ADMINISTRATION DES MINES

# ANNALES DES MINES

DE BELGIQUE

35364

[622.05]

ANNÉE 1935



TOME XXXVI. - 4" LIVRAISON



BRUXELLES
IMPRIMERIE Robert LOUIS

37-39, rue Borrens

Téléph. 48.27.84

1935

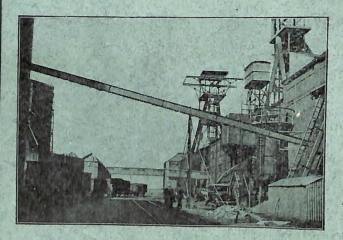
## LES TRANSPORTEURS BREVETES

# REDLER

HORIZONTAUX - INCLINÉS - VERTICAUX

pour

toutes distances, toutes capacités (5-500 t./h.), tous les



## CHARBONS & MATIÈRES ANALOGUES

«REDLER» installé à la Société Anonyme John Cockerill, Division du Charbonnage des Liégeois à Zwartberg, pour le transport de charbons et mixtes o/10 et o/30, mélangés de schlamms.

## Principaux avantages:

Encombrement très réduit, d'où montage plus simple, suppression de passerelles et de charpentes coûteuses.

Sécurité de marche de 100 p. c., suppression des engorgements, du graissage.

Economie considérable de force.

Suppression du dégagement de poussières.

DEMANDEZ REFERENCES, CATALOGUES ET VISITE D'INGENIEUR A

## BUHLER FRÈRES

Tél. 12.97.37 — BRUXELLES — 2a, rue Ant. Dansaert Usines à UZWIL (Suisse).

# MÉMOIRE

# Le rendement des installations motrices à vapeur

PAR

H. PAQUAY,

Ingénieur civil des Mines et Ingénieur-Electricien A.I.Lg. à Liége (\*)

(Suite.) (1)

Le rendement d'un cycle utilisant de la vapeur à 100 kg. 500° et le soutirage continu de 9,5 atmosphères à 0,04 atmosphère se calcule comme suit :

La chaleur totale de la vapeur à 100 atmosphères 500° est 808 calories.

L'eau étant réchauffée jusqu'à 175° par soutirage, le foyer devra fournir 808-175 = 633 calories par kg. de fluide évoluant.

Le travail obtenu par détente de 100 atmosphères 500° jusqu'à 9.5 atmosphères est 145 calories, celui qui est obtenu par détente avec soutirage continu de 9,5 à 0,04 atmosphères est 156 calories.

Le travail total par kg. de fluide est 145+156=301 calories et le rendement est 301/633=47,5 % au lieu de 45,5 % avec soutirage unique à 9,5 atmosphères.

<sup>(\*)</sup> Lauréat du Concours Universitaire 1930-1932.

<sup>(1)</sup> Voir Annales des Mines de Belgique, t. XXXVI (année 1935), 2e et 3e liv.

Le gain supplémentaire dû au soutirage continu sur le soutirage unique est donc 2 %, alors que le gain dû au soutirage unique (p. 761) était de 2,8 %. On peut admettre grossièrement qu'un soutirage donne un bénéfice égal à la moitié d'un soutirage continu, qu'un second soutirage amène encore un bénéfice du quart et ainsi de suite. Celà montre qu'en pratique, avec trois ou quatre soutirages, on aura un rendement très sensiblement égal à celui que produit le soutirage continu :

Ce dernier sera d'autant plus avantageux que la détente en zône humide sera plus longue. Si cette détente est courte, on se bornera le plus souvent à deux ou même à un seul soutirage. Or le diagramme entropique et le diagramme de Mollier montrent que la détente en zône humide sera d'autant plus longue que la pression initiale sera plus élevée et que la surchauffe sera moins forte.

On voit encore par là tout l'intérêt des hautes pressions au point de vue théorique : par elles-mêmes, elles sont avantageuses et l'amélioration qu'apporte le soutirage est d'autant plus forte qu'elles sont plus élevées.

Ajoutons que le choix des pressions des divers soutirages devra s'étudier sur le diagramme de Mollier de façon à obtenir le rendement le plus élevé possible, lorsqu'on s'est fixé le nombre de ces soutirages.

Si l'on n'effectue qu'un seul soutirage, il devra s'exécuter comme nous l'avons vu à la pression la plus élevée dans la zône de la vapeur saturée.

Remarquons que si le soutirage exige un plus grand poids de vapeur pour un même travail qu'un cycle simple, il demande cependant une moindre quantité de charbon brûlé; la chaudière ne doit fournir que la chaleur de vaporisation; la quantité de chaleur à transmettre à l'eau dans la chaudière est moindre et sa surface pourra être diminuée, l'eau y entrant à une température élevée.

Si le soutirage est appliqué après l'installation des chaudières, celles-ci pourront développer une puissance plus élevée ou bien elles disposeront d'une aptitude renforcée à franchir les pointes (1). Dans le cas considéré (100 atmosphères 500°), le réchauffage par soutirage amène l'eau à 175° (9,5 atmosphères). Or, la température de vaporisation est de 310°. On pourrait donc utilement employer un économiseur en série avec les réchauffeurs par soutirage.

Si les fumées sortent de la chaudière proprement dite à 400° (écart de 90°), elles peuvent porter l'eau à une température voisine de 300° dans un économiseur, alors que les réchauffeurs ne l'amenaient qu'à 175°.

Les fumées sortant de l'économiseur à 250° pourraient encore servir à réchauffer l'air de combustion dans une certaine mesure; cet air pourrait alors circuler dans les murs doubles du foyer où il serait encore réchauffé davantage.

Dans l'exemple traité (100 atmosphères 500°) on pourrait évidemment réchauffer l'eau à une température plus élevée par soutirage dans la zone de surchauffe. Les soutirages effectués dans cette zône sont cependant moins intéressants : le rendement des turbines en zône surchauffée est très bon comme nous le verrons plus loin. Ils présenteraient cependant aussi des avantages : meilleur vide au condenseur qui aurait encore moins de vapeur à traiter, élimination de l'économiseur, augmentation d'importance du réchauffair, échanges accélérés dans la chaudière.

<sup>(1)</sup> La production horaire de vapeur devra être plus forte pour une même puissance développée Aussi, la surchauffe baissera-t-elle si l'on n'y pourvoit en donnant une plus grande surface de chauffe au surchauffeur.

Ceci montre bien comment tous les éléments se lient dans la technique des installations motrices.

## Résumé de l'étude théorique.

L'étude théorique du cycle de Rankine nous montre que :

1° il y a avantage à adopter la plus haute surchauffe possible;

2° il y a avantage à adopter la plus basse pression possible au condenseur;

3° il y a avantage (pour une surchauffe et une pression au condenseur données) à adopter la plus haute pression possible sauf dans la zône anormale comprise entre 325 et 400° de surchauffe, températures pour lesquelles les pressions optima varient de 110 à 225 atmosphères de pression (d'après Roszak et Véron).

Les trois conclusions ci-dessus s'appliquent au cycle simple de Rankine avec surchauffe (cycle de Hirn);

4° il y a avantage à utiliser des fluides ayant une faible chaleur spécifique à l'état liquide. Le cycle de Rankine sans surchauffe est alors très voisin du cycle de Carnot.

A défaut d'un tel corps pouvant évoluer entre des températures supérieure et inférieure très écartées;

5° il convient de superposer des cycles, par exemple les cycles mercure-eau;

6° il convient d'envisager l'emploi d'une ou de plusieurs résurchauffes, mais il faut voir au préalable si le rendement propre de la resurchauffe est plus élevé que le rendement propre du cycle initial sans résurchauffe;

7° il y a avantage à pratiquer le réchauffage de l'eau d'alimentation par vapeur soutirée.

#### Etude pratique.

Dans l'étude théorique faite ci-dessus, on suppose :

1° que la pression à la chaudière et la surchauffe à la sortie du surchauffeur sont exactement les mêmes qu'à l'admission de la machine motrice;

2° que la détente est adiabatique réversible, que la machine est exempte de toute perte mécanique et que la pression au condenseur est exactement la même qu'à l'échappement de la machine motrice.

3° qu'il n'y a pas d'auxiliaires.

En fait, aucune de ces conditions n'est réalisée. Nous allons voir d'un peu plus près ce qui se produit en pratique.

# I. — Pertes de charge et refroidissement dans les conduites entre chaudières et machines.

Nous en avons fait l'étude au chapitre rendement de transmission. Nous n'aurons donc guère à nous y attarder.

Donnons cependant l'ordre de grandeur des pertes de charge dans les conduites d'après les abaques de Brown-Boveri qui conseille d'admettre les vitesses suivantes :

30 à 50 m/seconde pour la vapeur surchauffée;

20 à 40 m/seconde pour la vapeur saturée,

les plus faibles vitesses étant prises pour les faibles diamètres et les plus grandes pour les tubes de forts diamètres, en raison des pertes de chaleur d'autant plus grandes et des pertes de charge d'autant plus faibles pour une vitesse donnée que le diamètre de la conduite est plus grand.

1059

Connaissant cette vitesse, le volume spécifique moyen du fluide dans la conduite et le débit en poids, on calcule aisément le diamètre. Possédant celui-ci, des abaques donnent les pertes de charge dans les conduites de tout genre.

Considérons trois cas:

vapeur à 100 atmosphères  $450^{\circ}$ ; volume spécifique  $0.031~\mathrm{m}^3/\mathrm{kg.}$ ;

vapeur à 35 atmosphères 300°; volume spécifique 0,07 m³/kg.;

vapeur à 14 atmosphères 200° (vapeur saturée); volume spécifique 0,14 m³/kg.

Supposons qu'il faille réaliser le même débit de 36 tonnes/heure ou 36000/3600=10 kg. par seconde, soit respectivement 0,31 m³/sec., 0,7 m³/sec. et 1,4 m³/sec.

Adoptons une vitesse de 30 m./seconde dans chaque cas. Les sections devront être 0,01 m²; 0,023 m² et 0,047 m² et les diamètres 11,5 cm., 17,1 cm. et 24,5 cm.

L'abaque donne une perte de charge respectivement de :

1,5 kg./cm²/100 m. de conduite rectiligne,

0,45 kg./cm²/100 m. de conduite rectiligne.

0,15 kg./cm<sup>2</sup>/100 m. de conduite rectiligne.

La perte de charge calculée sur ces bases varie entre 1 et 1,5 % de la pression de vapeur.

Les pertes de charge pour ce qui concerne les coudes, les vannes, etc., sont entre elles comme 0,35 : 0,16 : 0,075. Ainsi, pour un coude normal on aurait des pertes de charge respectives de :

0,105; 0,048; 0,0225 kg./cm<sup>2</sup>.

Ces pertes de charge se chiffreront donc toujours par un faible pourcentage de la pression à la chaudière. Supposons qu'elles atteignent 5 % de cette pression et que la perte de charge constitue une détente adiabatique sans travail donc irréversible. Nous négligeons par suite les faibles variations de volume spécifique et d'énergie cinétique qui en résultent et nous ne tenons pas compte des pertes de chaleur.

Voyons quel serait l'effet de cette perte de charge dans les cas considérés. Nous comparons donc le cycle de Rankine :

1) sans pertes de charge; 2) avec pertes de charge de 5 %.

Le diagramme de Mollier donne immédiatement la solution : la chaleur totale étant constante, l'évolution dans les conduites est représentée par une horizontale A C (voir fig. 42).

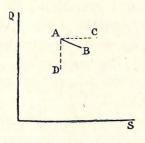


Fig. 42.

On voit ainsi qu'une faible détente adiabatique sans travail n'amène guère de différence au point de vue de la quantité de travail obtenu par kg. de vapeur : la perte est très faible. Mais cette détente concourt à augmenter faiblement, il est vrai, l'entropie du fluide et par suite la perte au condenseur. Cet accroissement d'entropie est compensé en partie par le refroidissement par les parois des conduites. En fait, sur le diagramme de Mollier, l'évolution de la vapeur dans une conduite serait représentée par une courbe AB comprise entre AC

(droite de chaleur totale constante) et AD (droite d'en tropie constante). En régime normal ces pertes sont très faibles quelles que soient les pression et surchauffe de la vapeur. Par contre, l'abaissement de température est plus notable.

#### II. - Machines réelles.

Ici nous rencontrerons des causes de pertes beaucoup plus importantes.

Considérons d'abord la détente dans les machines à piston.

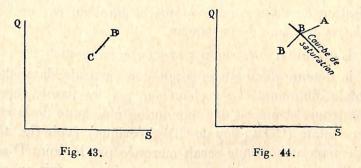
#### MACHINES A PISTON.

Sans l'effet des parois, la détente serait proche de la détente adiabatique réversible. En effet, les frottements de la vapeur sur les parois sont négligeables, vu ses faibles vitesses du piston (de l'ordre d'une dizaine de mètres par seconde au maximum). Malheureusement, les parois jouent un rôle très néfaste que l'on peut schématiser comme suit :

1° A l'admission et pendant la première partie de la détente, la vapeur est à une température supérieure à celle des parois qui vont absorber des calories au détriment de la vapeur.

Si la vapeur est saturée, un refroidissement amène fatalement une condensation de vapeur sur les parois; au contraire, si la vapeur est surchauffée, un refroidissement pourra se faire simplement au détriment des calories de surchauffe. Néanmoins, la vapeur surchauffée étant mauvaise conductrice de la chaleur, et par suite de l'absence de mouvements tourbilonnaires intenses au sein de la masse de vapeur, il pourra se faire qu'une certaine masse de celle-ci voisine des parois arrive dans

la zône saturée alors qu'au sein de la masse, la vapeur reste surchauffée. Le commencement de la détente de la vapeur se marquera donc sur le diagramme de Mollier par une courbe inclinée B.-C (voir fig. 43) vers l'origine du diagramme (diminution simultanée de la chaleur totale et de l'entropie).



Il en est de même pendant l'admission. Ici, il faut tenir compte du fait que la masse varie. Mais si l'on considère la masse totale admise, à un instant quelconque de l'admission, une partie de cette masse a subi un refroidissement et par suite, l'évolution pendant l'admission est déjà dirigée vers l'origine du diagramme de Mollier.

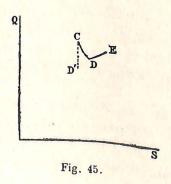
Pendant l'admission, la pression est constante et par suite, la courbe AB (voir fig. 44) sera une isobare qui pourra même devenir ABB' si une condensation se produit (il y a une inflexion au point où l'on recoupe la courbe de saturation).

En fait, les choses sont plus compliquées. Il serait plus exact de considérer deux parties de la masse; l'une ne subissant pas l'effet des parois, l'autre la subissant. On aurait alors deux diagrammes à sommer. L'allure du phénomène est toujours une évolution vers l'origine du diagramme de Mollier.

Les parois ayant reçu de la chaleur pendant l'évolution considérée ci-dessus et la détente se poursuivant, un moment arrive où les parois sont à plus haute température que la vapeur. A partir de ce moment, elles restituent de la chaleur à la vapeur; c'est ce qui se produit pendant la fin de la détente et pendant l'émission. Cette restitution de chaleur se manifeste par la revaporisation de l'eau condensée sur la paroi ou par un simple réchauffage de la vapeur.

L'évolution sera donc marquée comme suit :

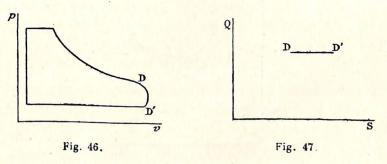
la détente adiabatique serait une verticale, la chaleur totale diminuant. Le réchauffage par les parois accroît l'entropie et amène une diminution plus lente de la chaleur totale (CD au lieu de CD' théorique) (voir fig. 45). L'émission théorique serait marquée par le point D seul si l'on ne tient pas compte de ce qui se produit au condenseur (émission dans une enceinte athermane).



En pratique, l'émission se produit avec accroissements simultanés de Q et de S : DE. On voit ainsi ce qui se produirait si la détente était poussée jusqu'à la pression du condenseur. En fait, il n'en est jamais ainsi.

La détente se poursuit au commencement de l'émission (voir diagramme d'indicateur: DD', fig. 46).

Or, cette détente s'effectuant en fin de course du piston se produit presque sans travail : elle sert à donner de la vitesse à la vapeur qui se dirige vers le condenseur, l'énergie cinétique qui en résulte étant ensuite retransformée en chaleur. C'est donc sensiblement une détente sans travail : DD' horizontale sur le diagramme de Mollier (voir fig. 47), ou même légèrement montante (réchauffage par les parois).



Le cycle sera donc représenté sur le diagramme de Mollier par la courbe ABB'CDD'E (voir figure 48). Or, le travail fourni par la vapeur serait marqué par  $Q_{\perp} - Q_{E}$  si les parois restituaient à la vapeur toute la chaleur qu'elles lui ont prise.

En réalité, le travail est moindre encore, car les parois subissent des pertes de chaleur vers l'extérieur s'il n'existe pas d'enveloppe. La chaleur ainsi éliminée vers l'extérieur ne contribue plus à fournir du travail pendant la détente. On a en effet (principe de la conservation de l'énergie) :  $Q_A - Q_E = AT + q$ ,

T étant le travail fourni par la vapeur,

A l'équivalent calorifique du travail

et q la perte de chaleur vers l'extérieur, q pouvant d'ailleurs être négatif si l'enveloppe fournit de la chaleur à la vapeur qui évolue dans le cylindre.

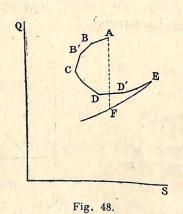
THE CHARLES

MÉMOIRE

1065

La pratique montre que Q<sub>E</sub> est beaucoup plus grand que Q<sub>E</sub> . Ceci s'explique intuitivement comme suit :

Une perte de chaleur Q donnée à haute pression amène une certaine diminution d'entropie : S<sub>1</sub>. Un réchauffage Q identique à basse pression amène un accroissement d'entropie S<sub>2</sub> beaucoup plus grand que S<sub>1</sub>.



Celà provient de l'allure des isobares sur le diagramme de Mollier; la montée de celles-ci aux hautes pressions est plus rapide qu'aux basses pressions. Donc, à une quantité de chaleur donnée correspond un accroissement d'entropie d'autant plus grand que la pression est plus basse.

Si l'on suppose que les parois restituent à la vapeur toute la chaleur que celle-ci leur a cédée, il en résultera une entropie plus grande que si aucun échange ne s'était produit.

Or, l'état final ne dépend que de la pression au condenseur et de l'entropie.

Si l'entropie finale est accrue par le fait des échanges, la chaleur finale est aussi accrue et, par suite, le travail fourni par la vapeur pendant sa détente est diminué. Ce phénomène étant dû aux échanges parois-vapeur sera d'autant plus marqué que ces échanges sont plus intenses.

Pour diminuer l'intensité de ces échanges, l'emploi de vapeur surchauffée se montre très efficace. Il convient aussi que les températures extrêmes entre lesquelles évolue la vapeur soient aussi rapprochées que possible. La température des parois étant alors toujours peu écartée de celle de la vapeur, les échanges seraient peu importants. Ceci s'opposerait aux fortes détentes dans une machine monocylindrique. Il faudrait utiliser des cylindres étagés fractionnant la détente.

Enfin on peut employer des machines à grande vitesse pour lesquelles les échanges intenses n'ont guère le temps de se produire.

Chacun de ces trois procédés possède une limite :

L'emploi de fortes surchauffes très avantageuses sous tous rapports est ici contre indiqué, car le piston devant être graissé, l'huile de graissage serait distillée; elle subirait une espèce de cracking ou une carbonisation qui annuleraient ses qualités lubrifiantes et gripperaient le cylindre à bref délai. Certaines huiles spéciales mais très coûteuses résistent bien jusqu'à la température de 350°. S'il s'agit d'une installation à haute pression, une telle surchauffe sera perdue dans les premiers cylindres et les derniers utilisant de la vapeur saturée seront fortement affectés par les échanges avec les parois.

Remarquons cependant que seul le dernier cylindre sera frappé d'une perte importante, car si les parois accroissent la perte au condenseur, elles accroissent aussi la quantité de chaleur apportée dans les cylindres successifs.

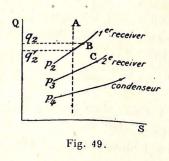
Le diagramme de Mollier le montre très bien :

la quantité de chaleur reçue par le deuxième cylindre est q<sub>2</sub> > q'<sub>2</sub> (voir. fig. 49). Le compoundage amène des pertes dues aux pertes de charge qui ont lieu entre les cylindres successifs.

Tous les cylindres sont affectés par un refroidissement par l'atmosphère.

Enfin, les phénomènes de laminage deviennent très importants aux grandes vitesses.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur les machines à piston qui sont entrées dans le domaine classique.



Leurs nombreux inconvénients:

marche lente convenant mal pour la commande des génératrices électriques,

rendement plus faible que celui des turbines pour les fortes puissances,

grand encombrement,

vibrations dues aux efforts non équilibrés

font qu'elles ne sont plus guère employées que comme réserve, ou dans les mines où la marche avec condensation est assez compliquée et où la marche lente ne présente pas d'inconvénient, ou dans les centrales de petite puissance, ou encore dans les usines demandant

à la fois de la vapeur pour force motrice et pour chauffage.

Dans ce dernier cas, les grandes pertes au condenseur des moteurs à piston sont supprimées en utilisant la vapeur rejetée pour le chauffage dans la marche à contrepression.

Remarquons cependant que la vapeur ayant subi une détente dans une machine à piston entraîne avec elle de l'huile qui est toujours gênante pour les opérations de chauffage. Il convient alors de déshuiler la vapeur.

Quoi qu'il en soit, le nombre des moteurs à piston va constamment en décroissant. Ils sont remplacés de plus en plus par les turbines.

#### TURBINES.

Dans les turbines, on ne doit étudier que le phénomène de détente.

Quel que soit le système de turbine à considérer, celle-ci comporte des aubages fixes ou des tuyères et des aubages mobiles. Par rapport à chacun de ces organes, la vapeur possède une vitesse relative. Or, un phénomène de vitesse s'accompagne toujours de phénomènes irréversibles : frottements, mouvements tourbillonnaires amortis, en un mot pertes de charge ou si l'on veut encore, détente adiabatique sans travail.

La détente réelle est donc composée d'une détente adiabatique réversible combinée avec une détente adiabatique irréversible. Par suite, la détente, au lieu d'être isentropique, est une détente à entropie croissante.

On peut s'expliquer physiquement ce fait comme suit : la vapeur au cours de sa détente ne reçoit, ni ne cède de la chaleur (en réalité, il y a toujours une légère perte vers l'extérieur). La détente adiabatique réversible laisserait sortir la vapeur d'un aubage donné avec une certaine vitesse à une pression statique déterminée. On constate que la vitesse réelle de sortie de cet aubage est inférieure à la vitesse théorique. C'est que les frottements ont donc transformé une partie de l'énergie cinétique de la vapeur en énergie calorifique.

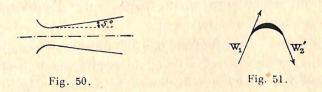
Si  $C_2$  est la vitesse théorique de sortie d'un aubage ou d'une tuyère fixe et  $c'_2$  la vitesse réelle, on pose communément :  $C'_2 = \varphi$   $C_2$ ,  $\varphi$  variant habituellement entre 0,90 et 0,97 suivant la perfection de la tuyère et suivant sa forme. On sait, en effet, que l'intérieur d'une tuyère ou d'un aubage produit moins de pertes s'il est parfaitement poli. La forme de l'aubage a aussi une grande importance à cet égard; s'il s'agit d'un aubage (1) dont l'axe est en ligne droite, les frottements seront évidemment moindres que si l'axe est courbe, car la déviation du filet fluide entraîne des mouvements tourbillonnaires de la vapeur et par suite des pertes de charge.

S'il s'agit d'une tuyère, dont l'axe est habituellement rectiligne, la partie divergente si elle existe devra avoir une ouverture assez faible (environ 10° — voir fig. 50) sinon il y aura décollement des filets fluides et chocs qui entraînent une transformation d'énergie cinétique en énergie calorifique.

Les aubages fixes et mobiles de la turbine ne peuvent jamais avoir un axe rectiligne car la vitesse à la sortie des aubes fixes n'aurait pas une direction convenable ou bien il ne s'exercerait pas de poussée motrice sur les aubages mobiles. Leur courbure obligée entraînera donc des pertes assez élevées.

Il faudra encore que les arêtes d'entrée des aubes soient aussi vives que possible pour éviter les chocs et que l'aube soit profilée de façon que son dos soit tangent à la vitesse relative d'entrée W<sub>1</sub> (voir fig. 51).

Malgré toute la perfection que l'on puisse atteindre, il existe toujours des chocs à l'entrée et des frottements à l'intérieur de l'aubage. Aussi, la vitesse à la sortie de l'aube mobile sera-t-elle non pas  $W_2$  théorique mais bien  $W_2'=\psi$   $W_1$  pour une roue d'action où théoriquement  $W_2$  serait égal à  $W_1$ .  $\psi$  varie d'ailleurs fortement avec la vitesse relative considérée. Il est d'autant plus grand que la vitesse est plus grande.



S'il s'agit d'une roue à réaction, celle-ci se comporte en partie comme roue d'action et en partie comme une tuyère dans laquelle se produit une détente.

On aura donc:

$$W_2^2 = \psi^2 W_1^2 + \varphi^2$$
. 2 g  $\int_1^2 v dp$ 

le premier terme étant relatif à la perte d'énergie cinétique dans une roue d'action et le second relatif à la perte d'énergie cinétique engendrée par la détente produite à l'intérieur d'un aubage mobile.

Il faut ensuite tenir compte des fuites aux bourrages, vers les pistons d'équilibrage, entre les aubes fixes et le tambour de la turbine, entre les aubes mobiles et l'enveloppe de la turbine.

<sup>(1)</sup> Il faut entendre ici le mot aubage dans le sens le plus large englobant aussi les tuyères. Il est en effet certain qu'une tuyère à axe rectiligne produira moins de pertes par frottements qu'une tuyère à axe courbe, toutes autres choses égales d'ailleurs.

Les fuites aux bourrages et vers les pistons d'équilibrage qui peuvent se monter à quelques % de la quantité totale de vapeur traitée constitueraient une perte sèche si on ne les recupérait pour les utiliser au réchauffage de l'eau d'alimentation.

Les fuites entre aubes et tambour ou enveloppe de la turbine sont rendues aussi faibles que possible par la diminution au strict minimum des jeux entre extrémités des aubes et tambour ou enveloppe. Ces jeux sont d'ailleurs toujours supérieurs à une certaine limite qui tient compte de l'usure des paliers et de la dilatation. Les fuites ne se présentent que si les pressions de part et d'autre de l'aubage considéré sont différentes. Donc, dans une turbine d'action, il n'y aura pas de fuites entre l'extrémité de l'aubage mobile et l'enveloppe.

Les fuites consistent en une détente sans travail avec production de vitesse, celle-ci s'accompagnant forcément de phénomènes irréversibles par frottements. Mais l'irréversibilité pourra être plus forte encore si la vitesse produite par la détente n'est pas utilisée dans un aubage subséquent.

Dans ce cas l'énergie cinétique de la vapeur se transformera en énergie calorifique avec accroissement d'entropie.

Quel que soit donc le processus des fuites, elles amènent des pertes au condenseur. Aussi, faut-il les limiter.

A cet égard, on se rend compte que les pertes relatives seront d'autant plus faibles que l'écart des pressions existant de part et d'autre de l'aubage que l'on considère est plus faible et que l'aubage aura une plus grande hauteur.

Aussi, les turbines de grande puissance traitant un fort débit de vapeur par heure auront-elles des fuites relatives moindres que les turbines qui traiteraient de la vapeur de même pression et même surchauffe mais de moindre puissance.

Les hautes pressions amènent assez aisément des fuites conséquentes, car le volume de vapeur à haute pression est beaucoup plus faible que celui de cette même vapeur détendue. Par conséquent, le pourcentage des fuites sera assez grand, les roues à haute pression étant de diamètre assez faible et ayant des aubages de faible hauteur.

Certains auteurs envisagent pour cette raison une première détente de la vapeur à haute pression dans une machine à piston échappant dans une turbine à pression moyenne. Cette solution paraît cependant peu favorable car la machine à piston pour être accouplée avec la turbine exigerait une multiplication de vitesse par engrenage.

La machine à piston de dimensions assez faibles aurait un rendement peu élevé par suite des pertes par les parois, laminage aux organes d'admission et d'émission. De plus, on ne pourrait y utiliser de la vapeur fortement surchauffée. Il faudrait au préalable désurchauffer la vapeur en perdant tout le bénéfice de la forte surchauffe

Nous verrons que l'intérêt des fortes pressions est assez faible si l'on ne peut les utiliser en même temps que les fortes surchauffes. Aussi, estimons-nous que cette solution est à rejeter et qu'il faut détendre complètement la vapeur dans les turbines.

Certains constructeurs emploient une solution plus homogène et plus avantageuse à tous points de vue. Ainsi, Brown-Boveri provoque d'emblée une forte détente dans une roue d'action, le restant de la détente se poursuivant dans des roues à réaction.

On arrive ainsi à localiser en une toute petite partie de la turbine, les organes qui doivent résister aux hautes pressions. La détente assez conséquente qui se produit dans les tuyères de la roue à action amène immédiatement la vapeur à un volume important. De cette façon, les fuites aux aubages n'auront jamais qu'une faible influence. Elles sont presque nulles dans la roue d'action et elles sont relativement petites dans les roues à réaction puisque leur volume y est très élevé; la section offerte aux fuites est presque négligeable vis-à-vis de la section des aubages et ceci d'autant plus que la pression devient plus basse.

Les roues à réaction présentent un rendement plus élevé que celles d'action car les vitesses de vapeur y sont moindres. Par contre, le nombre d'étages est plus élevé et le trajet de la vapeur plus long pour une même chute de pression; le prix de ces turbines est aussi plus élevé. Aussi, certains constructeurs s'en tiennent-ils aux turbines à action (Sté Alsacienne de constructions mécaniques, Général Electric Company, etc.). L'absence de tourbillons dans les aubages mobiles. Pour pallier à cet tion comportant une très légère détente qui amène un écoulement plus régulier.

La tendance vers les hautes puissances unitaires (diminution des fuites) entraîne encore d'autres avantages : faible encombrement; prix unitaire moindre; accroissement de la puissance massique; parfois, équilibrage autocessité des pistons d'équilibrage et les fuites qui ont toujours lieu vers ces organes.

Par contre, dans ces grosses turbines, le volume de la vapeur détendue est énorme et il faut offrir à cette vapeur un chemin offrant d'aussi faibles pertes de charge que possible vers le condenseur; sinon, le vide réalisé

à celui-ci serait mal utilisé et le rendement pourrait baisser de ce fait, la détente réelle se terminant, non pas à la pression du condenseur, mais à cette pression augmentée des pertes de charge dans les organes d'échappement. Dans ce but, on a été amené à réaliser des échappements multiples pour de grosses turbines.

