1 \left(1 + \frac{a}{b}\right)} \right] \qquad (15)$$

Le terme $\dfrac{d_2}{1 + \frac{a}{b}}$ représente la valeur de $\alpha$ déduite de (1) moyennant l'équation (14), quand la mise en station reste stable. La quantité $\dfrac{\varepsilon}{1 + \frac{a}{b}} \left[ 1 - 2 \dfrac{d_2}{d_1 \left(1 + \frac{a}{b}\right)} \right]$ représente l'erreur sur $\alpha$ résultant d'un déplacement de l'axe principal pendant le cours des mesures se rapportant à un même groupe.

Pour se rendre compte de l'importance de cette quantité, nous donnerons au rapport $\frac{a}{b}$ des valeurs qui correspondent aux conditions habituelles de travail.

| | $d_2 = 0$ | $d_2 = d_1$ | $d_2 = 2d_1$ |
|---|---|---|---|
| $a = b$ | $\frac{\varepsilon}{2}$ | 0 | $-\frac{\varepsilon}{9}$ |
| $a = 2b$ | $\frac{\varepsilon}{3}$ | $\frac{\varepsilon}{9}$ | $-\frac{\varepsilon}{9}$ |
| $a = 3b$ | $\frac{\varepsilon}{4}$ | $\frac{\varepsilon}{8}$ | 0 |
| $a = \frac{b}{2}$ | $\frac{2}{3}\varepsilon$ | $-\frac{2}{9}\varepsilon$ | $-\frac{10}{9}\varepsilon$ |
| $a = \frac{b}{3}$ | $\frac{3}{4}\varepsilon$ | $-\frac{3}{8}\varepsilon$ | $-\frac{3}{2}\varepsilon$ |

La première colonne donne les rapports des quantités $a$ et $b$, les deuxième, troisième et quatrième les valeur de l'erreur sur $\alpha$ dans le cas de $d_2 = o$, $d_2 = d_1$ et $d_2 = 2d_1$.

Le tableau montre que l'erreur résultante est de l'ordre de $\frac{\varepsilon}{2}$.

Appliquons ce résultat aux formules (12) dans le cas de $a = b$, d'un puits de 300 mètres de profondeur, les lampes étant situées à 1 m. 50 de distance.

On a d'après la figure 11 :

$$\frac{f}{b} = \frac{D}{\frac{l}{2}} = \frac{300}{0.75} = 400.$$



et la formule (12) donne

$$\varepsilon = \frac{f}{b}\,\Delta V_t = 400\,\Delta V_t$$

L'exécution d'un groupe de huit pointés au moyen de l'échelle micrométrique demande 4 à 5 minutes et nous avons souvent constaté pendant ce temps des variations d'inclinaison de l'axe principal de l'ordre de 1'', ce qui amène dans le cas étudié plus haut des variations de la lecture d'alignement de l'ordre de 200''.

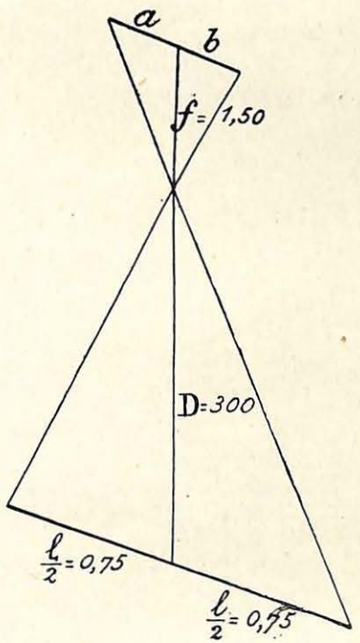



Fig. 11

Un groupe de pointés au micromètre focal demande une dizaine de secondes seulement et les variations de mise en station sont en général faibles pendant ce temps.

Nous déduirons de cette discussion qu'un groupe de mesures doit être fait dans le plus court intervalle de temps possible, ce qui ne peut être réalisé que par l'emploi d'un micromètre focal. Celui-ci est donc indispensable si l'on veut se trouver dans les meilleures conditions opératoires.

# BIBLIOGRAPHIE

**Aide-Mémoire à l'usage des sauveteurs**, édité par la Station de Sauvetage de l'Industrie charbonnière des Bassins de Charleroi et de la Basse-Sambre.

Cette brochure de 56 pages, bien présentée, rappelle l'ensemble des connaissances indispensables aux sauveteurs des mines.

Une première partie théorique comporte les notions élémentaires de la connaissance des gaz (air de la mine, grisou, etc.) ; elle étudie les différentes circonstances dans lesquelles l'intervention des sauveteurs peut être réclamée : asphyxie par le grisou — explosion de poussières — coups d'eau — électrocution.

Elle décrit les différents appareils respiratoires utilisés et en fait connaître le maniement ; appareils à vent soufflé, appareils indépendants ; la description du Draeger, généralement employé dans les centrales de sauvetage, est complète et des clichés en illustrent l'exposé ; appareils pour la respiration artificielle (Panis — Pulmotor — Hypodermox).

Une seconde partie pratique initie les sauveteurs et les secouristes au point de vue des services qui pourront être réclamés d'eux : premiers soins aux blessés sur les lieux mêmes de l'accident — application des cartouches de pansement — empaquetage des blessés et des fracturés. Elle traite des moyens de transport des sinistrés, elle rappelle enfin ce qu'il faut faire lors des complications habituelles des blessures.

Conçue dans un esprit pratique, rédigée simplement et clairement, comme il convient pour ceux auxquels elle est destinée, cette brochure servira d'aide-mémoire et de vade-mecum pour les travailleurs des mines qui acceptent la lourde tâche de sauveteurs et de secouristes.

Dr A. Langelez.

## Travaux effectués de 1926 à 1930 par la Commission d'Etude du Comité industriel de l'Enseignement professionnel et technique.

Sous ce titre, le Comité industriel de l'Enseignement professionnel et technique vient de publier un ouvrage de 118 pages in-8°, contenant le texte des rapports établis de 1926 à 1930 par sa commission d'Etude.

Elaborés par des personnalités qui font autorité en Belgique, en matière d'enseignement professionnel et technique, ces rapports seront de nature à rendre des services sérieux à ceux qui se consacrent à cet enseignement et en assurent le succès par leur talent, leur dévouement et l'étendue de leurs connaissances.

Cet ouvrage comprend deux parties. La première est consacrée aux rapports à caractère technique, dont voici la liste :

Rapport sur l'organisation des cours pour l'apprentissage des métiers de la construction mécanique. (Rapporteur. M. Pommerenke, directeur de la Fabrique Nationale d'Arme de Guerre, à Herstal).

Rapport sur l'organisation des cours dans l'industrie des mines. (Rapporteur : M. Soupart, directeur du Musée professionnel de l'Etat et de l'Ecole industrielle et professionnelle de Morlanwelz).

Rapport sur l'organisation des cours de fonderie. (Rapporteur : M. Nizet directeur de l'Ecole professionnelle communale de Mécanique de la Ville de Liége).

Rapport sur l'organisation des cours de l'Ecole pratique d'Electricité. (Rapporteur : M. De Smet, sous-directeur des Ecoles techniques de Malines).

Rapport sur l'organisation de l'enseignement du dessin professionnel. (Rapporteurs : MM. Davio, directeur technique de l'Enseignement professionnel de la Ville de Liége, et Nizet, directeur de l'Ecole professionnelle communale de Mécanique de la Ville de Liége).

Rapport sur l'organisation de l'enseignement du dessin industriel. (Rapporteur : M. Mouens, directeur des Ecoles professionnelles de la Ville de Gand.)



La seconde partie a trait à des questions d'un ordre plus général, ayant fait l'objet des rapports et enquêtes indiqués ci-après.

Rapport sur l'organisation des cours. (Rapporteur : M. Soupart, directeur du Musée professionnel de l'Etat et de l'Ecole industrielle et professionnelle de Morlanwelz.)

Principes généraux relatifs à l'organisation des programmes et des cours de l'enseignement professionnel et technique. (Libellé des questions posées aux membres de la Commission d'Etude et texte des réponses faites, après délibération de la Commission, par MM. Davio, directeur technique de l'Enseignement professionnel de la Ville de Liége, et Nizet, directeur de l'Ecole professionnelle communale de Mécanique de la Ville de Liége.)

Mesures favorables au développement des écoles techniques professionnelles et de la fréquentation de celles-ci par la jeunesse ouvrière. (Conclusions de la Commission présentées par MM. Davio, directeur technique de l'Enseignement professionnel de la Ville de Liége et Nizet, directeur de l'Ecole professionnelle communale de Mécanique de la Ville de Liége.)

Bien que cette dernière question soit fort différente de toutes celles qui précèdent, on a cru devoir lui réserver une place dans l'ouvrage précité, parce qu'elle vise l'aide précieuse que les industriels peuvent apporter au développement de l'enseignement professionnel et technique, aide à laquelle le Comité industriel de l'Enseignement professionnel et technique attache tant de prix.

Nous recommandons vivement la lecture de cet ouvrage à tous ceux qu'intéresse la formation de la main-d'œuvre qualifiée.

Il peut être obtenu au siège du Comité industriel de l'Enseignement professionnel et technique, 33, rue Ducale, à Bruxelles, au prix de 10 francs.

**Les Sources de l'Energie Calorifique et le Chauffage Industriel.** — Tome I, par Emilio DAMOUR, Ingénieur civil des Mines, Professeur de Chauffage Industriel au Conservatoire des Arts et Métiers. (Ch. Béranger, Paris et Liége, 1930.)

L'auteur de cet ouvrage est bien connu des ingénieurs qu'intéressent les questions de combustion et de chauffage. Dès 1898, après une étude expérimentale et théorique du four Siemens publiée dans les *Annales des Mines de France*, il avait rédigé, sous le titre « Le Chauffage industriel et les Fours à gaz », un petit volume du plus grand intérêt, traitant de l'application des lois scientifiques au domaine du chauffage.

Une seconde édition, intitulée « Les Sources de l'Energie Calorifique », en fut publiée en 1912, avec la collaboration de MM. J. Carnot et E. Rengade. Le sujet avait été élargi et complètement remanié pour tenir compte des progrès réalisés, notamment dans la question des équilibres chimiques.

Epuisé depuis plusieurs années, l'ouvrage reparaît une troisième fois, entièrement refondu, et s'inspirant des résultats acquis depuis quinze ans. Il comprendra cette fois deux volumes, publiés par le professeur Damour, aidé pour certaines parties par MM. de Grey et Chatel. Le tome premier est intitulé : « Bases scientifiques de la technique du chauffage. Théorie des fours à chauffage direct et des fours à gaz. Conduite et contrôle de la combustion ».

En introduction, l'auteur reproduit sa conférence d'ouverture du Congrès de Chauffage de 1928; il y précise en quelques pages le caractère de cette science du chauffage qui s'est définitivement imposée dans toutes les industries du feu, et expose les récents progrès de cette technique délicate.

Après un exposé général du problème industriel du chauffage, un premier chapitre rappelle les lois fondamentales de la thermo-chimie et de l'énergétique, régissant les échanges irréversibles d'énergie. On y trouvera exposés les principes de la détermination des pouvoirs calorifiques et des chaleurs d'échauffement.

Le chapitre II est consacré aux échanges réversibles d'énergie que constituent les combustions incomplètes. Faisant fi de développements thermodynamiques étendus, l'auteur énumère



les lois régissant ces phénomènes, les applique aux équilibres des gaz industriels, puis établit la théorie des gazogènes, résumant toutes les connaissances ainsi acquises en un « guide du gazier », d'intérêt pratique évident. Le début du chapitre, fortement inspiré des pages publiées sur le sujet par Le Chatelier, dans son ouvrage sur « Le Chauffage Industriel », mériterait, à notre avis, des développements plus étendus, afin de faire apparaître au lecteur les limites de validité des formules utilisées.

Le chapitre suivant débute par la description du four à gaz de verrerie, appareil de chauffage type, dans lequel les fonctions des divers organes sont nettement distinctes. L'auteur étudie successivement le laboratoire, les gazogènes, les organes de récupération, de tirage, et de récupération complémentaire, ce qui le conduit à un classement méthodique des différents types de fours.

Les données scientifiques concernant les températures sont rassemblées au chapitre IV. On y examine les moyens permettant d'obtenir des températures élevées, puis, après étude des « températures théoriques de combustion » et de la « température de régime », on y applique ces notions à la détermination du rendement d'un four. Le chapitre se termine par un bref exposé des méthodes de production de très hautes températures : alumino-thermie, four électrique et chalumeaux.

Le chapitre V est consacré au problème de l'économie dans les fours. L'auteur examine les rendements des différents types, pour diverses conditions de marche, et développe une théorie générale de la récupération.

Le dernier chapitre est intitulé « Conduite des fours, contrôle de la combustion, le bilan thermique, les appareils de contrôle ». L'auteur y étudie successivement la conduite pratique des fours et des foyers, la détermination expérimentale de leur rendement, et l'établissement d'un bilan thermique détaillé enfin le diagnostic des défauts d'allure et les remèdes à y apporter.

Les pages consacrées à la comptabilité des calories comptent parmi les plus intéressantes de l'ouvrage. L'auteur n'a-t-il pas, dès 1890, dressé un bilan thermique complet par la méthode du « carbone total », aujourd'hui admise partout? Cette mé-

thode est ici exposée et discutée en détail, puis illustrée par trois exemples intégralement développés.

Le volume se termine par la description de divers appareils de mesure des pressions et dépressions, débits gazeux, températures, et d'analyse des gaz.

L'ouvrage du Professeur Damour constitue un cours de technique du chauffage qui sera consulté avec fruit par les étudiants et ingénieurs désireux de s'initier à cette science ou de s'y perfectionner. Regrettons cependant que la revision des épreuves de cette édition n'ait pas été plus soignée. On eût ainsi évité maintes erreurs de calcul et de chiffres, des omissions regrettables rendant inutilisables des données numériques, et d'autres inexactitudes flagrantes suceptibles cependant d'induire en erreur le lecteur non averti. Contentons-nous de citer, par exemple, page 28 : $0{,}54 \times 55 = 35$; page 66 : $\frac{5{,}9}{5{,}9 + 23\,5}$ = 15 %, etc. Page 422, il est dit, à propos du dosage de l'oxyde de carbone dans un gaz : « Aussi la Condamine indique-t-il le mélange suivant qu'il donne comme nettement préférable :

| | | |
|---|---|---|
| Chlorure cuivreux ammoniacal . . . | 15 | centimètres cubes |
| » » chlorhydrique . . | 15 | » » |
| Sulfate cuivreux . . . . . | 750 | » » |

alors que ces chiffres représentent les capacités pratiques d'absorption de 150 centimètres cubes de chacun des trois réactifs!

Le volume de M. Damour n'en reste pas moins une publication remarquable, dont la lecture est à recommander.

R. Bidlot.

---



**Le moteur à gaz**, par Albert-J. Jadot, Ing. A. I. Lg., Professeur à l'Ecole des Mines de Mons.

Cet ouvrage vient de paraître sous le numéro 6 dans une collection très intéressante publiée à Liége sous le nom de « Bibliothèque Scientifique Belge », collection dont le Comité de Direction scientifique est composé d'un certain nombre de professeurs de l'Université de Liége (Editeur G. Thone, Liége).

Il faut applaudir à cette initiative heureuse et encourager un effort qui a déjà donné de si brillants résultats au profit de la science belge. Le livre de M. A.-J. Jadot ne déparera pas l'ensemble déjà édité; il comporte 140 pages et 25 figures et photos dans un texte très bien imprimé.

Dans un premier chapitre, l'auteur fait l'historique de l'origine et des développements du moteur à gaz; c'est un Belge, Lenoir, qui, en 1860, construit le premier moteur de ce type à deux temps et à double effet. Ce moteur est perfectionné, par la suite par Otto qui, arrivé aux mêmes conceptions que Beau de Rochas, crée le moteur à quatre temps : aspiration, compression, combustion et détente et échappement, alimenté par le gaz de ville; enfin, en 1884, Crossley ouvre des voies nouvelles en réalisant un moteur qui peut fonctionner avec du gaz pauvre produit par le gazogène.

Les principes du fonctionnement et l'étude de chacun des « temps » font l'objet du chapitre suivant et conduisent aux diagrammes des travaux. Puis, vient l'étude de la régularité cyclique et du rendement du moteur avec la notion de la valeur limite de la compression (chapitres II, III et IV); ensuite, les relations entre la puissance, les dimensions et la vitesse sont dégagées clairement ainsi que la notion de la richesse du mélange de gaz et d'air qui donne le rendement maximum alors qu'un autre mélange permettrait de retirer la puissance maximum de la machine. Les chapitres VI et VII sont consacrés respectivement aux caractéristiques mécaniques et à la régulation et à l'examen des machines à double effet et à deux temps, de même au « Balayage » et à la « Suralimentation ». Le « balayage « consiste, comme on le sait, à obli-

ger les gaz brûlés à céder, aussitôt que possible, la place au mélange frais qui occupera ainsi tout le volume de la culasse en plus du volume de la cylindrée normalement aspirée par le piston ; on peut y arriver en refoulant de l'air frais à travers la culasse ou en aspirant fortement les gaz brûlés par la tuyauterie d'échappement, et ceci, tout en évitant la déperdition de gaz combustible ; on peut pour ce faire, utiliser des moyens mécaniques ou encore employer l'énergie cinétique acquise par les gaz lors de leur brusque détente dans l'atmosphère, pour provoquer un effet de succion. Quant à la « suralimentation » — dont on parle aussi, souvent, pour les moteurs d'aviation, — elle consiste à injecter, à la fin de l'aspiration qui a introduit un mélange très riche de gaz, une quantité d'air supplémentaire, surcomprimé au moyen d'une pompe spéciale. Après avoir traité des moyens d'augmenter le rendement thermique (récupération de chaleur), et de la limite de puissance des moteurs à gaz (chap. IX et X), l'auteur termine par un intéressant exposé des perspectives que l'avenir réserve au moteur à gaz ; dans les installations fixes, dit-il, le moteur à gaz après avoir remporté quelques victoires a reçu un coup mortel par la création des distributions d'énergie électrique régionales. D'autre part, de jour en jour, son champ d'application avec les gaz de fours à coke, se restreint davantage ; en effet, il est beaucoup plus avantageux de vendre, — quand c'est possible, — les gaz en excès des fours à coke pour les services de la distribution domestique et industrielle, que de les utiliser à produire de l'énergie. Aussi voit-on de grandes usines arrêter leurs moteurs à gaz de fours à coke et se procurer l'énergie électrique par d'autres moyens. Le moteur à gaz de haut-fourneau — qui d'ailleurs est d'un fonctionnement autrement sûr que celui qui utilise le gaz des fours à coke — peut être converti pour de grandes puissances (12.000 HP) et donne un bon rendement ; mais, la lutte est entamée entre le système de production de l'énergie électrique basé sur l'emploi du moteur à gaz de fourneau et l'emploi de la turbine à haute pression et à haute surchauffe, qui utiliserait la vapeur produite par les gaz de haut-fourneau dans des chaudières appropriées ; dans ces dernières années, les méthodes de combustion des gaz de fourneaux dans les générateurs à vapeur ont fait de grands progrès. La turbine gagne du terrain ; le moteur à gaz ne pourra, semble-t-il, subsister, que, si d'une part, son prix de revient diminue par l'augmentation de la vitesse, l'emploi de métaux spéciaux qui l'allègeront et un refroidissement plus efficace, ou bien si, d'autre part, son rendement thermique peut être augmenté (page 149).