La vitesse absolue de sortie du dernier aubage devra être aussi faible que possible car l'énergie cinétique de la vapeur est alors complètement perdue. Une bonne conception de la turbine satisfera à cette condition.

Enfin, il faudra diminuer autant qu'on le pourra les pertes mécaniques de la turbine : frottements de la turbine dans la vapeur; frottements aux paliers; ventilation. Ceci ne peut guère s'obtenir que par une construction soignée rendant minima les surfaces frottantes des roues ou du tambour sur la vapeur, en polissant parfaitement ces surfaces, en employant des paliers bien conçus et bien graissés. Les pertes par ventilation sont supprimées si l'injection est totale, ce qui a toujours lieu dans les turbines à réaction. La bande rivée aux extrémités des ailettes diminue les pertes par ventilation .

Le rendement organique de la turbine croît avec sa puissance. Il est plus élevé pour les turbines à réaction qui présentent peu de frottements de la vapeur sur le tambour et qui sont exemptes de pertes par ventilation.

## Effets de l'humidité.

Une trop grande humidité de la vapeur est particulièrement nuisible dans les turbines. On peut l'expliquer comme suit (voir fig. 52):

Lorsque des gouttelettes d'eau se sont formées au sein de la vapeur saturée et que cette vapeur suit une trajectoire courbe dans les aubages, les gouttelettes d'eau par toire courbe dans les aubages,

suite de leur inertie se jettent sur la face de l'aube. La vapeur léchant l'eau l'entraîne vers le bord de sortie B de l'aube. Un courant d'eau se produit donc de A vers B avec frottements. En même temps, l'eau est entrainée vers la périphérie de l'aubage par la force centrifuge.



Fig. 52.

Elle est ensuite jetée par la même force sur l'enveloppe où elle est encore entraînée par l'effet de la vapeur. Toutes ces causes agissent pour produire des frottements supplémentaires de la vapeur. De plus, le mouvement de l'eau et le choc des gouttelettes sur l'aubage amènent une usure rapide de celui-ci. Aussi, certains auteurs proposent-ils de limiter la détente théorique à 20 % d'humidité tandis que d'autres (Gleichmann) proposent de limiter la détente réelle à 8 % d'humidité. L'effet du réchauffage dû à l'irréversibilité de la détente fait que ces deux limites ne sont guère différentes l'une de l'autre.

Nous basant sur ce que nous savons de la détente réelle et sur l'effet de l'humidité, nous allons examiner en particulier l'effet des divers procédés que nous conseille la théorie pour l'augmentation du rendement.

## 1) Haute surchauffe.

L'accroissement d'entropie en cours de détente et les pertes par frottements qui en sont la cause sont faibles dans la zône surchauffée, ce qui s'explique par l'absence d'humidité sur les aubes qui s'usent peu pour la même raison pour autant que la température ne soit pas trop élevée. Dans l'état actuel de la technique, il semble qu'on puisse utiliser de la vapeur à 400° sans grands risques, avec espoir de pouvoir dépasser cette température dans un proche avenir. On atteint même déjà dans des installations d'essai des températures plus élevées au surchauffeur : jusqu'à 550°. Il faut évidemment que le surchauffeur soit placé dans des fumées à haute température ce qui exige que le débit de vapeur dans le surchauffeur soit toujours élevé si l'on ne veut pas voir celui-ci brûlé à bref délai. Les hautes surchauffes s'accommodent donc assez mal d'une marche à trop faible charge. Dans ce cas d'ailleurs, la vapeur pourrait atteindre une température élevée au point qu'il y aurait danger de détérioration des premiers aubages de la turbines.

Le trajet de la vapeur dans le surchauffeur à vitesse élevée provoque des phénomènes irréversibles (pertes de charge) qui accroissent dans une certaine mesure les pertes au condenseur. La surchauffe réelle n'est donc pas tout à fait une surchauffe isobare.

Les soupapes, vannes et autres organes de régulation doivent être construits en matériaux résistant bien aux hautes températures car celles-ci agissant en même temps qu'une pression souvent forte pourraient souder les soupapes sur leurs sièges (phénomène constaté par Spring aux hautes pressions).

La surchauffe s'accompagne d'une augmentation du volume spécifique qui permet de donner aux différentes roues de la turbine des dimensions plus fortes pour un même poids de vapeur, de même qu'aux aubages ce qui diminuera légèrement l'importance relative des fuites. Cette influence est très peu importante.

Par contre, une haute surchauffe retarde le moment où la détente se produit en zône humide et permet d'atteindre de basses pressions et même souvent d'atteindre la pression du condenseur sans arriver à une vapeur exagérément humide. Ceci est surtout avantageux lorsqu'on utilise de la vapeur à haute pression.

L'irréversibilité de la détente nuisible à d'autres égards est favorable à ce dernier point de vue : elle diminue le pourcentage d'humidité de la vapeur en fin de détente.

Les avantages des fortes surchauffes se résument donc comme suit :

augmentation du rendement théorique du cycle de Rankine;

augmentation du rendement propre des turbines (rendement rapporté à celui du cycle de Rankine correspondant);

longévité des aubages;

diminution d'importance du condenseur et de la turbine pour une puissance donnée.

Ses inconvénients sont:

l'obligation d'employer des matériaux spéciaux assez coûteux;

l'obligation de marcher à une charge pas trop faible

En cas d'allure forcée du foyer, la température de surchauffe croît si le surchauffeur est seulement soumis à la convection des fumées. Pour éviter cet inconvénient qui pourrait provoquer la brûlure des tubes, il convient de soumettre une partie du surchauffeur au rayonnement du foyer. On arrive ainsi à régulariser la température de surchauffe, mais alors, en cas de faible charge, la partie soumise au rayonnement est en danger de brûler.

Si un accroissement de charge se produit sans que l'on fasse varier l'allure du foyer, le volant d'eau inter-

vient seul pour y parer, et dans ce cas, la surchauffe diminue.

Le surchauffeur est donc un organe qui diminue la souplesse de la chaudière.

## 2) Fort vide au condenseur.

Nous avons vu dans l'étude théorique que l'on ne peut guère atteindre un vide inférieur à 0,04 atmosphère.

Plus le vide est poussé, plus la quantité d'eau à faire circuler dans le condenseur est grande et plus est élevée la puissance de la pompe de circulation; plus le travail absorbé par la pompe à vide est grand. Ce dernier point est d'ailleurs peu important car si les gaz incondensables exigent un travail plus élevé pour leur compression jusqu'à la pression atmosphérique, ils ont fourni un travail équivalent pendant leur détente dans la turbine en supposant que le rendement de la turbine et de la pompe à vide soient égaux à l'unité. On diminuera ce travail autant que possible par le dégazage de l'eau d'alimentation et par l'emploi de bons bourrages empêchant les rentrées d'air.

Un vide très poussé entraîne la présence de beaucoup d'humidité dans la vapeur. On emploiera néanmoins le vide économiquement le plus poussé et on tâchera de pallier à un excès d'humidité par une forte surchauffe initiale ou par une résurchauffe.

Nous résumons comme suit l'effet d'un accroissement du vide au condenseur :

rendement élevé, augmentation de puissance et de prix de la pompe de circulation et de la pompe à vide, augmentation de l'importance de la turbine et du condenseur. Il faudra chercher le compromis le plus économique.

## 3) Pression élevée.

Nous avons vu que, théoriquement, il y a avantage, pour une température donnée de surchauffe, à adopter la plus haute pression de la vapeur sauf pour ce qui concerne la zône anormale comprise entre les températures de surchauffe de 325 à 400° pour lesquelles le rendement maximum est atteint pour des pressions comprises entre 110 et 225 atmosphères.

Les praticiens présentent beaucoup d'objections contre les hautes pressions de vapeur. Celles-ci exercent une forte influence aussi bien sur les générateurs de vapeur que sur les turbines et sur tous les organes de la centrale.

Influence des pressions élevées sur les générateurs.

Il pourrait sembler illogique que nous ayions à revenir ici sur ce qui concerne les générateurs que nous avons examinés au chapitre I<sup>er</sup>. Dans ce chapitre, nous avons considéré seulement les moyens d'augmenter le rendement des générateurs sans nous occuper à proprement parler de leur construction qui dépend surtout de l'utili sation

La nature de la vapeur à produire n'a qu'une faible influence sur le rendement de production. C'est pour cette raison que nous devons aborder dans le présent chapitre la construction des générateurs sans avoir d'ai! leurs à revenir au rendement de ceux-ci.

Le corps de la chaudière à haute pression ne peut plus être construit en tôles rivées à partir des pressions voisines de 60 atmosphères. En effet, les rivures déforcent les tôles d'une façon très importante. Aussi, serait-on obligé alors d'employer des tôles d'une épaisseur incompatible avec l'emploi des rivets. La pression que

ceux-ci exercent sur les tôles pourrait de plus devenir insuffisante pour assurer l'étanchéité. Le cintrage de tôles de fortes épaisseurs exige de plus un matériel spécial très coûteux. Aussi, pour les pressions supérieures à 35 atmosphères, emploie-t-on couramment des corps de chaudière en acier forgé.

Ces corps proviennent d'un seul lingot pesant parfois plus de cent tonnes. Ces lingots doivent subir pendant leur forgeage, plusieurs réchauffages à une allure d'autant plus lente que leur épaisseur est plus forte (danger de surchauffe et brûlure de l'acier).

D'après Roszak et Véron, les opérations de forge sont basées sur le schéma suivant :

étirage; trépanage en vue d'éliminer le noyau contenant les inclusions, soufflures, retassures et liquations; corroyage par étampage; étirage sur mandrin. Cet étirage allonge les défauts suivant les génératrices et permet de les déceler à l'épreuve de pression. Le corps est alors tourné à la dimension voulue si les fonds sont rapportés.

Les fonds peuvent être rapportés sur un corps forgé par rivure car on sait que les rivures circulaires subissent un effort deux fois plus faible que les rivures longitudi-un effort deux fois plus faible que les rivures longitudi-un effort deux fois plus faible que les rivures longitudi-un effort deux fois plus faible que les rivures longitudi-un effort deux fonds sont alors emboutis hémisphériques ou très bombés. On peut encore rapporter les fonds ou même fabriquer toute une chaudière en utilisant les assemblages par soudure pour des pressions allant jus-qu'à 100 kg./cm². Enfin, les fonds peuvent être eux-qu'à 100 kg./cm² avec le corps cylindrique.

L'épaisseur des fonds est plus forte que celle du corps et leur forme est souvent hémisphérique ou celle d'un goulot de bouteille. Ces formes résistent bien aux hautes pressions et permettent de réaliser facilement les trous d'homme. Le corps est ensuite recuit pour détruire les tensions internes et s'opposer au vieillissement, percé pour les prises de vapeur, appareils de sécurité, tubes d'eau qui sont rivés ou mandrinés sur le corps. Il convient d'être excessivement prudent dans la construction de ces corps à haute pression. Aussi, l'association des propriétaires allemands a-t-elle prescrit des essais assez sévères.

Ces corps à haute pression peuvent atteindre des épaisseurs supérieures à 100 mm. (centrale de Weymouth) pour des diamètres intérieurs ne dépassant guère 1 mètre. Il va sans dire que l'adoption de diamètres beaucoup supérieurs à ces dimensions serait incompatible avec la sécurité. Leur prix deviendrait d'ailleurs exorbitant. Aussi, faut-il se limiter à des diamètres assez faibles, fût-on même obligé de recourir à de fortes longueurs pour obtenir le volant d'eau indispensable.

Il faut tenir compte de plus de la nécessité de déforcer le corps pour la jonction aux tubes d'eau. Ceux-ci sont d'une construction beaucoup plus aisée vu leur diamètre beaucoup moindre. Leur épaisseur sera beaucoup plus faible, ce qui est très heureux, car en fortes épaisseurs il leur serait impossible de résister à l'action de la chaleur du foyer.

Encore faut-il épurer l'eau d'alimentation d'une façon parfaite pour éviter les incrustations.

Les garnitures et les tuyauteries doivent être étudiées spécialement pour résister aux hautes pressions et aux hautes températures qui les accompagnent. On est amené dans cette voie à des résultats satisfaisants par l'emploi de métaux spéciaux (monel, acier stainless), verres spéciaux (pour niveaux d'eau) et par une construction prudente et soignée. Les joints demandent des précautions spéciales.

On a proposé de nombreux systèmes de chaudières à haute pression en vue de diminuer autant que possible le volume des réservoirs à haute pression.

On doit rechercher en même temps qu'un prix très bas, un volant d'eau élevé (souplesse), une circulation suffisante de l'eau pour obtenir une bonne vaporisation.

Or, la circulation naturelle et la séparation de l'eau et de la vapeur deviennent de plus en plus malaisées à mesure que la pression croît. Celà tient en grande partie au fait que la densité de la vapeur se rapproche de plus en plus de celle de l'eau.

Roszak et Véron admettent que la circulation naturelle et la vaporisation ordinaire suffisent jusqu'à 110 kg./cm² et qu'au delà, on doit recourir à des artifices

pour y pourvoir.

Si l'on veut conserver un fort volant d'eau avec une grande souplesse, il est nécessaire d'utiliser plusieurs réservoirs habituellement protégés contre le contact des fumées qui, comme nous l'avons vu, nuirait fortement à la résistance des corps de forte épaisseur. Cette solution est trop coûteuse (chaudières Schmidt, Stein muller, Borsig, Walter, Yarrow).

Aussi convient-il de réserver les hautes pressions pour une marche à puissance peu variable en donnant à la chaudière la souplesse la plus élevée que l'on puisse atteindre avec un seul réservoir à haute pression.

Les hautes pressions conviennent alors particulièrement bien pour desservir les unités de base dans de grandes centrales.

Aussi a-t-on adapté des chaudières Babcock et Wilcox cross-type à la production de vapeur à haute pression. La souplesse est obtenue dans une certaine mesure par variation du tirage. Le charbon pulvérisé confère d'ailleurs aux foyers une souplesse assez grande comme nous

1083

l'avons vu. Il permet de plus d'utiliser des tubes d'eau et même des tubes de surchauffe soumis au rayonnement.

Roszak et Véron ont prouvé qu'il serait intéressant pour obtenir une surchauffe régulière, en dépit des variations d'allure de la chaudière, d'employer un surchauffeur chauffé en partie par rayonnement et en partie par convection.

D'autres chaudières ont été construites en vue d'éviter les réservoirs à fortes épaisseurs. A cet effet, on a adopté des petits corps cylindriques de faible épaisseur raccordés chacun à un petit nombre de tubes vaporisateurs (chaudières Duquenne à tubes verticaux).

Toutes les chaudières ci-dessus sont suffisantes pour autant que la circulation de l'eau et la séparation de la vapeur puissent se faire naturellement dans les tubes de vaporisation. Lorsque la pression devient trop élevée, il faut recourir à des artifices tels que ceux qui sont employés dans les chaudières Atmos, Löffler ,Brown-Boveri et Benson.

## 1) Chaudière Atmos.

La chaudière Atmos comporte des tubes vaporisateurs animés d'un mouvement rapide de rotation (300 à 375 tours par minute).

L'eau est foulée à une extrémité de ces tubes en quantité insuffisante pour les remplir et elle est entraînée en rotation avec le tube par des ailettes dont celui-ci est pourvu. L'eau est alors appliquée contre les parois par la force centrifuge et les bulles de vapeur moins dense que l'eau se dégagent au centre du tube où la vapeur est recueillie pour passer au surchauffeur.

Le coefficient de convection paroi-eau étant très bon

en l'absence du mouvement de rotation des tubes, la vaporisation n'est guère améliorée par ce mouvement des tubes. Par contre, les suies sont éliminées par le mouvement de rotation et la transmission de chaleur est améliorée de ce fait.

La vaporisation par unité de surface ne sera donc guère différente de celle de tubes fixes bien entretenus.

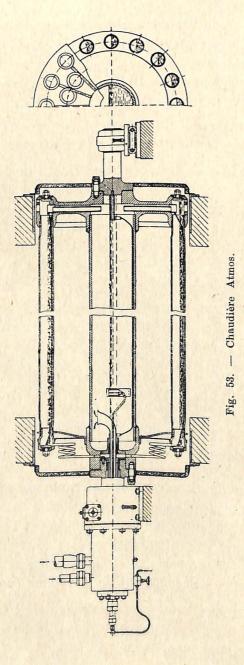
De plus, l'intérêt de ces tubes rotors diminue lorsque la pression croît, car la densité de la vapeur se rapproche de plus en plus de celle de l'eau et le mouvement de rotation perd tout intérêt sous la pression critique. La vitesse de rotation devra être d'autant plus forte que la pression sera plus élevée pour permettre le dégagement de la vapeur.

La rotation des tubes nécessite des mécanismes coûteux, des joints compliqués, une consommation d'énergie non négligeable. De plus, le prix d'une telle chaudière doit être très élevé.

Cette chaudière ne paraît pas devoir être avantageuse sous cette forme.

D'après une communication de M. Ehlinger au congrès international de mécanique générale (Liége 1930), une autre chaudière Atmos (construite par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques serait constituée de rotors plus compliqués tournant à 20 tours par minute. L'eau n'y est plus collée contre les parois par la force centrifuge, mais elle s'établit à un certain niveau dans chacun des tubes laissant ainsi une grande surface pour le dégagement de la vapeur (voir fig. 53).

Les nouveaux rotors sont certainement beaucoup plus avantageux que les anciens quoique leur construction soit plus compliquée.



En effet, les anciens rotors étaient constitués d'un seul gros tube de 25 à 35 centimètres de diamètre soumis à une haute pression et à une température élevée. On était donc forcé de leur donner une forte épaisseur et la température de ces rotors au contact des fumées devait être très élevée.

Au contraire, les nouveaux rotors en cage d'écureuil portent à leur périphérie une série de tubes de petit diamètre et de faible épaisseur résistant bien aux températures élevées et donnant au rotor une forte surface de chauffe.

Les gaz avant d'arriver au contact du gros tube central sont notablement refroidis par les petits tubes périphériques qui en outre le protègent contre le rayonnement.

Le gros tube central se trouve donc dans des conditions de résistance beaucoup meilleures que dans les anciens rotors. La surface de chauffe est énormément plus grande et le volume d'eau probablement plus élevé, ce qui contribuerait à donner de la souplesse à la chaudière.

Le taux de vaporisation très élevé (300 kg./m²/h) ne présente rien d'extraordinaire. L'eau réchauffée dans un économiseur entre dans le rotor à une température très proche de sa température d'ébullition et par suite, le rotor ne doit fournir à l'eau que sa chaleur de vaporisation qui est d'autant plus faible que la pression est plus élevée. Les tubmurs placés dans les mêmes conditions donnent des taux de vaporisation du même ordre de grandeur.

Le taux de vaporisation très élevé exige une épuration parfaite ou bien l'élimination du tartre à l'intérieur des tubes, ce qui se réalise automatiquement par des chaînes

de râclage et une purge continue. Il va sans dire que le frottement des chaînes amène une certaine consommation d'énergie, l'usure des chaînes et aussi celle des tubes rotors. L'absence du tartre permet l'attaque des tubes par le gaz si le dégazage n'est pas parfait.

La vitesse de rotation assez faible permet un certain dépôt de suies que l'on peut éliminer par soufflage.

On explique l'avantage de la forme des rotors sur les tubes de vaporisation fixes par le moindre travail mécanique de l'acier qui les constitue (température uniforme des parois successivement exposées au rayonnement, liberté de dilatation).

Des tubmurs fixes donnent cependant d'excellents résultats sans aucun ennui.

Si la chaudière Atmos proprement dite est moins coûteuse qu'une chaudière normale par suite de la fabrication en série des rotors et de la forme simple du casing, les appareils de récupération (économiseurs, réchauffairs) y sont beaucoup plus importants, car la surface de vaporisation n'absorbe qu'une faible partie du pouvoir calorifique du charbon.

Pour permettre un bon dégagement de la vapeur, il faut absolument empêcher le niveau de l'eau de s'élever au-delà de certaines limites; le bon refroidissement des tubes et surtout du tube central exige que le niveau de l'eau ne puisse descendre trop bas.

La chaudière Atmos est munie d'un dispositif très ingénieux de régulateur du niveau d'eau.

La puissance absorbée par rotor de 15 tonnes à l'heure ne serait pas supérieure à un cheval, ce qui est très faible.

Cette chaudière pourrait donc être avantageuse pour des pressions variant de 100 à 130 kg./cm². Pour les

pressions inférieures à ces limites, les chaudières tubulaires ont nos préférences.

## 2) Chaudière Löffler.

La chaudière Löffler ne comporte comme surface de chauffe qu'un simple surchauffeur à haute pression.

La vapeur surchauffée en provenant est utilisée en partie pour vaporiser un poids d'eau égal au poids de l'autre partie, celle-ci étant utilisée pour la production de force motrice (voir fig. 54).

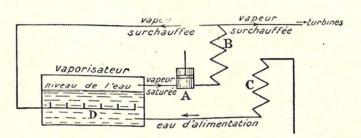


Fig. 54. — Chaudière Löffler.

A = pompe de circulation de vapeur.

B = surchauffeur.

C = économiseur ou réchauffeur d'eau d'alimentation.

D = tuyères à vapeur surchauffée.

La seule capacité est constituée par le vaporisateur qui consiste en un réservoir contenant de l'eau dans laquelle débouchent des tuyères alimentées en vapeur surchauffée.

De la vapeur saturée se dégage du vaporisateur, elle est comprimée par une pompe qui la refoule au surchauffeur. Cette pompe compense les pertes de charge dans le surchauffeur, la conduite de vapeur surchauffée du vaporisateur et celles des tuyères.

On évite ainsi la nécessité de réservoirs à haute pression d'autant plus coûteux qu'ils sont percés et on éli-

mine la difficulté du dégagement de la vapeur dans des tubes de petit diamètre.

La quantité de vapeur devant faire retour au vaporisateur est d'autant plus faible que la pression est plus élevée. En effet, la chaleur de surchauffe sert à fournir au poids de l'eau utilisée dans les turbines sa chaleur de vaporisation et celle-ci est d'autant moindre que la pression est plus haute.

L'alimentation peut se faire en eau impure, les dépôts ne servant qu'à calorifuger le yaporisateur.

Tous les éléments se trouvant dans le foyer sont constitués de petits tubes peu coûteux.

La pompe de circulation de vapeur absorbe une puissance d'autant plus faible que la pression est plus élevée : moindres dimensions de la pompe, vitesses moins grandes de la vapeur dans les conduites (moindre volume spécifique, moindre quantité de vapeur à faire circuler).

Cette chaudière exige un appareillage de sécurité assez coûteux. Elle présente les inconvénients suivants: on doit y surchauffer un poids de vapeur d'autant plus élevé que la pression est plus basse et, dans tous les cas, un poids beaucoup plus élevé que celui qu'il est nécessaire de surchauffer dans une installation normale. Or le taux de transmission de chaleur gaz-vapeur surchauffée est faible; aussi faudra-t-il une très grande surface de surchauffeur qui sera détruite si la pompe de circulation de vapeur vient à s'arrêter. Cette pompe absorbe d'ailleurs une puissance assez élevée, ce qui diminue dans une forte mesure le surcroît de rendement que l'on poursui-vait par les fortes pressions. Si l'on arrivait avec cette la chaudière à la pression critique, elle se confondrait avec la chaudière Benson. En effet, le vaporisateur n'aurait

plus de raison d'exister et l'installation consisterait en un économiseur placé en série avec un surchauffeur.

### 3) Chaudière Brown-Boveri

La chaudière Brown-Boveri utilise encore la vapeur surchauffée pour provoquer la vaporisation mais sans devoir recourir à la pompe de circulation comme la chaudière Löffler. Cette chaudière est conçue comme suit (voir fig. 55):

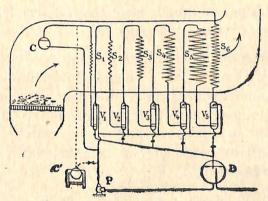


Fig. 55. — Chaudière Brown-Boveri.

Un petit corps de chaudière à haute pression fournit un poids de vapeur saturée égal à environ les 5 % du poids de vapeur que l'on veut produire. Cette vapeur est surchauffée; puis elle passe dans un saturateur qui produit un poids de vapeur saturée beaucoup plus élevé, mais à une pression un peu plus basse que celle de la vapeur initiale puisque le surchauffeur est le siège de pertes de charge.

Cette vapeur saturée est surchauffée pour passer à nouveau dans un saturateur et ainsi de suite jusqu'au dernier saturateur après lequel la vapeur est surchauffée et utilisée.

Le poids de vapeur croît après chacun des saturateurs qui doivent être alimentés en eau réchauffée. Une seule pompe suffit pour l'alimentation des divers saturateurs et l'eau qu'on y envoie peut être impure sans inconvénient.

Le volume de vapeur à faire circuler est beaucoup moins grand que dans la chaudière Löffler, la pompe de circulation est supprimée.

Cette chaudière nouvelle paraît être plus avantageuse et surtout plus sure que la chaudière Löffler dont la vie dépend de la pompe de circulation.

Le petit corps de chaudière à haute pression ne sera pas coûteux vu son faible volume; les saturateurs sont de faibles dimensions. Leur poids d'eau contribue à donner une certaine souplesse à cette chaudière qui malgré tout sera d'un prix assez élevé vu ses grandes surfaces de surchauffeur, ses nombreux saturateurs et les tuyères qu'elles contiennent.

Pour éviter la petite chaudière à haute pression, on peut prendre un poids de vapeur correspondant, à une pression quelconque, cette valeur provenant d'une autre chaudière. On comprime alors cette vapeur dans une pompe de circulation analogue à celle des chaudières Löffler mais de dimensions beaucoup plus faibles. La vapeur ainsi comprimée passe alors dans le premier surchauffeur puis dans le premier saturateur et ainsi de suite.

La chaudière Brown-Boveri ainsi que la chaudière Löffler exigent des appareils de récupération très développés car les fumées quittent les surchauffeurs à des températures très élevées. 4) Chaudière Benson (voir fig. 56).

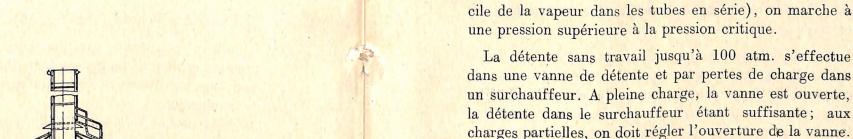
Celle-ci construite par Siemens fonctionne sous la pression critique. Une pompe foule l'eau sous cette pression dans des tubes en série qui garnissent la chambre de combustion.

L'eau s'échauffe graduellement dans ces tubes jusqu'à la température critique où elle se vaporise sans ébullition, puis elle est surchauffée. La pression élevée ne constitue pas un grand danger puisqu'il n'existe aucun réservoir et que la masse d'eau en circuit est très faible.

Il va sans dire que le travail de la pompe d'alimentation n'est plus négligeable. De plus dans l'état actuel des turbines, on ne peut pas utiliser la vapeur sous la pression critique (zone humide atteinte trop tôt, fuites trop importantes).

Aussi est-on obligé de lui faire subir une détente préalable sans travail jusqu'à 100 à 150 atmosphères, ce qui abaisse sa température. Or, le travail de la pompe alimentaire serait beaucoup moindre à 100 atm. qu'à 225 atm., pression pour laquelle l'énergie consommée sera au moins égale à 5 % de l'énergie produite tandis qu'elle ne serait qu'environ 2 % de cette énergie à 100 atmosphères. De plus, on ne disposera d'aucun volant d'eau et la pompe alimentaire à la pression critique ne pourra avoir que très peu de souplesse.

Les fumées sortant très chaudes de la chaudière proprement dite servent d'abord à surchauffer la vapeur, puis à la resurchauffer après sa détente sans travail et enfin à réchauffer l'air de combustion. Il n'y a pas d'économiseur, la chaudière proprement dite n'étant autre qu'un économiseur puisque la vapeur à la pression critique n'a pas de chaleur de vaporisation. Pour être certain qu'il n'y aura pas d'ébullition (dégagement diffi-



Conclusion à propos des chaudières.

En résumé, les divers types nouveaux de chaudières ne paraissent convenir que pour des pressions très élevées. Leur surface de chauffe et leur prix seront aussi fort élevés. Les auxiliaires absorbent une puissance importante : mouvement des rotors de la chaudière Atmos, pompe de circulation de vapeur de la chaudière Löffler, pompe d'alimentation d'eau de ces diverses chaudières mais surtout de la chaudière Benson.

Les échanges sont ralentis par le fait de la température élevée du fluide à chauffer et de sa nature (surchauffeurs Löffler et Brown-Boveri surtout). Des organes de récupération importants s'imposent.

La disposition en série des tuyauteries dans les chaudières Löffler, Brown-Boveri et Benson entraînent de fortes pertes de charge qui doivent être compensées par les pompes, totalement pour les chaudières Löffler et Benson, en partie seulement pour les chaudières Brown-Boveri.

Les tubes sont difficiles à nettoyer (Benson, Atmos), à remplacer et à démonter. Ces tubes soumis à des hautes pressions sous températures élevées sont dans des conditions très dures de sollicitation mécanique, ce qui exigera

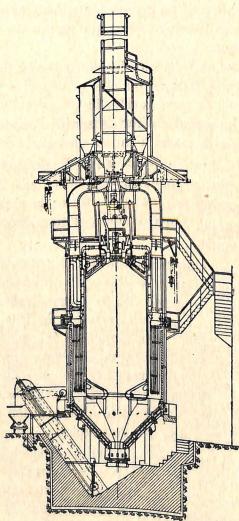


Fig. 56. — Chaudière Benson

sans doute fréquemment l'emploi d'aciers spéciaux ou calorisés et le remplacement de tubes.

Ces chaudières manquent de souplesse vu leur faible volant d'eau. On ne peut compter à cet égard que sur la souplesse du foyer et des pompes. La chaudière Löffler exige une chaudière auxiliaire pour la mise en marche, les chaudières Atmos et Benson nécessitent une épuration et un dégazage parfaits de l'eau (sauf la nouvelle chaudière Atmos à chaînes de râclage).

Tous ces inconvénients s'accumulant semblent établir que l'on devra abandonner toutes ces solutions particulières sauf peut-être la chaudière Brown-Boveri et la chaudière Benson qui semblent être moins coûteuses que les deux autres et plus sûres de fonctionnement.

Cependant, chaque fois qu'on le pourra (en dessous de 110 kg./cm²), on devra se borner à employer les anciens types à circulation naturelle adaptés pour les hautes pressions, avec un seul réservoir. On pourra aller ainsi jusqu'aux pressions d'environ 100 à 110 kg./cm². Avec ces anciens types, on obtiendra une plus grande souplesse, une sécurité de marche plus grande, des sollicitations mécaniques moins fortes, une moindre puissance des auxiliaires.

Le rendement sera peu différent de celui qu'on obtien drait sous la pression critique pour une même température de surchauffe.

On trouvera dans l'ouvrage cité de Roszak et Véron d'utiles indications quant à la répartition de la surface de chauffe entre les divers organes d'une chaudière (tubes de vaporisation, surchauffeur, économiseur, réchauffair) en fonction de la pression et de la surchauffe.

Influence des pressions élevées sur l'utilisation de la vapeur.

Un inconvénient qui se présente immédiatement à l'esprit est le fait que malgré les hautes surchauffes, la détente atteint rapidement la zone de la vapeur saturée. Le taux d'humidité est d'autant plus élevé que la pression initiale est plus forte. Il pourra même se produire souvent que le titre de la vapeur devienne trop bas et que l'on soit obligé de resurchauffer la vapeur avant qu'elle atteigne la zone de saturation. Dans ce cas cependant, il ne faudra plus étudier séparément les effets des hautes pressions et des resurchauffes sur le rendement, mais bien leur effet simultané puisque ces deux procédés sont forcément employés en même temps.

Nous devrons donc d'abord augmenter la pression d'un cycle sans qu'il soit nécessaire de resurchauffer; puis, suivant les indications de la théorie, nous pourrons encore élever la pression, mais alors la pratique nous forcera à resurchauffer la vapeur. Nous devrons encore chercher quelles sont les meilleures conditions pour la resurchauffe. C'est ce que nous étudierons sous la rubrique « Resurchauffe ».

La vapeur à haute pression étant très dense, le corps de turbine à haute pression sera de faibles dimensions, ce qui lui permettra de résister à des pressions et des surchauffes élevées même pour de fortes puissances. Il en serait de même pour le premier cylindre d'une machine alternative compound.

Afin d'éviter des pertes trop conséquentes dues à la présence d'eau dans les derniers aubages, on cherche à la séparer et à l'extraire par draînage vers les réchauffeurs aux points des prélèvements de vapeur.

L'accroissement du rendement dû à l'élévation de la

pression permet d'utiliser souvent un moindre poids de vapeur pour une puissance et une surchauffe données.

Ce poids sera encore fortement diminué dans les roues à basse pression si l'on effectue un ou plusieurs prélèvements. Ce fait permettra de réaliser des puissances très élevées sans devoir recourir à des ailettes de hauteur exagérée dans les roues à basse pression ou à des roues doubles à basse pression. On arrivera aussi grâce à ces procédés à obtenir et à utiliser avantageusement un bon vide au condenseur ou bien à augmenter la puissance unitaire en recourant alors à des ailettes à basse pression de hauteur maxima admissible. Les turbines seront d'autant mieux à l'abri des variations de température et des dilatations qui en proviennent que la pression sera plus élevée. En effet, ce qui varie surtout avec la charge d'une turbine, c'est la température de la vapeur en zone surchauffée. La température en zone saturée varie très peu avec la charge. Or, la longueur de la détente en zone surchauffée pour une température donnée de surchauffe initiale est relativement d'autant moindre que la pression est plus élevée. Ainsi de la vapeur à 100 atm. 500° atteint déjà la zone saturée à 10 atm. (175°), tandis que la vapeur à 20 atm. 500° atteint la zone saturée à 0,8 atm. 95°.

Les variations de température de surchauffe affecteront donc une partie beaucoup plus grande de la turbine à basse pression que pour celle à haute pression.

Nous savons que l'humidité en fin de détente a pour effet d'accroître les frottements et de diminuer fortement le rendement propre des machines. Aussi, pour une surchauffe initiale fixe, le rendement interne sera d'autant plus bas que la pression initiale est plus élevée. Les prélèvements diminuant la quantité de vapeur affectée par les pertes dues à l'humidité accroîtront donc le rende-

ment interne, de même qu'une forte surchauffe initiale et qu'une resurchauffe.

Ces deux derniers procédés retardant l'entrée de la vapeur en zone saturée diminuent le champ réservé aux prélèvements. Il faudra donc rechercher la solution qui donne, non pas le rendement interne le plus élevé, mais bien celle qui donne le rendement global le plus élevé. Or, celui-ci est égal au rendement du cycle théorique multiplié par le rendement propre des machines, celui-ci étant d'ailleurs égal au produit du rendement interne par le rendement mécanique ou organique de la machine.

Nous avons vu dans l'étude théorique quelles étaient les conditions à réaliser pour obtenir un cycle théorique de rendement maximum. Nous venons de constater que le rendement interne baisse quand la pression augmente.

Le rendement mécanique ou organique est affecté par des facteurs de sens divers: pour une puissance et une surchauffe données, le poids de vapeur est d'autant moindre que la pression est plus élevée. Il n'en résulte pas que le poids du rotor soit moindre, car aupoids de la partie à basse pression, il faut ajouter celui de la partie à haute pression. Il en résultera habituellement un accroissement du poids du rotor, d'où un accroissement de la puissance absorbée par les paliers.

Le tambour plus long provoquera de plus fortes pertes par frottements sur la vapeur. Il en sera de même si une roue d'action est soumise au frottement de vapeur plus dense. Les frottements par ventilation seront moindres (diamètre et vitesse périphérique moindres pour la haute pression).

Le poids de vapeur à faire évoluer pour obtenir une puissance donnée ne décroît d'ailleurs lorsque la pression croît que dans certaines limites. En dehors de ces limites, le contraire pourra se produire.

Tenant compte de tous ces éléments, Hirshfeld et Ellenwood ont pu montrer que le rendement propre des turbines diminue lorsque la pression augmente.

Il en résultera un rendement global de la machine ou rendement sur l'arbre (rendement propre multiplié par le rendement théorique du cycle) atteignant un maximum pour une certaine pression.

Ce rendement maximum dépend des modifications apportées au cycle de Rankine (prélèvements, resurchauffes). Certains exemples traités montrent que ce rendement maximum croît si l'on effectue des resurchauffes et des prélèvements et que la pression optima varie pour ces cycles perfectionnés entre 50 et 120 atmosphères.

La puissance de l'unité considérée a évidemment aussi une influence à cet égard puisque le rendement propre d'une machine croît avec sa puissance.

Suivant la perfection du cycle utilisé, on devra donc, pour obtenir le rendement maximum sur l'arbre, admettre une pression que l'on classe parmi les hautes pressions (au-dessus de 30 kg./cm²).

## 4) Fluides à faible chaleur spécifique.

De tels fluides ne sont pas encore connus à présent.

On ne peut qu'inciter physiciens et chimistes à les

## 5) Cycles superposés.

Parmi ces cycles, le seul qui soit utilisé industriellement est le cycle mercure-eau. L'étude théorique montre que ce cycle donne un rendement très élevé. Malheureusement, ce procédé se heurte à des difficultés pratiques presqu'insurmontables.

Tout d'abord, le prix du mercure, déjà très élevé pourrait devenir rapidement inabordable si quelques centrales à mercure venaient encore à se créér.

Ensuite, le mercure jouissant sous certains rapports de grands avantages au point de vue physique (c et C<sub>P</sub> très faibles) présente des inconvénients au même point de vue, sous d'autres rapports.

Il se prête assez mal à la transmission de la chaleur par convection pour plusieurs raisons dont les plus importantes sont certainement sa densité élevée et le fait qu'il ne mouille probablement pas les parois des tubes de vaporisation.

Le phénomène de convection peut se schématiser comme suit : la chaleur traversant le tube vaporisateur se transmet par conductibilité au film liquide qui adhère au tube. Ce film mauvais conducteur de la chaleur est soumis à des tourbillons en cas de circulation rapide et il échauffe la masse par mélange ou, en cas de circulation lente, surtout par conductibilité. La transmission est particulièrement rapide dans le cas de mouvements tourbillonnaires.

L'échauffement du mercure est probablement moins facile que celui de l'eau par suite de l'absence de ce film. Ce fait ainsi que la forte densité du mercure expliquent sans doute sa mauvaise circulation et l'échauffement des tubes vaporisateurs. Pour provoquer la circulation, on utilise des tubes concentriques spéciaux très coûteux (voir fig. 57).

Le tube de descente du mercure A se trouve au centre. Un tube concentrique B est séparé de A par un gaz mauvais conducteur de la chaleur. Ce gaz s'oppose au réchauffage et à la vaporisation du mercure pendant sa descente dans le tube A. Enfin, le tube vaporisateur C est en contact extérieur avec les gaz de la combustion.

Le mercure et sa vapeur s'opposent à l'emploi de certains métaux.

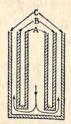


Fig. 57.
Coupe diamétrale schématique d'un tube vaporisateur à mercure.

La vapeur du mercure étant beaucoup plus dense que celle de l'eau, une détente correspondant à une chute calorifique donnée ne produit qu'une vitesse beaucoup moindre. Ceci oblige à employer des turbines tournant à un nombre de tours inférieur à 1.000.

La moindre vitesse de la vapeur n'entraîne pas nécessairement un meilleur rendement interne, les pertes par frottements croissant avec la densité de la vapeur.

Il faut absolument limiter les fuites de vapeur en employant des bourrages spéciaux coûteux et cela pour deux raisons : parce que le mercure perdu doit être remplace au prix d'une dépense élevée et parce que les vapeurs de mercure sont toxiques.

Les fuites ne peuvent se produire que pendant la détente au-dessus de la pression atmosphérique. Elles sont décelées par des indicateurs au sélénium.

Il faut encore s'opposer absolument aux rentrées d'air pendant la détente en-dessous de la pression atmosphérique, car les vapeurs de mercure sont très oxydables, d'où des pertes de mercure et des obstructions dans les conduites.

Le mercure étant détendu est condensé dans un condenseur servant de vaporisateur d'eau sous pression.

Nous avons déjà vu qu'un kilogramme d'eau pouvait condenser environ 10 kg. de vapeur de mercure. Le mercure condensé peut retourner à la chaudière à mercure par simple gravité si la pression n'est pas trop élevée. Le restant de l'installation est une installation motrice à vapeur d'eau comprenant : surchauffeur, turbine à basse pression, condenseur et réchauffeur d'eau d'alimentation par soutirages.

La présence du mercure complique donc fortement l'installation et en augmente considérablement le prix.

On ne peut aspirer à obtenir une chaudière à fort volant de mercure vu le prix de celui-ci. Toute la souplesse devra donc provenir du volant d'eau constitué par le condenseur à mercure.

Pour toutes les raisons ci-dessus: mauvaise aptitude à fixer la chaleur, hautes températures des fumées, coût trop élevé des installations et du mercure, danger d'intoxication, etc., les centrales au mercure ne peuvent entrer dans la pratique courante.

Une installation a cependant donné un excellent rendement à South Meadow et une nouvelle installation plus puissante a été créée à Shenectady.

Le mercure présente quelques avantages d'ordre secondaire : il ne contient pas d'impureté; il ne demande pas de pompe d'extraction.

## 6) Resurchauffes.

Nous avons déjà vu que si l'on part de vapeur à très haute pression, la teneur excessive d'humidité de cette vapeur en fin de détente exige, par crainte d'une usure

1103

trop rapide des aubages, que l'on effectue une ou plusieurs resurchauffes.

La resurchauffe considérée seule amène parfois un accroissement de rendement théorique. Elle amène toujours un accroissement du rendement interne de la turbine et même, peut-on dire, du rendement mécanique.

Il en résultera presque toujours un accroissement du rendement sur l'arbre.

Mais on ne doit pas considérer ainsi la resurchauffe en elle-même, car, habituellement, on n'utilisera la resurchauffe que si elle est indispensable, c'est-à-dire conjointement avec les hautes pressions, surtout si celles-ci ne s'accompagnent pas d'une surchauffe initiale.

Ainsi, supposons qu'on utilise de la vapeur à 100 atm. 400°. Une détente adiabatique réversible recouperait la courbe de saturation à 27,5 atm. 230° et, au condenseur à 0,04 atm., le titre serait 0,71.

Si même la turbine n'avait qu'un rendement interne de 70 %, le réchauffage dû à l'irréversibilité et aux frottements serait de :

 $0.3 \times 292 = 87.6$  calories,

soit une chaleur totale à l'émission de :

446 + 87.6 = 533.6 calories

ce qui correspond au titre réel de 0,87.

Ce titre est encore insuffisant si l'on suit le conseil de Gleichmann de ne pas tolérer plus de 8 % d'humidité.

Si l'on partait de vapeur à 100 atm. 450° le résultat pratique pour le même rendement serait un titre de 0,945, titre suffisant.

Chaque fois donc que l'on pourra atteindre 500° de surchauffe à l'admission de la turbine, il ne sera pas indispensable de resurchauffer.

Aux charges partielles, la surchauffe sera moins élevée mais la détente sans travail qui se produira à l'admission augmentera le titre à la fin de la détente.

Mais jusqu'à présent, on n'utilise de telles surchauffes que dans des installations d'essai et, en général, on se tient encore en-dessous de 400° de surchauffe.

En Europe, on cherche à éviter les resurchauffes. Aussi pour une surchauffe initiale donnée limite-t-on la pression à une valeur telle que le pourcentage d'humidité ne soit pas excessif en fin de détente.

En Amérique au contraire, plusieurs grosses centrales utilisent la resurchauffe.

Celle-ci présente plusieurs inconvénients en pratique.

Elle exige une installation de resurchauffe qui se trouve soit dans la centrale de chauffe, soit dans la salle des turbines:

1° Dans le premier cas, les conduites de vapeur à resurchauffer et de vapeur resurchauffée sont très longues et elles créent des pertes de charge qu'il faut ajouter à celles du resurchauffeur proprement dit. Ces pertes de charge peuvent dans ce cas atteindre une valeur assez élevée.

Il faut encore tenir compte des pertes de chaleur dans ces conduites. Lors des variations de charge de la turbine, la resurchauffe variera et, si la charge devient trop faible, les tubes du resurchauffeur pourraient même être brûlés.

Ce resurchauffeur ne peut utiliser que des fumées à haute température et son rendement serait très faible si une chaudière ne lui était adjointe.

Cette chaudière conduite pour donner une resurchauffe constante subira le contre-coup des variations de charge de la turbine et elle aura un mauvais rendement.

1105

D'après le même constructeur, la resurchauffe par la vapeur vive ne pourrait donner qu'un bénéfice de 1 à 1,6 %.

MÉMOIRE

Il nous paraît que la resurchauffe pratiquée à Mannheim doive donner un bénéfice plus élevé. Dans cette centrale, la vapeur est produite à 100 atm. 460°. La vapeur détendue à 19,5 kg. 250° est resurchauffée par de la vapeur vive qui se condense. On arrive ainsi à 300°. Cette vapeur partiellement resurchauffée passe alors dans un deuxième resurchauffeur où elle est portée à 360° par toute la vapeur vive qui se refroidit de 460 à 430°, température d'admission à la turbine.

On admet que le surchauffeur se comporte bien jusqu'à une température de 460° mais on préfère n'admettre la vapeur à la turbine qu'à une température plus basse.

Quoi qu'il en soit, on limitera la resurchauffe de façon que la vapeur soit légèrement humide en fin de détente. La resurchauffe ainsi conçue restreint le champ favo-

rable aux soutirages. Aussi constate-t-on presque partout en Amérique que les économiseurs sont conservés en série avec des réchauffeurs par vapeur soutirée. La présence des économiseurs limite alors le réchauffage de l'air de combustion, celle-ci s'effectuant souvent sur grille mécanique (Philo, Crawford, Weymouth).

Ainsi, on se trouve dans la situation suivante: ou bien compliquer fortement l'installation pour réaliser une resurchauffe notable dans les fumées avec un bénéfice important, ou bien compliquer l'installation d'une façon moindre, mais obtenir un bénéfice faible par resurchauffe à la vapeur vive; dans tous les cas, voir restreindre le champ d'application des soutirages.

Par crainte de ces inconvénients, on n'applique guère la resurchauffe en Europe, mais, à défaut de resurchauffe, on applique le réchauffage de l'eau d'alimenta-

De plus, si à un moment donné, l'admission de vapeur vive était coupée, la vapeur se trouvant dans les conduites et dans le resurchauffeur pourrait emballer la turbine en se détendant dans sa partie à basse pression.

Pour éviter ces inconvénients, la conduite amenant la vapeur resurchauffée à la turbine est munie d'une soupape d'admission fermée par le régulateur en même temps que la soupape haute-pression. Cette manœuvre s'effectue par un relai électrique qui, au même moment, ouvre des portes à la façade de la chaudière de resurchauffe et coupe le tirage forcé. De cette façon, les tubes du resurchauffeur sont rafraîchis par l'air relativement froid qui circule dans la chaudière.

2º Le resurchauffeur se trouvant dans la salle des machines sera constitué d'échangeurs utilisant comme fluide chauffant de la vapeur vive ou de la vapeur déjà détendue et soutirée à haute pression. On règlera aisément la température de resurchauffe par variation de la quantité de vapeur vive admise. Les pertes de chaleur et de charge sont très réduites de même que le prix et l'encombrement.

Mais la resurchauffe est d'autant plus avantageuse qu'elle est poussée plus haut. A cet égard, la première solution est plus avantageuse.

Des calculs effectués par Brown-Boveri, il résulte que le cycle le plus avantageux sans resurchauffe serait celui qui utilise la vapeur à 100 atm. 450° (limite de surchauffe admissible), tandis qu'avec resurchauffe, la vapeur à 120 atm. 450° donnerait le rendement le plus élevé.

Les consommations respectives seraient : 3,270 calories par kwh. et 3,050 cal./kwh., soit un bénéfice de 6.5 % de la consommation lorsqu'on utilise la resurchauffe par les fumées.

tion d'une façon plus poussée par vapeur soutirée (170° à Issy-les-Moulineaux; 140° à Rummelsburg; 195° à Langerbrugge).

On parvient ainsi à éviter les économiseurs et à réchauffer l'air de combustion d'une façon très notable.

Brown-Boveri a même une tendance à rejeter la resurchauffe pour les très hautes pressions. Pour éviter les ennuis de l'humidité dans la vapeur, il cherche à séparer l'eau de celle-ci dans la turbine même.

L'eau est séparée entre les cylindres et entre chacune des rangées d'aubes des derniers étages par des canaux spéciaux d'où elle passe au condenseur ou aux réchauffeurs d'eau d'alimentation.

Disons sous caution, d'après Brown-Boveri lui-même, que ce procédé serait plus économique que la resurchauffe.

En tous cas, il diminuerait le coût de l'installation, supprimerait les pertes de charge des resurchauffeurs et tendrait tout comme la resurchauffe (c'est son seul grand avantage) à augmenter le rendement interne de la turbine et à diminuer l'usure des roues à basse pression. Si la séparation de l'eau est efficace, nous aurions une préférence pour ce procédé.

## 7) Soutirages.

En pratique, les soutirages sont moins avantageux que ne l'indique la théorie, car il est impossible que de la vapeur à la température t° amène de l'eau à la même température dans un réchauffeur par surface.

Par mélange, l'opération pourrait se rapprocher davantage de la théorie.

Le plus grand nombre des réchauffeurs fonctionnent par surface. Celà répond à une nécessité, car l'eau d'ali-

mentation comprimée par la pompe alimentaire est à une pression différente de celle de la vapeur soutirée.

Si l'on voulait effectuer le réchauffage par mélange de l'eau avec la vapeur soutirée, l'eau devrait subir une détente pour entrer dans le premier réchauffeur qui fonctionne souvent en-dessous de la pression atmosphérique, ceci n'étant vrai que si l'eau est puisée dans un réservoir soumis à la pression atmosphérique (eau d'appoint, bâche alimentaire). Pour ce qui concerne l'eau venant du condenseur, elle devrait subir une première compression.

L'eau réchauffée dans le premier réchauffeur par mélange serait alors aspirée par une deuxième pompe qui la comprimerait jusqu'à la pression du 2° soutirage et ainsi de suite. Ce système exigerait un grand nombre de pompes. Aussi n'est-il presque jamais employé intégralement sous cette forme. Par contre, il arrive souvent qu'un réchauffeur au moins fonctionne par mélange. Il sert alors de dégazeur de l'eau d'alimentation (voir fig. 21 Kreg-Cochrane donnée au chapitre I<sup>er</sup>).

Quoi qu'il en soit, le rendement est inférieur au rendement théorique, d'autant plus que par crainte d'une vaporisation pouvant donner lieu à des coups de bélier vaporisation pouvant donner lieu à des coups de bélier dans les réchauffeurs, on limite souvent le réchauffage à une température d'environ 50° inférieure à la température de saturation à la chaudière. Par suite de l'impossibilité de porter l'eau à la température de la vapeur possibilité de porter l'eau à la température de la vapeur soutirée, on est obligé de soutirer un poids de vapeur inférieur au poids théorique. De plus, la vapeur soutirée, de même que l'eau réchauffée, est affectée par des pertes de chaleur vers l'extérieur.

Pour pallier à ces inconvénients, on est parfois amené à effectuer des soutirages dans la zone surchauffée.

Ceci permet de porter l'eau à une température assez

élevée et même d'éviter un économiseur en série avec les réchauffeurs.

Par contre, ce soutirage a un moins bon rendement que celui qui s'effectue en zone saturée : la différence de température entre la vapeur soutirée et l'eau réchauffée est très forte.

On ne peut guère atteindre par ce moyen une température de l'eau supérieure à la température de saturation correspondant à la pression du soutirage. De plus, la vapeur ainsi soutirée était encore apte à fournir du travail avec un bon rendement propre.

Il arrive fréquemment que l'on récupère des fuites de vapeur aux bourrages en vue de réchauffer l'eau d'alimentation en série avec les réchauffeurs à vapeur soutirée. Ces fuites donnent le plus souvent de la vapeur surchauffée, car les fuites ne se produisent qu'aux pressions élevées et elles s'accompagnent d'une détente sans travail. Aussi conviendra-t-il habituellement de désurchauffer cette vapeur avant de l'introduire dans un réchauffeur d'eau par surface.

Enfin, on pourra encore réchauffer l'eau d'alimentation par la vapeur à pression relativement élevée rejetée par les moteurs de commande des auxiliaires, ceux-ci ne profitant que d'une faible détente de la vapeur vive.

Les auxiliaires dans ce cas absorbent un poids notable de vapeur vive; leur rendement en travail sera faible, mais comme ils fonctionnent à contrepression, leur rendement thermique total est proche de l'unité.

Il convient de voir si ce dernier système ne serait pas préférable à celui des soutirages.

Comparaison soutirages-auxiliaires à échappement récupéré.

En réglant correctement les pressions d'échappement des auxiliaires, il serait possible d'arriver exactement au même résultat, au point de vue du réchauffage de l'eau d'alimentation, qu'en effectuant des soutirages à la machine principale.

De cette façon, chacun des auxiliaires devrait être pourvu de son propre moteur à vapeur et muni de son système de régulation pour sa pression à l'échappement

et pour sa puissance.

Ce système amènerait malheureusement une complication extrême de conduites de vapeur (admission et échappement) parcourues chacune par un débit relativement faible de vapeur, malgré la marche à contrepression, la puissance des auxiliaires étant peu élevée Toutes ces conduites seraient affectées par un refroidissement très notable vers l'extérieur et leur prix serait élevé.

Au point de vue du rendement thermique total, les pertes de charge dans ces conduites n'auraient aucune influence puisque l'échappement est récupéré, mais au point de vue économique, il n'en est plus de même, car la portion de l'énergie de la vapeur qui est transformée en travail a plus de valeur que celle qui reste sous forme d'énergie thermique. Le rendement propre de tous ces petits moteurs est

faible (rendement organique).

La marche à contrepression pourrait d'ailleurs présenter des inconvénients en cas de fortes variations de charge, les variations de puissance et de demande de vapeur d'échappement n'étant pas nécessairement du même ordre de grandeur.

Les soutirages effectués sur la machine principale éliminent ces divers inconvénients. De plus, ils sont particulièrement utiles si l'on désire employer des machines de grosse puissance. La réalisation de celles-ci dépend surtout du conditionnement des roues à basse pression et de l'échappement.

Nous avons déjà vu que, par suite de la nécessité de limiter le rayon des roues à basse pression et la hauteur de leurs aubages tout en obtenant une bonne utilisation du vide au condenseur, on pourrait être obligé d'employer plusieurs corps à basse pression et des échappements multiples. Or, le soutirage réduit considérablement la masse de la vapeur à basse pression (réduction de l'ordre de 20 %). Aussi permet-il de réaliser des turbines de très forte puissance sans devoir recourir aux artifices ci-dessus.

Les prélèvements permettent encore de réduire notablement la surface du condenseur ou, pour une même surface, d'obtenir un meilleur vide.

L'emploi du soutirage supprimera donc les diverses turbines de commande des auxiliaires ,turbines dont le rendement mécanique est faible vu leur petite puissance.

Le rendement de ces turbines peut même être inférieur au rendement combiné d'une turbo-génératrice fournissant toute la puissance auxiliaire et des moteurs électriques de commande de ces auxiliaires.

Les réchauffeurs à surface sont le siège d'échanges actifs entre de la vapeur en voie de condensation et de l'eau pure. Aussi leur surface sera-t-elle assez faible d'autant plus que la circulation des deux fluides s'y fait à contre-courant.

Si les réchauffeurs ne sont pas munis de régulateurs automatiques de pression de vapeur, il est bon que la

pompe de circulation soit mue par une turbine sur laquelle s'effectuent les soutirages. On obtient ainsi une certaine autorégulation de la température de réchauffage car dans ce cas, les pression et température de vapeur soutirée et le débit d'eau varient dans le même sens que la charge.

L'eau qui provient de la condensation de la vapeur soutirée peut être entraînée par aspiration avec l'eau réchauffée, à la sortie du réchauffeur. En cet endroit, les températures des deux eaux considérées sont presque les mêmes.

On peut encore produire le réchauffage sans pompes ni réchauffeurs en foulant l'eau dans un Venturi à une pression supérieure à celle de la chaudière. Les différentes prises de vapeur sont alors raccordées chacune à une section du Venturi. Les échanges dans ce cas se font par mélange.

Les soutirages ont donc le grand avantage sur les auxiliaires à échappement récupéré de simplifier fortement l'installation et l'exploitation. Cependant, il peut arriver que le réchauffage de l'eau par soutirage ne soit guère poussé et que l'on doive employer en série un économiseur avec les réchauffeurs.

Dans ce cas, on pourra parfois estimer préférable de conserver certains auxiliaires à échappement récupéré qui donneront à l'eau d'alimentation le surcroît de calories que l'économiseur aurait dû lui donner. On parviendra ainsi à supprimer l'économiseur et à réchauffer fortement l'air de combustion. Si l'appareillage de prélèvement existe, il sera même souvent indiqué de ne pas utiliser l'air et l'huile des génératrices électriques pour le réchauffage de l'eau.

Roszak et Véron l'établissent comme suit :

Si les pertes mécaniques et électriques de la génératrice se montent à 4 % et que le rendement de l'installation motrice soit de 25 %, les pertes correspondent à 1 % du pouvoir calorifique du charbon, ce qui permet de réchauffer l'eau d'alimentation de 6,7°. Or, on obtiendra la même élévation de température en soutirant

6,7
—==1,2 % de la vapeur admise prise à 50°,
550

température moyenne de l'air et de l'huile des paliers. Si l'on est parti de vapeur à 24,5 kg. et 420° de surchauffe, cette vapeur a donné 85 % de son pouvoir énergétique. La perte de travail due au soutirage de 1,2 % de vapeur vaut :

$$1,2\times0,15=0,2\%$$

perte de travail qui sera compensée par une admission de 0,2 % de vapeur en plus, ce qui est négligeable et ce qui permet de supprimer le coûteux appareillage de récupération de la chaleur contenue dans l'air de refroidissement des génératrices et dans l'huile des paliers.

Nous avons déjà signalé à plusieurs reprises que le domaine convenant aux soutirages à haut rendement était celui de la vapeur saturée et que ce domaine était d'autant plus étendu que la pression était plus élevée pour une surchauffe donnée.

Le réchauffage dû aux frottements dans la détente, une forte surchauffe initiale et les resurchauffes, auront donc pour effet de diminuer l'intérêt des soutirages.

Nous avons vu que dans le cas d'un cycle simple, il existe une certaine pression donnant un rendement total maximum. Les soutirages et la resurchauffe considérés séparément ont pour effet d'augmenter cette pression optima.

Par contre, les charges partielles ont pour effet de diminuer ce rendement, car, aux charges partielles, l'admission se fait à une pression plus basse; les soutirages auront donc lieu aussi à des pressions plus basses, ce qui diminue leur rendement (température moindre du réchauffage de l'eau d'alimentation malgré son faible débit); le rendement interne sera moins bon par suite des chocs à l'entrée des aubes (voir chapitre IV); la détente sans travail à l'admi sion et dans les aubages aura pour effet d'accroître l'entropie de la vapeur et, en cas de resurchauffe, celle-ci s'effectuant aussi à plus basse pression, la vapeur aura une tendance à s'échapper au condenseur à l'état surchauffé, malgré la limitation de la resurchauffe à une température constante.

Par la combinaison de la resurchauffe et des soutirages qui doivent s'effectuer, la première en zone surchauffée, les seconds en zone saturée, on obtiendra le rendement le plus élevé.

Cependant, l'installation sera de ce fait compliquée d'une façon notable et il est douteux que cette combinaison soit avantageuse au point de vue du prix de revient du kwh. sauf peut-être pour les très grosses installations.

Ce système n'est d'ailleurs certainement pas à conseiller pour les moyennes et les basses pressions.

En résumé, les soutirages et la resurchauffe permettent une augmentation du rendement; ils amènent un accroissement du prix de l'installation; ils rendent celleci plus compliquée, moins souple et plus dépendante des accessoires (surtout la resurchauffe par les fumées). Ils ont pour effet l'emploi des auxiliaires commandés par mo-

1115

teurs électriques. On conserve cependant comme moyen de secours la commande par la vapeur des auxiliaires.

Remarquons que le rendement des soutirages est d'autant plus élevé que leur nombre est plus grand, ce qui accroît le prix de l'installation. Il faut rechercher le compromis le plus économique souvent obtenu pour deux ou trois soutirages.

Il faut prendre la précaution de placer sur les conduites de vapeur soutirée des clapets de retenue qui empêchent le retour à la turbine de la vapeur aux moments où l'admission serait fermée par le régulateur. Sinon, la turbine pourrait s'emballer.

Ajoutons que le passage de l'eau d'alimentation dans les réchauffeurs entraîne des pertes de charge accroissant quelque peu le travail à fournir par la pompe d'alimentation.

## III. — Services auxiliaires.

Comme nous l'avons vu, ceux-ci sont avantageusement commandés par moteurs électriques.

Les auxiliaires prennent une importance d'autant plus grande que l'on emploie des cycles plus perfectionnés, l'amélioration du cycle ayant d'ailleurs des influences contradictoires sur les divers auxiliaires.

Aussi, la puissance des auxiliaires croît-elle avec la perfection de ces cycles et on en arrive à réaliser des installations qui comportent une turbine et une génératrice auxiliaires, ou bien seulement une génératrice auxiliaire commandée par la turbine principale. Enfin, on peut encore fournir le courant aux moteurs auxiliaires par transformation du courant principal.

lI est intéressant de voir quel est, parmi ces trois systèmes, celui qui donne le rendement économique le plus élevé : c'est incontestablement celui qui consiste à alimenter les moteurs auxiliaires par transformation du courant principal, car le gros turbo-alternateur principal aura un rendement nettement plus élevé qu'un groupe auxiliaire ou même qu'une génératrice auxiliaire malgré la perte d'énergie au poste de transformation. Le prix du poste de transformation sera beaucoup moins élevé que celuid'une turbo-génératrice ou même que celui d'une génératrice auxiliaire.