Le bref résumé que nous venons de faire du livre de M. A-J. Jadot montre que l'auteur a non seulement abordé, avec une clarté et une précision auxquelles il faut rendre hommage sans réserve, les questions relevant de la technique pure, mais qu'il a aussi évoqué et d'une manière très heureuse les problèmes qui se posent tous les jours à l'ingénieur et à l'industriel.

Bruxelles, 4 juin 1931.

A. H.

**L'évolution et le développement des principales industries depuis cinquante ans (1880-1930.)** — Numéro spécial publié à l'occasion du Cinquantenaire du *Génie Civil*. — Un volume in-4° jésus de 236 pages, avec de nombreuses illustrations. — En vente au bureaux du *Génie Civil*, 5, rue Jules-Lefebvre, Paris (IX^e^). — Prix : 25 francs.

Ce numéro exceptionnel, non seulement par son importance, mais par sa composition, a été édité par le *Génie Civil* pour célébrer le cinquantenaire de sa fondation. Il présente un intérêt tout particulier car l'évolution de chacune des principales industries, pendant le demi-siècle qui vient de s'écouler, y est retracée par les spécialistes les plus éminents et les plus hautes personnalités de la science ou de l'industrie françaises. Pour donner une simple idée de la notabilité de ces auteurs, nous dirons simplement que douze sont membres de l'Institut, sept anciens présidents de la Société des Ingénieurs civil, et la plupart des autres, professeurs dans les grandes écoles d'ingénieurs de Paris.

Une intéressante introduction est consacrée à un court historique du *Génie Civil* pendant les cinquante années de son existence, au début duquel sont rappelées les circonstances de la fondation de la revue, en 1880, sous les auspices de l'illustre chimiste Jean-Baptiste Dumas et d'Emile Muller, Professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.

Nous ne pouvons donner une analyse, si courte soit-elle, des quarante-deux articles que comporte ce magnifique ouvrage, mais nous croyons utile d'en donner les titres et les noms des auteurs, tous bien connus du monde scientifique ou industriel.

*A. Dumas.* — Le cinquantenaire du Génie Civil.

*H. Le Chatelier.* — La science et l'industrie.

*M. d'Ocagne.* — Le calcul mécanique et le calcul graphique.

Ch. de *Fréminville.* — Le rôle de l'ingénieur dans l'organisation du travail.

*R. Soreau et A. Volmerange.* — L'aéronautique de 1830 à 1930.

*L. Brétignière.* — L'évolution des méthodes et des procédés agricoles.



*M. Ringelmans.* — L'agriculture et le matériel agricole depuis cinquante ans.

*J. Dantzer.* — L'industrie textile de 1880 à nos jours.

Général *Challéat.* — Les progrès de l'artillerie depuis cinquante ans.

*Ch. François.* — Cinquante années de construction navale militaire (1880-1930).

*H. Brilliié.* — La marine de commerce de 1880 à 1930.

*V. Sabouret.* — Le chemin de fer depuis cinquante ans.

*H. Parodi.* — L'électrification des voies ferrées.

*C. Matignon.* — Les progrès de la grande industrie chimique depuis 1880.

*J. Pérard.* — La chimie organique et ses applications industrielles et agricoles.

*H. Laurain.* — Les progrès de l'éclairage.

*L. Delloye.* — Cinquante années de l'industrie du verre (1880-1930).

*P. Leprince-Ringuet.* — La construction et l'architecture de 1880 à 1930.

*P. Janet.* — La grande industrie électrique.

*H. Gall.* — L'électrochimie et l'électrométallurgie de 1880 à 1930.

*E. Reynaud-Bonin.* — Le télégraphe et le téléphone.

*A. Blondel.* — Naissance et développement de la radioélectricité.

Général *Perrier.* — Les progrès de la géodésie, de la topographie et de la cartographie.

*H. Capitant.* — L'évolution de la législation industrielle depuis cinquante ans.

*P. Razous.* — L'évolution de la législation du travail depuis cinquante ans.

*G. Charpy.* — L'évolution de la sidérurgie.

*L. Baclé.* — Les aciers spéciaux.

*L. Guillet.* — Les métaux autres que le fer.

*L. de Launay.* — Les progrès de la géologie appliquée depuis un demi-siècle.

*Ch. Biver.* — Les progrès réalisés dans l'industrie minière.

*C. Monteil.* — L'évolution des machines thermiques de 1880 à 1930.

*H. Lossier.* — Les progrès des théories de la résistance des matériaux et leur application à la construction des ponts.

*A. Caquot.* — Idées actuelles sur la résistance des matériaux.

*P. Séjourné.* — Progrès depuis cinquante ans dans la construction des grandes voûtes en maçonnerie.

*A. Mesnager.* — Les procédés généraux de construction dans les travaux publics.

L'aménagement des chutes d'eau et l'exploitation de la houille blanche :

*A. Coyne.* — Les barrages : différents types et modes d'exécution.

*E. Eydoux.* — Les usines hydro-électriques.

*E. Genissieu.* — L'évolution de l'utilisation des chutes d'eau.

*L. Chagnaud.* — Les procédés de construction des souterrains.

*P. Le Gavrian.* — Les routes depuis cinquante ans.

*G. Hersent.* — Construction et exploitation des ports maritimes.

*Petiet et Delanghe.* — L'évolution de l'automobile pendant les cinquante dernières années.

# DIVERS

## IIIe Congrès International de Forages

**(BERLIN — 1933)**

Le Secrétariat du Comité National Belge de Forages (Service géologique de Belgique, Palais du Cinquantenaire, à Bruxelles), nous communique une circulaire du Comité national allemand chargé de l'organisation du troisième Congrès international de Forages qui aura lieu à Berlin en 1933, probablement dans le courant du mois de septembre.

Le Comité organisateur du troisième Congrès annonce qu'il est assuré, dès maintenant d'une collaboration importante de la part des techniciens du forage d'Amérique et d'Angleterre et qu'il se propose de réaliser pour le Congrès une installation qui permette aux congressistes d'entendre simultanément les conférences en français, en anglais et en allemand, et de participer de la même façon, aux discussions qui suivent les conférences, comme cela a été fait pour le Congrès de l'Energie mondiale tenu l'an dernier à Berlin.

Une Exposition, de caractère très général, englobant tous les modèles d'appareils de forages modernes, sera réalisée dans le local même où se tiendra le Congrès.

Le programme comportera en outre la visite des importantes collections de l'Institut de Géologie de Berlin et de l'Ecole polytechnique de Berlin-Charlottenburg. Le Comité envisage également l'organisation d'une excursion dans le district pétrolifère allemand de Nienhagen, Wietze, Oberg, etc.

Les camardes qui s'intéressent à ce Congrès et qui désireraient avoir communication des circulaire ultérieures du Comité d'Organisation, sont priés de s'adresser au bureau du Comité national allemand (Geschäftsstelle des Deutschen Nationalen Komitees, Berlin S. W., 68, Alte Jakobstrasse, 18-19) ou au Secrétariat du Comité national belge de Forages (Service géologique de Belgique, Palais du Cinquantenaire, Bruxelles).

## Fonds Martin Herman

(A. S. B. L., MONS)

L'Association a jour but la création d'un prix à décerner à l'auteur d'un travail apportant une contribution utile à la préservation ou à la guérison des accidents du travail ou des maladies professionnelles. (*Moniteur Belge,* n° 1000, 1928.)

Actuellement, le prix est biennal et fixé à 2,000 francs.

Il n'est pas absolument nécessaire que le travail présenté ait été effectué en vue du concours, mais il faut cependant qu'il soit suffisamment récent et qu'il n'ait pas été primé antérieurement. Il peut consister eu un mémoire ou en la présentation d'un dispositif visant au but précité.

L'auteur doit être de nationalité belge; le choix du sujet est libre.

*A titre de simple renseignement,* on trouvera ci-dessous quelques exemples des questions à traiter.

Les documents ou pièces devant participer au concours pour le prix à décerner en 19..... doivent être adressés au plus tard le 1er décembre 19..... au docteur Martin Herman, président de l'Association, rue de Gages, 6 à Mons. Ils lui seront envoyés sous pli cacheté et recommandé à la poste, d'une façon tout à fait anonyme. Une enveloppe cachetée, renfermant à l'intérieur le nom et l'adresse de l'auteur, devra être jointe à l'envoi. Les mémoires ou documents non primés seront retournés à leurs auteurs.

*Le Secrétaire,*
Docteur L. LAGAGE,
Grand'Rue, 148, Nimy.

*Exemples de sujets qui pourraient être traités :*

1. Etude sur la silicose et les pneumoconioses;
2. Avantages et inconvénients du travail dans les mines avec le marteau pneumatique, les haveuses ou toute autre perforatrice moderne; éventuellement : remèdes;
3. Perfectionnements de l'éclairage des travaux miniers;
4. Etude sur les émanations des terrils et crassiers industriels;
5. Les fumées industrielles en rapport avec la violation de l'atmosphère, etc.

# STATISTIQUES

## BELGIQUE

# L'Industrie Charbonnière

### pendant l'année 1930

### Statistique provisoire et vue d'ensemble sur l'exploitation

PAR

J. LEBACQZ

Directeur général des Mines

ET

H. ANCIAUX

Ingénieur principal des Mines.

Le présent travail a pour but de donner, en attendant la publication de la « Statistique des industries extractives et métallurgiques », une première vue d'ensemble sur la marche de l'industrie charbonnière en 1930, d'après les éléments statistiques déjà connus, éléments dont certains sont sujets à revision.

On trouvera en outre *in fine* quelques indications sur la situation de la même industrie pendant les premiers mois de l'année 1931.

## Production de houille.

(Voir tableaux nos 1 et 2 et diagramme no 1.)

La production de l'ensemble des charbonnages belges s'est élevée en 1930, à 27.426.000 tonnes et a ainsi été supérieure, de 486.000 tonnes, à la production de l'année précédente.

Dans l'un des districts houillers, celui du Couchant de Mons, la production a toutefois diminué par rapport à l'année 1929, de 179.000 tonnes. Dans chacun des autres districts, on constate, par contre, une augmentation qui se chiffre, pour l'ensemble de ces districts, à 665.000 tonnes, dont 574.000 pour le seul district de la Campine. L'accroissement de production dans ce dernier district (bassin du Nord) a été plus élevé qu'au cours de l'année 1929. Le bassin du Nord est intervenu à raison de 14 % dans la production du pays en 1930.

### TABLEAU N° 1.

PRODUCTION MENSUELLE DE HOUILLE PAR DISTRICT
(en milliers de tonnes).

| PÉRIODES | Couchant de Mons | Centre | Charleroi | Namur | Liége | Limbourg | Le Royaume |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier 1930 . . | 530 | 396 | 699 | 38 | 493 | 334 | **2.490** |
| Février . . . . | 486 | 364 | 645 | 34 | 441 | 303 | **2 273** |
| Mars . . . . . | 484 | 360 | 665 | 37 | 466 | 321 | **2.333** |
| Avril . . . . . | 483 | 352 | 631 | 35 | 448 | 308 | **2.257** |
| Mai . . . . . | 472 | 359 | 642 | 35 | 455 | 326 | **2.289** |
| Juin . . . . . | 421 | 322 | 592 | 31 | 406 | 282 | **2.054** |
| Juillet . . . . | 371 | 361 | 657 | 36 | 471 | 315 | **2.211** |
| Août . . . . . | 451 | 350 | 644 | 35 | 441 | 301 | **2.222** |
| Septembre . . . | 459 | 365 | 661 | 36 | 460 | 313 | **2.294** |
| Octobre . . . . | 492 | 403 | 711 | 38 | 498 | 344 | **2 486** |
| Novembre . . . | 443 | 349 | 613 | 33 | 433 | 323 | **2.194** |
| Décembre . . . | 450 | 360 | 637 | 35 | 475 | 343 | **2.300** |
| Année 1930 : | | | | | | | |
| Totaux des relevés mensuels . . . | 5.542 | 4.341 | 7.797 | 423 | 5.487 | 3.813 | 27.403 |
| Production (chiffres rectifiés) . . . | **5.542** | **4.352** | **7.792** | **425** | **5.501** | **3.814** | **27.426** |
| Année 1929 (1). . | 5.721 | 4,320 | 7.763 | 417 | 5.479 | 3.240 | 26,940 |
| » 1928 (1). . | 5.824 | 4.518 | 8.107 | 433 | 5.805 | 2.891 | 27.578 |
| » 1913 (1). | 4 407 | 3.459 | 8.148 | 830 | 5.998 | » | 22.842 |

(1) Chiffres définitifs de la statistique annuelle.



### TABLEAU N° 2.

PRODUCTION JOURNALIÈRE

| Mois | Couchant de Mons | | Centre | | Charleroi | | Namur | | Liége | | Campine | | Royaume | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Production journalière | Jours d'extraction | Production journalière | Jours d'extraction | Production journalière | Jours d'extraction | Production journalière | Jours d'extraction | Production journalière | Jours d'extraction | Production journalière | Jours d'extraction | Production journalière | Jours d'extraction |
| 1930 | | | | | | | | | | | | | | |
| Janv. | 20.400 | 25.9 | 15.220 | 26,0 | 27.110 | 25,8 | 1.460 | 25,9 | 19.100 | 25,8 | 12.830 | 26,0 | 96.110 | 25,9 |
| Fev | 20.230 | 24,0 | 15.170 | 24,0 | 27.020 | 23,9 | 1.430 | 24,1 | 18.390 | 24,0 | 12.800 | 23,7 | 95.160 | 23,9 |
| Mars | 20.180 | 24,0 | 14.770 | 24,4 | 25.960 | 25,6 | 1.410 | 26,1 | 17.990 | 25,9 | 12.360 | 26,0 | 92.970 | 25,1 |
| Avril | 19.400 | 24,9 | 14.150 | 24,9 | 25.250 | 25,0 | 1.410 | 24,7 | 17.990 | 24,9 | 12.330 | 25,0 | 90.670 | 24,9 |
| Mai | 18.620 | 25,1 | 14.350 | 25,0 | 25.780 | 24,9 | 1.410 | 25,2 | 18.190 | 25,0 | 12.550 | 26,0 | 91.220 | 25,1 |
| Juin | 18.620 | 22,6 | 14.260 | 22,6 | 25.980 | 22,8 | 1.410 | 22,2 | 17.730 | 22,9 | 11.890 | 23,7 | 89.800 | 22,9 |
| Juillet | 16.340 | 22,7 | 14.170 | 25,5 | 25.590 | 25,7 | 1.400 | 25,9 | 17.580 | 26,8 | 11.900 | 26,5 | 87.440 | 25,3 |
| Août | 18.580 | 24,3 | 14.180 | 24,7 | 26.070 | 24,7 | 1.420 | 24,9 | 18.140 | 24,3 | 12.080 | 24,9 | 90.350 | 24,6 |
| Sept. | 17.840 | 25,7 | 14.320 | 25,5 | 25.910 | 25,5 | 1.380 | 26,0 | 18.040 | 25,5 | 12.040 | 26,0 | 89.600 | 25,6 |
| Oct. | 18.350 | 26,8 | 14.980 | 26,9 | 26.700 | 26,8 | 1.440 | 26,7 | 18.810 | 26,5 | 12.730 | 27,0 | 92.750 | 26,8 |
| Nov. | 19.270 | 23,0 | 15.110 | 23,1 | 27.290 | 22,5 | 1.470 | 22,6 | 18.980 | 22,8 | 13.480 | 24,0 | 95.840 | 22,9 |
| Déc. | 18.810 | 23,9 | 15.180 | 23,7 | 27.560 | 23,1 | 1.470 | 23,5 | 19.090 | 24,9 | 14.040 | 24,4 | 96.180 | 23,9 |
| Année 1930 | 18.920 | 293,0 | 14.690 | 296,3 | 26.360 | 296,3 | 1.420 | 297,8 | 18.380 | 299,3 | 12 580 | 303,2 | 92.400 | 296,8 |
| Année 1929 (1) | 19.380 | 295,3 | 14.620 | 295,6 | 25.980 | 298,8 | 1.480 | 296,0 | 18.260 | 300,1 | 10 710 | 302,4 | 90.550 | 297,5 |

(1) D'après les chiffres définitifs de la statistique annuelle

*Mouvement de la production et des stocks dans les principaux districts*

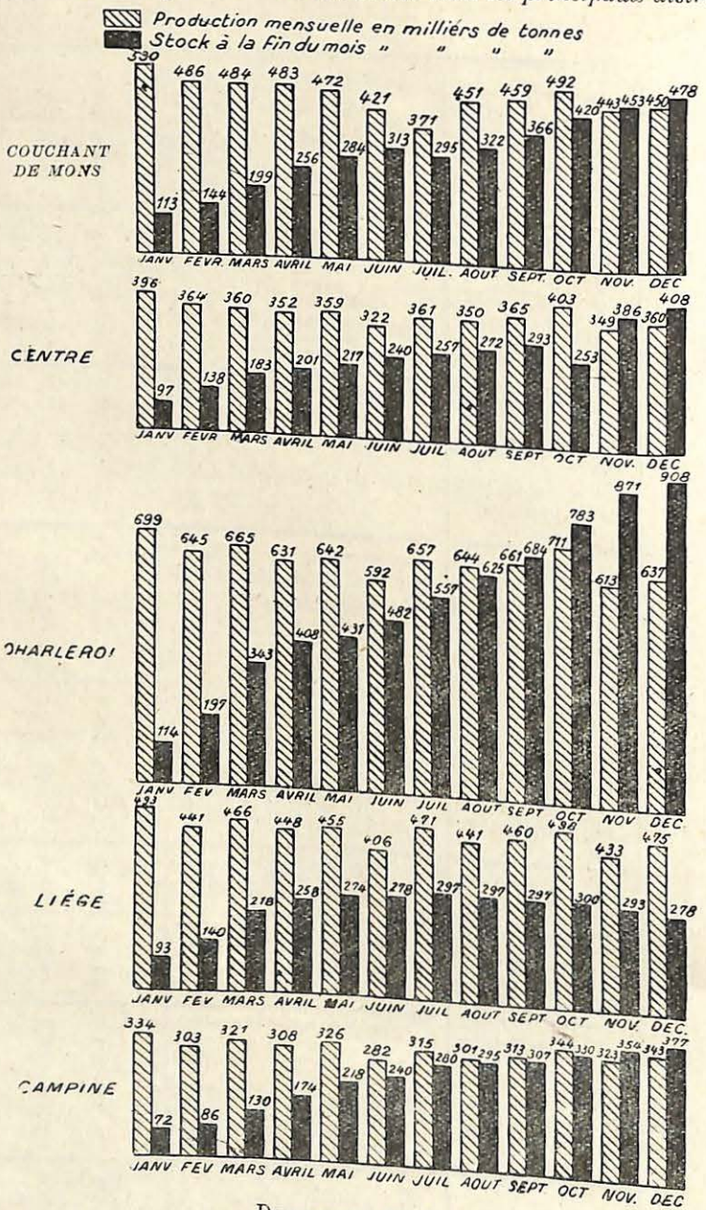



DIAGRAMME N° 1.