D'ailleurs, lorsque l'on installe un groupe turbo-générateur auxiliaire, c'est fréquemment en vue d'employer la turbine de ce groupe comme turbine de réchauffage, c'est-à-dire comme turbine spéciale à contre-pression et à prises de vapeur qui, à elle seule, produit le réchauffage de l'eau d'alimentation.

Ce système entraîne des inconvénients; il est plus compliqué que celui des soutirages sur la turbine principale, il amène une interdépendance entre les turbines principale et auxiliaire; enfin le rapport entre la quantité d'eau à réchauffer et la quantité de vapeur soutirée peut ne pas être correct, car la charge des auxiliaires ne varie pas dans le même rapport que la charge de la turbine principale, ce qui produit une influence sur le rendement de la turbine auxiliaire et sur le réchauffage.

Nous estimons donc que la commande des auxiliaires doit se faire par moteurs électriques alimentés par transformation du courant principal.

#### CONCLUSION.

Tenant compte des diverses possibilités d'amélioration des cycles tant au point de vue théorique qu'au point de vue pratique, des études récentes de Brown-Boveri, Havlicek, Félix et Noack (compte rendu de la conférence mondiale de l'énergie à Berlin 1930), montrent que la pression la plus économique au point de vue de la consommation de charbon et pour les grandes puissances serait voisine de 130 kg./cm².

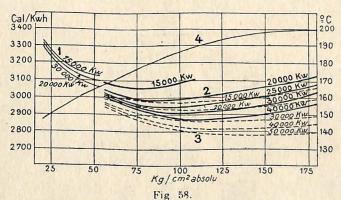
Nous donnons ci-contre les courbes tracées par Brown-Boveri, courbes montrant les rendements pratiques que l'on peut atteindre pour diverses pressions et pour diverses puissances.

On en déduit que, pour des unités supérieures à 25.000 kw., les pressions optima sont supérieures à 100 kg./cm².

Ces courbes tiennent compte, les unes des soutirages, les autres des soutirages et de la resurchauffe qui, on le voit, ne pourrait donner qu'un bénéfice assez faible et au prix d'une forte complication et d'une diminution conséquente de la souplesse.

Celle-ci a d'ailleurs une tendance très caractérisée à diminuer lorsque la pression est élevée par suite du faible volant d'eau de la chaudière. Cependant, l'emploi de fortes surfaces de chauffe rayonnées (1), la souplesse du foyer au charbon pulvérisé, des chaudières bien conçues permettront sans doute d'obtenir une certaine souplesse tout en conservant un bon rendement aux diverses charges.

Pour augmenter la souplesse de la chaudière, Brown-Boveri préconise des accumulateurs d'eau d'alimentation chaude. Cette eau est réchauffée aux faibles charges par de la vapeur soutirée. Pendant les pointes, on en tire l'eau d'alimentation fortement réchauffée et les soutirages sont suspendus.



- 1. Consommation en cal./kwh. pour turbines à 3 cylindres avec évacuation de l'eau et sans resurchauffe.
- 2. Consommation en cal./kwh. pour turbines à 4 cylindres avec évacuation de l'eau et sans resurchauffe.
- 3. Consommation en cal./kwh. pour turbines à 4 cylindres avec évacuation de l'eau et avec resurchauffe.
- 4. Température de l'eau d'alimentation réchauffée par soutirages.
  (D'après la revue Brown-Boveri, janvier 1931.)

Consommation totale en calories-charbon par kwh. aux bornes en tenant compte des auxiliaires (rendement net).

Conditions à l'admission: Température 450°.

Vide au condenseur: 0,04 kg./cm².

Evacuation de l'eau entre les cylindres de la turbine.

Cet accumulateur est alimenté lors des faibles charges par l'eau condensée additionnée d'eau froide préalablement épurée.

La charge de la chaudière et celle de la turbine subissent ainsi une certaine régulation surtout aux hautes

<sup>(1)</sup> Par elles-mêmes, les surfaces rayonnées diminuent plutôt la souplesse car la chaleur qui leur est transmise par rayonnement est presqu'indépendante de l'allure de la combustion. Mais, par le refroidissement des gaz qu'elles produisent, elles permettent de fortes variations d'allure de la combustion sans détérioration des maçonneries.

pressions où le réchauffage et le soutirage sont plus poussés.

La marche de l'installation est d'ailleurs automatique : si la pression décroît à la chaudière, la soupape des conduites d'eau de circulation des accumulateurs se ferme partiellement en diminuant le réchauffage et le soutirage (voir fig. 59).

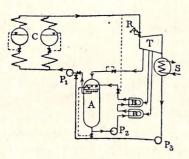


Fig. 59.

Quant aux turbines, il en existe qui donnent de bons rendements dans de fortes limites de puissance. Ainsi Brown-Boveri construit une turbine de pointe donnant en charge normale un rendement de 84-86 %. Cette turbine peut se surcharger de 50 %. Dans ce cas, la vapeur vive est admise à un étage inférieur de l'ailettage à réaction du cylindre à haute pression sans avoir travaillé dans les premières rangées d'aubes. De cette façon, la pression à l'admission étant plus basse qu'en charge normale (1) on parvient à éviter des pertes trop conséquentes par choc dans les aubages et on offre à la vapeur une plus forte section de passage.

Le rendement de cette turbine varie de 78 % en demi-

charge à 84 % en pleine charge et 81 % aux 6/4 de charge.

Le condenseur est largement dimensionné pour la charge normale et, grâce à une pompe supplémentaire de réfrigération mise en marche lors des surcharges, on obtient encore pendant celles-ci un vide satisfaisant. La puissance auxiliaire n'est pas exagérée en charge normale puisque cette pompe spéciale de réfrigération ne fonctionne que pendant les surcharges.

Ces turbines sont évidemment beaucoup plus coûteuses que les turbines normales. Elles se justifient surtout pour les unités de forte puissance. La turbine de 160,000 kw. de Hell-Gate répond à ces spécifications.

Malgré tous les artifices que l'on puisse réaliser, une centrale à haute pression, dans l'état actuel des choses, ne possède pas la souplesse indispensable pour parer à toutes les conditions de l'exploitation d'une centrale ordinaire.

Aussi, pour des centrales à fortes variations de charge se voit-on obligé de n'utiliser les installations à haute pression que comme unités de base, des chaudières très souples à moyenne pression fournissant l'appoint variable. Dans les grands réseaux, en suivant ces directives, on en arrive à avoir des centrales homogènes à haute pression marchant constamment en pleine charge et utilisant de grosses unités à fort rendement (centrales de base) interconnectées avec les centrales d'appoint très souples à moyenne pression et à rendement beaucoup moindre. Lorsqu'une centrale existante à moyenne pression devient insuffisante par suite de la demande croissante d'énergie, il est souvent avantageux de la « coiffer » par une unité à très haute pression échappant à contre-pression dans les conduites d'admission des turbines à moyenne pres-

<sup>(1)</sup> Par suite des pertes de charge plus élevées dans les conduites de vapeur (plus grand débit) et de la tendance à la chute de pression à la chaudière.

sion. De la sorte, on pourra faire marcher constamment en pleine charge l'unité à haute pression et l'appoint très souple est fourni par les unités à moyenne pression alimentées en partie par des chaudières à grand volant d'eau et en partie par l'échappement des turbines à haute pression. Ce dernier procédé permet d'accroître la puissance d'une centrale par l'adjonction d'une chaudière à haute pression et sans qu'il soit nécessaire d'employer un volume d'eau beaucoup plus grand pour la condensation vu le rendement élevé de la partie à haute pression.

En résumé, il est impossible de donner ici une solution convenant pour toutes les installations, mais on peut dire sans risque de contradiction que les hautes pressions employées en connexion avec les soutirages et parfois la resurchauffe donneront les rendements les plus élevés pour les centrales de base de forte puissance.

Les variations de la charge dans le temps pourront contribuer à faire employer une pression plus basse car le prix de revient est dans ce cas fortement grevé par le service du capital, d'autant plus élevé par kwh. produit que les variations de charge sont plus fortes car le prix de l'installation est en rapport direct avec la puissance maxima depointe et avec la pression. Si ces variations de charge sont très fortes, on pourra être forcé de recourir aux moyennes pressions de façon que les installations aient la souplesse voulue, et ceci indépendamment de toute considération économique.

La solution la plus économique ne pourra donc être choisie qu'après une étude approfondie du rendement, du coût de l'installation; des frais d'entretien. De plus, la sécurité du service et la possibilité de répondre même aux demandes extraordinaires d'énergie pourront encore faire réviser le choix de la pression et du cycle que l'on

eût admis en se basant seulement sur la production la plus économique du kwh.

Nous nous garderons donc bien de préconiser telle ou telle solution, mais nous pensons qu'à l'avenir, on pourra obtenir, grâce aux progrès apportés à la construction des centrales et de leurs divers organes, des rendements très élevés avec des installations répondant à tous les desiderata et conçues suivant le schéma suivant :

Chaufferie au pulvérisé.

Haute pression et surchauffe.

Chaudières à tubes à ailettes (pour les pressions inférieures à 110 kg./cm²).

Soutirages multiples pour le réchauffage de l'eau d'alimentation.

Réchauffage par les fumées de l'air de combustion.

Pas d'économiseur ni de resurchauffeur.

Auxiliaires commandés par moteurs électriques alimentés par transformation du courant principal.

Emploi de fortes unités aussi bien pour les chaudières que pour les turbines.

L'emploi de ces fortes unités permet dans une certaine mesure d'accroître leur rendement (moindres pertes par rayonnement de la chaudière et de la turbine, meilleurs rendements interne et organique, meilleur rendement des moteurs auxiliaires dont la puissance serait plus élevée), de diminuer leur prix par kw. installé, de réduire le personnel, en un mot, d'obtenir un prix de revient minimum du kwh.

La sécurité de service est cependant moindre que lorsqu'un utilise un plus grand nombre d'unités de plus petite puissance (voir chapitre IV : Interconnexion des centrales).

Il nous paraît qu'une installation conçue suivant le schéma donné plus haut serait peu compliquée, peu exposée à des pannes, relativement peu coûteuse et qu'elle donnerait un prix de revient du kwh. très avantageux.

De nombreuses circonstances pourront obliger l'exploitant à s'écarter de cette solution type.

Parmi ces circonstances, celle qui se présente le plus fréquemment et qui est la plus gênante à tous égards est la nécessité de parer à des variations de charge brusques et très fortes.

Aussi consacrons-nous un chapitre spécial à ces variations de charge, à leurs effets (voir aussi à ce propos surchauffe, resurchauffe et soutirages) et aux moyens de les atténuer.

Note concernant les centrales de force motrice utilisant de la vapeur pour le chauffage et la fabrication.

Jusqu'à présent, nous avons seulement examiné les centrales à condensation ne demandant pas de vapeur pour le chauffage des locaux et pour la fabrication.

Or, il existe de nombreux établissements qui ont à réaliser à la fois la production de la force motrice et l'utilisation de vapeur pour des chauffages.

Dans ce cas, les solutions qui étaient avantageuses pour la production de la force motrice seule peuvent être absoment anti-économiques.

Le schéma de l'installation devra toujours être conçu de façon à utiliser la même vapeur dans les machines et pour le chauffage. On peut prouver en effet que cette solution est beaucoup plus avantageuse que celle qui consisterait à construire deux installations distinctes: l'une pour la production de la force motrice seule, l'autre pour le chauffage seul.

Deux solutions sont à envisager :

- a) l'emploi de machines à contre-pression;
- b) l'emploi de machines à soutirages.

Nous admettons dans la suite que seule la chaleur latente de vaporisation est transmise au corps à chauffer.

## a) Machines à contre-pression.

Supposons d'abord que les besoins de force motrice et de chauffage soient concomitants et dans un rapport sensiblement constant (sucreries, teintureries, fabriques de briquettes).

Le chauffage par la vapeur exige une pression déterminée  $p_c$  correspondant à une certaine température de la vapeur  $t_c$  et il exige que celle-ci soit saturée ou légèrement surchauffée pour ce qui concerne le chauffage par surface.

Une surchauffe assez élevée pourrait n'être pas nuisible en cas de chauffage par mélange (barbotage).

En général, il sera bon que la vapeur de chauffage soit légèrement surchauffée à son entrée dans les conduites qui la mènent vers les appareils de chauffage. De cette façon, les pertes de chaleur dans les conduites seront faibles (mauvaise convection de la vapeur surchauffée), et la vapeur arrivera sensiblement saturée à l'appareil de chauffage.

La vapeur étant produite à une pression  $p_a$ , température de surchauffe  $t_s$  subira une détente jusqu'à la pression  $p_c$  (voir fig. 60). A cette pression  $p_c$  correspond une température  $t_c$  de saturation. Supposons qu'arrivée à la pression  $p_c$ , la vapeur soit encore surchauffée à la température  $t'_c > t_c$ .

Pendant cette détente réelle, chaque kg. de vapeur

1125

fournit un travail T kgm. Admettons que le chauffage nécessite A kg. de vapeur par seconde.

Le travail fourni par la détente sera:

A T kgm/sec. = AT/75 chevaux.

Il faut, pour que l'installation marche correctement, que cette puissance soit égale à celle qui est demandée par l'usine.

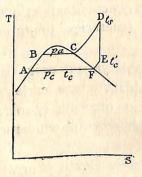


Fig 60.

Le point E étant bien défini par les conditions du chauffage, de même que le poids A de vapeur, on parviendra à réaliser la puissance voulue en agissant sur la position du point D, qui devra rester sur la verticale de E ou plutôt sur la courbe de détente réelle passant par E. On voit donc qu'on ne peut agir que sur la pression  $p_a$ , la température  $t_a$  étant imposée dès que  $p_a$  est fixé.

Si la puissance nécessaire est élevée et si A n'est pas très grand, on sera obligé d'employer une pression  $p_a$  très forte. Il pourrait même se faire qu'il soit impossible d'obtenir la puissance nécessaire.

Au contraire, si la puissance nécessaire est faible et si A est très grand,  $p_a$  sera très proche de  $p_c$ ; la détente très

faible d'une forte quantité de vapeur exigerait une machine de fortes dimensions, à mauvais rendement organique et à faible vitesse pour un travail très faible.

Dans ces deux cas, la marche à contre-pression ne s'indique pas. Cependant, on pourrait modifier les conditions en procédant comme suit : au lieu d'exiger que la vapeur soit sèche à la pression  $p_c$ , on pourrait admettre qu'elle soit humide, surtout si les conduites de vapeur sont courtes.

Exemple:

 $p_c \text{ imposé} = 3 \text{ kg./cm}^2$ .

Si la vapeur était sèche, il faudrait 3.600 kg. de vapeur par heure pour le chauffage.

Dans ce cas, il revient au même que la vapeur soit humide au titre x à conditon que le poids de vapeur soit: 3.600/x kg. : le nombre de calories transmises au corps à chauffer est celui qui est nécessaire, mais les conduites, les pompes d'alimentation de la chaudière etc. sont conçues pour des débits différents et pour d'autres pressions.

Si une puissance de 566 HP est nécessaire (42,500 kgm/sec. ou 100 cal./sec. ou 100 cal./kg. de vapeur), et si la vapeur est sèche à 3 atmosphères, il faudra que  $p_a = 18 \text{ kg./cm}^2$  et  $t_s = 350^\circ$ .

Par contre, si nous admettons que le titre final, soit 0,9, il faudra 4.000 kg. de vapeur par heure ou 1,11 kg. par seconde qui devront fournir 100/1,11 = 90 cal./kg.

Il faudra alors que :  $p_a = 22,5$  atm.  $t_s = 250^\circ$ .

Nous supposons dans cet exemple que les détentes sont adiabatiques réversibles.

On voit donc qu'en abaissant le titre, on doit élever la pression et la quantité de la vapeur à détendre. Par con-

tre, on abaisse fortement sa surchauffe, ce qui pourra être utile dans certains cas.

Effets des variations de charge.

La machine étant réalisée pour la marche à contrepression, supposons qu'à un moment donné la puissance demandée croisse : la quantité de vapeur admise est plus élevée, il y a un excès de vapeur pour le chauffage et cet excès doit être rejeté à l'atmosphère, ce qui constitue une perte très élevée de vapeur à haut potentiel thermique.

Si au contraire, à un moment donné, la demande de vapeur de chauffage croît, la puissance restant constante, il sera impossible de satisfaire à la demande. La contrepression baissera, la machine produira un excès de puissance et le régulateur agira de façon à diminuer encore la quantité de vapeur admise.

On parvient à pallier à cet inconvénent en admettant dans les conduites de chauffage de la vapeur vive préalablement détendue à la pression du chauffage, et ceci grâce à un régulateur automatique de la pression du chauffage.

Cette vapeur vive apte à produire de l'énergie mécanique est économiquement assez mal utilisée.

On voit ainsi que les machines à contre-pression ne peuvent être d'usage pratique et économique que dans les installations ayant des besoins concordants de vapeur de chauffage et de force motrice.

Dans ce cas, le rendement sera très proche de 100 % et la force motrice sera produite à un prix extrêmement bas.

Il faudra que l'installation soit conçue de façon que l'on ne doive jamais rejeter de la vapeur à l'atmosphère.

Remarquons que les pertes intérieures de la turbine sont récupérées sous forme de chaleur dans la vapeur d'échappement.

## b) Machines à soutirages.

Si les conditions spéciales qui sont indispensables pour qu'une installation à contre-pression donne satisfaction ne sont pas réalisées, on devra recourir aux machines à soutirages.

Une usine peut avoir des besoins très variables ou même intermittents de vapeurs de chauffage à diverses pressions.

Dans ce cas, seule une machine à soutirages peut être satisfaisante.

Le principe du soutirage étant connu, de même que ses avantages, nous ne devrons guère insister (voir chapitre III: Etude théorique):

$$\eta = 1 - \frac{S_c T_c (1 - x)}{Q_1 - x q_1}$$

Pour cette installation, la seule perte importante est celle du condenseur. Il faut la réduire autant que possible par le choix judicieux des conditions de vapeur à l'admission.

Remarquons que les parties à basse pression alimentées d'une façon très irrégulière en vapeur et contribuant assez peu à la production de puissance diminuent le rendement organique de la machine et en augmentent le prix par rapport à celui d'une installation à contre-pression. Celle-ci n'exige aucun condenseur, ni des clapets de retenue sur les conduites, ni d'éjecteurs, ni de pompes d'extraction.

Il faudra donc recourir aussi souvent qu'on le pourra aux machines à contre-pression.

Sans pouvoir nous étendre sur ces installations qui utilisent de la vapeur de chauffage et qui ne rentrent pas à proprement parler dans notre sujet, nous dirons qu'elles sont arrivées à un degré de perfection que l'on ne pourra guère dépasser.

#### REMARQUES:

I. — La disproportion entre les étendues respectives des chapitres I, II et III est frappante. Nous allons justifier cette disproportion.

On peut estimer qu'une installation moderne ayant les rendements signalés ci-dessous est déjà très perfectionnée:

Rendement de production : 80 à 85 %.

Rendement d'utilisation : 25 %.

Rendement global sur l'arbre : 20 %.

Si l'on parvient à réaliser un gain de 1 % sur le rendement de production, le gain relatif sur le rendement global sera:

1/80 = 1,25 %, soit 1,25 % d'économie de charbon.

Si l'on parvient à réaliser un gain de 1 % sur le rendement d'utilisation, le gain relatif sur le rendement global sera:

1/25 = 4 %, soit 4 % d'économie de charbon.

Or, il est beaucoup plus aisé de réaliser un gain de 1 % sur le rendement d'utilisation que surle rendement deproduction, celui-ci étant déjà très proche de la per-

Fût-ce même au prix d'une perte de 1 % sur le rendement de production, le gain de 1 % sur le rendement d'utilisation serait encore très avantageux.

Aussi, nous sommes-nous étendu plus longuement sur le chapitre III que sur le chapitre Ier.

Quant au chapitre II, il n'est guère possible d'améliorer le rendement de transmission, celui-ci étant actuellement très voisin de l'unité.

II. — Nous avons puisé de nombreux renseignements dans la belle étude de Roszak et Véron intitulée : « La production industrielle et l'utilisation mécanique de la vapeur d'eau à haute pression ».

Cette étude est, à notre connaissance, la plus complète que l'on ait publiée jusqu'à ce jour sur les hautes pressions.

III. — De nombreux renseignements ont encore été puisés dans d'autres ouvrages et dans de très nombreuses revues qu'il serait fastidieux d'énumérer, mais parmi lesquelles nous citerons cependant le bulletin édité par Brown-Boveri et la revue « Chaleur et Industrie ».

#### CHAPITRE IV.

## INFLUENCE DES VARIATIONS DE CHARGE

Tout ce que nous avons dit jusqu'à présent se rapporte surtout à la marche de régime en charge normale!

Que se passera-t-il lorsque pour une raison quelconque, on se verra forcé de marcher en surcharge ou en souscharge?

Examinons d'abord le cas de marche en charge réduite.

La vaporisation horaire est moindre, la circulation de l'eau dans l'économiseur et dans la chaudière est ralentie, celle de l'air de combustion et celle des gaz brûlés diminue également. Ce sont là toutes raisons pour que le taux de transmission de chaleur diminue par unité de surface de chauffe et par unité de temps. Mais si le taux de transmission diminue, la quantité de chaleur apportée en l'unité de temps par les gaz est plus petite qu'en marche normale.

Aussi constatera-t-on toujours que la température de sortie des gaz est moindre en charge réduite qu'en charge normale. C'est là une cause de l'amélioration du rendement, amélioration toujours faible car un bon générateur en marche normale ne rejette à la cheminée que des fumées épuisées au maximum. On verra la température des fumées baisser de quelques degrés. L'amélioration ne serait d'ailleurs réelle que pour autant que le poids des fumées par kg. de charbon soit le même.

Si cette amélioration n'était pas compensée par d'autres pertes, la marche en charge réduite serait donc avantageuse au point de vue du rendement de production. Mais les pertes par rayonnement et conduction des parois sont peu affectées par l'allure. Elles se chiffreront donc par un pourcentage plus élevé en charge réduite. Le bénéfice sur la chaleur sensible des cendres sera négligeable.

Reste alors le chapitre des imbrûlés et de l'excès d'air. Considérons d'abord la grille-chaîne.

Les pertes extérieures des parois de la chambre de combustion restant sensiblement les mêmes qu'en charge normale, et la quantité de chaleur développée par unité de temps dans cette chambre de combustion diminuant. les parois seront à plus basse température et par suite l'allumage sera plus lent, le brassage des gaz moins bon, le refroidissement par rayonnement du charbon incandescent plus rapide; toutes ces causes tendent à donner des imbrûlés aussi bien dans les escarbilles que dans les gaz. Ceux-ci se refroidissant plus rapidement pourraient même aller, en cas d'allure très lente jusqu'à emporter des imbrûlés gazeux malgré la présence d'un excès d'air. Toutes ces raisons conduiront d'ailleurs souvent à un excès d'air plus grand qu'en régime normal. L'amélioration très faible constatée par suite de l'abaissement de température à la cheminée est donc tout à fait illusoire.

Les mêmes causes produiront sensiblement les mêmes effets sur le charbon pulvérisé.

En cas de surcharge, les effets seront évidemment inverses; les fumées seront plus chaudes avec une baisse du rendement, l'accroissement de température étant beaucoup plus rapide en cas de surcharge que ne l'avait été

la baisse en cas de charge réduite. Le taux de transmission plus élevé par unité de surface de chauffe est compensé et au delà par le peu de temps dont disposent les gaz pour se refroidir.

On constatera une surélévation de température dans la chambre de combustion, donc une combustion complète des imbrûlés gazeux et des conditions favorables à première vue pour la combustion du pulvérisé. Mais celui-ci étant injecté à une vitesse exagérée viendra plus rapidement en contact avec les tubes froids où il s'éteindra avant consumation complète. Les remarques faites précédemment à propos des chambres de combustion avaient fait voir que celles-ci pour des dimensions données ne pourraient pas se prêter à un taux de combustion trop élevé. La combustion sur grille à allure accélérée donnera encore une tendance à trop grand excès d'air et à la fusion des cendres avec obstruction des passages pour l'air.

Il résulte de ces considérations qu'une chaudière donnera toujours son rendement maximum pour des conditions de marche bien déterminées qui doivent correspondre à son régime de charge le plus fréquent.

Quant au rendement d'utilisation, il est affecté dans une plus forte mesure encore par les variations de charge. En effet, deux moyens sont à notre disposition pour diminuer la charge d'une turbine :

- 1. Si la pression à la chaudière est la même qu'en pleine charge, il faut diminuer le débit de la vapeur en produisant un laminage qui constitue une détente sans travail.
- 2. On peut abaisser la pression à la chaudière. Ce dernier moyen est peu employé, car le foyer ne pouvant forcer instantanément la pression de la vapeur, on ne pourrait satisfaire à la demande instantanée si une sur-

charge succédait à la marche en sous-charge. Le laminage est donc à peu près le seul moyen que l'on puisse utiliser.

Or, un laminage provoque une chute de pression et un accroissement d'entropie. Ce dernier phénomène est toujours nuisible car il entraîne une perte supplémentaire au condenseur. Le fait qu'une chute de pression se produit est aussi très nuisible au point de vue du rendement. En effet, l'écart total de pression entre l'admission et le condenseur est plus faible qu'en régime normal. Il s'ensuit que la différence de pression entre l'amont et l'aval de chaque aubage est aussi plus faible qu'en régime normal. Par suite, la détente étant plus faible dans chacun des aubages donnera une vitesse absolue moindre à la vapeur. Il faut noter que le nombre de tours/minute de la turbine est très souvent maintenu fixe quand la charge varie, soit par régulateur, soit par l'effet des courants synchronisants dans les alternateurs. Les vitesses d'entrainement resteront donc les mêmes qu'en régime normal. Il en résultera que les vitesses relatives d'entrée dans les aubages mobiles et que les vitesses absolues d'entrée dans les aubages fixes ne seront plus tangentes aux dos des aubes et qu'il y aura partout production de chocs. autre cause d'accroissement de l'entropie et de diminution du rendement.

Par contre, les fuites de vapeur diminueront quelque peu si la pression baisse.

Le vide au condenseur sera souvent aussi amélioré pendant la marche en faible charge. On sait de plus que même en l'absence de chocs, le rendement indiqué d'une roue de turbine est maximum pour un certain rapport de la vitesse de la vapeur et de la vitesse d'entraînement de l'aubage et que ce rendement indiqué baisse si ce rapport de vitesse est modifié.

Toutes les mêmes causes d'irréversibilité se produiront si l'on doit marcher en surcharge car les vitesses absolues de la vapeur dans les différentes roues seront plus fortes qu'en régime normal. De plus, dans ce cas, le vide au condenseur sera moins bon et des fuites plus conséquentes se produiront.

Donc, à partir du moment où la puissance demandée à la turbine diffère de la puissance de régime, le rendement indiqué baisse fortement.

Les pertes par frottements aux paliers sont sensiblement indépendantes de la charge de la turbine, de même que les pertes par ventilation et par frottements de la turbine dans la vapeur.

Le pourcentage de ces pertes sera donc d'autant plus faible que la puissance débitée par la turbine sera plus forte.

Il résulte des considérations ci-dessus qu'une turbine aura un rendement maximum pour une charge bien déterminée qui doit être celle où elle fonctionne le plus souvent.

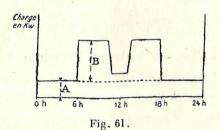
En employant une roue de tête à action pure et à injection partielle, on arrive à diminuer les pertes en marche à faible charge. En effet, dans ce cas un laminage n'est plus nécessaire. Il suffit pour régler la charge d'agir sur le degré d'injection en agissant sur le nombre des tuyères en activité; le régulateur obstrue ou dégage l'entrée des tuyères d'injection. Les autres roues seront néanmoins affectées par les chocs à l'entrée des aubages, le débit et par suite les vitesses absolues de la vapeur n'étant plus les mêmes qu'en pleine charge.

Une turbine bien étudiée dans ce but pourra cependant donner un rendement très satisfaisant et presque constant entre certaines limites de charges, limites qui en réalité ne sont jamais très écartées.

Cela étant, l'installation devra être conçue de façon à donner un rendement maximum non pas seulement à son allure normale, mais dans les conditions d'exploitation auxquelles elle est soumise; nous entendons par là que le nombre de calories/charbon par kilowatt-heure et par an doit être aussi faible que possible.

Si le diagramme de charge est connu à l'avance, par observation de ce qui s'est passé au cours de l'exploitation antérieure, l'installation pourra être prévue en conséquence. Sinon, il faudra tâcher de se faire à l'avance une idée de ce que sera la demande de puissance de la centrale dans le temps.

Aussi, pour prendre un cas très simple, supposons que le diagramme de charge d'une centrale soit le suivant (voir fig. 61) et qu'il soit sensiblement le même tous les jours. Dans ce cas, il sera vraisemblablement plus économique d'avoir deux chaudières et deux turbines : une chaudière et la turbine correspondante donnant en permanence la charge de base : A;



l'autre turbine et l'autre chaudière marchant de 6 heures à 18 heures également en pleine charge sauf pendant l'heure de midi.

De la sorte, toutes les machines marcheront toujours à leur plein rendement.

Il existe cependant des inconvénients notables : l'arrêt

1137

et le refroidissement d'une chaudière pendant la nuit, sa mise sous pression le matin exigeant la présence de personnel pendant une période de non production; l'intérêt au capital et l'amortissement doivent être comptés sensiblement au même taux, que la machine soit active ou non.

De plus, le coût se rapportant à deux chaudières et à deux turbines est plus important que celui d'une seule chaudière et d'une seule turbine capables de fournir la puissance totale. Mais dans ce dernier cas, le rendement pendant les heures de nuit serait faible. Enfin, il faut envisager la nécessité d'avoir toujours au moins une chaudière et une turbine de réserve, ou bien des moteurs électriques si l'on est raccordé à un réseau.

Toutes ces considérations s'appliquant cependant à un cas très simple montrent l'utilité énorme de la régulation de la charge d'une centrale. Aussi, a-t-on étudié fortement cette question pendant ces dernières années et y a-t-on apporté de nombreuses solutions plus ou moins heureuses suivant les cas.

Les solutions principales préconisées sont les suivantes:

- 1. chargement d'accumulateurs électriques;
- 2. bassin d'eau en charge;
- 3. accumulateurs de vapeur;
- 4. interconnexion des centrales;
- 5. accroissement des réseaux et compensation des besoins;
- 6. établissement de tarifs faibles aux heures de sousconsommation;
- 7. création d'industries chimiques absorbant le surcroît de courant produit;
- 8. établissement de réseaux de chauffage public.

## I. — Accumulateurs électriques.

Ce système qui fut employé couramment autrefois est abandonné de plus en plus en faveur de certains autres procédés.