La production moyenne du pays par jour d'extraction a été de 92.400 tonnes, contre 90.550 en 1929. L'allure de la production journalière a été plus régulière que l'année précédente, le maximum ayant été atteint en décembre avec 96.180 tonnes (contre 97.240 comme maximum en 1929) et le minimum en juillet avec 87.440 tonnes (contre 85.150 comme minimum en 1929). Comme le montre le tableau n° 2, ce n'est que dans le district de la Campine que la production journalière a été quelque peu accentuée, et ce, vers la fin de l'année, accentuation qui s'explique par le développement progressif des exploitations de ce district.

## Stocks de houille.

(Voir tableau n° 3 et diagramme n° 1.)

Le stock total de houille du pays avait commencé à augmenter à partir du mois d'octobre 1929, époque à laquelle il était inférieur à 300.000 tonnes. Pendant la première moitié de l'année 1930, ce stock s'est élevé très rapidement, atteignant près de 1.600.000 tonnes à la fin du mois de juin. Un accroissement très important, de 1.600.000 à près de 2.500,000 tonnes s'est encore manifesté au cours du deuxième semestre.

Le diagramme n° 1 indique que, dans le district de Charleroi, l'accumulation du charbon sur le carreau des mines a été à la fois importante et continue, de telle sorte qu'à la fin de l'année le stock y dépassait la production d'un mois, de plus de 40 %. Dans les districts du Couchant de Mons, du Centre et de la Campine, un ralentissement s'est marqué vers le milieu de l'année dans la mise en dépôt et le stock à la fin du mois de décembre y est de l'ordre de la production mensuelle.

Dans le district de Liége, la courbe représentative du stock a pris une allure en palier dès le mois de juillet et une allure descendante vers la fin de l'année; celle-ci se termine avec un stock n'atteignant pas dans ce district 60 % de la production d'un mois.

TABLEAU N° 3.

STOCKS EN MILLIERS DE TONNES

| Périodes | Couchant de Mons | Centre | Charleroi | Namur | Liége | Campine | Ensemble |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1er janvier 1930. | 88 | 63 | 63 | 6 | 53 | 47 | **322** |
| fin janvier . . | 113 | 97 | 114 | 9 | 93 | 72 | **498** |
| » février . . | 144 | 138 | 197 | 15 | 140 | 86 | **720** |
| » mars . . . | 199 | 183 | 343 | 30 | 218 | 130 | **1.103** |
| » avril . . . | 256 | 201 | 408 | 30 | 258 | 174 | **1.327** |
| » mai . . . | 287 | 217 | 431 | 32 | 274 | 218 | **1.459** |
| » juin . . . | 313 | 240 | 452 | 32 | 278 | 240 | **1.585** |
| » juillet . . | 295 | 257 | 557 | 33 | 297 | 280 | **1.719** |
| » août . . | 322 | 272 | 625 | 34 | 297 | 295 | **1.845** |
| » septembre . | 366 | 293 | 684 | 33 | 297 | 307 | **1.980** |
| » octobre . . | 420 | 353 | 783 | 35 | 300 | 330 | **2.221** |
| » novembre . | 453 | 386 | 871 | 37 | 293 | 354 | **2.394** |
| » décembre . | 478 | 408 | 908 | 36 | 278 | 377 | **2.485** |

## Personnel.

(Voir tableau n° 4 et diagramme n° 2.)

La chute brusque qui correspond au mois de juillet dans le diagramme du personnel occupé est due à la grève qui a affecté le district du Couchant de Mons pendant la première quinzaine de ce mois. Cette grève fut la continuation, dans ce seul district, d'un chômage que l'organisation ouvrière socialiste avait décidé pour le 30 juin, en vue de manifester en faveur de la majoration de la pension de vieillesse des ouvriers mineurs.

On remarque qu'à part le recul momentané qui vient d'être expliqué, l'effectif ouvrier n'a subi qu'une diminution saisonnière peu marquée pendant l'été 1930.

Le relevé ci-après indique que le nombre total d'ouvriers est plus élevé de 1.500 unités en chiffres ronds à la fin de l'année 1930 qu'à la fin de l'année 1929, laquelle avait été marquée par une raréfaction de la main-d'œuvre. Il y a près de 2.000 ouvriers en plus dans le bassin de Charleroi et il y en a un millier en plus dans la Campine; par contre, on en compte plus de 2.000 en moins dans le Couchant de Mons.



| | Décembre 1929 | Décembre 1930 |
|---|---|---|
| Couchant de Mons . . . | 34.200 | 32.000 |
| Centre . . . . . | 22.900 | 22.800 |
| Charleroi . . . . . | 43.900 | 45.800 |
| Namur . . . . . | 2.200 | 2.300 |
| Liége . . . . . | 34.100 | 34.900 |
| Campine . . . . . | 20.300 | 21.300 |
| Royaume . . . . . | 157.600 | 159.100 |

TABLEAU N° 4.

PERSONNEL OUVRIER DES CHARBONNAGES
(en milliers d'ouvriers)

| Périodes | Ouvriers à veine | Ouvriers du fond (y compris les ouvriers à veine) | Ouvriers de la surface | Ouvriers du fond et de la surface réunis |
|---|---|---|---|---|
| 1930 janvier. . . | 21,1 | 113,0 | 46,7 | 159,7 |
| février. . | 21,0 | 111,2 | 46,0 | 157,2 |
| mars . . . | 20,5 | 108,7 | 45,6 | 154,3 |
| avril . . | 20,2 | 107,6 | 45,9 | 153,5 |
| mai . . . | 20,1 | 107,4 | 46,2 | 153,6 |
| juin . . . | 19,8 | 106,7 | 46,3 | 153,0 |
| juillet . . . | 19,1 | 102,3 | 45,1 | 147,4 |
| août . . . | 19,9 | 107,1 | 46,3 | 153,4 |
| septembre. . | 19,6 | 106,6 | 45,9 | 152,5 |
| octobre . . | 20,4 | 110,9 | 46,2 | 157,1 |
| novembre . . | 21,0 | 113,5 | 47,0 | 160,5 |
| décembre . . | 21,1 | 113,3 | 45,8 | 159,1 |
| 1930 moyenne . . | **20,3** | **109,0** | **46,1** | **155,1** |
| 1929 » (1). | 20,3 | 105,8 | 46,1 | 151,9 |
| 1928 » (1). | 22,2 | 114,6 | 48,7 | 163,3 |

## Production par journée d'ouvrier.

(Voir tableaux nos 5, 6, 7 et 8 et diagramme n° 2.)

Le tableau n° 5 indique que la production par journée d'ouvrier, calculée pour l'ensemble du pays, n'a subi que des variations minimes au cours de l'année que l'on considère les ouvriers à veine, l'ensemble des ouvriers du fond ou l'ensemble des ouvriers du fond et de la surface.

(1) Chiffres définitifs de la statistique annuelle.

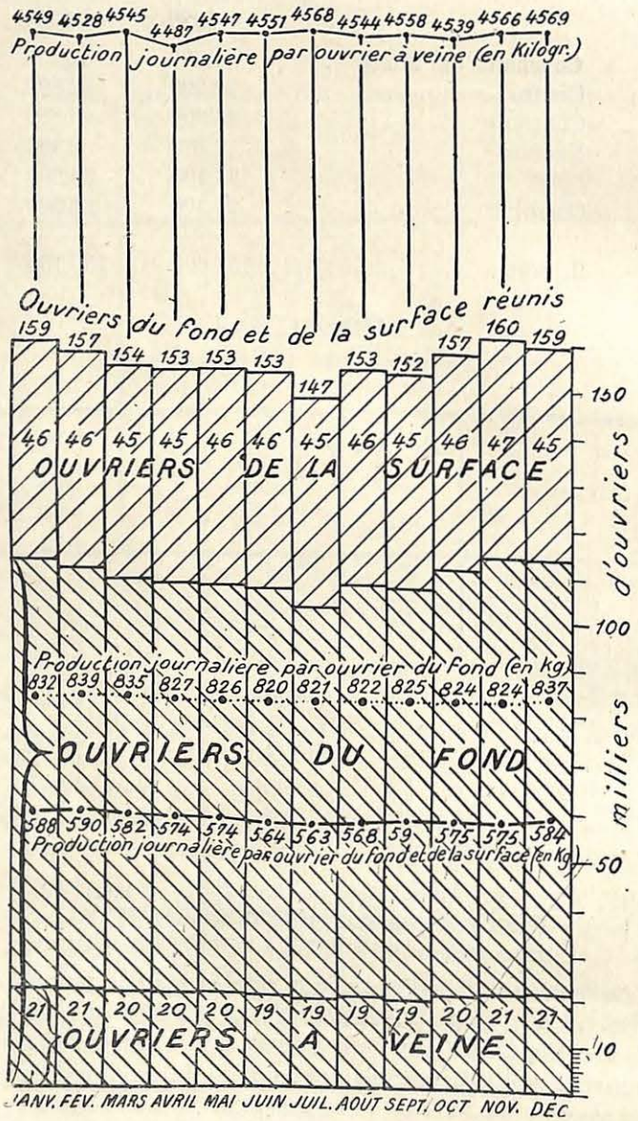



DIAGRAMME N° 2.



Les tableaux nos 6 à 8 permettent de comparer, dans les divers districts, le rendement de chacune de ces catégories en 1930 avec le rendement des années antérieures, ainsi que de faire des comparaisons entre les districts.

Abstraction faite du district peu important de Namur, on constate que dans le bassin du Sud, les chiffres relatifs à l'année 1930 diffèrent peu de ceux relatifs à l'année 1929; cependant, en ce qui concerne Charleroi, on trouve une diminution d'environ 4 % pour la production par ouvrier du fond et d'un taux un peu moindre pour la production par ouvrier en général.

La comparaison entre le bassin du Sud et celui du Nord conduit à cette constatation importante que le second, dont les chiffres sont en progression marquée, dépasse aujourd'hui le premier non seulement, comme précédemment, sous le rapport de la production par ouvrier à veine, mais aussi sous le rapport de la production par ouvrier du fond et sous celui de la production par ouvrier en général.

TABLEAU N° 5.

| PÉRIODES | Production journalière par ouvrier | | |
|---|---|---|---|
| | Ouvriers à veine kilogr. | Ouvriers du fond (y compris les ouvriers à veine) kilogr. | Ouvriers du fond et de la surface kilogr. |
| Janvier 1930 | 4.549 | 832 | 588 |
| Février | 4.528 | 839 | 590 |
| Mars | 4.545 | 835 | 582 |
| Avril | 4.487 | 827 | 574 |
| Mai | 4.547 | 826 | 574 |
| Juin | 4.551 | 820 | 564 |
| Juillet | 4.568 | 821 | 563 |
| Août | 4.544 | 822 | 568 |
| Septembre | 4.558 | 825 | 572 |
| Octobre | 4.539 | 824 | 575 |
| Novembre | 4.566 | 824 | 575 |
| Décembre | 4.569 | 837 | 584 |

## TABLEAU N° 6.

| Districts miniers | Production moyenne journalière par ouvrier à veine (en kilogs.) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | en 1913 (1) | en 1925 (1) | en 1926 (1) | en 1927 (1) | en 1928 (1) | en 1929 (1) | en 1930 (2) |
| Couchant de Mons | 2.422 | 3.017 | 3.363 | 3.429 | 3.571 | 3.623 | 3.699 |
| Centre | 3.457 | 3.497 | 3.772 | 3.851 | 4.133 | 4.504 | 4.617 |
| Charleroi | 3.937 | 3.793 | 4.062 | 4.118 | 4.398 | 4.653 | 4.563 |
| Namur | 3.146 | 3.682 | 3.915 | 4.160 | 4.251 | 4.228 | 4.074 |
| Liége | 3.406 | 3.622 | 3.916 | 3.853 | 4.117 | 4.446 | 4.508 |
| Bassin du Sud | 3.160 | 3.498 | 3.791 | 3.823 | 4.061 | 4.280 | 4.314 |
| Campine | » | 5.290 | 5.579 | 5.013 | 5.777 | 6.207 | 6.421 |
| Le Royaume | 3.160 | 3.555 | 3.879 | 3.905 | 4.192 | 4.446 | 4.520 |

## TABLEAU N° 7.

| Districts miniers | Production moyenne journalière par ouvrier de l'intérieur, y compris les ouvriers à veine (en kilogs) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | en 1913 (1) | en 1925 (1) | en 1926 (1) | en 1927 (1) | en 1928 (1) | en 1929 (1) | en 1930 (2) |
| Couchant de Mons | 613 | 683 | 747 | 737 | 773 | 797 | 803 |
| Centre | 744 | 723 | 784 | 786 | 854 | 904 | 909 |
| Charleroi | 894 | 768 | 815 | 804 | 869 | 909 | 872 |
| Namur | 764 | 777 | 891 | 929 | 978 | 971 | 922 |
| Liége | 704 | 632 | 669 | 656 | 720 | 764 | 748 |
| Bassin du Sud | 731 | 705 | 756 | 747 | 805 | 844 | 830 |
| Campine | » | 581 | 679 | 643 | 729 | 786 | 838 |
| Le Royaume | 731 | 698 | 750 | 737 | 796 | 836 | 832 |

(1) Chiffres définitifs des statistiques annuelles.
(2) Chiffres provisoires.



## TABLEAU N° 8.

| Districts Miniers | Production moyenne journalière par ouvrier de l'intérieur et de la surface réunis (en kilogs) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | en 1913 (1) | en 1925 (1) | en 1926 (1) | en 1927 (1) | en 1928 (1) | en 1929 (1) | en 1930 (2) |
| Couchant de Mons | 460 | 479 | 521 | 525 | 548 | 562 | 570 |
| Centre | 535 | 402 | 537 | 556 | 603 | 629 | 634 |
| Charleroi | 575 | 497 | 531 | 533 | 567 | 590 | 576 |
| Namur | 573 | 537 | 624 | 654 | 671 | 674 | 650 |
| Liége | 517 | 444 | 470 | 468 | 513 | 540 | 534 |
| Bassin du Sud | 528 | 479 | 516 | 520 | 556 | 578 | 575 |
| Campine | » | 365 | 465 | 453 | 530 | 563 | 598 |
| Le Royaume | 528 | 472 | 512 | 513 | 554 | 576 | 578 |

## Salaires.

(Voir tableaux nos 9, 10 et 11.)

Les salaires des ouvriers mineurs n'ont pas été modifiés au cours du premier semestre. Pendant le deuxième semestre, deux diminutions de ces salaires ont été décidées à la Commission nationale mixte des Mines : l'une de 5 %, a été effectuée le 6 juillet 1930 à titre de retrait de l'augmentation extra conventionnelle a ccordée le 4 août 1929; l'autre, de 4 %, a été effectuée le 5 octobre 1930 à titre de retrait de l'augmentation extra conventionnelle accordée le 20 octobre 1929.

Les salaires théoriques ont ainsi été ramenés au niveau conventionnel correspondant à l'index de base 865; l'index de base n'a pas subi de modification au cours de l'année.

Les salaires réels présentent par rapport aux salaires théoriques une différence constituant le « glissement ». Ces salaires

(1) Chiffres définitifs des statistiques annuelles.
(2) Chiffres provisoires.

réels ont été déterminés par des enquêtes, à deux reprises, en mai et en novembre, c'est-à-dire respectivement avant et après les diminutions ci-dessus indiquées. Les résultats de ces enquêtes sont donnés par le tableau n° 9. Les salaires de mai 1930 représentent sensiblement les salaires les plus élevés obtenus par les ouvriers mineurs entre la crise de 1925-1926 et celle de 1930-1931. Il est à remarquer que, conformément au désir exprimé par la Commission nationale mixte, c'est le salaire correspondant à une journée normale de huit heures qui a été déterminé, et non le salaire correspondant à une journée de présence, comme c'est le cas dans la statistique annuelle de l'Administration des Mines. Une autre différence avec cette dernière statistique consiste en ce que le personnel de surveillance n'a pas été considéré dans les enquêtes précitées et en ce que le personnel ouvrier proprement dit a été divisé en catégories plus nombreuses.

Comme l'année dernière, nous donnons, dans le tableau n° 10, la comparaison des salaires moyens de l'année 1929 et de l'année 1930, déterminés suivant la méthode habituelle de l'Administration des Mines. Ce tableau dénote des moyennes plus élevées pour l'année 1930 que pour l'année précédente; en effet, indépendamment du glissement les ouvriers ont joui des augmentations extra conventionnelles pendant une période qui s'est étendue plus sur l'année 1930 que sur l'année 1929.

Le tableau n° 11 indique la dépense en salaires par tonne nette extraite, dépense déduite de la production par journée de présence et du salaire moyen par journée de présence des ouvriers de toutes catégories. Cette dépense a augmenté pour tous les districts, sauf pour celui de la Campine qui, grâce à l'augmentation du rendement par ouvrier, se place actuellement avant les districts du Couchant de Mons, de Charleroi et de Liége dans l'ordre croissant des dépenses en salaires par tonne.

Il convient de remarquer que d'autres dépenses afférentes à la main-d'œuvre s'ajoutent au salaire proprement dit qui fait seul l'objet des tableaux n$^{os}$ 9, 10 et 11. Les autres dépenses dont les ouvriers ne bénéficient d'ailleurs pas tous, ni dans une mesure uniforme, sont : les allocations familiales, l'attribution de charbon gratuit aux ouvriers chefs de famille et de secours



divers, les allocations aux ouvriers malades. Il y a, en outre, les contributions aux caisses communes d'assurance contre les accidents du travail et les contributions aux organismes assurant une pension aux ouvriers âgés.

## TABLEAU N° 9.

### Salaires en Mai et en Novembre 1930

| CATÉGORIES d'ouvriers | Dates | Salaire d'une journée de huit heures | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Bassin du Sud | | | | | | Campine | Royaume |
| | | Mons | Centre | Charleroi | Namur | Liége | Ensemble | | |
| **A. — Fond** | | | | | | | | | |
| 1) Ouvriers à veine. | Mai | 63,94 | 64,46 | 65,18 | 66,08 | 64,88 | 64,66 | 67,94 | 65,00 |
| | Nov. | 59,06 | 58,49 | 58,96 | 59,76 | 59,33 | 59,00 | 60,63 | 59,17 |
| 2) Ouvriers à marché autres que les ouvriers à veine; ouvriers à la journée assimilables aux précédents au point de vue du salaire. | Mai | 62,85 | 66,28 | 64,64 | 66,72 | 61,25 | 63,66 | 65,32 | 63,91 |
| | Nov | 56,86 | 60,41 | 58,34 | 60,04 | 56,07 | 57,76 | 57,71 | 57,75 |
| 3) Ouvriers occupés au transport pendant le poste d'abatage. | Mai | 49,78 | 46,69 | 49,56 | 51,74 | 51,33 | 49,57 | 49,51 | 49,57 |
| | Nov. | 45,48 | 42,29 | 44,56 | 46,50 | 46,56 | 44,97 | 43,97 | 44,84 |
| 4) Autre personnel du fond (*). | Mai | 50,87 | 51,19 | 53,79 | 53,11 | 51,14 | 51,83 | 53,91 | 52,23 |
| | Nov. | 46,43 | 46,37 | 48,00 | 47,19 | 46,43 | 46,84 | 47,69 | 46,98 |
| 5) Ensemble du personnel du fond (*). | Mai | 57,72 | 58,02 | 58,71 | 59,11 | 56,90 | 57,89 | 58,86 | 58 03 |
| | Nov. | 52,69 | 52,36 | 52,79 | 53,30 | 51,85 | 52,45 | 52,39 | 52,45 |
| **B. — Surface** | | | | | | | | | |
| 6) Ouvriers qualifiés et ouvriers y assimilables au point de vue du salaire. | Mai | 46,19 | 48,70 | 46,90 | 48,78 | 46,26 | 46,81 | 45,38 | 46,61 |
| | Nov. | 42,31 | 45,74 | 43,21 | 45,40 | 42,24 | 43,08 | 40,22 | 42,68 |
| 7) Personnel masculin non qualifié. | Mai | 36,08 | 40,54 | 38,99 | 36,50 | 38,72 | 38,57 | 33,68 | 37,93 |
| | Nov. | 32,78 | 37,30 | 35,35 | 33,34 | 35,08 | 35,09 | 30,89 | 34,62 |
| 8) Femmes et filles. | Mai | 19,88 | 20,90 | 21,09 | 22,94 | 25,07 | 22,04 | 18,71 | 21,99 |
| | Nov | 18,31 | 19,25 | 19,40 | 20,25 | 22,88 | 20,28 | 17,54 | 20,24 |
| 9) Ensemble du personnel de la surface (*). | Mai | 39,14 | 41,19 | 38,75 | 40,23 | 39,06 | 39,31 | 38,79 | 39,24 |
| | Nov. | 35,79 | 38,37 | 35,63 | 35,64 | 35,82 | 36,13 | 35,18 | 36,03 |
| **C. — Fond et surface** | | | | | | | | | |
| 10) Ensemble du personnel du fond et de la surface (*). | Mai | 52,16 | 53,07 | 51,54 | 53,08 | 51,52 | 51,97 | 53,35 | 52,16 |
| | Nov. | 47,71 | 48,33 | 46,82 | 48,11 | 47,04 | 47,36 | 47,85 | 47,42 |

(*) Non compris le personnel de la surveillance.

## TABLEAU N° 10.

### SALAIRES EN 1929 ET EN 1930.

(Chiffres provisoires pour 1930).

| DISTRICTS | Ouvriers à veine | | Ouvriers du fond (y compris les ouvr. à veine) | | Ouvriers de la surface | | Ouvriers de toutes catégories fond et surface | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1929 | 1930 | 1929 | 1930 | 1929 | 1930 | 1929 | 1930 |
| Couchant de Mons | 58,25 | 61,46 | 53,26 | 57,09 | 36,93 | 40,30 | 48,44 | 52,21 |
| Centre | 58,04 | 62,72 | 53,55 | 57,86 | 40,70 | 43,22 | 49,64 | 53,44 |
| Charleroi | 57,86 | 62,79 | 53,72 | 57,73 | 36,17 | 38,58 | 47,57 | 51,23 |
| Namur | 60,04 | 65,06 | 54,17 | 58,50 | 38,87 | 41,74 | 49,48 | 53,57 |
| Liége | 58,78 | 62,89 | 53,28 | 56,13 | 37,41 | 40,41 | 48,61 | 51,62 |
| Bassin du Sud. | 58,25 | 62,48 | 53,47 | 57,20 | 37,41 | 40,20 | 48,42 | 51,97 |
| Campine | 65,15 | 66,25 | 57,23 | 58,54 | 36,42 | 38,58 | 51,32 | 52,81 |
| Royaume | 58,84 | 62,85 | 53,95 | 57,38 | 37,30 | 39,99 | 48,78 | 52,08 |

## TABLEAU N° 11.

### SALAIRES PAR TONNE.

| DISTRICTS | Dépenses en salaires par tonne nette extraite | |
|---|---|---|
| | 1929 (1) | 1930 |
| | Francs | Francs |
| Couchant de Mons | 86,25 | 91,60 |
| Centre | 78,95 | 84,29 |
| Charleroi | 80,59 | 88,94 |
| Namur | 73,46 | 82,41 |
| Liége | 90,10 | 96,67 |
| Bassin du Sud. | 83,73 | 90,38 |
| Campine | 91,19 | 88,31 |
| Royaume | 84,63 | 90,10 |

(1) Chiffres définitifs de la statistique annuelle.



## Prix des charbons.

(Voir tableau n° 12.)

Le tableau n° 12 reproduit les prix enregistrés chaque mois par le *Moniteur des Intérêts Matériels* pour diverses catégories de charbons.

Les prix des charbons industriels qui semblaient avoir atteint un palier dans les derniers mois de l'année 1929 sont restés stables au début de 1930 puis sont descendus d'une manière continue jusqu'à la fin de l'année, époque à laquelle un autre palier paraît se dessiner.

La diminution totale a été de 40 à 60 francs et compense la hausse qui s'était produite au cours de l'année 1929. Les prix au 1er janvier 1929 ont été reproduits dans le tableau n° 12 afin de montrer qu'on est revenu à peu près au niveau de cette date, sauf pour les fines à coke qui se maintiennent, du moins nominalement, à un prix, de 10 francs plus élevé qu'au début de 1929. Il a été signalé dans la statistique de l'année précédente que cette catégorie avait subi une hausse moins forte que les autres en 1930.

Les prix des charbons destinés aux locomotives de la Société nationale des Chemins de fer belges ont été fixés, comme précédemment, au début du semestre d'été et au début du semestre d'hiver. Une baisse de 10 francs par tonne a été appliquée le 1er avril, une autre de fr. 12.50 par tonne a été appliquée le 1er octobre en ce qui concerne la qualité demi-grasse (classe C).

Pour les charbons domestiques, on ne constate qu'une diminution de 20 francs par tonne du début à la fin de l'année.

## Production de coke.

La production de coke a diminué, au cours de l'année 1930, dans les régions du Centre, de Charleroi et de Liége, par suite du ralentissement d'activité de l'industrie métallurgique. (Le nombre de hauts fourneaux en activité est tombé de 58 en janvier à 51 en juin et à 44 en décembre). Ce ralentissement n'a guère affecté la production des cokeries situées en dehors des régions minières et métallurgiques. Pour l'ensemble du pays, la production de l'année 1930 a été inférieure de plus de 10 % à celle de l'année 1929.

## TABLEAU N° 12.

PRIX DES CHARBONS EN JANVIER 1929 ET PENDANT L'ANNÉE 1930

| CATÉGORIES | 1er Janvier 1929 | 1er Janvier 1930 | 1er Février | 1er Mars | 1er Avril | 1er Mai | 1er Juin | 1er Juillet | 1er Août | 1er Septemb. | 1er Octobre | 1er Novembre | 1er Décembre | 1er Janvier 1931 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Charbons industriels** | | | | | | | | | | | | | | |
| Poussiers maigres bruts . . | 70 | 130 | 130 | 130 | 120 | 115 | 110 | 105 | 100 | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 |
| » » lavés . . | 85 | 150 | 150 | 150 | 140 | 135 | 125 | 120 | 115 | 112,50 | 105 | 100 | 95 | 90 |
| » 1/2 gras lavés . . | 130 | 175 | 175 | 175 | 165 | 160 | 150 | 145 | 140 | 137,50 | 130 | 125 | 120 | 115 |
| Menus maigres . . . . . | 115 | 160 | 160 | 160 | 150 | 150 | 145 | 140 | 135 | 132,50 | 125 | 120 | 120 | 120 |
| » 1/2 gras bruts . . . | 130 | 175 | 175 | 175 | 165 | 160 | 155 | 150 | 150 | 147,50 | 137,50 | 132,50 | 132,50 | 132,50 |
| » » mi-lavés . . | 155 | 190 | 190 | 190 | 180 | 175 | 175 | 170 | 170 | 167,50 | 155 | 150 | 150 | 150 |
| Grains maigres . . . . . | 165 | 210 | 210 | 210 | 200 | 190 | 180 | 175 | 170 | 167,50 | 165 | 160 | 160 | 160 |
| » 1/2 gras . . . . . | 170 | 225 | 225 | 225 | 215 | 205 | 200 | 195 | 190 | 187,50 | 185 | 180 | 180 | 175 |
| Fines à coke. . . . . | 145 | 180,50 | 180,50 | 180,50 | 170 | 170 | 170 | 162,50 | 162.50 | 162,50 | 155 | 155 | 155 | 155 |
| Charbons pour locomotives de la Sté Nationale des Chemins de fer : classe C, 12 % de cendres (menu 0-70) . . . | 142,50 | 172,50 | 172,50 | 172,50 | 162,50 | 162,50 | 162,50 | 162,50 | 162,50 | 162,50 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| **Charbons domestiques** | | | | | | | | | | | | | | |
| Braisettes 20/30 1/2 gras . . | 245 | 325 | 325 | 315 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 305 | 305 | 305 | 305 |
| » » anthracite | 280 | 340 | 340 | 330 | 315 | 315 | 315 | 315 | 315 | 315 | 320 | 320 | 320 | 320 |
| Têtes de moineaux 1/2 gras . | 275 | 350 | 350 | 340 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 330 | 330 | 330 | 330 |
| » » anthracite | 320 | 385 | 385 | 375 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 365 | 365 | 365 | 365 |
| Gailletins 1/2 gras . . . . | 270 | 340 | 340 | 320 | 315 | 315 | 315 | 315 | 315 | 315 | 320 | 320 | 320 | 320 |
| » anthracite. . . . | 310 | 370 | 370 | 360 | 345 | 345 | 345 | 345 | 345 | 345 | 350 | 350 | 350 | 350 |

## TABLEAU N° 13.

PRODUCTION DE COKE PENDANT L'ANNÉE 1930

(en milliers de tonnes)

| PÉRIODES | Couchant de Mons | Centre | Charleroi | Liége | Anvers Brabant Fl. Occ Fl Or. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier . . . . | 46 | 66 | 126 | 133 | 135 | **506** |
| Février . . . . | 40 | 57 | 116 | 118 | 120 | **451** |
| Mars . . . . | 42 | 64 | 126 | 132 | 135 | **499** |
| Avril . . . . | 42 | 61 | 118 | 122 | 132 | **475** |
| Mai . . . . | 41 | 61 | 117 | 120 | 135 | **474** |
| Juin . . . . | 38 | 56 | 102 | 114 | 128 | **438** |
| Juillet . . . . | 37 | 59 | 93 | 108 | 133 | **430** |
| Août . . . . | 39 | 56 | 93 | 113 | 128 | **429** |
| Septembre . . . | 38 | 56 | 91 | 109 | 122 | **416** |
| Octobre . . . . | 38 | 55 | 93 | 107 | 124 | **417** |
| Novembre . . . | 34 | 50 | 88 | 101 | 130 | **403** |
| Décembre . . . | 35 | 54 | 95 | 96 | 139 | **419** |
| Total 1930 . . | **470** | **695** | **1.258** | **1.373** | **1.561** | **5.357** |
| 1929 (1) . . . | | 2.423 | | 1.563 | 1.516 | 5.952 |
| 1928 (1) . . . | | 2.843 | | 1.579 | 1.562 | 6 112 |
| 1913 (1). . . . | | 2.971 | | 877 | 446 | 3.523 |
| | | 2.200 | | | | |

(1) Chiffres définitifs de la statistique annuelle.

## Prix du coke.

Les prix du coke mi-lavé pendant l'année 1930 sont indiqués ci-dessous d'après les cotes mensuelles données par le *Moniteur des Intérêts Matériels*. Comme pour les charbons, nous rappelons, en outre, le prix au 1er janvier 1929, ce qui permet de constater qu'on est revenu au même niveau qu'à cette date, à la fin de 1930.

### TABLEAU N° 14.

PRIX MOYENS DU COKE.

| PÉRIODES | Prix de la tonne de coke mi-lavé Fr. |
|---|---|
| 1er janvier 1929 | 185 |
| 1er janvier 1930 | 210 |
| 1er février | 210 |
| 1er mars | 210 |
| 1er avril | 200 |
| 1er mai | 200 |
| 1er juin | 200 |
| 1er juillet | 190 |
| 1er août | 190 |
| 1er septembre | 190 |
| 1er octobre | 185 |
| 1er novembre | 185 |
| 1er décembre | 185 |
| 1er janvier 1931 | 185 |



## Production d'agglomérés

La production d'agglomérés a fortement diminué sur la fin de l'année dans le district de Chareroi qui est le plus important du pays pour cette fabrication. Il en résulte que la production globale du pays a été moins élevée qu'en 1929.

### TABLEAU N° 15.

PRODUCTION D'AGGLOMÉRÉS PENDANT L'ANNÉE 1930.
(en milliers de tonnes)

| PÉRIODES | Couchant de Mons | Centre | Charleroi | Namur | Liége | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier | 13 | 17 | 93 | 5 | 37 | **165** |
| Février | 12 | 18 | 75 | 3 | 36 | **144** |
| Mars | 9 | 19 | 75 | 2 | 39 | **144** |
| Avril | 7 | 22 | 84 | 6 | 40 | **159** |
| Mai | 8 | 24 | 90 | 8 | 46 | **176** |
| Juin | 10 | 24 | 80 | 7 | 38 | **159** |
| Juillet | 10 | 30 | 88 | 8 | 39 | **175** |
| Août | 7 | 27 | 84 | 9 | 38 | **165** |
| Septembre | 9 | 25 | 88 | 10 | 39 | **171** |
| Octobre | 10 | 18 | 80 | 9 | 37 | **154** |
| Novembre | 8 | 17 | 64 | 5 | 36 | **130** |
| Décembre | 9 | 19 | 69 | 6 | 35 | **138** |
| Total 1930 | **112** | **260** | **970** | **78** | **460** | **1.880** |
| Année 1929 (1) | 125 | 250 | 1.162 | 74 | 405 | 2.019 |

## Prix des agglomérés.

La tableau suivant donne le relevé des prix fixés semestriellement pour les briquettes, d'une teneur en cendres de 9 à 10 %, achetées par la Société nationale des Chemins de fer belges. Le prix au 1er janvier 1929 est rappelé aux fins de comparaison. Des diminutions de 14 francs et de 15 francs ont été appliquées respectivement le 1er avril et le 1er octobre, mais, à la différence de ce qui a été constaté pour les charbons et le coke, le prix en fin d'année est resté supérieur à celui du début de l'année 1929.

TABLEAU N° 16.

| PÉRIODES | Prix de la tonne de briquettes pour la Société Nationale des chemins de fer belges |
|---|---|
| 1er Janvier 1929 . . . | 167,50 |
| 1er Janvier 1930 . . . | 204 » |
| 1er Février . . . . | 204 » |
| 1er Mars . . . . . | 204 » |
| 1er Avril . . . . | 190 » |
| 1er Mai . . . . . | 190 » |
| 1er Juin . . . . . | 190 » |
| 1er Juillet . . . . | 190 » |
| 1er Août . . . . | 190 » |
| 1er Septembre . . . | 190 » |
| 1er Octobre . . . . | 175 » |
| 1er Novembre . . . . | 175 » |
| 1er Décembre . . . | 175 » |
| 1er Janvier 1930 . . | 175 » |



## Mouvement commercial et consommation de houille de l'Union belgo-luxembourgeoise.

(Voir tableaux nos 17, 18 et 19 et diagramme n° 3.)

Alors que la consommation de combustibles solides dans le territoire de l'Union économique belgo-luxembourgeoise avait subi un accroissement très marqué en 1929, en dépassant 38 millions de tonnes, cette consommation est redescendue en 1930, presque à 34 millions de tonnes, c'est-à-dire en dessous des taux des années 1927 et 1928, qui étaient compris entre 34 et 35 millions de tonnes.

Cette régression est évidemment due à la crise qui a affecté en 1930 un grand nombre de branches de l'industrie, notamment la métallurgie et, par répercussion, les transports. La réduction de la production de fonte, tant en Belgique, où cette réduction a été de plus de 600,000 tonnes, que dans le Grand-Duché de Luxembourg, intervient à elle seule pour une part importante dans la diminution de consommation de combustibles.

Les importations ont été, en tonnage, moins importantes qu'en 1929, mais néanmoins plus élevées qu'en 1928 et qu'en 1927. Les combustibles étrangers ont couvert une proportion un peu plus élevée de la consommation : près de 43 % contre 42 % en 1929; en 1928, cette proportion n'était que de 36 %.

Comme précédemment l'Allemagne est intervenue pour la moitié du tonnage importé, tous combustibles réunis et exprimés suivant leur équivalent en houille. En ce qui concerne le coke seul, la part fournie par l'Allemagne a diminué, tombant de plus de 80 % à moins de 60 %, par suite d'une intervention plus importante des Pays-Bas.

La Grande-Bretagne occupe la seconde place avec ses importations de houille, mais elle est suivie de très près par les Pays-Bas, si on tient compte du coke que ces derniers nous fournissent en plus de la houille.

Il convient encore de signaler que les importations de coke ont augmenté sensiblement en valeur absolue, alors que celles de houille ont diminué et alors que la consommation de coke a diminué, d'après ce qui a été dit plus haut de l'industrie métallurgique.

Les exportations ont augmenté en 1930 par rapport à 1929. L'augmentation n'affecte guère cependant les expéditions vers les pays qui sont nos principaux clients et en tête desquels vient la France, celle-ci recevant 78 % de nos exportations. On constate même une diminution sensible en ce qui concerne la Suisse qui vient au troisième rang. L'augmentation porte principalement sur les provisions embarquées dans les soutes des navires.

Au total, exprimées en houille, les exportations représentent 21 % environ de la production, contre 20 % en 1929 et 21 % en 1928.

Le déficit de la production par rapport à la consommation de l'Union belgo-luxembourgeoise a été de 6,723,000 tonnes seulement, contre 11,497,000 tonnes l'année précédente. Mais, 2,136,000 tonnes représentant plus de 6 % de la consommation et près de 8 % de la production, ont dû être mises en stock, de sorte que l'excédent des importations sur les exportations a atteint 8,859,000 tonnes.

Le diagramme n° 3, pour l'établissement duquel il a été admis que la consommation de charbon étranger en Belgique correspond à l'importation, donne approximativement la répartition de la consommation en charbon étranger et en charbon belge. Il indique, en outre, la quantité de charbon belge exporté.

Depuis 1923, la proportion de charbon belge dans la consommation de l'Union belgo-luxembourgeoise a varié comme suit :

| | |
|---|---|
| En 1923 | 67 % |
| En 1924 | 60 % |
| En 1925 | 61 % |
| En 1926 | 65 % |
| En 1927 | 62 % |
| En 1928 | 64 % |
| En 1929 | 58 % |
| En 1930 | 57 % |

C'est donc en 1930 que cette proportion a été la plus faible. Si le charbon qui a été mis en stock au cours de cette année avait été consommé dans l'Union belgo-luxembourgeoise au lieu de charbon étranger, la proportion aurait été de 63 %.