Principe: On fait, en permanence, fonctionner l'installation motrice en pleine charge. A certains moments, l'énergie dépasse celle qui est demandée. L'énergie en excès sert alors à entraîner une dynamo à courant continu qui charge une batterie d'accumulateurs. Aux moments où l'énergie demandée dépasse l'énergie produite, les accumulateurs se déchargent sur la dynamo qui fonctionne alors comme moteur contribuant à fournir de l'énergie à l'installation motrice.

Inconvénients: Un élément d'accumulateur ne peut emmagasiner que très peu d'énergie; le courant qui le traverse doit toujours être limité à une certaine valeur et par suite la tension à laquelle est soumise la batterie ne peut varier que dans d'étroites limites; le rendement en énergie de la batterie est faible; il faut encore le multiplier par le rendement de la dynamo fonctionnant comme génératrice puis comme moteur.

Exemple: rendement moyen de la dynamo quelle que soit sa fonction: 85 %; rendement des accus en énergie: 65 %.

Un excédent d'énergie de 100 kwh. transmettra 85 kwh. à la batterie qui en restituera 85 × 0,65 = 55 kwh. au moteur, lequel en utilisera 55 × 0,85 = 47. Le rendement global en énergie du système serait donc au maximum de 47 %, les rendements admis étant très avantageux, vu les conditions de fonctionnement.

1139

L'installation est très coûteuse; son entretien qui exige un personnel spécialisé, est aussi très onéreux; les accumulateurs doivent être placés dans un local distinct, bien ventilé et soumis encore à de nombreuses autres conditions; enfin, ils exigent un appareillage électrique assez coûteux.

Sans vouloir étudier davantage ces régulateurs de charge qui ressortent au domaine de l'électricité, ce que nous en avons dit suffit à les faire rejeter pour cet usage.

On ne pourrait envisager leur établissement que si la centrale motrice était en même temps une centrale électrique, auquel cas on disposerait du personnel voulu et où la dynamo ne servirait pas exclusivement à ce but. Même alors, l'adoption d'accumulateurs ne s'indiquerait que s'ils devaient servir en même temps pour d'autres usages, par exemple, comme réserve d'éclairage et pour l'alimentation des auxiliaires en cas de panne de la génératrice principale. Mais nous répétons que c'est là une solution tout à fait exceptionnelle.

## II. — Accumulateurs d'eau en charge.

Principe: Un excédent momentané de force motrice sert à fouler de l'eau dans un réservoir en charge au moyen d'une pompe centrifuge. Au moment où il y a défaut de force motrice, l'eau accumulée dans le réservoir en descend et elle transforme son énergie potentielle en force motrice dans une turbine hydraulique qui pourra d'ailleurs être la pompe centrifuge elle-même.

Application: Le seul énoncé ci-dessus permet de voir que ce système ne pourra s'appliquer que dans des cas très particuliers. En plaine, il serait inapplicable. En pays montagneux, si les circonstances sont très favorables, il pourrait être appliqué pour une grande centrale.

Il ne faut pas se dissimuler en effet que le coût de l'installation d'un semblable accumulateur hydraulique sera extrêmement élevé.

Il exige l'installation d'une turbo-machine hydraulique, d'une conduite forcée, d'un lac souvent artificiel et parfois d'un barrage. L'entretien de toute cette installation n'est pas négligeable. Son rendement ne sera habituellement pas élevé: il faut tenir compte du rendement de la pompe centrifuge, de celui de la turbine, des pertes de charge à la montée et à la descente de l'eau, des infiltrations d'eau dans le sol, éventuellement sous les tropiques des pertes par évaporation.

Aussi ce procédé sera-t-il d'un emploi tout à fait exceptionnel et ne s'indiquera-t-il guère que si l'adduction d'un ruisseau pouvait amener un appoint d'eau important au lac créé, auquel cas le rendement pourrait devenir supérieur à l'unité et ainsi payer l'amortissement de l'installation.

## III. — Accumulateurs de vapeur.

Nous nous trouvons ici en face d'une solution beaucoup plus intéressante que les précédentes et d'une application beaucoup plus simple.

Principe: Les chaudières sont maintenues constamment à leur pleine charge. A certains moments, leur production de vapeur dépasse la demande; l'excédent est alors envoyé à l'accumulateur; à d'autres moments, leur production est insuffisante: l'accumulateur fournit le supplément.

Description: Nous ne considérerons ici que l'accumulateur Ruths tel qu'il est employé à Charlottenbourg. L'accumulateur consiste en un grand cylindre calori-

1141

fugé rempli en grande partie d'eau. Une conduite de vapeur provenant de la chaudière pénètre au sein de l'eau et se termine par un nombre élevé de tuyères qui envoient dans l'eau l'excédent de production des chaudières. La vapeur se condense dans l'eau en portant celle-ci à une température assez élevée à laquelle correspond une certaine pression de saturation. Une prise de vapeur existe dans un dôme de l'accumulateur.

Mode d'emploi dans ce cas :

A certains moments, l'accumulateur reçoit de la vapeur de la chaudière et il n'en débite pas. A d'autres moments, il ne reçoit pas de vapeur, mais il en débite. Aussi sa pression varie-t-elle constamment. C'est là un obstacle

à son utilisation sous la forme simple décrite.

Remarquons cependant que les variations de pression seront assez lentes vu l'énorme masse d'eau qui constitue volant calorifique. Néanmoins, on sera obligé d'utiliser un régulateur de pression à la suite de l'accumulateur de façon que les turbines d'utilisation reçoivent de la vapeur à pression constante. La surface de vaporisation étant très grande, l'accumulateur pourra donner un fort débit de vapeur sans précaution spéciale : la vapeur sera toujours sèche, sans entraînement d'eau. On s'astreindra habituellement à maintenir la pression à l'accumulateur entre certaines limites: une limite supérieure correspondant à sa résistance mécanique; une limite inférieure telle que l'utilisation de la vapeur sortant de l'accumulateur en vue de production de force motrice soit encore intéressante. S'il existe une marge suffisante entre ces limites et si le poids d'eau contenu dans l'accumulateur est suffisant, on conçoit que la marche des chaudières puisse être maintenue toujours aussi voisine que possible de leur marche à plein rendement. La présence d'un accumulateur est encore intéressante si l'on emploie de la vapeur à haute pression. Le prix des chaudières exige alors que leur volume soit faible; leur volant d'eau est donc très limité et sans l'accumulateur, l'installation n'aurait guère de souplesse.

On pourra dans ce cas alimenter l'accumulateur par de la vapeur soutirée à un certain étage où la pression ne soit plus trop élevée pour que le prix de l'accumulateur ne soit pas exagéré. L'accumulateur ne serait d'ailleurs alimenté que si la détente complète de la vapeur donnait un excès de puissance. Au contraire, si la détente complète de la vapeur venant de la chaudière donnait à certains moments une puissance insuffisante, l'accumulateur enverrait de la vapeur à la turbine.

La conduite de la chaudière se fera alors, non d'après l'indication de son manomètre, mais d'après la pression de l'accumulateur.

Les générateurs de vapeur seront ainsi calculés pour une production constante et non pour la pointe maxima. De ce fait et grâce au faible volant d'eau qui leur est nécessaire, leur prix sera réduit au minimum.

Le rendement de l'accumulateur est très élevé: il n'est sujet à des pertes que par sa surface extérieure qui est soigneusement calorifugée et lors des vidanges périodiques nécessitées par la vérification de l'état de l'accumulateur. Encore pourra-t-on parfois utiliser l'eau chaude.

Les constructeurs donnent souvent comme limite de déperdition 1 calorie/heure par m²/degré de différence de température entre l'intérieur et le milieu ambiant.

Un accumulateur de 10 m. de longueur et de 2 m. de diamètre contenant de l'eau à 150° aurait une déperdition horaire, calculée d'après ce taux de 10.000 calories. Son volume intérieur serait de 30 m³.

S'il contenait 20 m³ d'eau à 150°, son contenu en chaleur serait :

 $20.000 \times 150 = 3.000.000$  calories.

La perte horaire serait donc approximativement 3 °/., ce qui est très faible.

Si même l'accumulateur restait inactif pendant une journée, cela représenterait une perte maxima de 8 %.

Il est possible que le taux de perte donné plus haut soit trop faible, mais il semble qu'en donnant 85 % comme rendement, on ne puisse tomber dans l'exagération.

Un accumulateur permettra pendant des durées variant de un à quelques jours de régulariser la charge d'une batterie de chaudières d'une façon avantageuse et aussi dans une certaine mesure celle de la turbine.

Si la charge varie avec la saison, l'accumulateur ne pourrait évidemment plus remplir ce rôle. Il faudra alors recourir à des chaudières de réserve qui pourront aussi éventuellement être munies d'un accumulateur.

Le prix d'un accumulateur est évidemment assez élevé. Il peut s'établir en plein air et il n'exige pas d'entretien ni de précautions spéciales sous le rapport de l'eau qui l'alimente. Aussi, semble-t-il qu'il puisse s'appliquer avantageusement dans beaucoup de centrales autonomes. Il se révèle encore plus avantageux s'il s'agit d'une centrale qui consomme d'une façon discontinue de fabrication.

On peut imaginer toutes sortes de variantes dans l'application des accumulateurs de chaleur. Ainsi, à la mine de Furst-Hardenberg, il existe un accumulateur consistant simplement en un second corps de chaudière non chauffé relié directement au corps de chaudière proprement dit.

Celui-ci en cas de surproduction de vapeur envoie de la vapeur à l'accumulateur où elle se condense. En cas de sous-production ,l'accumulateur qui est toujours à la même pression que la chaudière enverra à son tour de la vapeur à celle-ci. Dans ce cas donc, l'accumulateur ne sert qu'à augmenter le volant d'eau de la centrale. De ce fait, les variations de charge de la chaudière seront fortement atténuées et, au moment des pointes qui subsistent quand même, l'alimentation de la chaudière en eau de l'accumulateur qui est donc déjà à sa température d'ébullition contribue encore à atténuer la variation de charge.

Dans ce cas, l'accumulateur atténue très fortement l'effet des variations de charge sur la chaudière et l'appareillage est extrêmement simple. De plus, la vapeur qu'il fournit traverse le surchauffeur et ne doit pas être utilisée dans des turbines spéciales (Ruths ou à deux vapeurs). Par contre, le surchauffeur qui est un organe important de la chaudière est encore soumis à toutes les variations de charge. Il y aura donc de fortes variations de la surchauffe avec la charge.

Dans tous les cas, les accumulateurs auront pour effet d'améliorer le rendement des générateurs de vapeur. Il existe des générateurs de vapeur bien étudiés pour lesquels la variation du rendement avec la charge est faible, grâce surtout aux récupérateurs. Dans ce cas. sauf variations de charges extrêmement fortes. la présence d'un accumulateur ne s'imposerait pas au point de vue du rendement. Mais supposons qu'une centrale ait des pointes très élevées et de courte durée. L'accumulateur permettra alors d'établir des chaudières moins coûteuses, ce qui pourrait justifier sa présence. Tout dépend donc encore ici des circonstances de l'exploitation.

## IV. — Interconnexion des centrales.

L'interconnexion des centrales constitue l'une des plus belles solutions présentées pour obtenir le maximum de rendement des installations motrices en même temps que le minimum d'immobilisations. Nous aurons à nous étendre plus longuement sur ce chapitre que sur les autres pour bien en faire ressortir tous les avantages.

La plupart des installations actuelles de force motrice ont en vue la production de courant électrique qui permet une grande diffusion de force motrice sous une forme très avantageuse. Or, ce qui a fait le succès de l'énergie électrique est la facilité de son transport économique.

On conçoit ainsi que les centrales de force motrice puissent se raccorder par des lignes électriques et se fournir une aide mutuelle. Pour celà, et en vue d'une exploitation économique, il faut que les diverses génératrices électriques soient à courant alternatif triphasé de même fréquence.

On modifiera la tension lorsque celà sera nécessaire par des transformateurs.

Enfin, on fera facilement passer le courant sous la forme que l'on désire :

- a) par transformateurs polymorphiques si l'on désire du courant biphasé (fours électriques) ou hexaphasé (redresseurs à mercure, commutatrices);
- b) par redresseurs à mercure, commutatrices, groupe moteur générateur si l'on désire du courant continu (tramways, laminoirs, mines, appareils de levage, etc.).

Sans avoir à insister ici sur le côté électrique de la question, nous pouvons cependant remarquer que les rendements de la transformation et du transport de l'élec-

tricité sont très élevés et que l'électricité seule permet de donner des télé-indications qui sont nécessaires pour la bonne conduite de centrales interconnectées.

## But de l'interconnexion.

Le but poursuivi est d'organiser l'exploitation en com mun des installations génératrices des affiliés comme s'il s'agissait d'une entreprise unique en vue d'assurer la production de l'énergie avec un maximum d'économie pour l'ensemble des coopérateurs. Il est bon que ceux-ci représentent toutes les espèces d'industries : métallurgie, charbonnages, chemins de fer et tramways. industries chimiques, sociétés de distribution d'électricité, etc.

## Avantages de l'interconnexion.

Les avantages en résultant sont :

## 1. Amélioration des courbes de charge.

Les diverses industries interconnectées étant de natures différentes ne présentent pas leurs pointes de consommation en même temps. La sommation des diagrammes de charge des divers consommateurs donnera donc lieu à une pointe maxima inférieure à la somme des pointes maxima des divers consommateurs. Le résultat tangible est que la puissance installée nécessaire totale sera moindre que la somme des puissances à installer par les diverses centrales agissant séparément. De plus. la réserve indispensable, beaucoup moindre, sera plus souvent utilisée, ce qui accroît encore l'avantage de l'interconnexion.

## 2. Amélioration du coefficient d'utilisation des machines.

La puissance installée étant beaucoup moindre que dans le cas de la marche autonome. et la consommation de force motrice étant toujours la même, il va de soi que le coefficient d'utilisation des machines sera beaucoup plus élevé.

Le coefficient d'utilisation est le rapport de l'énergie réellement produite à celle qui serait produite si la machine était constamment à pleine charge.

## 3. Possibilité d'utiliser les sources d'énergie les plus économiques.

Si chaque consommateur est forcé d'établir sa propre installation motrice, il arrivera fréquemment que les petites installations même bien conçues n'auront qu'un rendement relativement bas car ces petites installations ne justifieraient souvent pas, au point de vue économique, l'établissement de tous les organes qui entraînent un rendement élevé.

Dans un réseau d'interconnexion, il existe des installations anciennes mais qui, économiquement, ne peuvent encore être remplacées par des installations modernes à haut rendement; enfin, viennent en troisième lieu, les installations pourvues de tous les perfectionnements modernes et donnant un haut rendement en régime.

En marche autonome, chacune de ces installations verra encore son rendement économique baisser du fait des variations de charge.

Etablissons l'interconnexion et faisons marcher en permanence et en pleine charge les machines qui donnent le rendement le plus élevé ou plus exactement les machines qui produisent le courant au prix de revient minimum. Nous réalisons du même coup une forte économie en laissant au repos les installations les plus coûteuses et en n'utilisant les moins mauvaises que comme appoint ou comme réserve.

## 4. Création d'un excès de puissance disponible.

Nous avons vu que, du moment où l'on a réalisé l'interconnexion, on ne doit plus disposer que d'une puissance installée beaucoup moindre. Tout le surcroît passe à la réserve. Si on ne juge pas qu'il soit préférable de démolir une partie de ce surcroît, il pourra être utilisé au moment d'une demande extraordinaire d'énergie et en tout cas, il permettra de ne pas devoir faire de nouvelles installations avant un certain temps et cela malgré l'accroissement partout constaté de la consommation d'énergie.

Cet avantage qui n'existe que pendant les quelques années qui suivent l'interconnexion est compensé d'ailleurs en partie par la nécessité d'amortir ces installations qui vieillissent sans être utilisées.

## 5. Possibilité d'emploi d'unités de grande puissance.

Dès que l'on aura des unités à remplacer, on s'attachera à y substituer des unités de grande puissance bien connues pour leur rendement élevé et économique. Des chiffres feront mieux ressortir ces avantages que de longs discours.

Lorsque la Linalux (Union des centrales électriques Liége-Namur-Luxembourg) a réalisé l'interconnexion, la somme des pointes des consommateurs affiliés était 156,000 kw. Après l'interconnexion, la pointe maximum tombait à 135,000 kw., d'où réduction possible de 21,000 kw. dans la puissance installée si l'on ne tient pas compte de la réserve.

Avant l'interconnexion, la réserve totale était 54,000 kw., après l'interconnexion, une réserve de 34,000 kw. suffit.

On disposait donc d'un excédent de puissance installée d'au moins: (156,000 + 54,000) — (135,000 + 34,000) = 41,000 kw., qu'il fallait malheureusement amortir jusqu'à ce qu'on puisse le désaffecter. Le coefficient d'utilisation des moteurs à gaz passe de 71 à 97 %; celui des turbines à vapeur de 0,61 à 0,625. Il est certain qu'en l'absence des moteurs à gaz de récupération plus avantageux que les turbines, le coefficient d'utilisation de celles-ci eût subi une augmentation beaucoup plus forte pour les unités les plus économiques surtout.

On a pu évaluer le bénéfice quotidien à 400 tonnes de charbon, ce qui correspond à une production d'énergie d'au moins 400.000 kwh. dans les centrales à vapeur.

Les bénéfices dus à l'interconnexion sont donc énormes et tout à fait évidents. Encore faut-il qu'une bonne organisation amène les industriels à s'y rallier en leur donnant la certitude de bénéfices financiers tels qu'ils abandonnent de bon gré la conduite de leur centrale à la société d'interconnexion malgré certaines questions d'amourpropre qui s'immiscent parfois dans ces problèmes. Nous donnons ci-dessous un aperçu de l'organisation de la Linalux qui semble toucher de près à la perfection.

## Organisation de la Linalux.

Cette organisation est basée sur un système de tarification appelée tarification RFK.

Le terme R (en anglais rent) représente les intérêts et l'amortissement d'une installation. Ce terme est fonction de la puissance installée et il existe même si l'installation est arrêtée. Il s'exprime en francs par an et par kwh.; F (fees) représente les frais fixes occasionnés par une marche à vide : personnel, charbon, huile, etc. et est à peu près proportionnel à la puissance. Il s'exprime en francs par an et par kwh.;

K représente les frais de combustibles supplémentaires pour faire débiter la machine. Ce terme est sensiblement proportionnel à la puissance débitée et au temps pendant lequel elle est débitée. Il s'exprime en francs par kwh.

Exemple: Soit une centrale de 1.000 kw. marchant 4.000 heures par an et produisant donc 4.000.000 de kwh. par an.

$$R = \frac{220.000}{4.000.000} = 0,055 \text{ fr./kwh.}$$

$$F = \frac{244.000}{4.000.000} = 0,061 \text{ fr./kwh.}$$

$$K = \frac{584.000}{4.000.000} = 0,146 \text{ fr./kwh.}$$

220,000; 244.000 et 584.000 francs représentant respectivement l'intérêt et l'amortissement, les frais fixes, et le prix du combustible supplémentaire en un an.

Le prix de revient en marche autonome est donc: 0.055 + 0.061 + 0.146 = 0.262 fr./kwh.

Si le producteur est affilié, le prix de revient du kwh. devra rester le même. Donc :

- a) si on lui impose d'arrêter son installation que l'on affecte à la réserve, celle-ci lui occasionne des frais égaux à R=0.055 fr. par kwh. consommé. On ne pourra donc lui faire payer que F+K=0.207 fr./kwh.
  - b) si on lui impose de tenir sa machine en marche à

vide ou en sous-charge (machine d'appoint), les frais lui lui incombent sont R + F par kwh. qu'il prend au réseau et on ne pourra lui faire payer que K=0,146 fr. par kwh.

c) si on lui impose de fournir du courant au réseau, on lui paiera R + F + K = 0,262 fr. par kwh.

d) enfin, si l'affilié peut se dispenser de faire construire une telle installation, grâce à l'interconnexion, on ne pourra lui faire payer que le prix de revient y correspondant : 0,262 fr. par kwh., faute de quoi il établirait sa centrale autonome.

On ne voit pas encore jusqu'à présent l'avantage que pourrait retirer l'affilié de l'interconnexion. Mais la société d'interconnexion par la meilleure organisation de la production dispose de courant à un prix plus avantageux que celui qu'elle fait payer à ses affiliés, aussi pourra-t-elle réaliser un bénéfice qui sera réparti entre les affiliés au prorata de leurs fournitures ou de leurs consommations de courant.

Ceci ne constitue évidemment qu'un schéma de l'organisation, car il faut tenir compte de la variation des besoins dans le temps et du rôle que devra jouer l'affilié dans l'organisation. On cherche en somme à rendre l'affilié indifférent à l'allure de sa centrale ou même à son existence.

L'application des redevances se base sur des mesures électriques. La marche des diverses centrales est réglée de la façon la plus économique par un organe central dénommé dispatching. Cet organe donne ses ordres aux diverses centrales en se basant sur les charges des jours antérieurs et sur tous les moyens de prévision dont il peut disposer.

Ajoutons que les machines thermiques marchent autant que possible toujours en pleine charge, l'appoint étant fourni par la centrale hydraulique de la Serma qui possède une plus grande souplesse que les centrales thermiques.

On constate ainsi qu'au lieu de se concurrencer, les centrales thermiques et hydrauliques peuvent très bien se conjuguer et s'aider efficacement dans la poursuite du prix de revient minimum.

Signalons au passif de l'interconnexion des centrales, le coût d'établissement des réseaux de compensation souvent à haute tension et de l'appareillage supplémentaire qu'elle occasionne, l'amortissement, les frais d'entretien et de salaires qui lui incombent et les pertes d'énergie dans les lignes et les postes de transformation.

Dans la majorité des cas, l'interconnexion sera donc avantageuse. Cependant, une centrale autonome disposant d'une charge assez régulière et douée des perfectionnements modernes pourra très bien se suffire à ellemême.

Ce sera surtout ce qui se présentera lorsque l'usine qui possède la centrale a des besoins importants de vapeur pour sa fabrication.

Une installation bien conçue avec turbine à contrepression ou à soutirage donnera un rendement économique tel que l'interconnexion ne présenterait plus guère d'intérêt; le prix de revient de l'énergie pouvant être très faible dans ces conditions, il ne serait guère possible à la société d'interconnexion de fournir du courant à l'usine considérée; mais celle-ci pourrait être construite de façon qu'elle fournisse en permanence du courant au réseau d'interconnexion à un prix très avantageux pour celui-ci aussi bien que pour la centrale elle-même, ceci pour autant qu'il ne soit pas nécessaire d'établir une ligne électrique très longue pour un transport minime d'énergie.

L'interconnexion est donc toujours avantageuse sauf cas tout à fait spécial.

## V. — Grands réseaux de distribution d'électricité.

L'accroissement des réseaux électriques grâce à la compensation des besoins des consommateurs aura aussi souvent d'heureux effets pour les mêmes raisons qui ont fait trouver avantageuse l'interconnexion des centrales : diminution de l'importance relative des pointes, emploi de fortes unités à grand rendement, emplacement avantageux des centrales (transport de charbon, eau de condensation), fort pourcentage des machines et des chaudières fonctionnant en pleine charge, diminution relative de la réserve. Un grand réseau comprenant plusieurs centrales constitue à lui seul un système d'interconnexion.

Il n'est donc pas nécessaire d'insister sur ce chapitre. Remarquons seulement que les centrales qui alimentent un réseau doivent être réparties géographiquement de façon que le coût du réseau soit le plus faible possible et que les pertes d'énergie dans les lignes soient minima, ce qui demande une étude approfondie.

Si l'on agrandit encore un peu l'horizon, on en arrive à l'établissement de grands réseaux interconnectés entre eux. Ceci explique l'idée de certains ingénieurs qui cherchent à relier tous les grands réseaux européens par des lignes de compensation, les centrales thermiques et hydrauliques contribuant à la production de toute l'énergie électrique consommée en Europe. On pourrait certainement arriver par cette voie à une production très économique de la force motrice.

Jusqu'à présent cependant, on doit se borner à des solutions plus modestes qui d'ailleurs donnent d'excellents résultats.

## VI. — Etablissement d'une tarification spécaile.

Si les centrales de distribution fixaient un prix plus élevé pour l'énergie consommée au moment des pointes et un prix plus bas pour celle demandée pendant les périodes de sous-consommation, il serait possible qu'elles parviennent à amener les consommateurs à répartir leurs demandes d'une façon plus avantageuse au point de vue de la régularité de la charge.

Mais les consommateurs pourraient outrepasser les souhaits des centrales en permutant les moments des pointes et des sous-consommations. Le comptage de l'énergie soumise à un tarif différentiel présenterait d'ailleurs de grandes difficultés. Elle pourrait entraîner certains gros consommateurs à établir des centrales autonomes pour pouvoir maintenir leurs habitudes. Ce serait donc une solution pouvant ne donner que des déboires à ceux qui voudraient l'appliquer d'une façon trop énergique.

## VII. — Etablissement d'industries électro-chimiques.

Les industries chimiques basées sur les applications de l'électricité deviennent de plus en plus nombreuses et ont des débouchés croissant constamment. Aussi, a-t-on pu penser que de telles industries adjointes à des centrales de force motrice pourraient régulariser la charge de celles-ci en accroissant leur rendement.

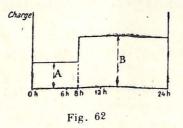
La centrale serait prévue pour une puissance dépassant la plus forte pointe de consommation et elle fonctionnerait constamment en pleine charge.

L'excédent d'énergie serait utilisé à des fabrications chimiques. On remarque immédiatement qu'en procédant ainsi, on tourne dans un cercle vicieux car on supprime les variations de charge de la centrale mais on les reporte

sur l'usine chimique qui ne pourrait disposer que d'une puissance variant dans le temps en sens inverse de la consommation du réseau.

Cette solution ne peut donc devenir d'application générale. Elle apporterait cependant des avantages dans certaines circonstances. Ainsi, pour nous placer dans un cas simple, supposons que le diagramme de charge d'une centrale soit le suivant :

Il s'agit d'une centrale qui pendant le jour fournit une force motrice constante; le soir, elle fournit encore la même charge jusqu'à 24 heures; puis de 24 heures à 8 heures du matin, sa charge est faible (voir fig. 62). L'adjonction d'une fabrication chimique absorbant une puissance B-A de 0 h. à 8 h. pourrait être avantageuse. Cette usine chimique devrait d'ailleurs s'accommoder d'une marche discontinue et exiger un personnel peu nombreux qui serait difficile à recruter pendant ces heures creuses, sans compter avec la loi qui pourrait s'y opposer.



L'exemple donné est d'ailleurs tout à fait schématique. La charge d'une centrale subit toujours des variations quel que soit le moment du jour ou de la nuit. Néanmoins, il est possible que l'adjonction d'une industrie chimique à une centrale puisse régulariser la charge de celle-ci et se montrer avantageuse, mais celà ne peut se produire que dans des cas spéciaux

#### VIII. — Etablissement de réseaux de chauffage urbain.

Des réseaux de chauffage par la vapeur ont déjà été établis dans certaines villes d'Amérique, d'Allemagne et de France. La vapeur qu'ils fournissent peut avoir subi une certaine détente préalable dans des turbines à contrepression ou à soutirage avant d'être livrée au réseau.

. La centrale se comporte alors comme une installation demandant de grandes quantités de vapeur pour la fabrication en même temps que de la force motrice.

Une partie sinon la totalité de la vapeur produite sera condensée dans le réseau de chauffage et n'aura donc pas à passer dans un condenseur qui exige de la force motrice (eau de circulation, pompe d'extraction) et qui doit être amorti et donner un intérêt au capital.

Par contre, la vapeur n'aura pas épuisé toute sa capacité de travail car elle sera fournie au réseau sous une pression dépassant toujours une atmosphère.

La vente de la vapeur devra donc rapporter au moins une somme égale au prix de l'énergie qui eût pu en être extraite diminué du coût de production de cette énergie (machines, condenseur) et augmenté de l'intérêt, de l'amortissement et des frais d'entretien et de salaires relatifs au réseau de chauffage.

La vapeur ne fournissant pas tout le travail qu'elle eût pu donner, la production de vapeur sera plus grande et par suite la batterie de chaudières sera plus importante.

Il va de soi que dans ce cas, tout comme dans celui d'un chauffage industriel, le rendement en travail de la vapeur sera moins élevé que dans une centrale à condensation pure, mais le rendement thermique total sera plus élevé puisqu'il n'y a pas de pertes au condenseur ou qu'il n'y en a guère tant.

De plus, une bonne répartition dans le temps de la demande de force motrice et de vapeur de chauffage pourra contribuer à la régulation de la charge de la batterie de chaudières, mais pas à la régulation de la charge des turbines qui devront toujours fournir la force motrice demandée.

L'établissement d'un réseau de chauffage public sans avoir un grand effet sur la régulation de la charge pourra donc améliorer le rendement thermique de l'installation et donner de bons résultats financiers si les circonstances s'y prêtent : centrale établie dans un quartier en voie de construction, à population dense. Dans ces conditions, les conduites de vapeur ne devront pas très trop longues et à défaut d'installations pré-existantes de chauffage, les propriétaires se raccorderont en général au réseau de chauffage urbain.

## CONCLUSIONS A PROPOS DES MOYENS DE REGULATION DE LA CHARGE

Il résulte des huit moyens envisagés pour régulariser la charge des centrales et augmenter leur rendement économique que l'interconnexion des réseaux et l'établissement de grands réseaux, si possible interconnectés, donneront en général d'excellents résultats.

Ces solutions ne peuvent s'appliquer qu'à la suite d'ententes entre les industriels et que par l'obtention de vastes concessions. Elles procèdent l'une et l'autre de la doctrine économique qui tend à la concentration industrielle. Ces solutions ne pourront s'appliquer que dans les pays industriels ou dont la population est assez dense.

Si par manque d'entente ou pour toute autre raison, ces solutions ne peuvent être envisagées, ou bien s'il s'agit de centrales éloignées de tout centre industriel ou de centrales établies dans des pays à population peu dense ou encore dans des pays neufs, il faudra envisager les autres solutions; il n'en existe guère que deux qui puissent donner de bons résultats d'une façon assez générale: l'adoption d'accumulateurs de vapeur et l'établissement de fabrications chimiques. Enfin, les trois autres systèmes; accumulateurs électriques, accumulateurs hydrauliques, tarification différentielle ne pourront jamais s'appliquer avantageusement que dans des circonstances tout à fait spéciales.

En tout cas, quelque séduisante que soit à première vue une de ces solutions, il ne faudra l'adopter qu'après une étude économique approfondie et tenant compte de toutes les circonstances dans lesquelles on se trouve.

C'est précisément la présence de toutes ces contingences auxquelles on ne pense pas à priori qui fait que telle solution très avantageuse dans tel cas est complètement anti-économique dans tel autre cas.