## TABLEAU N° 17.

IMPORTATIONS (en milliers de tonnes)

| Pays de provenance | Houille | Coke | Agglomérés | Total Le coke et les agglom. étant comptés dans le total pour leur équival. en houile |
|---|---|---|---|---|
| Allemagne | 4.361 | 2.303 | 156 | 7.702 |
| Grande-Bretagne | 2.775 | — | — | 2.775 |
| Pays-Bas | 1.831 | 612 | 19 | 2.698 |
| France | 1.146 | — | 4 | 1.150 |
| Autres pays | 201 | 32 | 1 | 246 |
| Total 1930 (1) | 10.314 | 4.093 | 164 | 14.571 |
| 1929 (1) | 11 375 | 3,405 | 184 | 16.207 |
| 1928 (2) | 8.924 | 2.778 | 98 | 12.824 |

## TABLEAU N° 18.

EXPORTATIONS (en milliers de tonnes).

| Pays de destination | Houille | Coke | Agglomérés | Total Le coke et les agglom. étant comptés dans le total pour leur équival. en houile |
|---|---|---|---|---|
| France | 3.120 | 670 | 475 | 4.483 |
| Pays-Bas | 289 | — | — | 289 |
| Suisse | 96 | — | — | 96 |
| Congo | — | — | — | — |
| Divers pays | 36 | 123 | 100 | 298 |
| Provisions de bord | 421 | — | 137 | 546 |
| Total 1930 (1) | 3.962 | 793 | 712 | 5.712 |
| 1929 (1) | 3.790 | 738 | 742 | 5.476 |
| 1928 (2) | 4.213 | 809 | 846 | 6.093 |

(1) Chiffres provisoires ; (2) chiffres définitifs.

TABLEAU N° 19.

CONSOMMATION (en milliers de tonnes).

| | 1927 | 1928 | 1929 | 1930 |
|---|---|---|---|---|
| Production . . . . . | 27 551 | 27.578 | 26.940 | 27.426 (2) |
| Importations . . . . . | 13.242 | 12.824 | 16.207 (2) | 14.571 (2) |
| Exportations . . . . . | 4 675 | 6 093 | 5 476 (2) | 5.712 (2) |
| Différence des stocks (1) . . . | + 1.691 | — 681 | — 815 | +2.163(2) |
| Consommation . . . . . | 34 427 | 34.990 | 38.486 | 31.122 (2) |

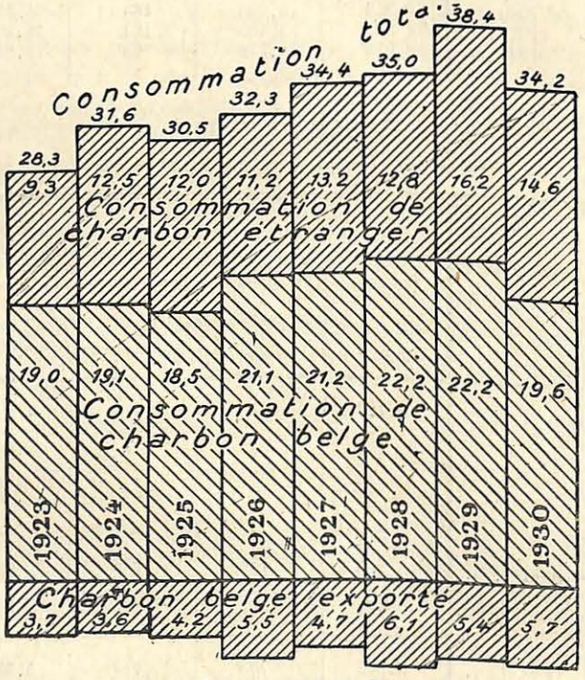



DIAGRAMME N° 3.

(1) Le signe + indique une augmentation de stock au cours de l'année ; le signe — une diminution.

(2) Chiffres provisoires.



## Répartition de la consommation.

(Voir tableau n° 20.)

Le tableau ci-après indique, en ce qui concerne la *Belgique seule,* pour la *période du 1er octobre 1929 au 30 septembre 1930,* comment les combustibles se sont répartis entre les diverses branches de la consommation et quelle a été la proportion de charbon belge dans la consommation de chaque industrie.

Les sources de cette documentation ont été mentionnées à l'occasion de la publication, l'an dernier, du premier tableau de ce genre, dressé pour la période du 1er octobre au 30 septembre 1929 (1).

La comparaison de ces deux relevés successifs montre que la proportion de charbon belge a augmenté dans la consommation de la navigation (les charbons de soute sont ici comptés dans la consommation intérieure et non dans l'exportation), que la même proportion que précédemment a été maintenue dans la consommation des mines, des fabriques d'agglomérés et des centrales électriques, mais que la proportion de charbon belge a diminué dans la consommation de toutes les autres industries ainsi que dans le chauffage domestique.

Pour l'ensemble des diverses branches de la consommation dans le Royaume, la proportion de charbon belge est descendue de 68 % à 63 %. Cette proportion est plus élevée, mais a subi un recul plus sensible, en ce qui concerne la Belgique seule qu'en ce qui concerne l'Union belgo-luxembourgeoise; la consommation du Grand-Duché de Luxembourg est alimentée, en effet, principalement par du coke allemand.

(1) *Annales des Mines de Belgique*, 1930, tome XXXI, 1re livraison, « L'Industrie Charbonnière pendant l'année 1929 ».

## TABLEAU N° 20.

RÉPARTITION DE LA CONSOMMATION.

| BRANCHES DE LA CONSOMMATION | | Part de chaque industrie dans 100 tonnes consommées | | Part de la houille belge dans la consommation de chaque industrie % | |
|---|---|---|---|---|---|
| GROUPES | SUBDIVISIONS | | | | |
| Industries extractives. | Mines | 7.6 | | 97 | |
| | Carrières | 1,4 | | 86 | |
| | Ensemble | | 9,0 | | 96 |
| Industries des transports | Charbon pour locomotives de la Société Nationale des chemins de fer | 6.5 | | 87 | |
| | Charbon pour d'autres usages à cette société et charbon consommé par d'autres Compagnies | 1,0 | | 85 | |
| | Navigation (charbon de soute) | 1,6 | | 62 | |
| | Ensemble | | 9,1 | | 83 |
| Industries de transformation de la houille et centrales électriques | Fabriques de coke | 22,0 | | 47 | |
| | Fabriques d'agglomérés | 5,1 | | 100 | |
| | Usines à gaz | 2,3 | | 36 | |
| | Centrales électriques | 4.2 | | 66 | |
| | Ensemble | | 33.6 | | 57 |
| Industries des métaux | Sidérurgie | | | | |
| | Usines à zinc, plomb, etc. | | 8,9 | | 44 |
| | Construction métallique | | | | |
| Autres grandes industries traitant principalement les matières minérales | Glacerie et verrerie | 2,5 | | 61 | |
| | Industrie céramique | 0,4 | | 91 | |
| | Briqueterie et tuilerie | 1,0 | | 70 | |
| | Cimenterie | 2.6 | | 54 | |
| | Industrie chimique | 1.2 | | 67 | |
| | Ensemble | | 7,7 | | 62 |
| Principales industries traitant les matières végétales | Industrie textile | 1,4 | | 91 | |
| | Sucrerie | 0,6 | | 50 | |
| | Papeterie | 0,8 | | 69 | |
| | Meunerie | 0,2 | | 86 | |
| | Ensemble | | 3,0 | | 77 |
| Autres industries d'approvisionnant de combustibles par grandes quantités | | | 6,8 | | 56 |
| Petites industries d'approvisionnant en détail, administrations publiques et particuliers | | | 21,9 | | 58 |
| | | Total | 100,0 | | Moyenne 63 |



## Résumé de la situation économique de l'industrie charbonnière pendant l'année 1930

L'année 1930 a été marquée par une crise industrielle qui a eu pour conséquence une forte diminution de la consommation des combustibles et une concurrence acharnée de la part des producteurs étrangers.

La chute des prix a été considérable en ce qui concerne les charbons industriels et a compensé la hausse subie en 1929 ; elle a été moins forte en ce qui concerne les charbons domestiques.

Malgré la diminution des salaires des ouvriers mineurs, le prix de revient en salaires par tonne est resté, pour l'ensemble de l'année au-dessus du niveau moyen de l'année précédente.

Ces indications permettent déjà de conclure que, succédant à une année favorable aux charbonnages, l'année 1930 n'aura donné à ceux-ci, considérés dans leur ensemble, qu'un profit médiocre.

Mais un autre élément a aggravé la situation : l'écoulement de la production a rencontré de grandes difficultés, bien que la consommation ralentie du pays soit restée notablement supérieure à la production, laquelle ne s'est accrue que de moins de 2 %, quelques milliers d'ouvriers étant rentrés dans les charbonnages après une année où l'effectif avait été très bas.

Si l'exportation a pu dépasser légèrement son taux antérieur, le charbon belge a dû, d'autre part, céder à l'intérieur devant les charbons étrangers et 8 % de la production de l'année ont dû être mis en dépôt. Le stock a ainsi atteint un tonnage dépassant les stocks les plus élevés des années antérieures.

A la fin de l'année, la situation est devenue critique. Les résultats des derniers mois ont été nettement déficitaires. Une enquête effectuée par l'Administration des Mines, à la demande de la Commission nationale mixte des Mines, a, en effet, montré que, pour le mois de novembre 1930, le résultat global d'exploitation, compte non tenu des dépenses de premier établissement, se traduisait par une perte de fr. 5.10 par tonne vendable et que le nombre des charbonnages dont le compte individuel soldait en perte représentait 60 % du nombre des mines de houille en activité.

## ADDENDUM

### Note sur la situation pendant les quatre premiers mois de l'année 1931

Pendant les quatre premiers mois de l'année 1931, la situation a continué à s'aggraver.

Les prix des charbons domestiques, dont l'écoulement a laissé à désirer, l'hiver 1930-1931 ayant été doux, ont marqué à leur tour une forte chute. Les prix de ces charbons au mois d'avril 1931 sont en recul de 40 francs en moyenne sur les derniers prix mentionnés pour l'année 1930 dans les pages précédentes.

Le renouvellement du marché pour la fourniture des charbons pour les locomotives de la Société nationale des Chemins de fer, a naturellement été influencé par le recul subi depuis le marché précédent par les prix des charbons industriels. Le prix pour le semestre avril-septembre 1931 a été fixé pour le menu 0.70 de la classe C à 15 francs en dessous du prix antérieur.

La consommation ne s'est pas ranimée et le stock a continué à augmenter sérieusement atteignant à la fin du mois d'avril 3.034.160 tonnes.

Deux diminutions successives de 5 % ont été effectuées sur les salaires des ouvriers mineurs, la première était motivée par la baisse du coût de la vie, la seconde par la baisse du prix du charbon.

Mais malgré ces diminutions et celles qui affectent aussi les matériaux consommés par les charbonnages, le résultat de l'exploitation pour l'ensemble des mines reste déficitaire.

# APPAREILS A VAPEUR

# ACCIDENTS SURVENUS

## en 1928

| Nos d'ordre | DATE de l'accident | A. Nature et situation de l'établissement où l'appareil était placé ; B. Noms des propriétaires de l'appareil. C. Noms des constructeurs de l'appareil ; D Date de mise en service. | NATURE FORME ET DESTINATION DE L'APPAREIL Détails divers | EXPLOSION | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | CIRCONSTANCES | SUITES | CAUSES PRÉSUMÉES |
| 1 | 26 janvier 1928 | *A.* Bateau-grue Bunkering I.<br>*B.* Antwerp Coal Cy, Anvers.<br>*C.* Société Anonyme « Wilton Machinenfabriek en Scheepswerf », à Rotterdam.<br>*D.* Probablement en 1908 en Hollande.<br>Le 15 mars 1923 à Anvers. | Chaudière marine horizontale à foyer intérieur lisse, boîte de combustion, tubes à fumée et boîte à fumée.<br>Diamètre intérieur : 2.250 mm.<br>Longueur du corps : 3.050 mm.<br>Timbre : 10 kg./cm².<br>Diamètre intérieur du tube-foyer : 800 mm.<br>Epaisseur primitive de la tôle qui s'est fissurée : 14 mm. | Le bateau se trouvait amarré dans des conditions ordinaires au nº 63 des docks, attendant les déchargeurs de charbon qu'il conduisait chaque jour à leur travail.<br>Vers 7 heures du matin, une explosion se produisit subitement.<br>A ce moment, le capitaine, le timonier et le chauffeur se trouvaient dans la cabine, occupés à déjeuner. | Le capitaine, le timonier et le chauffeur furent atteints de brûlures mortelles et sont décédés le jour même.<br>Ils ne purent être interrogés. | Dans le fond de la boîte de combustion, il s'est produit une ouverture par déchirure de la tôle.<br>La déchirure s'est faite en forme de demi-cercle d'environ 39 cm. de diamètre.<br>A l'endroit où la déchirure s'est produite, la tôle avait encore environ 2 mm. d'épaisseur.<br>L'accident est à attribuer à une diminution locale de l'épaisseur de la tôle. |
| 2 | 7 février 1928 | *A.* Fabrique d'agglomérés du Charbonnage de Tergnée-Aiseau-Presles, à Châtelineau.<br>*B.* Soc. An. des Charbonnages d'Aiseau-Presles, à Farciennes.<br>*C.* Inconnu.<br>*D.* Pas d'autorisation de mise en usage. La mise en service de l'appareil à la fabrique d'agglomérés remonte à une dizaine d'années. | Sécheur de vapeur, vertical, cylindrique, à deux fonds plats emboutis.<br>Diamètre : 800 mm.<br>Hauteur : 1.135 mm.<br>Epaisseur des tôles du corps et des fonds : 11 millimètres.<br>Rivure longitudinale double à recouvrement ; rivure aux fonds simple.<br>Fonds renforcés par deux tirants en acier de 28 mm. de diamètre.<br>Plaque du timbre poinçonnée indiquant le millésime de fabrication : 1896 et la pression 10, capacité : 588 litres. | Le sécheur communiquait par des tubulures appropriées d'une part à une batterie de chaudières timbrées à 12 kilogrammes, d'autre part à un purgeur automatique et à un réservoir où règnait la pression atmosphérique. Il a fait explosion par détachement du fond plat inférieur sur toute la circonférence suivant laquelle l'emboutissage à angles vifs avait été exécuté ; les deux supports sur lesquels il reposait ont été arrachés, les deux tirants brisés et le corps même du sécheur est tombé sur le sol. La pression aux chaudières au moment de l'accident était de 10,5 kg./cm². | Un ouvrier maçon brûlé grièvement, mais sans incapacité permanente de travail.<br>Dégâts matériels ont été peu importants. | La déchirure circulaire du fond présentait des parties brillantes, d'autres oxydées avec traces de fentes préexistantes. L'application des formules réglementaires au calcul de l'épaisseur des fonds a démontré l'insuffisance de cette dernière même pour une pression de marche à 10 kilogrammes.<br>Depuis sa mise en service, le sécheur n'avait fait l'objet d'aucune visite intérieure ou extérieure par un agent compétent. |

| Nos d'ordre | DATE de l'accident | A. Nature et situation de l'établissement où l'appareil était placé ; B. Noms des propriétaires de l'appareil ; C. Noms des constructeurs de l'appareil ; D. Date de mise en service. | NATURE — FORME ET DESTINATION DE L'APPAREIL — Détails divers | EXPLOSION — CIRCONSTANCES | EXPLOSION — SUITES | EXPLOSION — CAUSES PRÉSUMÉES |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 11 mars 1928 | *A.* Filature à Theux.<br>*B.* Le Fil Cardé (S.A.).<br>*C.* Soc. An. Usines de et à Jumet.<br>*D.* Construite en 1908. Mise en usage le 3 juin 1909, à la Soc. Franco-Belge de La Louvière.<br>Mise en usage le 26 décembre 1924 à la Société le Fil Cardé. | Chaudière horizontale à deux tubes foyers ondulés de 90 m² de surface de chauffe, timbrée à 12 kg./cm². | Le chauffeur avait couvert les feux le samedi 10 mars, à 16 heures, le travail ne devant reprendre que le lundi. Il revint le lendemain matin, dimanche, à l'usine pour effectuer certains travaux d'entretien et de réparation. Voulant nettoyer la tuyauterie de vidange placée dans une fosse, à l'avant de la chaudière, le chauffeur, d'après sa déclaration, ouvrit légèrement le robinet et fut mortellement brûlé par un jet d'eau et de vapeur.<br>Après l'accident, il fut constaté que les feux étaient éteints, comme cela arrivait fréquemment lorsqu'on les avait couverts la veille. D'autre part, la chaudière était complètement vidée, sans toutefois que les boulons fusibles fussent fondus, ni que le sifflet Black eut fonctionné. Le tuyau d'évacuation prolongeant le robinet de vidange et y relié par brides et boulons était détaché, mais non avarié. On put le remettre immédiatement en place. Le robinet était à moitié ouvert. | Le chauffeur a succombé le lendemain a ses brûlures. | La cause de l'accident réside dans le fait que le chauffeur a ouvert le robinet de vidange après en avoir détaché le tuyau d'évacuation qui a précisément pour but d'éconduire l'eau et la vapeur provenant des purges et vidanges et de mettre le chauffeur à l'abri de leur atteinte. |
| 4 | 21 juin 1928 | *A.* Centrale à gaz, Division électricité-vapeur des Usines Métallurgiques du Hainaut, à Couillet<br>*B.* Soc. An. des Usines Métallurgiques du Hainaut.<br>*C.* Fournisseur du purgeur automatique système Klein : A. Piron et Cie, à Anvers.<br>*D.* » | Une tuyauterie de 50 mm. de diamètre mène les eaux de condensation d'une conduite de vapeur à un purgeur automatique. La tuyauterie est boulonnée sur un collet du purgeur. | L'accident a été provoqué par un jet de vapeur et d'eau issu du raccord d'un purgeur automatique, système Klein, à la tuyauterie qui y amène l'eau condensée.<br>Cette tuyauterie était branchée sur l'une des canalisations de vapeur d'une batterie de chaudières timbrées à 12 kilogrammes, mais marchant à 6 1/2 atmosphères ; la conduite de vapeur était sous pression depuis 10 h. 1/2 environ, mais ne débitait pas de la vapeur.<br>La tuyauterie, allant de cette conduite au purgeur, a été subitement déformée et soulevée et ses joints se sont partiellement ouverts, laissant échapper de l'eau et de la vapeur. | Brûlures mortelles à un ouvrier qui s'approchait du purgeur pour puiser un seau d'eau chaude dans la fosse de décharge de ce dernier. | L'accident a été attribué à la production d'un coup de bélier dans la conduite de vapeur où l'eau de condensation se serait accumulée. |

| Nos d'ordres | DATE de l'accident | A. Nature et situation de l'établissement où l'appareil était placé ; B. Noms des propriétaires de l'appareil ; C. Noms des constructeurs de l'appareil ; D. Date de mise en service. | NATURE FORME ET DESTINATION DE L'APPAREIL Détails divers | EXPLOSION | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | CIRCONSTANCES | SUITES | CAUSES PRÉSUMÉES |
| 5 | 11 juillet 1928 | *A.* Fabrique de produits alimentaires, à Malonne.<br>*B.* Soc. An. Produits Alimentaires du Val-St-Berthuin.<br>*C.* Inconnu. Introduit en Belgique par le service de la Récupération.<br>*D.* 1924. | Chaudière horizontale, de 10m,76 de longueur et 2m,20 de diamètre, à fonds plats, munie de deux foyers intérieurs lisses et d'un dôme de vapeur.<br>Timbrée à 5 kg./cm².<br>Elle fournissait la vapeur à une machine de 23 kw. et à des appareils de fabrication. | La chaudière qui n'avait pas marché en 1926 et seulement huit jours en 1927, avait été remise à feu la veille. Faute de tirage, la pression n'avait commencé à monter qu'après 8 heures. A 9 h. 15, la chaudière explosait en subissant un déplacement vers l'avant de 20 à 28 cm.<br>L'un des tubes-foyers, en neuf viroles sans renforts, était presque aplati dans le sens vertical et partiellement détaché du fond arrière; la rivure circulaire assemblant les troisième et quatrième viroles était complètement cisaillée. Les fonds, surtout celui d'avant, s'étaient bombés vers l'extérieur et les cornières d'attache du fond avant avec les goussets de renfort, rompues dans l'aile.<br>La visite intérieure, effectuée en mars, n'avait révélé aucune ovalisation des foyers, ni rien d'inquiétant.<br>Les tôles ne portaient pas de trace d'usure, d'incrustation, ni de surchauffe. | Chauffeur tué sur place devant la chaudière et un enfant sur la voie publique, à l'arrière.<br>Dégâts matériels considérables à la chaudière et au bâtiment qui l'abritait. | Les hypothèses suivantes peuvent être faites :<br>1) Rupture de l'assemblage du tube avec le fond arrière par affaiblissement de la rivure.<br>2) Ovalisation préalable du tube-foyer.<br>3) Rupture des goussets de renfort du fond avant.<br>La cause première de l'accident, bien que n'ayant pu être déterminée par l'enquête, paraît devoir être attribuée à une surpression. |

| Nos d'ordre | DATE de l'accident | A. Nature et situation de l'établissement où l'appareil était placé; B. Noms des propriétaires de l'appareil; C. Noms des constructeurs de l'appareil; D Date de mise en service. | NATURE — FORME ET DESTINATION DE L'APPAREIL — Détails divers | EXPLOSION — CIRCONSTANCES | EXPLOSION — SUITES | EXPLOSION — CAUSES PRÉSUMÉES |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 27 octobre 1928 | *A*. Atelier de teinturier-dégraisseur, chaussée de Haecht, 104, à Schaerbeek.<br><br>*B*. Mme Victorine Lejeune.<br><br>*C*. Système Cortois, vendu par M. Benjamin Slock, chaudronnier en cuivre et en fer, rue Spanjeberg, 20*bis*, à Dilbeek.<br><br>*D*. Au mois de septembre 1926. | Vertical, cylindrique, à foyer intérieur traversé dans sa partie supérieure par 20 tubes bouilleurs et à cheminée latérale.<br>Le corps enveloppe, cylindrique, en tôles d'acier de 4 mm. d'épaisseur assemblées longitudinalement et transversalement par soudure autogène, a une hauteur totale de 1m,900 et un diamètre intérieur de 0m,850.<br>Le foyer intérieur, également en tôles d'acier, mais de 5 mm. d'épaisseur, soudées dans les deux sens, a une hauteur totale de 1m,475 et un diamètre intérieur de 0m,710.<br>Le fond du corps enveloppe et le ciel du foyer sont en tôles d'acier de 5 mm. d'épaisseur. Ils sont bombés, emboutis et fixés par soudure autogène aux parties cylindriques de la chaudière.<br>La cheminée, en tôles d'acier de 5 mm. d'épaisseur, soudée à l'autogène, a une hauteur engagée de 0m,450 et un diamètre de 0m,220.<br>Le faisceau tubulaire est composé de 20 tubes bouilleurs en acier sans soudure de 60 × 70 mm. de diamètre et de 0m,710 de longueur.<br>La chaudière fournissait la vapeur à quatre bassines servant à la teinture de vêtements.<br>L'appareil, construit pour fonctionner *à basse pression*, portait les appareils de sûreté suivants :<br>1°) Un indicateur de niveau d'eau;<br>2°) Un manomètre gradué, à un kilo de pression;<br>3°) Un régulateur automatique de combustion, système Samson;<br>4°) Un clapet de retenue sur le tuyau d'alimentation. Celle-ci s'effectuait par eau de citerne et pompe à main. | L'appareil en question était conduit par le personnel-ouvrier de la teinturerie.<br>Il avait été alimenté vers 11 h. 1/2 lorsque, vers 11 h. 50, le corps enveloppe, cylindrique, fit explosion.<br>Celui-ci fut déchiré suivant les lignes de soudures verticales et horizontales, il fut complètement aplati et fut nettement détaché du fond bombé resté réuni à la cheminée et au foyer intérieur, demeurés intacts.<br>Par suite de l'explosion, la chaudière fut projetée à 6 mètres environ de son socle; un mur de séparation, la tuyauterie, les accessoires du générateur et une partie de la toiture de l'atelier furent démolis. | Sept ouvriers, au travail dans le local où se trouvait l'appareil, furent atteints par des débris de matériaux et légèrement blessés. | Insuffisance de la soudure autogène et excès de pression dû au mauvais état du manomètre et à l'inexistence d'un tube d'équilibre ou de tout autre appareil efficace prescrit pour les appareils à basse pression. |

# DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

## MINISTERE DE L'INDUSTRIE, DU TRAVAIL ET DE LA PREVOYANCE SOCIALE

### DIRECTION GENERALE DES MINES ET INSPECTION DU TRAVAIL.

**Etablissements dangereux, insalubres ou incommodes. Classement.**

*Arrêté Royal du 10 novembre 1930.*

ALBERT, Roi des Belges,
A tous, présents et à venir, SALUT.

Vu l'arrêté royal du 15 mai 1923 concernant la police des établissements classés comme dangereux, insalubres et incommodes;

Vu les avis de la direction générale des mines et du service central de l'inspection du travail;

Considérant que les établissements où l'on fabrique mécaniquement des blocs en béton, des pierres dites artificielles, des carreaux et dalles en ciment, des tuyaux et autres matériaux en béton ne sont pas spécialement visés dans la nomenclature des établissements soumis au régime de l'arrêté royal du 15 mai 1923;

Considérant que cette fabrication est de nature à nuire à la salubrité du voisinage et à la santé des ouvriers occupés à l'in-

térieur des locaux; que, dès lors, il importe de la soumettre explicitement à la réglementation dont il s'agit;

Sur la proposition de Notre Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article premier. Les établissements où s'effectue la fabrication mécanique de blocs en béton, des pierres dites artificielles, des carreaux et dalles en ciment, des tuyaux et autres matériaux en béton, sont classés parmi les établissements dangereux, insalubres ou incommodes.

Ils sont rangés dans la liste *A* annexée à l'arrêté royal du 15 mai 1923, sous la rubrique : « blocs, carreaux, dalles, tuyaux, etc., en béton ou ciment (fabrication mécanique des), classe 1, inconvénients : bruits, trépidations, poussières ».

Art. 2. Notre Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance social est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 10 novembre 1930.

ALBERT.

Par le Roi :
*Le Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale.*
Henri HEYMAN.

---



## Etablissements dangereux, insalubres ou incommodes. Adjonction de rubrique.

*Arrêté royal du 5 février 1931*

ALBERT, Roi des Belges,
A tous, présents et à venir, SALUT.

Vu l'arrêté royal du 15 mai 1923 concernant la police des établissement dangereux, insalubres ou incommodes;

Considérant que les bassins de décantation des eaux résiduaires industrielles ne sont pas contenus dans la nomenclature des établissements soumis au régime de l'arrêté royal du 15 mai 1923;

Vu l'avis du Service central de l'Inspection du Travail chargée de la surveillance des établissements classés comme dangereux, insalubres ou incommodes;

Considérant que les bassins de décantation des eaux résiduaires industrielles peuvent provoquer la pollution des eaux du voisinage et présenter des dangers à raison des émanations insalubres qu'ils dégagent; qu'il y a lieu, dès lors, de les soumettre à la réglementation dont il s'agit;

Sur la proposition de Notre Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article premier. Les bassins de décantation des eaux résiduaires industrielles sont classés parmi les établissements dangereux, insalubres ou incommodes.

Ils sont rangés dans la liste A de l'arrêté royal du 15 mai 1923 sous la rubrique :

Classe I

Bassins de décantation des eaux résiduaires industrielles.

Pollution de la nappe aquifère souterraine, inondations, émanations désagréables selon la nature des matières en suspension ou en dissolution dans l'eau.

Art. 2. Notre Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance Sociale est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Donnée à Bruxelles, le 5 février 1930.

ALBERT.

Par le Roi :

*Le Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale.*

Henri HEYMAN.

---

## DIRECTION GENERALE DES MINES.

## SERVICE DES EXPLOSIFS.

*Règlement général du 29 octobre 1894 sur les explosifs (16e arrêté royal modificatif.*

ALBERT, Roi des Belges,

A tous, présents et à venir, SALUT.

Vu les lois du 15 octobre 1881 et du 22 mai 1886 sur les matières explosives;

Revu l'arrêté royal du 29 octobre 1894 pris en exécution de ces lois et notamment son article 3 relatif à la reconnaissance et au classement des nouveaux produits explosifs;

Considérant que les explosifs à base d'air liquide ou d'oxygène liquide ne s'adaptent pas à la réglementation établie par l'arrêté royal du 29 octobre 1894;

Considérant que le tir à l'air liquide ou à l'oxygène liquide commence à être adopté par l'industrie extractive du pays et qu'il y a lieu de le réglementer dans l'intérêt de la sécurité publique et de la sécurité du travail;



Sur la proposition de Notre Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article premier. La préparation et l'emploi d'explosifs à base d'air liquide ou d'oxygène liquide sont subordonnés à une autorisation préalable, qui devra être demandée à la députation permanent du conseil provincial.

Art. 2. Avant de statuer, la députation permanent prendra l'avis des ingénieurs des mines, si le tir doit avoir lieu dans les mines, minières et carrières souterraines, dans les carrières à ciel ouvert citées à l'article 341 de l'arrêté royal du 29 octobre 1894 et celles de la province de Limbourg et dans les établissements métallurgiques dont la surveillance incombe à l'administration des mines; elle consultera les inspecteurs des explosifs dans tous les autres cas.

Art. 3. Notre Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 4 avril 1930.

ALBERT.

Par le Roi :

*Le Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale.*

Henri HEYMAN.

---

## POLICE DES MINES.

*Arrêté royal du 21 février 1931, modifiant l'Arrêté royal du 24 avril 1920 sur l'emploi des explosifs dans les mines.*

ALBERT, Roi des Belges,
A tous, présents et à venir, SALUT.

Vu la loi du 15 juin 1911 complétant et modifiant les lois des 21 avril 1810 et du 2 mai 1837 sur les mines, minières et carrières ;

Vu l'arrêté royal du 5 mai 1919, portant règlement général de police sur les mines, minières et carrières souterraines ;

Revu les articles 21, 24 et 25 de l'arrêté royal du 24 avril 1920 sur l'emploi des explosifs dans les mines ;

Vu les travaux de la commission de revision des règlements miniers ;

Vu l'avis du conseil des mines, en date du 21 novembre 1930 ;

Considérant qu'en vue d'augmenter la sécurité, il a été reconnu nécessaire de modifier et de compléter les dispositions des articles 21, 24 et 25 de l'arrêté royal du 24 avril 1920 susdit ;

Sur la proposition de Notre Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article 1er. Les modifications et additions ci-après sont apportées aux articles 21, 24 et 25 de l'arrêté royal du 24 avril 1920 sur l'emploi des explosifs dans les mines:

Article 21, 4°.

Au premier alinéa, les mots: « Dans les mines grisouteuses », sont remplacés par les mots: « Dans les travaux d'exploitation des mines grisouteuses ».



Les quatrième et cinquième alinéas sont remplacés par les dispositions suivantes:

« Pour les travaux préparatoires aérés par tuyaux, le volume qui sera jaugé à l'extrémité proche du front de travail, également au moins une fois par mois, ne descendra pas en-dessous de 150 litres par seconde.

» Les résultats des analyses grisoumétriques et ceux des divers jaugeages prévus ci-avant seront consignés sur des registres spéciaux tenus à la disposition de l'ingénieur des mines. »

Article 24.

Le 1° est remplacé par les dispositions suivantes:

« Il ne pourra être procédé au tir des mines qu'en l'absence de tout personnel dans le chantier, les voies et communications diverses de retour d'air de ce dernier jusque et y compris le puits de retour d'air.

» le surveillant-boutefeu chargé du tir des mines devra être accompagné au moins d'un aide. Ces préposés devront être porteurs de lampes électriques en plus des lampes de sûreté nécessaires pour la recherche du grisou. »

Article 25.

Cet article est remplacé par le texte suivant:

« L'emploi des explosifs pour le coupage et le recarrage des voies dans les travaux préparatoires en veine, ainsi que pour la mise à découvert des couches, est subordonné à l'observation du 2e alinéa du 1° de l'article précédent, ainsi que des prescriptions suivantes:

» Il ne pourra être procédé au tir des mines qu'en l'absence de tout personnel dans les voies et communications diverses de retour d'air du travail dont il s'agit jusque et y compris le puits de retour d'air.

» Le tir se fera de la surface ou du fond de la mine.

» Lorsque le tir se fera de la surface, deux interrupteurs seront placés sur la ligne, l'un à l'accrochage du fond, l'autre à la surface.

» Ces deux interrupteurs ne pourront être fermés qu'au moment du tir, celui du fond avant celui de la surface.

» Des précautions seront prises pour empêcher qu'ils ne puissent être fermés intempestivement ou accidentellement.

» Lorsque le tir se fera du fond de la mine, les préposés se placeront à l'abri dans les voies par lesquelles se fait l'entrée de l'air du travail; la cage sera tenue sur les taquets à l'accrochage du fond et cet accrochage sera relié à la surface par téléphone; de plus, des appareils respiratoires ou des bouteilles d'oxygène comprimé, en nombre égal à celui des préposés au tir, seront déposés à portée immédiatement de ces préposés.

» Dans les travaux de mise à découvert des couches, après chaque tir, on attendra une heure avant de se rendre à front. »

Art. 2. Notre Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 21 février 1931.

ALBERT.

Par le Roi :

*Le Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale.*

H. HEYMAN.

---

## Emploi des explosifs dans les mines. Explosifs S. G. P.

*Arrêté ministériel du 15 novembre 1929 admettant l'explosif « Flammivore 5bis »*

LE MINISTRE DE L'INDUSTRIE, DU TRAVAIL ET DE LA PRÉVOYANCE SOCIALE,

Vu l'arrêté royal du 24 avril 1920, relatif à l'emploi des explosifs dans les mines, prescrivant que les explosifs S. G. P. seront définis comme tels par arrêtés ministériels;

Vu la circulaire du 18 octobre 1909, déterminant ce qu'il faut entendre par explosif S. G. P.;

Vu l'arrêté royal du 29 octobre 1894, portant règlement général sur les fabriques, les dépôts, le transport, la détention et l'emploi des produits explosifs;



Vu l'arrêté du 17 octobre 1929, par lequel l'explosif « Flammivore *5bis* » a été reconnu officiellement et rangé dans la classe III (explosifs difficilement inflammables) des produits soumis à la réglementation sur les explosifs;

Vu la demande introduite par la Société d'Arendonck, à Arendonck;

Vu les résultats des essais auxquels ont été soumis des échantillons de l'explosif « Flammivore *5bis* » à l'Institut National des Mines;

Arrête :

Article unique. — L'explosif dénommé « Flammivore *5bis* » présenté par la Société d'Arendonck, à Arendonck, et dont la composition est la suivante :

| | |
|---|---|
| Nitroglycérine | 11,00 |
| Binitrotoluol | 1,00 |
| Coton nitré | 0,05 |
| Nitrate d'ammoniaque | 59,00 |
| Chlorure de sodium | 22,00 |
| Cellulose | 4,85 |
| Naphtaline | 2,00 |
| Charbon | 0,10 |
| | 100,00 |

peut être utilisé comme explosif S. G. P. à la charge maximum de 900 grammes, dont l'équivalent en dynamite n° 1 est de 690 grammes.

Expédition du présent arrêté sera adressé, pour information à la Société d'Arendonck, à Arendonck, et à MM. les Inspecteurs généraux des Mines et, pour exécution, à MM. les Ingénieurs en Chef-Directeurs des dix arrondissements des Mines.

Bruxelles, le 15 novembre 1929.

H. HEYMAN.

## INSTITUT NATIONAL DES MINES DE FRAMERIES

### Modification au tarif des essais.

*Arrêté ministériel du 10 mars 1931.*

Le Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale,

Vu l'arrêté royal du 18 décembre 1929, déterminant les attributions, l'organisation et le mode de fonctionnement de l'Institut national des Mines, et notamment le dernier alinéa du 2° de l'article premier de cet arrêté;

Revu l'arrêté ministériel du 15 octobre 1923, déterminant les conditions auxquelles sont soumis les essais effectués à l'Institut national des mines;

Considérant qu'il y a lieu de reviser le tarif fixé par cet arrêté ministériel;

Sur proposition du conseil d'administration de l'Institut national des mines,

Arrête :

Article premier. Le tarif des essais effectués à l'Institut national des mines est fixé comme suit :

A. — *Explosifs.*

| | | |
|---|---|---|
| 1° Essais préalables de recherches en présence du grisou et des poussières de houille . . . . . | fr. | 1,500 » |
| 2° Essais pour le classement, consécutifs aux essais préalables . . . . . | | 2,500 » |
| 3° Essais directs pour le classement, sans essais préalables . . . . . | | 4,000 » |
| 4° Coup isolé tiré au mortier ou à l'air libre . . . | | 250 » |
| 5° Détermination de la puissance d'un explosif au bloc de plomb . . . . . | | 250 » |
| 6° Coup isolé tiré au bloc de plomb . . . . . | | 62 50 |



B. — *Lampes ou parties de lampes.*

| | | |
|---|---|---|
| 1° Essais préalables de recherche . . . . . | fr. | 500 » |
| 2° Essais pour l'admission, consécutifs aux essais préalables . . . . . | | 1,000 » |
| 3° Essais directs pour l'admission, sans essais préalables . . . . . | | 1,500 » |

C. — *Verres.*

| | | |
|---|---|---|
| 1° Essais préalables . . . . . | fr. | 250 » |
| 2° Essais pour la reconnaissance, consécutifs aux essais préalables . . . . . | | 750 » |
| 3° Essais directs pour la reconnaissance, sans essais préalables . . . . . | | 750 » |

D. — *Moteurs ou appareils électriques.*

| | | |
|---|---|---|
| Examen détaillé de l'appareil, avec ou sans épreuve en atmosphère inflammable . . . . . | fr. | 1,000 » |

E. — *Appareils et produits divers.*

Les taxes seront déterminées dans chaque cas particulier et portées à la connaissance des intéressés par le Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale.

Art 2. Les taxes prévues ci-dessus seront versées anticipativement au compte chèques postaux 115,138 de l'Institut national des mines, rue Grande, 53, à Pâturages.

Art. 3. Lorsque les essais sont sollicités en vue de la reconnaissance officielle d'appareils ou de produits, les demandes seront adressées au Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale (direction générale des mines, 28, rue de l'Association, à Bruxelles), et contiendront toutes les indications permettant d'apprécier l'opportunité des essais.

Pour les essais préalables ou de recherches, les demandes peuvent être adressées à l'administrateur-directeur de l'Institut.