Citons un exemple : la recherche de l'amélioration du rendement amenant souvent une augmentation du prix de l'installation, on pourra se permettre de faire une installation plus coûteuse en vue d'obtenir un rendement plus élevé en un pays dépourvu de charbon qu'en un pays où le charbon est abondant et à bon marché, si même les deux installations doivent répondre exactement aux mêmes besoins.

Il est donc impossible de tirer une conclusion absolue d'une étude générale si approfondie soit-elle. On ne peut qu'y signaler les avantages et les inconvénients des divers systèmes préconisés. Dans chaque cas particulier, il faudra envisager ces avantages et ces inconvénients que fait ressortir l'étude générale et de plus toutes les contin-

gences propres à l'installation considérée. On pourra déjà par là rejeter un certain nombre de solutions.

Le choix parmi celles qui restent sera basé sur une évaluation du prix de revient de l'énergie, évaluation qui devra encore tenir compte des conditions auxquelles est soumise l'exploitation. La solution donnant le prix de revient le plus bas sera alors admise.

Tout ce que nous disons a simplement pour but de montrer la prudence qui s'impose dans le choix d'une installation et non pas de dénigrer la recherche du meilleur rendement car il est incontestable que celui-ci joue un rôle primordial dans l'établissement du prix de revient de l'énergie, seule base rationnelle d'un projet d'installation de force motrice. Aussi, ne peut-on s'exagérer l'importance d'une amélioration du rendement surtout si celleci coïncide avec une diminution du prix de l'installation. C'est à ce but que doivent tendre toutes les recherches du domaine des centrales thermiques.

A ce propos, et sans vouloir dire que cette solution s'impose dans tous les cas, il semble qu'une installation conçue comme suit doive donner un excellent rendement thermique aussi bien qu'économique :

chaudière à très haute pression et très haute surchauffe, chauffée au pulvérisé; récupération par réchauffair; unités de turbines très puissantes; réchauffage de l'eau d'alimentation par soutirages; éventuellement résurchauffe en cours de détente; production de courant alternatif à haute tension; centrale interconnectée.

Cette solution se rapportant à une centrale puissante produisant exclusivement de la force motrice et non de la vapeur de chauffage est déjà adoptée dans certaines grandes installations américaines disposant de capitaux importants. Elle réunit la plupart des éléments d'un ren-

dement élevé et si elle n'est pas encore plus en vogue, cela est certainement dû à la prudence des industriels qui attendent les résultats des essais avant de se lancer dans une voie aussi neuve.

Certains établissements belges ont d'ailleurs déjà adopté ces principes pour leurs nouvelles installations: citons à cet égard la centrale de Langerbrugge qui suit résolument la voie du progrès et de la recherche expérimentale des hauts rendements par ses installations d'essai.

FIN

## NOTES DIVERSES

( ) - ·

# Sur une inflammation de grisou due à une cause spéciale

PAR

G. PAQUES,

Ingénieur principal des Mines, à Bruxelles.

La présente note a pour but d'attirer l'attention sur une cause d'accident tout à fait spéciale, constatée en Belgique pour la première fois.

Une inflammation de grisou s'est produite au moment du graissage du carter d'un moteur à air comprimé et a été occasionnée par cette opération.

Cette inflammation est survenue le 22 juin 1935, vers 20 1/2 heures, à front de la taille dite n° 90, Est dans la couche Houilleux, à l'étage de 650 mètres du siège Gosson n° 2, à Montegnée, du charbonnage de Gosson-la-Haye-Horloz. Ce siège est classé parmi les mines à grisou de la deuxième catégorie.

Deux ouvriers ont été brûlés. L'un d'eux a succombé à ses brûlures sept jours après l'accident.

La taille, de 37 mètres de longueur, chassante vers l'Est est à faible inclinaison générale vers le Nord. Les terrains encaissants sont bien résistants. La veine, assez friable, à 14 p. c. de matières volatiles, présente une ouverture normale de 0 m. 50 à 0 m. 60 sans intercalation stérile.

Vers la mi-longueur du front se présente une faible ondulation de la veine provoquée par un crochen de tête largement ouvert, montant légèrement dans le sens de l'avancement. Ce crochon a eu pour effet d'augmenter localement l'ouverture de la couche jusqu'à 1 m. 60 environ. Il a d'autre part amené une légère contrepente dans une partie de la taille.

1163

Les abatteurs travaillent au marteau-pic. Dans la région du front au Nord du crochon, l'évacuation des produits abattus se fait par un couloir à secousses, mû par un moteur à air comprimé situé près de la voie de base. Dans l'autre partie du front, en raison de la contrepente, les charbons doivent d'abord être remontés vers le sommet du crochon. Le dispositif employé pour produire cette remonte est une chaîne à raclettes dont le moteur se trouve au point haut, à l'endroit du crochon. A cet endroit, les produits sont déversés dans le couloir oscillant qu'ils suivent jusqu'à la voie de roulage.

Le moteur de la chaîne est formé essentiellement de trois parties : au centre le moteur proprement dit du type turbinair ; d'un côté, au delà d'un tamis filtrant, le distributeur d'air comprimé et le régulateur automatique de vitesse ; de l'autre côté, le réducteur de vitesse par vis sans fin et roue dentée, dans un carter hermétique pourvu d'un orifice de graissage par cylindrine. Cet orifice se trouve à la partie supérieure du carter et est normalement fermé par un chapeau vissé

Au moment de l'accident, la taille était attelée à veine, mais uniquement dans la région en contrepente, en vue d'enlever un stot de charbon restant à prendre pour rectifier le front d'attaque.

Le personnel comprenait quatre ouvriers à veine, un serveur de bois, un machiniste pour les deux moteurs, un manœuvre, un chef de taille, soit en tout huit personnes.

Quelques minutes avant l'accident, le moteur de la chaîne à raclettes se mit en passe. Auparavant, il s'était déjà arrêté une ou deux fois. Le chef de taille décida de graisser le réducteur de vitesse. Pour gagner du temps, il prit un petit bidon d'huile pour marteaux-pics, à l'un des ouvriers à veine, et versa par l'orifice ad hoc le contenu de ce bidon dans le carter du réducteur de vitesse. Ensuite, il revissa le chapeau et remit le moteur en marche.

Pendant ce temps, le machiniste avait été chercher au pied de la taille, près de l'autre moteur, le bidon de cylindrine servant au graissage normal. Quand il revint au crochon, porteur de ce titre, le moteur était de nouveau arrêté.

Le machiniste versa de la cylindrine dans le carter. A ce

proment précis, une petite flamme jaillit par l'orifice de graissage. Le chef de taille, présent à l'opération et le machiniste ont déclaré : « Le moteur a pris feu et une flamme s'est étendue dans tout le crochon et ses abords. Nous avons été cernés par le feu et avons couru çà et là pour nous échapper. Enfin, nous avons réussi à nous enfuir, à travers le feu, par la voie de roulage. La flamme intitiale a jailli du graisseurs, mais l'embrasement général a été immédiat ».

Aucun des autres ouvriers n'a été atteint par les flammes, même le serveur de bois qui, à ce moment, était le plus rapproché du moteur, à une distance de 3 à 4 m., du côté de la contrepente.

Les ouvriers sont unanimes pour déclarer qu'il n'y a pas eu de détonation. Ils ont entendu une explosion assourdie et senti un déplacement d'air.

Parmi les constatations faites après l'accident, les suivantes sont particulièrement intéressantes au point de vue de la cause possible de l'accident.

1º Tout près du moteur se trouvaient les lampes des deux victimes : une lampe électrique portative, debout, éclairant encore et une lampe à benzine, à alimentation inférieure, éteinte et renversée;

2º Le tuyau flexible qui alimentait le moteur était troué à 0 m. 60 du raccord. Le trou, de 7 à 8 mm. de diamètre était tourné vers le bas, à 0 m. 15 au-dessus du mur. Les fibres de la toile médiane comprise entre deux lames de caoutchouc étaient refoulées vers l'extérieur. Autour de l'orifice, la couche extérieure de caoutchouc était rongée et à peu près disparue sur une surface irrégulière de 15 × 4 cm. environ.

3° Le moteur a été décomposé en ses trois éléments principaux et tous les organes ont été démontés. Le tamis filtrant, à l'entrée de l'air comprimé, était fortement encrassé. Toutes les autres pièces étaient en parfait état, sans trace d'usure, de grippage ou de combustion, sauf que la vis sans fin, en acier, était légèrement bleuie. Le carter du réducteur de vitesse contenait de l'huile, assez fluide, sur 3 à 4 centimètres de hauteur. La vis sans fin y baignait en partie. Le graissage des autres

organes était bon. Le moteur a ensuite été remonté. La remise en marche a été normale.

La lampe à benzine trouvée à l'endroit de l'accident, le tuyau flexible et le moteur ont été expédiés à l'Institut National des Mines, à Pâturages, aux fins d'examens.

Des constatations et des recherches auxquelles cet examen a donné lieu, il résulte ce qui suit :

1° Lampe à benzine. Elle a supporté sans défaillance tous les essais en atmosphère grisouteuse auxquels elle a été soumise. Elle était donc en bon état au moment de l'accident:

2º Tuyau flexible. Il porte des traces de brûlures s'étendant sur 12 centimètres longueur. A cet endroit, était percé sur toute son épaisseur d'un trou de quelque 7 à 8 mm., assez régulier. La couche extérieure de caoutchouc entourant le trou est rongée et presque disparue sur une certaine surface.

Le tuyau a été fendu sur toute sa longueur pour vérifier son état. Rien d'anormal n'a été constaté. Le flexible était donc pratiquement neuf au moment de l'accident;

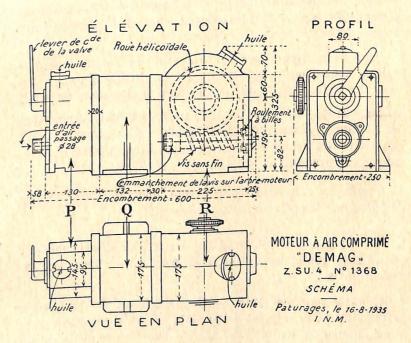
3º Moteur. Construit par la firme Demag, de Duisbourg, il est composé de trois parties assemblées par vis (voir fig. ciaprès).

L'une, P, renferme la valve d'admission pour les deux sens de marche; la seconde, Q, le moteur proprement dit; la troisième partie, R, est un carter renfermant le mécanisme de transmission : une vis sans fin en acier spécial calée directement sur le rotor du moteur et engrenant avec un pignon en bronze à dentures hélicoïdales dont l'axe se prolonge à l'extérieur où il porte la roue dentée de commande de la raclette.

Le carter du mécanisme de transmission est disposé entre deux petits compartiments latéraux dont chacun est parcouru par l'air d'échappement du moteur, air qui gagne ensuite des ouvertures spéciales pratiquées dans la face inférieure de l'appareil.

Il y a deux bouchons de graissage, l'un pour le moteur, l'autre pour la transmission. Le premier reçoit une huile spéciale, fluide, le second une huile épaisse (cylindrine).

Le mécanisme de transmission a été démonté. Tant que la vis sans fin était couverte d'huile, on ne remarquait qu'un léger bleuissement. Dès que l'organe a été soigneusement essuyé, on a constaté qu'il était fortement bleui, indice certain d'un échauffement violent.



Ce bleuissement s'étendait sur presque toute la longueur de la vis; il était particulièrement marqué aux filets en prise, mais il n'atteignait pas l'emmanchement de raccord à l'arbre du moteur (à gauche) ni le tourillon (à droite) du roulement à billes. La denture hélicoïdale en bronze portait quelques petites bavures affectant les points d'entrée de la vis.

M. Breyre, Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, Administrateur-Directeur de l'Institut National des Mines a relaté, comme indiqué ci-après, les recherches auxquelles il a fait procéder.

1° Nous avons tenu d'abord à déterminer la température à laquelle a été portée la vis sans fin pour être bleuie à ce point.

A cette fin, nous avons d'abord soumis une pièce d'acier à outil analogue à l'acier de la vis sans fin, pendant des périodes de cinq minutes, aux températures de 320, 500 et 600° C. C'est pour cette dernière température seulement qu'il y a eu bleuissement de l'acier. Ce bleuissement s'est donc produit entre 500 et 600° C.

Pour éviter tout donte sur l'identité de l'acier de comparaison, nous avons opéré ensuite sur la vis sans fin elle-même, dont les extrémités n'avaient pas subi d'altération de teinte.

Nous avons donc placé la vis sans fin au four de chauffage en portant la température de 20° à 500° en 35 minutes. A 450°, les extrémités avaient une teinte jaune brut; à 500°, le bleuissage s'est produit.

Conclusion: la vis sans fin avait donc subi, par manque d'huile, une température d'au moins 500°.

II° Nous avons recherché les conditions d'inflammabilité des huiles qui étaient utilisées et dont nous avons reçu des échantillons :

a) huile pour marteaux. — Cette huile est fluide. Nous en avons déterminé le point éclair et la température d'inflammation. Rappelons que cet essai se fait dans une coupelle en porlaine, où l'on place l'huile à examiner et que l'on porte à des températures croissantes soigneusement mesurées.

On approche de la surface du bain une petite flamme à gaz jaillissant à l'extrémité d'un tube de verre : le point éclair correspond à la température où une petite flamme fugace prend naissance sur l'huile sans entraîner encore l'inflammation.

La température d'inflammation est celle pour laquelle la présentation de la flamme de gaz détermine une flamme persistante se transmettant à toute la masse.

Nous avons trouvé respectivement 178 à 210° pour le point éclair et le point d'inflammation.

b) cylindrine. — Cette huile est moins inflammable naturellement. Les résultats obtenus sont les suivants :

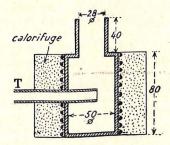
Point éclair : 291°. Point d'inflammation 332°.

Dans ces expériences, il y a inflammation des vapeurs d'huile au contact d'une flamme, dont la température est bien supérieure.

Ces conditions expérimentales ne sont pas celles de l'accident puisque, dans celui-ci, il n'y a pas eu intervention de flamme. Ces expériences étaient nécessaires cependant pour mieux caractériser les huiles utilisées.

III° Nous avons recherché dans quelles conditions ces huiles pouvaient s'enflammer par simple échauffement.

A cette fin, nous avons réalisé un four cylindrique (voir croquis ci-dessous) de 50 mm. de diamètre intérieur et de 80 mm. de hauteur, dont le fond supérieur est pourvu d'une tubulure filetée de 28 mm. de diamètre et de 40 mm. de hauteur. Ce four est chauffé par un enroulement en fil d'acier spécial parcouru par un courant électrique.

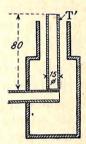


Une tubulure (T) permet à l'aide d'un thermomètre, de relever la température règnant au centre du four.

a) huile pour marteaux. — Ayant placé un second tube (T') disposé comme indiqué au croquis ci-après, nous avons recherché d'abord à quelle température il fallait porter le fond de ce tube pour qu'en y versant de l'huile (2 cm³) celle-ci s'enflamme spontanément.

Nous avons poussé la température jusque 600° sans obtenir d'inflammation.

Nous avons constaté cependant que l'huile s'enflamme immédiatement quand on la projette sur un bain d'aluminium fondu (température 660°) mais il n'y a pas inflammation lorsqu'on utilise soit le plomb fondu (327t), soit le zinc fondu (420t).



De ces essais résulte donc que la température d'inflammation par simple échauffement est comprise entre 600 et 660°.

Nous avons procédé ensuite à une seconde série d'essais consistant à projeter l'huile dans le four même lorsque sa température était stabilisée.

Première expérience: le four est maintenu à 235°. On y projette 23 cm³ d'huile. D'abondantes fumées blanches s'échappent par l'orifice. Quarante-cinq minutes après, une flamme de 20 cm. de hauteur jaillit par l'orifice. Le même phénomène se produit à trois reprises, 1 h. 30 après l'introduction de l'huile, puis à six reprises, se succédant à une minute d'intervalle, encore 2 h. 30 après l'introduction de l'huile.

Deuxième expérience : le four est amené à 320°; puis on coupe le courant de chauffage. On introduit 50 cm³ d'huile. On attend 10 minutes sans constater d'inflammation. La température est tombée alors à 215°. Il ne se produit pas de flamme lorsqu'on injecte de l'air frais dans le four.

Troisième expérience : le four est maintenu à 330°. On introduit 2 cm³ d'huile dans le four sans obtenir d'inflammation.

Une petite flamme jaillit par l'orifice au moment où on injecte à l'intérieur du four, une petite quantité d'air frais.

Quatrième expérience: le four est porté à 430°; on coupe le courant de chauffage. On introduit 2 cm³ d'huile dans le four sans obtenir d'inflammation. Mais en injectant de l'air frais dans le four, on obtient à deux reprises, une flamme qui prend naissance dans les vapeurs, à 1 mètre environ au-dessus de l'orifice du four.

Cinquième expérience: le fou est maintenu à 475°. On introduit 20 cm³ d'huile sans obtenir d'inflammation. On porte ensuite la température à 519° (l'intérieur du four est rouge naissant). On réintroduit 2 cm³ d'huile sans avoir d'inflammation. On n'obtient pas non plus de flamme dans les vapeurs qu'on chasse à l'aide d'une injection d'air frais.

On coupe alors le chauffage du four. Lorsque la température est tombée à 360°, on introduit à nouveau 5 cm³ d'huile. Pas d'inflammation même en insufflant de l'air frais dans le four.

Nous avons soumis ensuite 50 cm<sup>3</sup> d'huile à un échauffement progressif dans le four dont l'orifice était fermé hermétiquement par un bouchon.

Le four est amené à la température de 330°, puis on découvre rapidement l'orifice d'inflammation. Des fumées abondantes se dégagent du four. On attend 15 minutes sans constater d'inflammation.

b) cylindrine. L'huile s'enflamme spontanément lorsqu'on la projette sur un bain d'aluminium fondu (t° 660°), mais il n'y a pas inflammation lorsqu'on remplace l'aluminium soit par du plomb fondu (327°), soit par du zinc fondu (420°).

Nots utilisons ensuite le même four que pour l'huile pour marteaux :

Première expérience: le four est maintenu à 330°. On introduit 25 cm³ d'huile dans le four. On observe pendant 1 h. 30' sans constater d'inflammation.

Deuxième expérience: le four est maintenu à 390°. On introduit 25 cm³ d'huile dans le four. On observe ce qui se passe jusqu'au moment où cesse le dégagement de vapeur soit pendant 2 h. 10'. Pas d'inflammation.

Troisième expérience: le four est maintenu à 530°. On introduit 25 cm³ d'huile, Il se produit un abondant dégagement de fumées blanches qui cesse après 5 minutes, sans avoir donné lieu à une inflammation.

Quatrième expérience: le four est porté à 600°, puis on coupe le chauffage. On introduit 2 cm³ de cylindrine. Pas d'inflammation, pas même lorsqu'on insuffle de l'air frais dans le four.

Le dégagement de fumées, dure 3 minutes. A la fin de l'essai, la température est tombée à 480°.

Cinquième expérience : le four est porté au rouge clair, puis on coupe le chauffage. On introduit 2 cm³ de cylindrine. Pas d'inflammation. Le dégagement de fumées dure 1 minute.

Les considérations ei-après sont extraites des conclusions des recherches relatées ci-avant.

La lampe à benzine trouvée sur les lieux de l'accident n'a pas été la cause de l'inflammation de grisou.

Une explication de l'accident qui consisterait à dire qu'il y a eu éclatement du flexible et inflammation du grisou par une étincelle de décharge ne peut être retenue. Le flexible n'avait d'ailleurs pas de bout métallique formant collecteur de charges. Il a été percé parce qu'il a été entouré de flammes et que l'augmentation de température a entraîné une augmentation de pression. Sa rupture en un point qui présentait le maximum de résistance s'explique aisément.

L'explication: inflammation du grisou par l'huile qui prend feu au moment où l'on verse la cylindrine sur le métal chauffé est seule plansible, mais ce sont très probablement les vapeurs de l'huile pour marteaux versée précédemment qui se sont enflammées.

Les expériences relatées plus haut permettent très bien de se rendre compte de ce qui s'est passé.

Par suite de manque d'huile, la vis sans fin a chauffé au point d'être portée à 500° au moins; le moteur s'arrête. On remet de l'huile pour marteaux, c'est-à-dire, une huile beaucoup trop fluide et trop inflammable qui, au contact du métal chaud, se vaporise rapidement en remplissant le carter d'un mélange combustible à très haute température avec une cer-

taine surpression. Le moteur s'est arrêté à nouveau. On arrive avec l'huile appropriée : au moment où l'on ouvre l'orifice de graissage et où l'on verse la cylindrine, les vapeurs d'huile de marteaux qui ne peuvent s'enflammer dans le carter faute d'oxygène, sortent, d'abord probablement par suite d'unc certaine pression, en second lieu par le déplacement produit par l'arrivée de la cylindrine; ces vapeurs très chaudes trouvent l'oxygène de l'air, c'est-à-dire le comburant qui leur manquait et s'enflamment communiquant immédiatement le feu au grisou accumulé dans le renflement du crochon et, bien entendu, à l'huile elle-même.

Dans les expériences relatées pour l'huile à marteaux, les n° 1, 3 et 4 ont montré que cette huile donne aisément des inflammations sans devoir utiliser de flammes.

L'expérience 4 est particulièrement intéressante à retenir : en injectant un peu d'air dans le four, on obtient un mélange inflammable qui s'allume à un mètre environ au-dessus de l'orifice du four. C'est un phénomène analogue qui a donné lieu à l'inflammation du Gosson.

Les expériences faites avec la cylindrine montrent que le versement de celle-ci n'a joué qu'un rôle d'expulsion et de brassage des vapeurs inflammables provenant de l'huile pour marteaux.

Peut-être même la flamme n'a-t-elle pris naissance qu'à une certaine distance de l'orifice comme dans l'expérience n° 4. Cependant les déclarations des deux victimes sont bien formelles : ils ont vu la flamme prendre naissance à l'orifice.

Il est d'ailleurs très possible qu'il en soit ainsi car pour raison d'économie, il n'a pas été possible de donner au four d'essai et à son orifice les dimensions du carter du moteur en cause. Le mélange de l'oxygène se fait probablement plus aisément avec un orifice plus large; c'est ainsi qu'en opérant sur un bain d'aluminium fondu, on a l'inflammation immédiate de l'huile, parce que celle-ci, au moment où elle touche la source de chaleur, est immédiatement entourée de la quantité d'air voulue pour permettre la combustion.

Le four constitué par le cartel de la transmission au fond duquel la vis de transmission était portée à 500° au moins est

un cas intermédiaire entre l'expérience du bain de métal et l'expérience du four d'essai.

On ne peut pas exclure absolument l'hypothèse d'une inflammation par contact de la cylindrine avec la vis sans fin, mais il faut alors suposer que celle-ci était à une température de 600 à 650°.

Vu le manque d'oxygène dans le carter, il paraît bien plus vraisemblable d'admettre que la cylindrine, outre que sa chute incorporait une certaine rentrée d'oxygène, a expulsé et brassé les vapeurs d'huile pour marteaux restant dans le carter et que ce sont ces vapeurs qui ont pris feu.

G. PAQUES.

## De divers procédés de remblayage dans une même couche aux Charbonnages du Bonnier à Grâce-Berleur

PAR

J. VENTER, Ingénieur au Corps des Mines, à Liége

ET

G. GALAND,

Directeur des Travaux du Charbonnage du Bonnier.

Le remblayage de la couche « Harbotte » au Charbonnage du Bonnier présente une particularité curieuse et sans doute unique. En ces quelques dernières années, on y a effectué les remblayages hydraulique et pneumatique, le remblayage par bosseyement de fausses voies et enfin le foudroyage.

Il y a donc là un cas très spécial qui permet une comparaison formelle des divers procédés, en ce qui concerne l'efficacité, la sécurité et le prix de revient.

La question des dégâts de surface ne peut être envisagée. Les quartiers remblayés par ces diverses méthodes correspondent, en effet, à des régions où les dommages ne sont pas comparables.

La couche en question est appelée Harbotte, n° 13, Castagnette, etc., suivant les concessions. Au Bonnier, elle est riche et régulière. L'ouverture moyenne est de 1<sup>m</sup>,15 en deux ou trois sillons de charbon avec une ou deux intercalations peu importantes de schiste noir et friable qu'il est pratiquement impossible de séparer de la veine. Les terrains encaissants sont des schistes de dureté moyenne, avec un banc de grès à 3 mètres au-dessus de la couche. La pente est un banc de grès à 3 mètres au-dessus de la couche. La pente est de 20° environ. En raison de l'ouverture relativement importante, et de l'absence de stérile, le mode de remblayage le plus rationnel semblait être l'apport de pierres extérieures. Aussi, en 1914, la Direction installait le remblayage hydraulique; celui-ci étant définitivement abandonné au Charbonnage du Bonnier, et d'ailleurs en nitivement abandonné au Charbonnage du Bonnier, et d'ailleurs en

régression générale, nous ne donnerons à son sujet que les quelques détails suivants :

Les matériaux étaient des schistes de lavoir 2-50 mm. auxquels on incorporait des pierres concassées. Le mélange pierres et eau se faisait à la surface et était conduit en tête de la taille par des colonnes de 150 mm. Les eaux étaient filtrées à travers une forte toile tendue parallèlement au front, puis évacuées vers les tenues d'eau par les voies de roulage et des passages spéciaux.

Le procédé est simple, sûr et efficace. Il donne un remblai compact et très régulier. A différentes reprises, on a traversé des remblais vieux de plusieurs années. Le tassement n'excède pas 50 p. c. et la dureté de l'agrégat exige l'emploi du marteau-pic pour l'abatage.

Mais le remblayage hydraulique présente aussi de graves inconvénients; l'exhaure est augmentée, les eaux, malgré une bonne filtration à la taille et le déschlammage préalable des pierres, entratnent une grande quantité de fines, schiste et charbon. Les voies de roulage doivent être nettoyées après chaque opération. Les tenues reçoivent des boues en abondance, ce qui nécessite des curages fréquents, travaux coûteux qui ne peuvent guère avoir lieu que le dimanche. Par temps de fortes gelées, la question se complique parce que les berlaines de boues, gelant à la surface, ne peuvent plus être basculées. La décantation reste incomplète malgré tout et les pompes s'usent rapidement. Le prix de revient reflète ces sujétions. Il est indiqué plus loin avec celui du remblayage pneumatique.

Il semble que le remblayage hydraulique ne soit plus intéressant malgré certains avantages indéniables. Il est inapplicable dans les couches où les terrains foisonnent. Dans tous les cas, les voies souffrent, sont humides, malpropres et ne se prêtent plus aux exigences des forts trafics actuels.

En raison de ces inconvénients, le remblayage hydraulique fut abandonné et remplacé en 1931 par le remblayage pneumatique.

L'appareil choisi est une remblayeuse « Torkret » à poste fixe. Elle fut installée pour le chantier de la couche Harbotte Sud-Ouest à l'étage de 435 mètres, chantier qui comprenait à ce moment 4 tailles chassantes de 65 mètres.

Voici l'organisation générale des opérations :

A la surface, pendant la journée, les pierres sont basculées et stockées dans un caisson souterrain, contigu au puits d'aérage

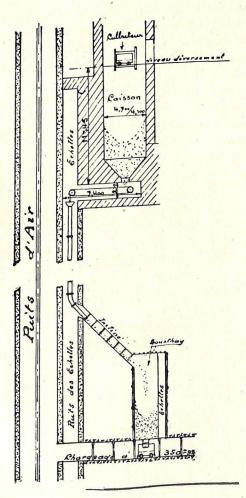


Fig. 1

(fig. 1). Au bas du caisson, une trémie déverse sur une bande transporteuse et doseuse qui convoie les pierres vers une colonne de 150 mm. se trouvant dans le puits. Elles tombent en chute libre, dans cette tuyauterie, jusqu'à la cote 340 environ, où elles sont dédans cette tuyauterie, puits régulateur. Celui-ci possède une trémie viées vers un deuxième puits régulateur. Celui-ci possède une trémie de vidange se trouvant dans l'envoyage Nord à 350 mètres. Le de vidange se trouvant dans l'envoyage necanique vers transport s'effecture alors par berlaines et traînage mécanique vers

le « puits de remblayage » de 3<sup>m</sup>,40 de diamètre et 18<sup>m</sup>,40 de hauteur, qui est le réservoir à remblai, dans la mine. La remblayeuse est à la partie inférieure de ce puits. Elle consiste en un réservoir de 8 mètres cubes en tôles rivées (fig. 2) qui porte en tête une ouverture de remplissage munie d'une fermeture autoclave. Au pied se trouve la machine à remblayer, qui forme le mélange air-remblai et le chasse dans les colonnes. Le dispositif en est très simple. Essentiellement, c'est un plateau à alvéoles, tournant, à vitesse réglable. mû par un moteur à air comprimé. Les pierres sont amenées ainsi

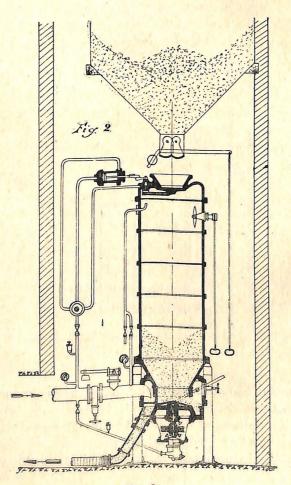


Fig. 2.

sous la chasse d'air motrice. Le débit pierreux est déterminé par la vitesse du plateau et la pression d'air est réglée par un détendeur. Pendant l'opération, le réservoir est hermétiquement fermé. La pression de régime s'y établit par une tuyauterie ad hoc. La marche est donc discontinue. Après vidance, on ferme la vanne d'air comprimé, ouvre la porte autoclave et remplit à nouveau l'appareil. On commence et termine l'opération par une chasse d'air. Le mélange est envoyé par des colonnes de 150 mm. vers le chantier. On n'opère que sur une taille à la fois.

Pour le remblayage hydraulique, la colonne déversait en tête de la taille, la pente étant suffisante pour que l'eau charrie les pierres à destination. Avec le remblayage pneumatique, par contre, la colonne descend dans la taille à une distance maximum de 5 mètres du talus de pierres. Il faut donc démonter successivement les éléments de la tuyauterie. On le fait pendant les arrêts imposés par le remplissage de la remblayeuse. Le démontage est accéléré par un dispositif d'assemblage spécial, qui rappelle le mode de fermeture des bouteilles à bière.

Les colonnes sont posées sur le mur de la taille; mais on relève les derniers éléments de façon à diriger le jet vers le toit. La tuyauterie est relativement flexible à cause, notamment, des joints épais en caoutchouc qui se trouvent à chaque assemblage. La compacité du remblai est d'autant plus forte que la largeur battue par le jet de pierres est moindre. Au Bonnier, on remblaye généralement par tranches de 2 mètres correspondant à un avancement de 2 jours. Encore faut-il répartir les pierres sur cette largeur. On y arrive en partie en déviant la colonne. En outre, deux ouvriers se trouvent à l'orifice de sortie et tiennent une buse en tôle de forme tronconique qui coiffe le demier tuyau. En la manœuvrant latéralement, on peut aussi dévier le jet dans une certaine mesure.