Les appareils et produits à essayer seront envoyés au siège de l'Institut, 53, rue Grande, à Pâturages, aux frais des demandeurs et à leurs risques et périls et, en ce qui concerne spécialement les explosifs, après accomplissement des formalités relatives à la reconnaissance et au transport de ces matières.

En ce qui concerne les appareils électriques antigrisouteux, la demande doit contenir :

1° Un plan détaillé, en triple expédition, sur fond blanc, de l'appareil et particulièrement de l'enveloppe et des assemblages.

Des schémas cotés, conformément aux plans d'exécution, mais montrant spécialement les dispositifs de sécurité sont exigibles;

2° Une description donnant :

*a)* Les caractéristiques électriques;

*b)* Les caractéristiques de l'enveloppe : dimensions intérieures, volume intérieur, volume occupé par l'appareillage, volume libre; nature et épaisseur des parois, caractéristiques des dispositifs éventuels d'arrêt de flammes, verrouillage, etc.

Art. 4. L'arrêté ministériel du 15 octobre 1923, fixant les taxes des essais de l'Institut national des mines, est rapporté.

Bruxelles, le 10 mars 1931.

Henri HEYMAN.

---

Par arrêté royal du 29 septembre 1930, M. Yvan Orban, Administrateur-Délégué de la Société Anonyme des Charbonnages d'Helchteren-Zolder, à La Hestre, a été nommé membre au Conseil d'Administration de l'Institut National des Mines, à Frameries.

---



## DIRECTION GENERALE DES MINES

### Délégués à l'inspection des mines. Modification de circonscriptions

*Arrêté royal du 8 mai 1931.*

ALBERT, Roi des Belges,

A tous, présents et à venir, SALUT.

Vu l'article 2 de la loi du 16 août 1927 modifiant et complétant la loi du 11 avril 1897 instituant des délégués à l'inspection des travaux souterrains des mines de houille :

Revu Notre arrêté du 24 décembre 1930 qui, notamment en ce qui concerne le sixième arrondissement des mines à Namur, a déterminé le nombre, l'étendue et les limites des circonscriptions de ces délégués;

Vu l'arrêt de l'exploitation d'un charbonnage de cet arrondissement;

Sur la proposition de Notre Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article premier. Les deux circonscriptions de délégués à l'inspection des mines du sixième arrondissement des mines, à Namur, sont composées comme suit :

| Numéros des circonscriptions | Désignation des charbonnages | Localités | Nombre de sièges d'extraction | |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Bonne-Espérance | Lambusart | 1 | 4 |
| | Roton Ste-Catherine | Farciennes | 2 | |
| | Tamines (siège Eugénie) | Tamines | 1 | |
| 2. | Aiseau-Oignies | Aiseau | 2 | 5 |
| | Falisolle | Falisolle | 1 | |
| | Tamines (siège Sainte-Barbe) | Tamines | 1 | |
| | Autres charbonnages de la province de Namur | Namur à Andenne | 1 | |

Art. 2. Notre Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 8 mai 1931.

ALBERT.

Par le Roi :

*Le Ministre de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale.*

Henri HEYMAN.

# AMBTELIJKE BESCHEIDEN

## MINISTERIE VAN NIJVERHEID, ARBEID EN MAATSCHAPPELIJKE VOORZORG

### ALGEMEENE DIRECTIE VAN HET MIJNWEZEN EN ARBEIDSTOEZICHT.

### Gevaarlijke, ongezonde of hinderende inrichtingen. Indeeling.

*Koninklijk besluit van 10 November 1930.*

ALBERT, Koning der Belgen,
Aan allen, tegenwoordigen en toekomenden, HEIL.

Gezien het Koninklijk besluit van 15 Mei 1923 aangaande de politie der als gevaarlijke, ongezonde en hinderende gerangschikte inrichtingen;

Gezien de adviezen van de algemeene directie van het mijnbeheer en van den centralen dienst van het arbeidstoezicht;

Overwegende dat de inrichtingen waar men mechanisch betoonblokken en zoogezegde kunstmatige steenen, cementen tegels en platen betonbuizen en andere dergelijke materialen vervaardigt, niet bijzonderlijk, aangeduid zijn in de lijst der inrichtingen, welke onderworpen zijn aan de voorschriften van het Koninklijk besluit van 15 Mei 1923;

Overwegende dat deze vervaardiging wegens haren aard schadelijken invloed kan uitoefenen op de gezondheid van de

omgeving en op die der werklieden, die binnen de werkplaatsen arbeiden, dat het diensvolgens behoort ze uitdrukkelijk te onderwerpen aan de vermelde reglementeering;

Op de voordracht van Onzen Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg.

Wij hebben besloten en Wij besluiten :

Artikel 1. De inrichtingen, waar de vervaardiging van betonblokken, van zoogezegde kunstmatige steenen, van cementen tegels en platen, betonbuizen en andere dergelijke materialen, mechanisch geschiedt, zijn gerangschikt onder de gevaarlijke, ongezonde of hinderende inrichtingen.

Zij zijn opgenomen in de lijst *A* die bij de Koninklijk besluit van 15 mei 1923 gevoegd is en namenlijk onder het opschrift : « blokken, tegels, platen, buizen, enz., van beton of cement (mechanische vervaardiging van), klas 1, aard der ongemakken : gerucht, daveringen, stof. »

Art. 2. Onze Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschap-Voorzorg is belast met de uitvoering van dit besluit.

Gegeven te Brussel, den 10n November 1930.

ALBERT.

Van Koningswege :
*De Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg.*
Henri HEYMAN.

---



## Gevaarlijke, ongezonde of hinderlijke inrichtingen
## Nieuwe rubriek.

*Koninklijk besluit van 5 Februari 1931*

ALBERT, Koning der Belgen.
Aan allen, tegenwoordigen en toekomenden, HEIL.

Gelet op het Koninklijk besluit dd. 15 Mei 1923 betrekkelijk de politie op de vergunningsplichtige inrichtingen;

Overwegende dat de klaarputten voor afvalwateren van nijverheidsinrichtingen niet vermeld staan in de lijst der inrichtingen aan het Koninklijk besluit dd. 15 Mei 1923 onderworpen;

Gelet op het advies van den Middendienst van Arbeidsinspectie belast met het toezich op de vergunningsplichtige inrichtingen;

Overwegende dat de klaarputten voor afvalwaters van nijverheidsinrichtingen van aard zijn om het water van den omtrek te bevuillen door de ongezonde uitwazemingen welke ze verspreiden; dat het bijgevolg noodzakelijk voortkomt ze aan de bedoelde regeling te onderwerpen,

Op de voordracht van Onzen Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg,

Wij hebben besloten en Wij besluiten :

Artikel 1. De klaarputten voor afvalwaters van nijverheidsinrichtingen zijn gerangschikt tusschen de vergunningsplichtige inrichtingen.

Ze worden vermeld in lijst A van het koninklijk besluit dd. 15 Mei 1923 onder volgende rubriek :

Klasse 1

Klaarputten voor afvalwateren van nijverheidsinrichtingen.

Bevuiling van het grondwater, overstroomingen, slechte uitwazemingen volgens de stoffen in suspencie of opgelost in het water.

Art. 2. Onze Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg is belast met de uitvoering van dit besluit.

Gegeven te Brussel, den 5 Febuari 1930.

ALBERT.

Van Koningswege :

*De Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg.*

Henri HEYMAN.

---

## ALGEMEENE DIRECTIE VAN HET MIJNWEZEN

## DIENST DER ONTPLOFBARESTOFFEN.

*Algemeen reglement dd. 29 October 1894 op de springstoffen (16e koninklijk wijzigingsbesluit)*

ALBERT, Koning der Belgen,

Aan allen, tegenwoordigen en toekomenden, HEIL.

Gelet op de wetten dd. 15 October 1881 en 22 Mei 1886 op de springstoffen;

Herzien het koninklijk besluit dd. 29 October 1894, genomen in uitvoering van die wetten en inzonderheid, artikel 3 betreffende het erkennen en het indeelen der nieuwe springstoffen;

Overwegende dat de springstoffen, die als grondbeginsel vloeibare lucht of vloeibare zuurstof hebben, niet vatbaar zijn door de reglement-bepalingen vastgesteld bij koninklijk besluit dd. 29 October 1894;



Overwegende dat het schieten met vloeibare lucht of vloeibare zuurstof in de bodemnijverheid van het land begint benut te worden en dat bedoeld schieten dan ook, ten behoeve der openbare veiligheid en van die van den arbeid, dient geregeld;

Op de voordracht van Onzen Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg,

Wij hebben besloten en Wij besluiten :

Artikel 1. De bereiding en de benutting van springstoffen, die als grondbeginsel vloeibare lucht of vloeibare zuurstof hebben, worden onderworpen aan een voorafgaande vergunning die aan de deputatie van der provincieraad dient gevraagd;

Ar. 2. Vooraleer uitspraak te doen vraagt de deputatie van den provincieraad het advies van de ingenieurs van het mijnwezen indien het schieten dient plaats te hebben in de ondergrondsche mijnen, groeven en graverijen, in de groeven in opene lucht, vermeld in artikel 341 van het koninklijke besluit dd. 29 October 1894, en in die van de provincie Limburg, en in de metaalfabrieken, waarvan het toezicht tot het mijnwezen hoort; in de andere gevallen vraagt zij het advies van de inspecteurs voor de springstoffen.

Art. 3. Onze Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg is belast met de uitvoering van dit besluit.

Gegeven te Brussel, den 4n April 1930.

ALBERT.

Van Koningswege :

*De Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg.*

H. HEYMAN.

---

# POLITIE VERORDENING OP DE MIJNEN

*Koninklijk besluit dd. 21n Februari 1931, tot wijziging van het Koninklijk besluit van 24 April 1920 op het gebruik van springstoffen in de mijnen.*

—

ALBERT, Koning der Belgen,
Aan allen, tegenwoordigen en toekomenden, HEIL.

Gelet op de wet dd. 15 Juni 1911, waarbij de wetten dd. 21 April 1810 en 2 Mei 1837 op de mijnen, groeven en graverijen worden aangevuld en gewijzigd;

Gelet op het Koninklijk besluit dd. 5 Mei 1919, houdende algemeene politieverordening op de mijnen, groeven en graverijen;

Herzien de artikelen 21, 24 en 25 van het Koninklijk besluit dd. 24 April 1920 omtrent het benutten springstoffen in de mijnen;

Gelet op de werkzaamheden der commissie voor herziening der mijnreglementen;

Gelet op het advies dd. 21 November 1930 van den mijnraad;

Overwegende dat, met het oog op het verscherpen der veiligheid, het noodig werd geacht de bepalingen der artikelen 21, 24 en 25 van bovenbedoeld Koninklijk besluit te wijzigen en aan te vullen;

Op voorstel van Onzen Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg,

Wij hebben besloten en Wij besluiten:

Artikel. 1. De hiernavermelde Wijzigingen en aanvullingen worden toegebracht aan de artikels 21, 24 en 25 van het Koninklijk besluit dd. 24 April 1920 op het benutten van springstoffen in de mijnen:



Artikel 21, 4°.

In de eerste alinea worden de woorden: « In de mijngasrijke mijnen » vervangen door de woorden: « In de exploitatiewerken der mijngashoudende mijnen ».

De vierde en vijfde alinea's worden vervangen door de volgende bepalingen:

« Wat de door middel van pijpen verluchte voorbereidende werken betreft, mag de inhoud, die ook minstens een maal per maand dient gemeten op het nabijzijnd uiteinde van den voorkant van het werk, niet onder de 150 liters per seconde dalen.

» De uitslagen betreffende de metrische mijngasanalyses en deze betreffende de verschillende bovenbedoelde metingen worden in een speciaal register ingeschreven, dat ter beschikking van den mijningenieur ligt. »

Artikel 24.

De 1° wordt vervangen door de volgende bepalingen:

« De mijnen mogen slechts afgeschoten worden wanneer al het personeel de werkplaats, de wegen en de verschillende ventilatieverbindingen van bedoelde werkplaats heeft verlaten daar onder begrepen de luchtschacht.

» De opzichter-schietmeester belast met het afschieten der mijnen dient minstens door een helper vergezeld. Onverminderd de veiligheidslamp vereischt voor de nasporing van mijngas dienen die aangestelden een electrische lamp bij zich te hebben. »

Artikel 25.

Dit artikel wordt vervangen door den volgenden tekst:

« Het benutten van springstoffen voor het snijden of het opbreken der sporen in de voorbereidende aderwerken, alsmede voor het blootleggen der lagen, wordt onderworpen aan het naleven van 2e alinea van 1° van bovenvermeld artikel, alsmede aan de volgende voorschriften:

» De mijnen mogen slechts worden afgeschoten wanneer al het personeel de werkplaats waarvan sprake heeft ontruimd, alsmede de wegen en de verschillende verbindingsinrichtingen waar een luchtterugvoer bestaat in verband met bedoelde werkplaats, er onder begrepen de put voor luchtterugvoer.

» Het afschieten geschiedt boven- of ondergronds.

» Wanneer het afschieten bovengronds geschiedt, dienen op de leiding twee schakelaars aangebracht, de eene aan de ondergrondsche vasthaking, de andere bovengronds.

» Die twee schakelaars mogen slechts op het oogenblik van het afschieten worden gesloten, de ondergrondsche vóór den bovengrondsche.

» Voorzorgen dienen genomen om te beletten dat zij ontijdig of bij toeval mochten worden gesloten.

» Wanneer het afschieten ondergronds geschiedt verschuilen zich de aangestelden in de gangen waardoor de lucht op de werkplaats wordt toegevoerd; de hijschkooi wordt op de klampen der ophaalschacht van den bodem gehouden en die vasthaking staat per telefoon in verbinding met de bovengrondsche mijninrichting; overigens worden zooveel toestellen voor ademhaling of zooveel fleschen met geperste zuurstof in het onmiddellijk bereik gesteld van bedoeld personeel.

» Wat de werkzaamheden betreft omtrent het blootleggen der lagen, wacht men, na elke afschieting, een uur alvorens zich naar het einde van den mijngang te begeven. »

Art. 2. Onze Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg is belast met de uitvoering van dit besluit.

Gegeven te Brussel, den 21n Februari 1931.

ALBERT.

Van Koningswege :

*De Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg.*

H. HEYMAN.



## Gebruik van springstoffen in de mijnen. S. G. P. Springstoffen.

*Ministerieel besluit 15 November 1929, tot aanneming van de springstof « Flammivore 5bis »*

DE MINISTER VAN NIJVERHEID, ARBEID EN MAATSCHAPPELIJKE VOORZORG,

Gelet op het Koninklijk besluit van 24 April 1920, tot regeling van het gebruik van springstoffen in de mijnen, voorschrijvende dat de S. G. P. springstoffen als zoodanig bij Ministerieel besluit moeten bepaald worden;

Gelet op het rondschrijven dd. 18 October 1909 dat bepaalt wat er door S. G. P. spingstoffen dient te worden verstaan;

Gelet op het Koninklijk besluit dd. 29 October 1894 algemeene verordening houdende op de fabrieken, de bergplaatsen, het vervoer, het bezit en het gebruik van springstoffen;

Gelet op het besluit van 17 October 1929, waarbij de springstof « Flammivore 5*bis* » ambtelijk werd erkend en ingedeeld in de klasse III (niet licht ontvlambare springstoffen) der voorbrengselen aan de verordening op de springstoffen onderworpen;

Gelet op de aanvraag door de Vennootschap van Arendonck, te Arendonck, ingediend;

Gelet op de uitslagen der proefnemingen waaraan stalen van de springstof « Flammivore 5*bis* » in het Nationaal Mijninstituut werden onderworpen;

Besluit :

Eenig artikel. De springstof onder de benaming van « Flammivore 5*bis* » door de Vennootschap van Arendonck, te Arendonck, aangeboden en waarvan de samenstelling hierna is beschreven :

| | |
|---|---|
| Nitroglycérine | 11,00 |
| Binitrotoluol | 1,00 |
| Schietkatoen | 0,05 |
| Ammoniacnitraat | 59,00 |
| Keukenzout | 22,00 |
| Houtstof | 4,85 |
| Naphtaline | 2,00 |
| Kool | 0,10 |
| | 100,00 |

mag als S. G. P. springstof worden gebruikt met een hoogste lading van 900 grammen, waarvan de gelijke waarde in dynamiet nummer 1 690 grammen bedraagt.

Uitgifte van dit besluit zal tot onderrichting worden afgeleverd aan de Vennootschap van Arendonck, te Arendonck en aan de HH. Algemeene Opzieners en, tot uitvoering, aan de HH. Hoofdingenieurs-Bestuurders der tien mijnarrondissementen.

Brussel, den 15n November 1929.

Henri HEYMAN.



## NATIONAAL MIJNINSTITUUT VAN FRAMERIES

### Wijziging aan het tarief der proefneming

*Ministerieel besluit van 10 Maart 1931.*

De Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg,

Gelet op het Koninklijk besluit dd. 18 December 1929, waarbij de bevoegdheid, de inrichting en de werkwijze van het National Mijninstituut worden bepaald en inzonderheid op het laatste lid, 2°, van artikel 1 van dit besluit;

Herzien het ministerieel besluit dd. 15 October 1923, dat de voorwaarden vaststelt, waaraan de proefnemingen in het Nationaal Mijninstituut gedaan, zijn onderworpen;

Overwegende dat er aanleiding toe bestaat tot herziening der tarieven bij bedoeld ministerieel besluit vastgesteld;

Op de voordracht van den raad van beheer van het Nationaal Mijninstituut,

Besluit :

Artikel 1. Het tarief der proefnemingen in het Nationaal Mijninstituut gedaan wordt als volgt vastesteld :

A. — *Springstoffen.*

| | | |
|---|---|---|
| 1° Voorafgaande onderzoekingsproefneming in mijngas en in kolenstof | fr. | 1,500 » |
| 2° Indeelingsproefnemingen volgende op de voorafgaande proefnemingen | | 2,500 » |
| 3° Rechtstreeksche indeelingsproefnemingen, zonder voorafgaande proefnemingen | | 4,000 » |
| 4° Afzonderlijk schot in den mortier of in de vrije lucht | | 250 » |

| | |
|---|---|
| 5° Vaststelling van de kracht van een springstof in den looden blok . . . . . | 250 » |
| 6° Afzonderlijk schot in den looden blok . . | 62 50 |

B. — *Lampen of gedeelten van lampen.*

| | |
|---|---|
| 1° Voorafgaande onderzoekingsproefnemingen . fr. | 500 » |
| 2° Aannemingsproefnemingen volgende op de voorafgaande proefnemingen . . . . . | 1,000 » |
| 3° Rechtstreeksche aannemingsproefnemingen, zonder voorafgaande proefnemingen . . . . . | 1,500 » |

C. — *Glazen.*

| | |
|---|---|
| 1° Voorafgaande proefnemingen . . . . . fr. | 250 » |
| 2° Erkenningsproefnemingen volgende op voorafgaande proefnemingen . . . . . | 500 » |
| 3. Rechtstreeksche erkenningsproefnemingen zonder, voorafgaande proefnemingen . . . . . | 750 » |

D. — *Electrische motoren of toestellen.*

| | |
|---|---|
| Omstandig onderzoek van het toestel met of zonder proef in ontvlambare atmospheer . . . . . fr. | 1,000 » |

E. — *Toestellen en verschillende producten.*

De belastingen worden bij ieder afzonderlijk geval vastgesteld en door den Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg ter kennis der belanghebbenden gebracht.

Art. 2. De hierboven vermeld belastingen dienen vooruit betaald op postrekening 115,138 van het Nationaal Mijninstituut, rue Grande, 35, te Pâturages.

Art. 3. Wanneer met het oog op de ambtelijke erkenning van toestellen of producten, er proefnemingen worden aangevraagd, dienen deze aanvragen te worden ingediend bij den Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg (algemeene directie van het mijnwezen, Bondstraat, 28, Brussel), en moeten zij al de inlichtingen bevatten, die toelaten om over de gepastheid der proefmigen te oordeeler.



Voor voorafgaande proeven of onderzoekingen mogen de aanvragen aan den beheerder-bestuurder gezonden worden.

De te beproeven toestellen of producten zullen op de kosten en eigen risico van de aanvragers naar den zetel gestuurd worden van het instituut, 53, rue Grande, te Pâturages, en wat, inzonderheid, de springstoffen betreft dienen de voorschriften betreffende de erkening en het vervoer dezer stoffen nageleefd.

Voor de electrische toestellen tegen mijngas moet de aanvraag inhouden :

1° Een in drievoud opgemaakt volledig plan, op witten grond, van het toestel en bijzonder van het omkleedsel en van dezer monteering.

Met nummers geteekende schema's, met de uitvoeringsplannen overeenstemmende, maar die speciaal de veiligheidstoestellen aanwijzen, mogen worden geëischt;

2° Eene beschrijving die opgeeft :

*a)* De electrische kenmerken;

*b)* De kenmerken van het omkleedsel : de binnenafmetingen, de binnenomvang, de omvang door de binnenuitrusting ingenomen, de vrije omvang, aard en dikte der wanden, de kenmerken der toestellen, die in voorkomend geval de vlammen tegenhouden, de grendeling, enz.

Art. 4. Het ministerieel besluit dd. 15 October 1923, waarbij de tarieven der proefnemingen van het Nationaal Mijninstituut werden vastgesteld, wordt ingetrokken.

Brussel, den 10n Maart. 1931.

Henri HEYMAN.

---

Bij Koninklijk besluit van 29 September 1930, werd de H. Yvan Orban, Afgevaardigde-Beheerder van de Naamlooze Vennootschap « Charbonnages d'Helchteren-Zolder », te La Hestre, tot lid benoemd van den Beheeraad van het Nationaal Instituut van het Mijnwezen, te Frameries.

## ALGEMEENE DIRECTIE VAN HET MIJNWEZEN

### Afgevaardigden bij het mijntoezicht. Wijziging der mijndistricten.

*Koninklijk besluit van 8 Mei 1931.*

ALBERT, Koning der Belgen,
Aan allen, tegenwoordigen en toekomenden, HEIL.

Gelet op artikel 2 der wet dd. 16 Augustus 1927 tot wijziging en aanvulling der wet dd. 11 April 1897, waarbij afgevaardigden bij het toezicht over de ondergrondsche werken in de steenkoolmijnen, worden aangesteld;

Herzien Ons besluit dd. 24 December 1930, waarbij o. m. wat betreft het 6e mijnarrondissement te Namen, het getal, het gebied en de grenzen der districten, waarin deze afgevaardigden hun ambt uitoefenen, worden bepaald;

**Gelet op het stopzetten van de ontginning eener steenkoolmijn in dit arrondissement;**

Op de voordracht van Onzen Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg,

Wij hebben besloten en Wij besluiten :

Artikel 1. De twee districten van afgevaardigden bij het mijntoezicht van het 6n mijnarrondissement te Namen worden samengesteld als volgt :



| Nummers der districten. | Aanduiding der steenkoolmijnen | Localiteiten | Getal der bedrijfzetels | |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Bonne-Espérance | Lambusart | 1 | |
| | Roton Sainte-Catherine | Farciennes | 2 | 4 |
| | Tamines (zetel Eugénie) | Tamines | 1 | |
| 2. | Aiseau-Oignies | Aiseau | 2 | |
| | Falisolle | Falisolle | 1 | |
| | Tamines (zetel Sainte-Barbe) | Tamines | 1 | 5 |
| | Andere steenkoolmijnen in de provincie Namen | Namen tot Andenne | 1 | |

Art. 2. Onze Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg is belast met de uitvoering van dit besluit.

Gegeven te Brussel, den 8n Mei 1931.

ALBERT.

Van Koningswege :
*De Minister van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg,*
Henri HEYMAN.

# ARRÊTÉS SPÉCIAUX

*Extraits d'arrêtés pris en 1930 concernant les mines.*

Arrêté royal du 28 février 1930 modifiant l'article 5 du cahier des charges régissant la concession des mines de houille de « Montifaux » de la Société anonyme des Charbonnages de Courcelles-Nord.

Arrêté royal du 4 mars 1930 autorisant : 1° la Société anonyme du Charbonnage de Jamioulx, à Jamioulx, à céder sa concession de mines de houille de Jamioulx à la Société anonyme Franco-Belge du Charbonnage de Forte-Taille, à Montigny-le-Tilleul, et 2° cette dernière société à acquérir ladite concession.

Arrêté royal du 3 avril 1930, autorisant la Société anonyme des Charbonnages réunis de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau, à Tamines, à percer les espontes séparatives entre les concessions de « Falisolle » et d' « Auvelais Saint-Roch » et la Société anonyme des Charbonnages d'Auvelais Saint-Roch à laisser percer les dites espontes.

Arrêté royal du 5 avril 1930, autorisant : 1° la Société civile des Maîtres de forges à Ougrée à céder sa concession de mines métalliques dite « concession des Maîtres de Forges et de Couthain » d'une superficie de 1,797 hectares 87 ares à la Société anonyme d'Ougrée-Marihaye, et 2° cette dernière société, à acquérir ladite concession.

Arrêté royal du 10 avril 1930 accordant à MM. Maurice Delvigne et consorts une concession de mines de fer d'une étendue de 925 hectares, sise sous le territoire de la commune de Graide. Cette concession portera le nom de concession de « Graide ».

Arrêté royal du 23 juin 1930 autorisant la Société anonyme des Charbonnages de Bonne-Espérance, Batterie et Violette, à Liége, à occuper, pour permettre l'extension du terril de son



siège de Wandre, les parcelles de terrain sise à Wandre cadastrées section B, nos 521*b*, 520*b* et 519*c*, d'une contenance respective de 65 ares, 1 hectare, 63 ares et 32 ares 50 centiares.

Arrêté royal du 24 juin 1930 autorisant la Société anonyme des Charbonnages de Ressaix, Leval, Péronnes, Sainte-Aldegonde et Genck à occuper pour l'établissement d'une passerelle destinée au transport des schistes d'un de ses sièges, une bande de terrain de 10 mètres de largeur sur 54 mètres de longueur à travers la parcelle section B, n° 98 de la commune de Haine-Saint-Paul, plus éventuellement 5 mètres de longueur sur la même largeur dans le talus d'un chemin, soit au maximum 5 ares, 90 centiares.

Arrêté royal du 22 juillet 1930 autorisant 1° la Société Anonyme des Charbonnages de l'Est de Liége, à Beyne-Heusay, à céder et 2° la Société anonyme des Charbonnages de Wérister, à Romsée, à acquérir, la concession de « Trou-Souris, Houlleux, Homvent, à la fusionner avec sa concession de Wérister et à supprimer les espontes séparant les deux concessions.

La nouvelle concession ainsi formée portera le nom de « Concession de Wérister »; elle aura une étendue de 1.796 ha, 45 ca et s'étendra sous les communes de Ayeneux, Beyne-Heusay, Chênée, Fléron, Grivegnée, Jupille, Magnée, Queue-du-Bois, Romsée et Vaux-sous-Chèvremont.

Arrêté royal du 24 juillet 1930 autorisant la Société anonyme des Charbonnages des Liégeois en Campine, à Genck à céder sa concession de mines de houille « Les Liégeois » et la Société anonyme John Cockerill, à Seraing, à acquérir cette concession, laquelle restera soumise à son cahier des charges d'institution.

Arrêté royal du 20 août 1930 accordant à la Société anonyme d'Ougrée-Marihaye, à Ougrée, régulièrement substituée à la Société anonyme de Recherches minières de Lobbes et Environs, une concession de mines de houille dénommée « Concession de Lobbes », d'une étendue de 1,182 hectares sous les communes de Lobbes, Sars-la-Bruyère, Bienne lez-Happart, Mont-Sainte-Geneviève et Buvrinnes.

Arrêté royal du 5 septembre 1930 autorisant :

1° La Société anonyme des Charbonnages de la Basse-Ransy, à Tilleur, à céder sa concession de la « Basse-Ransy » à la Société anonyme des Charbonnages de Wérister;

2° La Société anonyme des Charbonnages de Wérister, à Romsée, à acquérir cette concession, à la réunir à sa concession de Wérister et à rompre les espontes séparatives de ces deux concessions.

La nouvelle concession d'une superficie de 1.994 hectares 61 ares 26 centiares (1), porte le nom de « concession de Wérister » et s'étend sous les communes d'Angleur, Ayeneux, Beyne-Heusay, Chênée, Fléron, Grivegnée, Jupille, Magnée, Queue-du-Bois, Romsée et Vaux-sous-Chèvremont.

Arrêté royal du 29 septembre 1930 accordant à la Société anonyme des Charbonnages de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau, à Tamines, à titre d'extension de sa concession de « Roton-Sainte-Catherine », le territoire d'une étendue de 1 hectare 45 ares environ, gisant sous la moitié du lit de la Sambre, le long de la rive gauche, qui forme sa limite en face de la concession d'Aiseau-Presles.

Arrêté royal du 6 octobre 1930 autorisant la Société anonyme des Charbonnages de Sacré-Madame, à Dampremy, à occuper pour le besoin de son exploitation, la parcelle de terrain cadastrée section B n° 289 L, d'une contenance de 41 ares 6 centiares 61 dm² située sur le territoire de la ville de Charleroi et appartenant à l'Etat belge.

Arrêté royal du 6 octobre 1930 autorisant la Société anonyme des Charbonnages d'Auvelais-Saint-Roch, à Auvelais, à céder à la Société anonyme des Charbonnages réunis de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau, à Tamines, et autorisant cette dernière à acquérir la partie sud de la concession de la première société, d'une superficie d'environ 104 hectares, sous les communes d'Auvelais et de Tamines, à réunir la partie

(1) Superficie exacte telle qu'elle a été rectifiée par un arrêté royal du 13-3-31.



acquise à sa concession de Falisolle et à supprimer les espontes communes avec obligation de réserver une esponte de 10 mètres de chaque côté de la nouvelle limite séparant les deux concessions.

Arrêté royal du 27 octobre 1930 autorisant la Société anonyme des Charbonnages de Courcelles-Nord, à Courcelles, à abandonner les concessions qui lui ont été accordées par les arrêtés royaux des 13 janvier 1860 et 21 novembre 1890, concessions s'étendant sous une superficie de 429 hectares 40 ares des communes de Courcelles, Trazegnies et Gouy lez-Piéton.

Arrêté royal du 27 octobre autorisant : 1° la Société anonyme du Charbonnage de Belle-Vue et Bien-Venu, à Herstal, à céder à la Société anonyme du Hasard, à Micheroux, sa concession de « Belle-Vue et Bien-Venu », d'une superficie de 202 hectares, 62 ares, 84 centiares, sous les communes de Herstal, Liége et Vottem;

2° La Société anonyme des Charbonnages du Hasard à acquérir cette concession.

Arrêté royal du 27 octobre 1930 modifiant l'article 7 du chapitre 3 du cahier des charges annexé à l'arrêté royal du 20 mars 1928 régissant la « Concession nouvelle de Vedrin-Saint-Marc ».

Arrêté royal du 27 octobre 1930 autorisant :

1° La Société anonyme des Charbonnages de Maireux et Bas-Bois, à Soumagne, à céder sa concession de Crahay;

2° La Société anonyme des Charbonnages du Hasard, à Micheroux, à acquérir la concession de Crahay et à la fusionner avec sa concession de Hasard-Cheratte et à rompre les espontes séparatives des deux concessions.

La concession ainsi formée portera le nom de concession de « Hasard-Cheratte » et aura une superficie de 3,329 hectares, 44 ares, 43 centiares, sous les communes de Ayeneux, Barchon, Cérexhe, Heuseux, Cheratte, Evegnée, Fléron, Housse, Magnée, Melin, Micheroux, Mortier, Olne, Queue-du-Bois, Retinne, Sève, Saint-Remy, Soumagne, Tignée, Trembleur et Wandre.

Arrêté royal du 5 décembre 1930 modifiant le texte de l'arrêté royal du 20 mars 1928 définissant la limite ouest de la « Concession nouvelle de Vedrin-Saint-Marc ».

Arrêté royal du 5 décembre 1930 autorisant :

1° La Société anonyme des Charbonnages du Horloz, à Tilleur, à céder sa concession du Horloz;

2° La Société anonyme des Charbonnages de La Haye, à Liége, à acquérir cette concession, à la réunir à sa concession propre et à rompre des espontes séparatives.

Arrêté royal du 8 décembre 1930 autorisant :

1° La Société anonyme des Charbonnages du Pays de Liége, aux Awirs, à céder sa concession du « Pays de Liége »;

2° La Société anonyme des Charbonnages de l'Arbre-Saint-Michel, à Mons-lez-Liége, à acquérir la concession du « Pays de Liége » et à la réunir à sa concession de l'Arbre-Saint-Michel, Bois d'Otheit et Cowa » et de déhouiller les espontes séparatives.

La Concession ainsi formée est dénommée : « Concession de l'Arbre-Saint-Michel, Bois d'Otheit, Cowa et Pays-le-Liége ».

Arrêté royal du 10 décembre 1930 autorisant, en vue de rectifier les limites de leurs concessions respectives, la Société anonyme des Charbonnages de Bonne-Espérance, Batterie et Violette, à Liége, et la Société anonyme des Charbonnages d'Abhooz et Bonne-Foi-Hareng, à Herstal, à échanger des territoires de 96 ares, 22 ares, de la concession de Batterie et de 5 hectares, 68 ares, 32 centiares de la concession d'Abhooz-Bonne-Foi-Hareng.

---

# SOMMAIRE DE LA 1re LIVRAISON, TOME XXXII

## INSTITUT NATIONAL DES MINES, A FRAMERIES

Rapport sur les travaux de 1930 . . . . . Ad. Breyre 1

## SERVICE DES ACCIDENTS MINIERS ET DU GRISOU

*Les accidents survenus dans les Charbonnages de Belgique pendant l'année 1926* . . . . . G. Raven 223

Accidents survenus dans les travaux souterrains :

Les accidents dus aux transports souterrains . . . . . .

## MEMOIRES

Etude sur les fonçages de puits en Campine (1re suite) . . . . . C. Guion 295

Procédé optique pour le rattachement d'un levé de surface à un levé souterrain . . . . . L. Pauwen 365

## BIBLIOGRAPHIE

*Aide-mémoire à l'usage des sauveteurs*, édité par la Station de Sauvetage de l'Industrie charbonnière des Bassins de Charleroi et de la Basse-Sambre . . . . . Dr A. Langelez 401

*Travaux effectués de 1926 à 1930 par la Commission d'Etude du Comité Industriel de l'Enseignement professionnel et technique* . . . . . 402

*Les Sources de l'Energie calorifique et le Chauffage industriel*, tome I, par Emilio Damour, Ingénieur Civil des Mines, Professeur de Chauffage industriel au Conservatoire des Arts et Métiers (Ch. Béranger, Paris et Liége, 1930) . . . . . R. Bidlot 404

*Le moteur à gaz*, par Albert-J. Jadot, Ingénieur A. I. Lg., Professeur à l'Ecole des Mines de Mons . . . . . A. H. 407

*L'évolution et le développement des principales industries depuis cinquante ans (1880-1930)*. Numéro spécial publié à l'occasion du Cinquantenaire du « Génie Civil ». — Un volume in-4° jésus de 236 pages, avec de nombreuses illustrations. — En vente aux bureaux du « Génie Civil », 5, rue Jules Lefebvre, Paris (IXe). — Prix : 25 fr. 410

## DIVERS

IIIe Congrès International de Forages (Berlin, 1933) . . . . . 413

Fonds Martin Herman (A. S. B. L., Mons) . . . . . 414

## STATISTIQUES

Belgique. — L'Industrie Charbonnière pendant l'année 1929. — Statistique provisoire et vue d'ensemble sur l'exploitation . . . . . 415

Appareils à vapeur. — Accidents survenus en 1928 . . . . . 443

## DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

### ÉTABLISSEMENTS DANGEREUX, INSALUBRES OU INCOMMODES

Classement. — Arrêté Royal du 15 novembre 1930 . . . . . 453

Adjonction de rubrique. — Arrêté Royal du 5 février 1931 . . . . . 455

### SERVICE DES EXPLOSIFS

Règlement Général du 29 octobre 1894 sur les explosifs (16e Arrêté Royal modificatif) . . . . . 456

### POLICE DES MINES

#### Emploi des explosifs dans les mines

Arrêté Royal du 21 février 1931, modifiant l'Arrêté Royal du 24 avril 1920 sur l'emploi des explosifs dans les mines . . . . . 458

Explosifs S. G. P. — Arrêté ministériel du 15 novembre 1929 admettant l'explosif « Flammivore 5*bis* » . . . . . 460

### INSTITUT NATIONAL DES MINES, A FRAMERIES.

Modification au tarif des essais. — Arrêté ministériel du 10 mars 1931. 462

Nomination d'un membre du Conseil d'Administration. — Arrêté Royal du 29 septembre 1930 . . . . . 464

### DÉLÉGUÉS A L'INSPECTION DES MINES

Modification de circonscriptions. — Arrêté Royal du 8 mai 1931 . . . 465

## AMBTELIJKE BESCHEIDEN

### GEVAARLIJKE, ONGEZONDE OF HINDERENDE INRICHTINGEN

Indeeling. — Koninklijk besluit van 15n November 1930 . . . . . 467

Nieuwe rubriek. — Koninklijk besluit van 5n Februari 1931 . . . . . 469

### DIENST DER ONTPLOFBARE STOFFEN

Algemeen reglement d.d. 29n oktober 1894 op de ontplofbarestoffen (16e Koninklijk wijzigingsbesluit) . . . . . 470

## POLITIEVERORDENING OP DE MIJNEN.

### Gebruik van springstoffen in de mijnen

Koninklijk besluit d.d. 21n Februari 1931, tot wijziging van het Koninklijk besluit van 24n April 1920 op het gebruik van springstoffen in de mijnen . . . . . 472

S. G. P. Springstoffen. — Ministerieel besluit van 15n November 1929 tot aanneming van de springstof « Flammivore 5*bis* » . . . . . 475

## NATIONAAL MIJNINSTITUUT VAN FRAMERIES.

Wijziging aan het tarief der proefnemingen. — Ministerieel besluit van 10n Maart 1931. . . . . 477

Benoeming van een lid van den Beheerraad. — Koninklijk besluit van 29n September 1930 . . . . . 479

## AFGEVAARDIGDEN BIJ HET MIJNTOEZICHT

Wijziging der mijndistricten. — Koninklijk besluit van 8n Mei 1931 . . 480

## ARRETES SPECIAUX.

Extraits d'arrêtés pris en 1930 concernant les mines, minières et carrières 482