Comme pour le remblayage hydraulique, on tend une toile parallèlement au front, mais on ne la place qu'à mesure de la progression du remblai, de façon à pouvoir reporter en avant les tuyaux démontés. Ceux-ci se trouvent alors sur place pour le remblayage ultérieur. La taille est conduite légèrement hors pente, de façon à soulager la toile et à obtenir un bon serrage sur le remblai antérieur, Le débit de la remblayeuse est de 30 mètres cubes/heure, avec

une consommation moyenne de 125 mètres cubes d'air aspiré par

mètre cube de remblai. C'est la consommation réelle, compte tenu des chasses à vide, et c'est une moyenne pendant les trois ans qu'à duré le remblayage pneumatique. La longueur maximum du parcours en colonnes a été de 1.160 mètres. La pression motrice, qui augmente avec la perte de charge, était à ce moment de 3 kgs par centimètre carré.

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

La colonne maîtresse avait été placée dans la voie au niveau de pied de la taille supérieure, et l'expérience a montré que cette disposition présentait divers inconvénients. Alors que pour les trois tailles d'aval, le remblai était chassé de haut en bas, il devait, pour la taille supérieure, être soufflé de bas en haut, circonstance défavorable à divers points de vue, notamment en ce qui concerne la compacité. En outre, l'entretien général et le transport des tuyaux furent compliqués du fait que la galerie en question ne se trouvait pas à un niveau d'étage. A l'avenir, on placera toujours la colonnemère dans la voie principale d'aérage, c'est-à-dire en amont de toutes les tailles, quitte à relever les pierres pour les déverser dans le puits de remblayage dont le pied devra évidemment se trouver au niveau de l'étage de retour.

Une question importante est celle de la composition granulométrique des pierres de remblayage. La descente depuis la surface jusqu'à l'étage de 350 mètres et le transport à grande vitesse dans les colonnes produisent beaucoup de menu. Celui-ci tapisse l'intérieur des tuyaux d'une couche d'épaisseur croissante et d'une dureté incroyable. Au début, on utilisait des schistes de 0-50 mm., contenant donc au départ déjà une forte proportion de fines. Les colonnes furent bouchées en quelques jours.

Le remède consiste à incorporer une proportion judicieuse de gros éléments qui désagrègent constamment la couche de fines agglomérées; mais il ne faut pas exagérer dans ce sens, car on provoque alors une forte usure des tuyaux. On en est arrivé par tâtonnements à la composition 10-50 mm., obtenu par l'élimination du 0-10 des schistes de lavoir.

Toutefois! l'usure des colonnes, spécialement aux courbes, reste le principal inconvénient du remblayage pneumatique au double point de vue des frais d'entretien de la tuyauterie et des ennuis au cours du remblayage. Un coude, ne serait-il que de quelques degrés, ne résiste que 2 ou 3 jours quand il est en acier ordinaire. Les

courbes accentuées souffrent plus encore. Après de nombreux essais portant sur la nature du métal et le mode de construction, on en est revenu à un système simple de courbes en acier à 14 p. c. de manganèse, avec une surépaisseur de 10 mm. à la paroi extérieure. Ces éléments résistent environ 15 jours.

On a mis au point un procédé de réparation par soudage de pièces en forme, qui atténue fortement, au point de vue des frais, cette grosse question d'usure rapide.

La tuyauterie doit être surveillée de près au cours du remblayage, à cause des perforations qui se produisent par usure. Quand un tel accident n'est pas décelé à bref délai, la voie est rapidement comblée par les pierres qui s'échappent.

Le remblayage pneumatique donne un très bon remblai qui, cependant, ne paraît pas avoir la régularité et la cohésion du remblai à l'eau. Aucune mesure de tassement n'a pu être effectuée jusqu'à présent.

Voici les prix de revient comparés des deux procédés, établis en francs par tonne abattue dans les chantiers remblayés. Ils ont été ramenés à la valeur actuelle des salaires et des fournitures :

2. Fournitures : colonnes et courbes	des balanes et des	Tourniture	
1. Salaires: manutention, pose, surveillance et entretien des colonnes, entretien des passages de tuyaux et passages d'eau, pose des toiles, opération du remblayage, enlèvement des boues dans les tailles et aux abords 2,91 2,91 2,91 2.92 2. Fournitures: colonnes et courbes 0,82 5. Fournitures diverses: toiles, bois clous, joints, etc. 4. Salaires: fond et surface pour le nettoyage de tenues d'eaux 2,20 5. Supplément d'exhaure 0,50 6. Air comprimé 0,60 7. Amortissement des dépenses de premier établissement 0,50 6.			
les tailles et aux abords	entretien des colonnes, entretien des passages de tuyaux et passages d'eau, pose des toiles, opération du rem-		pneuma
2. Fournitures : colonnes et courbes	les tailles et aux abords	2.01	2,92
5. Fournitures diverses:  toiles, bois clous, joints, etc.  4. Salaires: fond et surface pour le nettoyage de tenues d'eaux  5. Supplément d'exhaure  6. Air comprimé  7. Amortissement des dépenses de premier établissement  6. Supplément d'exhaure  6. O.5	a Fournitures: colonnes of and les	1-11-1	0,80
4. Salaires: fond et surface pour le nettoyage de tenues d'eaux	3. Fournitures diverses:		
4. Salaires: fond et surface pour le nettoyage de tenues d'eaux	toiles, bois	2,08	
4. Salaires: fond et surface pour le nettoyage de tenues d'eaux	cious, joints, etc.		0,60
de tenues d'eaux	4. Salaires: fond et surface pour le nettoyage		
5. Supplément d'exhaure	de tenues d'eaux	2,20	
6. Air comprimé	5. Supplément d'exhaure	0,50	
7. Amortissement des dépenses de premier établissement	6. Air comprimé		0,63
blissement	7. Amortissement des dépenses de premier éta-		
7,69 5.4	blissement		0.54
		7,69	5.49

Le poste 5, supplément d'exhaure, a été calculé pour l'étage de 455 mètres. En réalité, on n'a pas remblayé hydrauliquement à ce niveau, mais bien à un étage supérieur où ces frais étaient moindres. On peut noter que ce poste s'approche de la dépense en air comprimé du remblayage pneumatique. Pour l'étage inférieur futur, il le dépasserait. L'amortissement des dépenses de premier établissement est notable pour le remblayage pneumatique : achat et installation de la remblayeuse, creusement et revêtement du puits de remblayage qui ne peut servir que pour un quartier limité.

Le poste correspondant est négligeable dans le cas du remblayage hydraulique. A part l'installation à la surface d'un caisson peu coûteux et qui sert pour toute la mine, le premier établissement ne porte que sur le prix de la tuyauterie maîtresse. Ces frais sont compris dans les postes fournitures 2 et 3. Il n'a pas été possible de séparer ces demiers dans le cas du remblayage hydraulique, mais on peut dire que l'usure des colonnes est très faible comparée à ce qui se passe pour le remblayage pneumatique.

Le remblayage pneumatique du chantier S.W. à 435 mètres fut abandonné pour les raisons suivantes :

- 1) La distance croissante occasionnait des blocages plus fréquents et des frais élevés pour la surveillance et l'entretien de la tuyauterie;
- 2) L'importance du gisement restant à prendre dans le quartier ne justifiait pas les frais de déplacement de la remblayeuse et le creusement d'un nouveau puits de remblayage;
  - 3) Les dégâts de surface n'étaient plus à craindre.

On entreprit de remblayer au moyen de fausses voies bosseyées en toit à l'explosif. Ce procédé est bien connu. Il s'est montré relativement efficace. Toutefois, à l'approche d'une zone dérangée, il apparut qu'il ne présentait plus une sécurité suffisante et on décida alors d'essayer le foudroyage qui donnait satisfaction dans divers charbonnages.

Le chantier comprenait à ce moment une seule longue taille chassante de 110 mètres.

Le principe du foudroyage consiste à casser le toit au plus près du front, de façon à diminuer fortement la pression sur les boisages de la havée de travail. En outre, le foisonnement des bancs de pierres amène un remplissage complet de la zone exploitée.

La méthode générale consiste à établir un soutènement puissant et rigide dans la havée à maintenir et à supprimer le soutien du toit en arrière. Celui-ci se trouvant en porte-à-faux, tend à s'ébouler, la cassure se produisant à l'endroit du moment maximum, c'est-à-dire le long du soutènement en question.

Parmi les divers procédés employés, la Direction des Charbonnages du Bonnier a choisi celui des piles de bois équarris, montées avec effrondreurs.

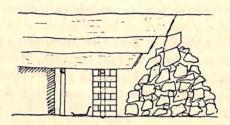


Fig. 3.

Au début du poste à veine, poste de jour, la taille présente l'aspect de la figure 5. On y remarque la paroi de charbon, la havée de travail où se trouvent les chenaux, les piles de bois et l'éboulis en arrière. Les piles sont formées de billettes en chêne ou en hêtre de premier choix, à section carrée de 15×15 cm. et 60 cm. de longueur. Elles sont montées (fig. 3 et 4) dans l'alignement d'une file de bèles. De cette façon, les piliers et le boisage propre de la taille concourent à soutenir la même ligne du toit. On s'arrange pour qu'un bois de taille se trouve à l'intérieur du pilier, le montage en est facilité quand la pente est un peu forte. En outre, lors du démontage, l'étai qui subsiste soutient le toit, empêche généralement un éboulement local sur les éléments de la pile et, en tout cas, il « prévient » si cet événement se produit.

A mi-hauteur du pilier, on intercale deux effondreurs « Méco » qui permettent le démontage instantané par un simple coup de masse sur un verrou. Le mur est débarrassé de tout menu, de façon à assurer un appui franc. La pile est fortement serrée au toit au moyen de larges coins en bois dur chassés à la masse entre les deux derniers éléments du haut. Pour racheter les irrégularités du terrain,

les ouvriers disposent de bois équarris de longueurs et épaisseurs diverses.

Au cours du poste suivant, d'après-midi, on avance les chenaux et bosseye les deux voies de tête et de pied. On tire, en outre, une ou deux mines en toit dans la taille, à 5-6 mètres en amont de la voie de roulage pour casser le toit suivant une ligne parallèle à cette voie.

Un bon remblai de 5 ou 6 mètres de largeur est monté le long des deux galeries en question au moyen des pierres de bosseyement.

Au cours du poste de nuit, on procède au foudroyage proprement dit. Le personnel comprend un surveillant et 2 ou 5 équipes de deux hommes. On dépile en descendant, une équipe commence par exemple en tête de la taille et l'autre au milieu. Avant de démonter un pilier en bordure de l'éboulement, les ouvriers doivent se protéger par un pilier en amont et un autre en aval, placés dans la havée à soutenir (fig. 5).

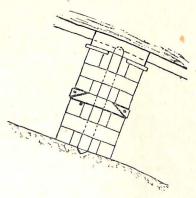


Fig. 4.

L'effondrement d'une pile est provoqué à distance au moyen d'un marteau à long manche. Les éléments ramenés par des crochets en fer servent immédiatement à reconstituer une nouvelle pile dans la havée voisine et ainsi de suite pour toute la taille.

Généralement, aucun éboulement ne se produit pendant ces opérations, le toit restant toujours soutenu par la file des boisages qui se trouvent dans l'alignement des piliers démontés. On provoque

alors l'affaissement du toit en supprimant ce soutènement. Les bois sont sciés à distance au moyen d'une scie à long manche. L'éboulement s'amorce généralement après sciage de quelques étais voisins. On continue l'opération en montant, et il n'est plus nécessaire alors d'attaquer chaque bois. La plupart se cassent sous la pression du terrain, on scie ceux qui résistent. L'éboulis est formé d'éléments de 10 à 30 cm. de diamètre. Il arrive que le toit soit plus résistant et doive être découvert sur une grande longueur avant d'ébouler. La chute se produit alors en masse, les blocs ayant parfois 6 à 7 mètres de long.

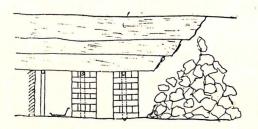


Fig. 5.

Au début, pendant les huit premiers jours, le toit ne tombait pas spontanément et il fallut miner. Par après, l'éboulement a suivi très régulièrement le dépilage.

Le procédé est simple et le succès assuré à condition d'avoir une organisation précise du travail dans tous ses détails, de combattre les moyens de fortune et d'user d'un matériel de choix : bois de piles, coins, etc. La sécurité et l'efficacité reposent sur la solidité des piles de soutien. Il faut tenir la main à ce qu'elles soient montées avec soin, en matériaux durs et équarris, à l'exclusion de bois tendres ou de section irrégulière, qui peuvent s'écraser ou glisser sous la charge.

Dans ce même ordre d'idée, on emploie actuellement dans certaines mines — en Hollande notamment — des bouts de rails au lieu de billettes en bois. Ce procédé donne évidemment une rigidité très grande, surtout quand on utilise en même temps des étais métalliques. Il ne paraît applicable que dans les couches à faible pendage.

Il faut aussi, pour obtenir un bon résultat, maintenir un front de taille bien rectiligne, de façon à conduire une ligne de cassure droite

1185

et parallèle à la veine. La présence de redans, même peu accentués, amène des perturbations dans la chute régulière du toit. En outre, la cassure peut se prolonger dans le massif non exploité, entravant l'abatage et causant un danger pour les ouvriers à veine. Au Bonnier, le front de taille est fréquemment rectifié au cordeau. Après quelques jours, le personnel a été complètement familiarisé avec le procédé nouveau dans lequel il a maintenant toute confiance. Il n'en était pas de même au début, notamment pour les préposés au foudroyage. La chute du toit, surtout quand elle se produit en masse, est d'ailleurs réellement impressionnante.

Les prix de revient s'établissent comme suit pour le remblayage par bosseyement de fausses voies et pour le foudroyage :

C.I.						Fau	isses voies.	Foudroyage
Salaires	•	•					2,71	2,10
Fournitures					٠	( )	1,30	0,26
							- 11	
			To	otal			4,01	2.36

Les fournitures comportent, pour les fausses voies, les explosifs et les bois. Pour le foudroyage, elles concernent les billettes qui sont à remplacer après un certain temps, les coins dont on fait grande consommation et les effondreurs dont il faut prévoir l'amortissement dans un délai assez court.

Le foudroyage présente donc un avantage économique sensible. Au point de vue des dégâts de surface, il semble que les deux procédés soient équivalents; mais on n'a pu avoir aucune indication ferme à ce sujet.

Pour ce qui est de la sécurité, le foudroyage paraît supérieur :

- 1°) Depuis son adoption, on n'a eu aucun éboulement de taille, aucun indice de poussée des terrains à front malgré la traversée d'une zone très mauvaise;
- 2°) Les grands vides au remblai sont supprimés avec leurs inconvénients au point de vue grisou et accès du personnel:
- 3°) Les pertes d'air sont fortement diminuées;
- 4°) On tire moins de mines, la consommation en explosif a été réduite de 75 p. c. dans le chantier en question.

L'opération même du foudrotage ne présente aucun danger spécial, à la condition, encore une fois, que le personnel soit stylé et qu'il dispose d'un bon matériel et d'outils appropriés.

On n'a pas constaté que le foudrotage facilitait l'abatage de la

veine.

Voici un tableau qui résume les prix de revient des quatre procédés :

	Rer	nblayage	Remblayage	Fausses	
	hyc	lraulique.	pneumatique.	voies.	Foudroyage.
Salaires .		5,11	2,92	2,71	2,10
Fournitures		2,58	2,03	1,30	0,26
Amortissemer	nt.		0,54		•••
					-
Total .		7,69	5,49	4,01	2,36

La conclusion en résulte. Dans les régions où les dégâts de surface sont à craindre, la Direction des Charbonnages du Bonnier usera du remblayage pneumatique. Ailleurs, le foudroyage sera envisagé pour la couche n° 13 du moins. On examine l'extension du procédé aux autres chantiers.

Mars 1935.

## REGLEMENTATION DES MINES A L'ETRANGER

# Réglement de police des mines de houille de l'inspection générale de Dortmund

du 1er mai 1935

Le numéro d'octobre 1935 de la Zeitschrift für das Berg-Hütten- und Salinenwesen, organe officiel de l'Administration des Mines allemande, a publié le nouveau règlement du 1<sup>er</sup> mai 1935, qui entre en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 1936 et s'applique à toutes les mines de l'Inspection de Dortmund, donc à la plus importante partie de la production houillère allemande.

Ce règlement rapporte toute une série d'ordonnances antérieures et notamment les prescriptions en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1911; il constitue une codification particulièrement intéressante; il est complet et naturellement touffu (350 articles), vu l'abondance des sujets abordés. Faute de place, nous ne le donnerons pas in extenso, nous nous bornerons à résumer les chapitres qui offrent le moins d'intérêt pour nos lecteurs et nous garderons le texte intégral pour certaines questions (1).

Nous donnons notamment le texte intégral pour le chapitre III (Soutènement) qui contient, d'une manière

<sup>(1)</sup> Nous remercions M. l'Ing. F. Van Oudenhove pour l'aide apportée à la traduction.

plus explicite que de nombreux règlements, les règles principales de la prévention des éboulements.

Le chapitre IV (Transports) est donné presqu'en entier pour le même motif : on y lira nombre de règles que l'on retrouvera dans les conclusions d'études du Service belge des Accidents miniers et du grisou

Le chapitre VI (Aérage) et le chapitre VII (Schistification) sont donnés in extenso, ce dernier notamment en raison de l'intérêt qu'il présente au point de vue de la neutralisation systématique, par schistification, des gisement à poussières dangereuses. A ce chapitre, il faut ajouter les prescriptions des articles 210 et 211 visant la schistification au tir même.

Une partie importante du chapitre X (Travaux de tir) a été retenue également; signalons à titre de curiosité l'article 219 qui autorise, moyennant diverses précautions, le tir d'explosifs libres; l'article 224 vise le cas de deux travaux marchant l'un vers l'autre.

Les chapitres 16 (Protection du travail) et 17 (Apprentissage) sont donnés aussi in extenso.

Les autres chapitres sont résumés de manière cependant à conserver toutes les parties essentielles.

Nous donnons d'abord une table des chapitres et subdivisions, coup d'œil d'ensemble utile au lecteur.

Ad. BREYRE

## Réglement de police des mines de houille dans l'inspection générale de Dortmund

(Ordonnance du 1<sup>er</sup> mai 1935, entrant en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 1936.)

## TABLE DES MATIERES ET INDICATION DES CHAPITRES ET ARTICLES

#### Chapitre Ier. — Généralités (1-5).

- A) Sécurité de l'exploitation (1-3).
- B) Clôture et accès des installations (4-5).

#### Chapitre II. — Les travaux miniers (6-20).

- A) Issues vers la surface (6).
- B) Indicateurs des voies (7).
- C) Isolement de travaux miniers (8).
- D) Sécurité vis-à-vis d'afflux d'eau ou de gaz (9-11).
- E) Précautions contre les chutes de personnes et contre les chutes d'objets (12-15).
- F) Planchers volants et fixes dans les puits (16-17).
- G) Travaux d'approfondissement des puits (18-19).
- H) Visite des puits (20).

## Chapitre III. — Soutènement (21-31).

## Chapitre IV. — Transport et extraction (32-74).

- A) Transport souterrain en général (32-36).
- B) Transport en galeries horizontales (37-41).

  Par hommes (37).

Par chevaux (38-39).

Par moyens mécaniques (40-41).

C) Transport dans les plans inclinés et dans les puits (42-70).

Freins et treuils (42-47).

Cages (48).

Câbles et leurs attaches (49).

Recettes (50-53).

Signalisations, téléphones, tuyaux acoustiques (54-55).

Préposés aux accrochages et aux freins (56-57).

Service de l'extraction (58-70).

D) Transport dans d'autres travaux verticaux et inclinés (71-72).

E) Prescriptions supplémentaires concernant l'extraction dans les

F) Transport à la surface (74).

# Chapitre V. — Circulation du personnel (75-86).

A) Généralités (75).

B) La circulation du personnel (76-84).

dans les galeries horizontales (76-77).

dans les galeries inclinées et les puits (78-84). C) Transport des personnes par moyens mécaniques dans les voies

D) Translation par câbles (86).

# Chapitre VI. — Aérage (87-132).

A) Principes de la ventilation.

Généralités (87-89).

Quantités d'air (90).

Vitesse de l'air (91).

Production du courant d'air principal (94-96).

B) Conduite de l'aérage.

Généralités (98-102).

Interdiction du courant descendant (103). Réparation de l'aérage (104-107).

Séparation des courants (108-113).

C) Surveillance des conditions d'aérage.

Recherche des gaz nuisibles (114-120).

Jaugeages des courants, analyses de l'air (121-122).

Plan et schéma d'aérage (124).

Porion d'aérage (125).

D) Mesures à prendre en cas d'afflux de gaz nuisibles (126-132).

### Chapitre VII. — Schistification (133-151).

Généralités (133-134).

Arrêts-barrages (135-138).

La schistification (139-141).

Réserve de poussières stériles (142).

Qualités exigées des poussières de schistification (143).

Contrôle des poussières (144-147).

Registre de schistification (148).

Porion de schistification (149).

Prévention et enlèvement des accumulations de poussières (150-151).

### Chapitre VIII. — Eclairage souterrain (152-167).

A) Généralités (152).

B) Lampes de mines portatives.

Nature et nombre des lampes (153-156).

Entretien des lampes (157-162).

Utilisation des lampes (163-165).

Lampes de réserve (166).

C) Eclairage d'autre sorte dans le fond (167).

## Chapitre IX. — Explosifs et moyens d'amorçage (168-194).

A) Généralités (168-173).

B) Transport des explosifs au dépôt (174-179).

C) Entreposage des explosifs et amorces (180-189).

D) Distribution des explosifs (190-194).

## Chapitre X. — Les travaux de sautage (195-238).

A) Les préposés au tir (195-197).

B) Détention des explosifs et amorces par les préposés (198-206).

C) Restrictions imposées au tir d'explosifs (207-209).

D) Exécution du tir.

Schistification au coup de mine (210-211).

Recherche du grisou (212-213).

Chargement, bourrage, amorçage (214-222).

Protection contre les projections (223-225).

lylesures après le tir (226-230).

E) Le tir des explosifs dans le creusement des puits (231-237).

F) Surveillance de l'emploi des explosifs et du tir (238).

# Chapitre XI. — Protection contre le danger d'incendie (239-259).

A) Prévention des incendies (239-245).

B) Protection des travaux miniers contre l'invasion des fumées d'incendie (246-248).

C) Installations pour l'extinction des incendies (249-251).

D) Lutte contre les incendies souterrains (252-258).

L, Lutte contre les incendies à la surface (259).

# Chapitre XII. — Sauvetage et premiers secours (260-269).

A) Organisation du sauvetage (260-263).

b, Travaux de sauvetage (264-265).

C) Premiers secours (266-269).

## Chapitre XIII. — Machines (270-279).

A) Généralités (270-271).

B) Installations électriques (272-274).

C) Installations à air comprimé (275-276).

D) Gaz techniques et liquides inflammables (277).

E) Machines à combustion (278).

F) Chaudières à vapeur (279).

## Chapitre XIV. — Installations superficielles (280-299).

A) Généralités (280-288).

B) Cokeries (289-295).

C) Fabriques de briquettes (296-298).

D) Crassiers (299).

# Chapitre XV. — Levé des plans (300-307).

Relevé du plan des travaux (300-304).

Directives au sujet de certains travaux (305).

Mise au courant des plans (306).

Marques d'arpentage (307).

## Chapitre XVI. — Protection du travail (308-323).

A) Occupations.

Généralités (308-310).

Adolescents (311).

Travailleurs isolés (312).

B) Protection de la santé.

Protection contre les poussières (313-315).

Protection contre la boue et l'eau (316-317).

Interdiction de l'alcool (318).

Danger d'empoisonnement au plomb (319).

Vestiaires et bains (320). Lieux d'aisance (321).

C) Protection contre les blessures de nature spéciale.

Chaussures (322).

Protection de la tête (323).

#### Chapitre XVII. — Apprentissage (324-329).

A) Formation des abatteurs (324-328).

B) Formation pour d'autres travaux (329).

## Chapitre XVIII. — Surveillance (330-345).

A) Surveillants (330-337).

B) Chefs d'équipe (338-339).

C) Consignes (340).

D) Publications, autorisations (341).

Registre du siège (342).

Avis portés à la connaissance du personnel (343-344). Conservation des affiches et avis similaires (345).

## Chapitre XIX. — Dispositions finales.

A) Dérogations (346).

B) Pénalités (347).

C) Mise en vigueur (348).

D) Dispositions transitoires (349-350).

### CHAPITRE 1er. — GENERALITES. (1)

Au seuil du règlement, le chapitre le pose d'abord en principe que tous les appareils visant la sécurité doivent être maintenus en bon état, qu'il doit être fait usage des dispositifs de sécurité existants, que quiconque s'aperçoit d'une cause de danger doit en avertir immédiatement le personnel intéressé et la surveillance (art. 1-3).

Les installations minières doivent être clôturées; on ne peut y pénétrer sans autorisation; les personnes prises de boisson ne peuvent y être tolérées (art. 4-5).

### CHAPITRE II. — TRAVAUX MINIERS.

Le chapitre II définit d'abord le principe de la double issue : sauf pendant la durée du creusement des puits et pour les travaux de percement nécessaire, tous les chantiers doivent être reliés au jour par deux issues distinctes, en état de viabilité, équipées de dispositifs appropriés au transport du personnel et toujours prêts à fonctionner (art. 6) (2).

La signalisation des voies principales dans le fond est exigée : aux croisements principaux de chaque étage en exploitation, on doit indi-

<sup>(1)</sup> Quelques explications sont utiles au sujet de la traduction adoptée

L'Administration des Mines est citée souvent au cours du règlement, soit sous le nom de « Bergrevierbeamte » que nous avons traduit par « le Service des Mines », c'est-à-dire le Service ordinaire des Mines; soit sous le nom d'« Oberbergamt », échelon supérieur que nous avons traduit par « Inspection générale des Mines ».

par « inspectant des annes ».

La surveillance est exercée par des « Aufsichtspersonen »: nous avons adopté le nom général de Surveillant, bien que certains postes soient remplis par des techniciens ou ingénieurs, par exemple pour des missions d'ensemble et spéciales, tel le contrôle de l'ensemble des installations électriques. En ce cas, ces agents sont plutôt de délégués du « Betriebsführer » (Directeur des travaux), tels qu'ils sont prévus à l'article 330-3.

Nous traduisons « Ortsälteste », littéralement « les anciens », par chefs d'équipe, ce sont des ouvriers choisis ayant une certaine autorité sur leurs camarades sans être cependant surveillants. Nous avons chez nous des situations analogues.

nous des situations analogues. Toute la partie résumée est en italique; les citations textuelles sont en

petits caractères ordinaires.

(2) Précédemment, le règlement indiquait une distance minimum de 30 mètres entre les puits; cette distance est, en fait, dépassée dans toutes les installations modernes. Aucune indication de distance n'est plus donnée, le Service des Mines qui doit approuver les plans, ayant toujours moyen d'intervenir.

quer (art. 7) la désignation des galeries, de l'étage, la direction vers le puits de sortie habituel et vers l'issue de secours. Les travaux abandonnés doivent être isolés ou barricadés (art. 8).

Donnons in extenso les articles 9 à 11, intitulés :

### D. — Sécurité vis-à-vis d'afflux d'eau ou de gaz.

9. Dans les travaux en-dessous des morts-terrains, il faut laisser un pilier de sécurité ayant au moins 20 mètres de puissance en verticale et non fissuré. Ce pilier ne peut être traversé que par des puits et des sondages.

Les sondages, même lorsqu'ils n'atteignent pas le charbon, doivent être bouchés, avant d'être abandonnés, de telle manière qu'ils ne permettent pas une pénétration d'eau dans le massif houiller ou dans des couches de sols surplombantes.

- 10. Dans un rayon de 20 mètres de l'esponte, mesurés normalement, aucun travail ne peut se faire que sur autorisation de l'Inspection des mines (massif de protection de l'esponte).
- 11. (1) Lorsque les travaux peuvent donner lieu à un abattement de bain d'eau, les règles suivantes doivent être observées :
- a) les matériaux doivent être réglés d'après les indications du géomètre de mines (Markscheider) (1);
- b) si l'on effectue des forages préliminaires, il faut inscrire journellement sur le carnet de forage, le nombre, la position et la profondeur des trous de forage;
- c) les matériaux nécessaires à la fermeture des trous de forage et à l'établissement de serrements dans les galeries doivent être tenus prêts à l'emploi sur les lieux;
- d) une issue de sauvetage, sûre et convenablement éclairée, doit être aménagée; elle doit être signalée à tout le personnel chargé des travaux d'abattement avant le commencement du travail.
- e) on doit prendre les précautions voulues pour que le personnel occupé dans d'autres chantiers ne puisse être mis en danger par une irruption d'eau ou de gaz;

- f) les travaux d'abatage proprement dits ne peuvent être effectués qu'en présence d'un surveillant.
- (2) L'exploitation ne peut être poursuivie que là où une irruption d'eau n'est pas à craindre.
- (3) Les bains d'eau ne peuvent pas être vidés dans le charbon (en veine).
- (4) Le paragraphe (1) s'applique aussi aux travaux où l'on peut redouter une irruption d'eau venant de terrains aquifères ou une irruption de gaz nuisibles.

### E. — Sécurité contre la chute de personnes et la chute d'objets.

- 12. (1) Les ouvertures et accès de tous les travaux ayant une pente supérieure à 50° à l'exception des chantiers d'exploitation doivent être défendus de telle manière que personne ne puisse y pénétrer par inadvertance.
- (2) Les puits de mine doivent être fermés jusqu'à une hauteur de 2 mètres au-dessus du niveau de l'accrochage, de manière que personne ne puisse passer la tête dans le compartiment d'extraction ou pénétrer dans la zone isolée, sans ouvrir la clôture.
- 13. (1) Les objets non attachés (par exemple outils, bois, pierres) doivent être éloignés des communications verticales ou inclinées d'une distance telle qu'ils ne puissent y tomber.
- (2) Le soutènement de ces travaux doit être exempt de tout objet non attaché.
- 14. (1) Les caisses à charbon et à stériles, les orifices de cheminées, les extrémités des couloirs, etc. doivent être disposés de telle manière que personne ne puisse être mis en danger par la chute de charbon, de stériles ou d'autres objets.
- (2) Si on doit pénétrer dans des caisses à charbon ou à stériles ou dans des cheminées qui ne sont pas vides, on ne peut le faire qu'en présence d'une seconde personne compétente et en prenant des mesures spéciales de sécurité.
- 15. Dans l'exploitation de couches en dressant, il faut protéger d'une manière spéciale les emplacements de travail contre la chute de morceaux de charbon et de roche.

<sup>(1)</sup> Les Markscheider sont des géomètres agréés par l'Inspection générale des Mines pour le levé des plans. Ils font partie du personnel de la mine, mais doivent être commissionnés; ils ont de ce chef un caractère semi-officiel. L'inspection générale a un géomètre auquel est confiée l'inspection de tout ce qui concerne les plans et portant le titre de

### F. — Planchers mobiles (volants) et fixes dans les puits.

- 16. (1) Les treuils à câbles de planchers mobiles dans les puits doivent être actionnés par voie mécanique. Les mécaniciens doivent être agréés par le Directeur des travaux.
- (2) Le déplacement d'un plancher mobile exige la présence, en dehors du mécanicien, d'un second homme compétent qui manœuvre les dispositifs de blocage du treuil à câble.
- 17. Les planchers fixes employés dans les puits doivent présenter un coefficient de sécurité au moins égal à 7 par rapport à la charge statique maximum. Si on emploie du bois, le surveillant compétent doit le choisir spécialement.

### G. - Creusement de puits.

- 18. Pendant le creusement de puits, on doit dresser un rapport sur la nature, l'épaisseur et le pendage des strates rocheuses traversées, ainsi que sur les dérangements, venues d'eau et la nature du soutènement. Une copie doit être délivrée à l'Administration des Mines.
- 19. Les puits en creusement doivent être fermés par des planchers étanches, munis de clapets. Ces clapets ne peuvent être ouverts que pour permettre le passage des cuffats.

### H. - Examen des puits.

20. Les parois des puits doivent être régulièrement inspectées. Les précisions sont déterminées par le Directeur des Travaux.

### CHAPITRE III. — SOUTENEMENT.

- 21. (1) Tous les travaux miniers doivent dès leur ouverture être protégés aussitôt que possible contre des chutes de roches et de charbon, et être maintenus en état de sécurité pour toute la durée de leur utilisation.
- (2) On ne peut supprimer le soutènement que dans le cas de roches reconnues sûres par l'expérience.

- 22. (1) Le soutènement doit être exécuté suivant des règles déterminées (consignes de soutènement).
- (2) Les consignes de soutènement indiqueront pour chaque chantier ou pour chaque couche la nature et les dimensions minima du soutènement, ainsi que la distance maximum entre les différentes parties du soutènement.
- (3) Les consignes de soutènement doivent être portées dans un registre spécial (registre du soutènement) ou dans le registre d'équipe (Schichtenzettel).
- (4) Aux endroits appropriés dans le fond, des tableaux doivent indiquer les consignes du soutènement (tableaux du soutènement).
- 23. Lorsque les terrains deviennent plus mauvais, on doit renforcer le soutènement.
- 24. Les endroits particulièrement dangereux doivent être préservés par un soutènement spécial.
- 25. (1) Les blocs menaçant de tomber ou les fragments détachés doivent être enlevés ou retenus solidement.
- (2) Les charbons et les parois en surplomb, qui menacent de tomber, doivent être garantis contre une chute intempestive.
- 26. Dans les galeries, il faut remplir autant que possible les excavations du toit.
- 27. Lors du remplacement du soutènement, des précautions spéciales doivent être prises contre les chutes de roches ou de charbon.
- 28. Lors du déblaiement d'éboulements, il faut protéger d'une façon spéciale le soutènement voisin contre toute poussée (par exemple à l'aide de piliers de bois, de tirants, de clames solides et de boulons).
- 29. La récupération du soutènement ne peut se faire que suivant les instructions données par le surveillant compétent et uniquement par des personnes expérimentées.
- 30. Le porion d'équipe doit veiller à ce qu'il y ait toujours, au voisinage des chantiers de travail, une provision suffisante de matériaux pour le soutènement.

- 51. (1) En ce qui concerne le soutènement réglementaire et le renforcement du soutènement à prévoir lorsque les terrains deviennent plus mauvais, chaque abbatteur est responsable dans sa section de travail, en plus des surveillants et des chefs-d'équipe (voir n° 558).
- (2) Les chefs d'équipe doivent aussi souvent que possible examiner le terrain et le soutènement, particulièrement au commencement du travail, après les intervalles de repos et après chaque tir d'explosifs.

### CHAPITRE IV. — TRANSPORT ET EXTRACTION (1).

### A. — Généralités concernant les transports dans le fond.

- 32. (1) Les hiercheurs, les conducteurs de chevaux et de locomotives doivent, lorsqu'ils effectuent des transports, disposer ou porter la lampe de telle manière que la lumière soit visible de l'avant.
- (2) Les transports par chevaux et par locomotives doivent avoir un feu rouge de protection suspendu d'une manière très visible.
- 33. (1) Exception faite à l'accrochage, aux endroits de chargement et aux aiguillages, les wagonnets à mouvoir en même temps doivent être accouplés l'un à l'autre.
- (2) Les accouplements de wagonnets doivent être constitués de tele manière que les manœuvres puissent se faire latéralement, sans danger.
- 34. Les wagonnets se trouvant sur une voie en pente doivent être calés.
- 35. (1) Lorsqu'un wagonnet chargé déraille, il ne peut être remis en place, par un ouvrier seul, qu'à l'aide d'un levier.
- (2) Dans le transport par cheval, on ne peut remettre sur rail les wagonnets déraillés qu'après avoir dételé le cheval.
- (5) Dans le transport mécanique, en galeries, on doit arrêter le transport avant la remise en place, à la main, du wagonnet.

- (4) Dans les plans inclinés, on ne peut remettre en place à la main le chariot porteur, le contrepoids ou le wagonnet déraillé qu'après avoir empêché le dévallement intempestif du porteur, contrepoids ou wagonnet, à l'aide d'un dispositif indépendant de l'installation de transport ou de freinage.
- 56. L'examen des installations de transport (locomotives, machines servant au transport, câbles, transmissions, etc.) fait par des agents compétents sur réquisition du Service des Mines, est à charge de l'exploitant.

### B. — Transport en galeries horizontales. Transport par hommes.

- 37. (1) Dans le transport par hommes, les hiercheurs doivent conserver une distance de 10 mètres au moins entre leurs wagonnets. Ils ne peuvent pas laisser leurs wagonnets rouler en liberté. Ils doivent freiner les wagonnets dans une voie en pente.
- (2) Le paragraphe (1) ne s'applique pas au mouvement des wagonnets aux accrochages, aux endroits de chargement et d'aiguillage des wagonnets.

### Transports par chevaux.

- 38. (1) La traction par chevaux doit se faire exclusivement au pas.
- (2) Le conducteur du cheval doit marcher à côté ou devant son cheval, avec la lampe allumée, lorsque sa présence n'est pas requise près des wagonnets. Moyennant autorisation du surveillant compétent, il peut prendre place sur le premier wagonnet. Il doit alors diriger le cheval à la rêne.
- 39. (1) Le cheval ne peut être attelé qu'après accouplement des wagonnets. Il doit être dételé avant le décrochage des wagonnets.

(2) Les wagonnets décrochés ne peuvent être rattachés qu'après avoir dételé le cheval.

(3) Lorsque le conducteur de cheval abandonne son train, il doit dételer le cheval.

(4) Le timon d'attelage doit être disposé de telle manière qu'il ne puisse glisser sur le sol de la galerie.

<sup>(1)</sup> Le mot allemand « Förderung » embrasse tous les transports, tandis qu'en français, nous réservons le mot « extraction » aux transports dans les puits. Nous avons donc traduit par « Transport et Extraction » l'objet du chapitre IV.

### Transport mécanique.

40. (1) Le transport à l'aide de locomotives à air comprimé nécessite l'autorisation du Service des Mines.

(2) Une même autorisation est requise pour les locomotives Diesel; cependant, le type de locomotive doit être agréé au préalable par l'Inspection Générale des Mines (Oberbergamt).

(3) Le transport à l'aide d'autres locomotives nécessite l'autorisation de l'Inspection Générale des Mines.

41. (1) Dans le cas de transports par machines à poste fixe, on doit pouvoir communiquer avec le machiniste par signaux ou par appels de tous les points de la galerie. Le machiniste doit pouvoir arrêter la machine de son emplacement de travail.

(2) Cette prescription ne s'applique pas lorsque la machine peut être arrêtée de tous les points de la galerie. Cette clause ne s'applique pas non plus au transport en galeries d'exploitation pourvues de petits treuils ne permettant pas de dépasser une vitesse de 1<sup>m</sup>,50 par seconde.

### C. — Transport sur plans inclinés et dans les puits.

42. (1) Les freins de plans — à l'exception des freins mobiles — et les treuils doivent être fixés solidement.

(2) Les freins volants qui ne sont fixés qu'à un seul étançon doivent être attachés par une chaîne de secours à un second étançon (1).

43. Les freins de plans et des treuils, à l'exception des treuils à main et à racloirs, doivent être à fermeture automatique.

44. Les garnitures de frein et la fourrure des torons ne peuvent pas êtres faites en matériaux facilement inflammables.

45. (1) Les treuils à main doivent être pourvus d'un frein convenable et d'un double cliquet d'arrêt.

(2) Les treuils à main qui servent au soulèvement de charges dans les deux sens doivent être pourvus, pour chaque sens de rotation, d'une roue à rochet à double cliquet d'arrêt.

(5) Les treuils à câbles pour la montée et la descente de lourdes charges doivent en outre avoir un double dispositif d'entraînement

ou, en cas de simple dispositif d'entraînement, des trains d'engrenage.

46. Devant le frein et le treuil, ou devant le tambour à câble, doit être fixé un dispositif qui arrête le mouvement en cas de dépassement de la cage ou du porteur, du contrepoids ou du wagonnet. Cette clause n'est pas applicable pour les plans à tête mobile ou pour les treuils à racloirs.

47. Lorsque l'abatteur ou le hiercheur sont chargés du frein, ils doivent pouvoir l'actionner sans qu'il soit nécessaire de traverser la voie de transport.

#### Cages.

48. (1) Les cages doivent avoir un plancher solide, sans dan<del>ger</del> de passer au travers.

(2) Les wagonnets doivent pouvoir être calés dans la cage de manière à empêcher tout mouvement. Lorsqu'il est prévu des dispositifs spéciaux, on doit pouvoir les actionner sans danger.

(5) Les cages dans les puits doivent avoir un toit de protection

solide.

(4) Dans les puits intérieurs et dans les plans inclinés à porteur doivent être prévus des dispositifs permettant d'mmobiliser la cage aux recettes.

#### Câbles et attaches des câbles.

49. (1) Les câbles d'extraction et les contre-câbles doivent présenter, avant leur mise en œuvre, un coefficient de sécurité au moins égal à six, par rapport à la charge statique maximum.

(2) L'attache reliant le câble à la cage doit être réalisée de telle manière qu'elle ne puisse se défaire d'elle-même.

(3) Les câbles et leurs attaches doivent être inspectés hebdomadairement.

### Accrochage

50. (1) Tous les accès aux puits et aux plans inclinés doivent être fermés de telle manière qu'il soit impossible d'y faire pénétrer des wagonnets sans ouvrir la barrière. Les dispositifs de fermeture utilisés aux puits doivent être des grilles ou des portes.

(2) Aux accrochages des puits intérieurs et de plans inclinés ayant plus de 30° de pente, il faut prévoir, outre ces dispositifs, ou en connexion avec eux, des appareils de sécurité qui empêchent

<sup>(1)</sup> Il s'agit ici des poulies-freins de tailles montantes ou de poulies analogues.

automatiquement l'introduction des wagonnets en l'absence de la cage ou qui ne permettent l'éloignement de la cage que lorsque la barrière est fermée.

- (3) Le paragraphe (2) ne s'applique pas à l'accrochage inférieur, lorsqu'il n'existe pas de puisard dans le puits ou le plan incliné.
- 51. Aux accrochages de puits et de plans inclinés à pendage supérieur à 30°, il importe de prévoir une plinte (Füszleiste) devant l'appareil de chargement, de façon à éviter que l'ouvrier ne puisse glisser dans le vide. En guise de soutien pour l'accrocheur, il faut prévoir quelques barreaux en fer.
- 52. (1) Les accrochages desservant les plans inclinés doivent être installés de telle manière qu'il ne soit pas nécessaire de circuler sur les plateformes d'accrochage, ni sur le plan incliné pendant les manœuvres.
- (2) De plus, ils doivent être installés de telle façon que les wagonnets ne puissent être introduits et enlevés que latéralement. Les dérogations à cette règle peuvent être accordées par le Service des Mines.
- (3) Les abords doivent être protégés contre le dévallement intempestif de la cage, des wagonnets ou contrepoids, indépendamment des clôtures prescrites par l'article 50.
- 53. Dans les accrochages susceptibles d'être desservis de deux côtés à la fois et dans les accrochages de puits, les deux côtés de l'accrochage doivent être réunis par une voie de circulation près du puits.

### Dispositifs de signalisation. Téléphones. Tuyaux acoustiques.

- 51. (1) Les puits d'extraction débouchant au jour doivent avoir des dispositifs de signalisation acoustiques entre les accrochages et la recette du jour et réciproquement, ainsi qu'avec la salle des machines d'extraction.
- (2) Lorsqu'il y a plusieurs appareils d'extraction dans un même puits, il faut, d'après le paragraphe (1), prévoir un système de signalisation spécial pour chacun d'eux. Ces installations de signalisation doivent se différencier nettement par le son.
- (5) Les accrochages et la recette doivent être reliés téléphoniquement. Il en est de même de la recette et de la cabine du mécanicien

d'extraction, si l'on ne peut pas se faire entendre clairement à l'aide d'un tuyau acoustique.

55. Les prescriptions de l'article 54 sont applicables aux puits intérieurs et aux plans inclinés servant au transport, mais avec les modifications suivantes :

a) les dispositifs pour les signaux en retour ne sont pas nécessaires

entre accrochages intermédiaires;

b) là où il n'y a pas de préposé spécial à l'étage supérieur, ou bien que le freineur fait en même temps les fonctions d'accrocheur, la signalisation entre l'accrochage supérieur et l'emplacement du frei-

neur peut faire défaut;

Centra

c) dans les puits intérieurs et dans les plans inclinés à porteurs, le téléphone peut être remplacé par un tuyau acoustique, si on parvient à se faire comprendre nettement. Dans les plans inclinés à wagonnets, le téléphone et le tuyau acoustique ne sont pas obligatoires.

### Préposés aux accrochages et aux freins.

56. (1) A la recette et aux accrochages des puits d'extraction débouchant au jour doivent être affectés des accrocheurs spéciaux.

Ils ne sont pas autorisés à quitter leur poste de travail pendant le

(2) Leurs instructions doivent être suivies dans l'extraction.

57. Les puits intérieurs ou les plans inclinés dans lesquels l'équipe ne dessert pas elle-même le treuil ou le frein, doivent être pourvus d'ouvriers spéciaux. Ceux-ci ne peuvent s'éloigner de leur poste de travail que dans un rayon où ils entendent encore les signaux.

### Service de l'extraction.

58. (1) Les signaux d'exécution sont les suivants : un coup commande l'arrêt; deux coups demandent la montée, trois coups clairement et également espacés, la descente.

Les autres signaux doivent être fixés par le Directeur des travaux

et être inscrits dans le registre du puits.

(2) Des affiches doivent indiquer la signification des signaux partout où ils peuvent être donnés ou reçus. Pour les plans inclinés, cependant, cet affichage n'est obligatoire qu'au pied du plan et au poste du freineur.

RÉGLEMENTATION DES MINES A L'ETRANGER

- (3 D'autres signaux que ceux affichés ne peuvent être donnés, ni être exécutés, sauf pour des travaux effectués dans le puits.
- 59. Les signaux ne peuvent être émis que par les appareillages de signalisation prévus à cet effet. Sauf pendant la manœuvre, ces signaux ne peuvent être donnés que lorsque les compartiments d'extraction sont réglementairement fermés.
- 60. (1) Les signaleurs sont responsables du bon état des signa-
- (2) Toute signalisation non autorisée est défendue.
- 61. (1) Dans les puits d'extraction débouchant au jour, l'accrocheur de la surface ou, lorsque le transport s'effectue d'un étage à un autre, seul l'accrocheur de l'étage supérieur est autorisé à donner des signaux au machiniste d'extraction.

Ceci ne s'applique pas aux signaux indiquant qu'on est prêt.

- (2) Le paragraphe (1) s'applique naturellement aussi aux puits intérieurs et aux plans inclinés. Là où il n'y a pas de préposé spécial à l'accrochage supérieur ou lorsque le freineur y fait en même temps fonction d'accrocheur, les signaux peuvent être transmis directement au freineur.
- (5) Pour les travaux exécutés dans le puits, le Directeur des travaux peut permettre aux ouvriers du puits de transmettre immédiatement les signaux au machiniste d'extraction ou au freineur.
- 62. Les machinistes d'extraction et les freineurs ne peuvent mettre la machine en marche qu'après avoir reçu les signaux adéquats.
- 65. Tout défaut de l'installation de signalisation doit être corrigé sans délai. Jusqu'à ce moment, l'extraction doit être arrêtée, si elle ne peut se faire, provisoirement, à l'aide d'un téléphone ou d'un tuyau acoustique.
- 64. Durant les arrêts d'extraction et à la fin de chaque poste de travail, le machiniste doit couper l'alimentation de force motrice de la machine d'extraction ou du treuil et caler la machine d'extraction ou le treuil avec les freins.
- 65. (1) Dans les plans et les treuils, il est défendu de caler ou de suspendre le levier de frein en position ouverte.
- (2) Le contrepoids du levier de frein ne peut être changé que sur un ordre formel du surveillant compétent.

- 66. Les freineurs doivent vérifier, à chaque poste de travail, avant le commencement de la translation, que les freins sont en bon état. Le service ne peut commencer qu'après correction de tous défauts éventuels.
- 67. Dans les plans inclinés à wagonnets à brins ouverts, on ne peut introduire les wagonnets dans le plan qu'après les avoir accrochés. Les wagonnets de l'étage inférieur doivent être accouplés en premier lieu.
- 68. Dans les puits intérieurs et les plans inclinés à porteurs, on ne peut pénétrer dans le puisard qu'en dehors de la translation et après s'être mis d'accord avec le machiniste par tuyau acoustique ou téléphone, et lorsque la cage est immobilisée.
- 69. Le séjour sur les plans inclinés et sur leurs plateformes d'accrochage est interdit pendant le transport.
- 70. (1) Dans les puits et plans inclinés, on ne peut procéder au raccourcissement ou à l'allongement du câble que lorsque la cage ou le porteur ainsi que le contrepoids ont été calés, d'une façon indépendante de la machine ou du frein. Ceci s'applique aussi lorsqu'on change la charge du contrepoids et pour des travaux dans le compartiment de circulation qui ne sont pas exécutés de la cage.
- (2) Dans les puits principaux, le paragraphe (1) ne s'applique qu'aux travaux pour lesquels les ouvriers occupés sont mis en danger du fait de la cage.

Quelques articles donnent des prescriptions spéciales sur le transport dans d'autres travaux verticaux ou inclinés, dans les puits en creusement, dans les installations de surface.

### CHAPITRE V.

Le chapitre V traite de la circulation du personnel. En principe (art. 75), les installations ne peuvent servir à la circulation que si les prescriptions de police minière le permettent formellement; les conducteurs, machinistes, etc. sont responsables des infractions qu'ils ont tolérées.

Dans les galeries horizontales (art. 76) à simple voie, avec transport par hommes ou chevaux, des niches de retraite doivent être

ménagées au moins tous les 60 mètres; dans le cas de transport mécanique, il faut aménager, sur un des côtés, un chemin de circulation de o<sup>m</sup>,60 de largeur utile. Toutefois, en cas de traction par câbles, le chemin peut être aménagé au milieu de la galerie.

Le chemin de circulation n'est pas obligatoire si la vitesse ne

dépasse pas 1,50 mètre/seconde.

Les articles 78 à 84 règlent la question des compartiments de circulation dans les puits, leur isolement éventuel, la disposition des échelles (inclinaison maximum : 80°), les paliers de repos (distance maximum: 10 m.).

Signalons que l'article 79 exige que les compartiments de circulation puissent être parcourus par des hommes porteurs d'appareils

respiratoires.

Dans les plans inclinés à moins de 20°, on peut utiliser la voie de transport comme voie de circulation.

Le transport du personnel par moyen mécanique dans les galeries (art. 85) doit être autorisé par le Service des Mines.

### CHAPITRE VI.

Le chapitre VI traite de l'aérage.

Tous les travaux, sauf ceux qui sont abandonnés et isolés par

barrage étanche, doivent être ventilés.

L'aérage par simple diffusion n'est toléré que pour les galeries ne s'éloignant pas de plus de 6 mètres en avant du courant d'air (art. 88) sous réserve qu'aucune accumulation de grisou ne soit à

Donnons in extenso les articles suivants réglant l'application de la ventilation:

### Ouantités d'air nécessaires.

90. (1) L'aérage doit être tel que le courant d'air en n'importe quel endroit de la mine contienne moins de 1 % de grisou, et que tous les autres gaz nuisibles soient suffisamment dilués.

(2) Chaque division d'aérage et chaque chantier d'exploitation doivent être aérés de telle façon que chaque homme dispose au moins de trois mètres cubes par minute, chiffre qui peut être réduit à deux mètres cubes, avec l'autorisation du Service des Mines.

(3) Les quantités d'air requises d'après les paragraphes (1) et

(2), pour le poste occupant le plus nombreux personnel, ne peuvent être réduites pour les postes comportant un personnel moindre ou nul.

#### Vitesse du courant d'air.

01. (1) La vitesse du courant d'air ne peut pas dépasser 8 mètres à la seconde (\*).

(2) Cette limitation ne s'applique pas aux puits débouchant au jour, aux canalisations d'air, aux galeries principales d'aérage, qui ne servent pas régulièrement au transport ou à la circulation.

### Voies d'aérage.

02. Les galeries horizontales et inclinées qui conduisent l'air aux chantiers ou évacuent l'air vicié de ceux-ci, doivent avoir une hauteur libre d'au moins 1<sup>m</sup>, 30 mesurée verticalement (\*\*).

Des dérogations, pour l'établissement de communications d'aérage en veine, peuvent être consenties par le Service des Mines.

03. Dans les galeries d'aérage qui ne sont pas équipées d'autres dispositifs de transport appropriés, on doit pouvoir disposer de rails pour effectuer les réparations nécessaires. Des dérogations peuvent être accordées par le Service des Mines.

### Création du courant d'air principal.

04. (1) Le courant d'air principal doit être produit à l'aide de ventilateurs principaux.

(2) S'il faut arrêter le courant principal de ventilation, l'assentiment du Service des Mines est toujours obligatoire.

05. (1) Si les ventilateurs principaux ne sont pas surveillés d'une manière constante, il faut prévoir des dispositifs qui signalent, dans un local occupé en permanence, tout dérangement au ventilateur.

(2) Les puits d'aérage éloignés doivent être reliés, téléphoniquement, aux installations principales.

06 (1) Les ventilateurs principaux et de réserve doivent posséder

<sup>(\*)</sup> Signalons que la vitesse maximum autorisée précédemment était de six mètres par seconde. C'est surtout en considération des mines à grande profondeur que la limite a été relevée.

otondeur (\*\*) D'après un commentaire autorisé de M. le Berghauptman Hatzfeld dans le Bergbau du 5 décembre 1935, cette hauteur minimum a été imposée dans le l'on ne sacrifie pas la hauteur à la largeur dans l'entretien des pour que d'aérage; précédemment la section minimum seule était fixée.

un manomètre à eau et un indicateur de dépression à enregistrement automatique.

(2) Les bandes à enregistrement doivent recevoir une indication de temps lors de leur mise en place sur l'appareil; elles doivent être conservées pendant au moins trois mois.

### Aérage spécial (secondaire).

97. (1) Lorsqu'un travail ne peut être atteint d'une manière efficace par le courant principal d'aérage, il faut prévoir une ventilation spéciale.

(2) Il est interdit de ventiler un chantier exclusivement par échappement d'air comprimé.

(3) L'aérage secondaire ne peut être interrompu que pour les réparations. Pendant ce temps, le personnel doit être évacué des chantiers.

### B. - Conduite de l'air.

98. Le courant d'air ne peut pas être conduit à travers les remblais sans galeries de ventilation.

99. Dans chaque quartier d'exploitation (Bau-abteilung), on doit établir avant tout une communication avec l'étage supérieur et créer une ventilation permanente pour chaque veine, dans laquelle on veut établir des galeries de traçage, des galeries d'exploitation, ou dans lesquelles on veut commencer l'abatage.

100. (1) Les chantiers sont à ventiler de manière à ce que le courant d'air les traverse de bout en bout.

(2) Les fronts de taille dont l'aérage par seule diffusion n'est pas autorisé (n° 88) doivent être ventilés de telle manière que le front de taille soit continuellement léché par de l'air frais et que l'air vicié ne puisse se mélanger à l'air frais.

(3) Les percements faits en montant dans les horizons de couches, auxquels s'appliquent les articles 133 à 140 sur la schistification. doivent être aérés à l'aide de trous de sonde (1).

Des dérogations peuvent être accordées par le Service des Mines.

- 101. L'air vicié provenant des travaux d'aménagement ou préparatoires pénétrant dans le champ non exploité ne peut pas être évacué dans les chantiers d'exploitation. Des aérogations peuvent être accordées par le Service des Mines.
- 102. A partir d'une galerie ou d'une galerie d'accompagnement (Begleitstrecke) (1), on ne peut amorcer plusieurs travaux préparatoires actifs que sous réserve d'une autorisation du Service des Mines.

### Interdiction de l'aérage descendant.

- 105 (1) Le courant d'aérage ne peut pas être conduit en descendant. Ceci ne s'applique pas :
  - a) aux puits d'entrée d'air:
- b) aux travaux de premier établissement et aux travaux préparatoires pratiqués en descendant ou en montant;
- c) aux travaux dont le pendage est inférieur à 5°;

d) aux travaux jusqu'à 20 mètres de hauteur suivant la pente, qui sont pris en dessous ou au-dessus d'une taille à aérage ascendant,

(2) Dans les travaux sous le niveau qui ne tombent pas sous l'application du paragraphe (1), le courant ne peut être renversé, avec l'autorisation du Service des Mines, qu'à condition que l'air soit conduit par une communication spéciale, étanche, jusqu'au point le plus bas de la taille sous niveau.

(3) Sur autorisation du Service des Mines, l'air de retour des travaux pris au-dessus du niveau et ne rentrant pas sous l'application du paragraphe (1) peut être conduit en descendant par une communication spéciale étanche et sans pouvoir être utilisé à d'autres travaux.

### Répartition de l'aérage.

104. Le courant d'entrée d'air doit être subdivisé de telle manière que le plus grand nombre de sections soient aérées d'une manière sûre, par des courants d'air séparés (divisions d'aérage).

105. Les ailes d'un chantier d'exploitation font partie d'une division d'aérage aussi longtemps que les tailles de part et d'autres ne sont pas écartées de plus de 100 mètres. Cela s'applique aussi à l'exploitation en commun de couches très rapprochées.

<sup>(1)</sup> Depuis quelques années, en Allemagne, diverses firmes se sont spécialisées dans ce travail et ont créé des sondeuses fort bien conçues dans ce but. (Voir Heise et Herbst : Bergbaukunde, tome Ier, 6e édition, pp. 144 et suiv.)

<sup>(1)</sup> Il s'agit ici de galeries conjuguées employées souvent dans les travaux d'aménagement d'un étage.

106. Dans une division d'aérage, le personnel maximum occupé est de 100 hommes dans les groupes de charbons gras et à gaz; de 150 hommes dans les groupes de charbons maigres et de charbons à gaz flambants.

107. Il est défendu de conduire dans un puits les courants d'aérage l'un à côté de l'autre ou l'un au-dessus de l'autre dans différentes directions. Cela ne s'applique pas à l'approfondissement et aux travaux de communication nécessaires.

### Séparation des courants.

- 108. Dans les plans inclinés et dans les galeries à pendage supérieur à 5°, comportant un transport à porteurs ou à wagonnets, il est interdit de placer des portes d'aérage ou des toiles d'aérage.
- 109. (1) Dans les endroits ou des portes d'aérage sont nécessaires, il faut en disposer au minimum deux et de telle manière qu'au moins une des portes reste fermée pendant le passage du transport.
- (2) Dans les endroits où une circulation intense s'opère par les portes d'aérage et où l'ouverture momentanée peut priver d'aérage une partie notable des travaux, on doit faire en sorte que l'une des portes demeure toujours fermée.
  - 110. (1) Les portes d'aérage doivent se fermer automatiquement.
- (2) Les portes d'aérage ainsi que leurs encadrements doivent être ignifuges, lorsqu'elles séparent immédiatement des courants principaux d'entrée d'air, de courants principaux de retour d'air.
- 111. (1) Les portes d'aérage ouvertes ne peuvent pas être calées.
  (2) Si des portes d'aérage deviennent inutiles, elles doivent être supprimées.
- 112. On ne peut employer des toiles d'aérage en guise de portes d'aérage qu'aux endroits où les portes d'aérage ne peuvent être placées pour des raisons de service. En de tels endroits, on doit suspendre au moins trois toiles d'aérage de telle façon que, même au passage du transport, deux toiles puissent rester fermées.
- 113. Les goyaux ou canars d'aérage en toile ou en matériaux similaires ne peuvent être employés que jusqu'à concurrence d'une longueur de 50 mètres, sauf le cas de lutte contre les incendies.

### C. — Surveillance de l'aérage. Recherche de gaz nuisibles.

114. (1) Le personnel surveillant, pour autant qu'il n'est pas occupé exclusivement à l'extraction, les chercheurs de grisou (Wettermänner) et les préposés au tir doivent être porteurs d'indicateurs de grisou, fournis par l'exploitant.

(2) La nature des indicateurs de grisou doit être autorisée par

l'Inspection Générale des Mines.

- 115. Le porteur d'un grisoumètre doit être pratiquement instruit sur son emploi dans des mélanges grisouteux.
- 116. Au maximum trois heures avant le commencement de la translation du poste du matin, les chercheurs-grisou doivent examiner les chantiers, les voies d'accès et tous les autres points des travaux désignés par les porions d'équipe, au point de vue de la présence de gaz dangereux.
- 117. (1) Les chercheurs-grisou doivent indiquer les résultats de leurs essais sur des tableaux (Wettertafeln), les inscrire de suite dans un registre et avertir le porion d'équipe avant la descente du poste.

(2) Les tableaux-grisou (Wettertafeln) doivent être suspendus à proximité des chantiers, dans les travaux de premier établissement et dans les travaux préparatoires, ainsi que dans les voies d'accès.

- 118. Les porions-grisou doivent être désignés par le Directeur des travaux. Ils reçoivent du Directeur des travaux, contre reçu, une consigne approuvée par le Service des Mines.
- 119. Les quartiers des chercheurs-grisou doivent être déterminés par le Directeur des travaux de telle manière que les endroits à examiner puissent être auscultés avec soin.
- (2) Les chercheurs-grisou ne peuvent être occupés, pendant le temps du poste qui n'est pas consacré aux recherches du grisou, qu'à des travaux qui ne mettent pas obstacle à l'exécution des recherches ponctuelles et réglementaires pour le grisou.

(5) Lorsqu'un chercheur-grisou fait défaut, le porion d'équipe doit

vaguer en temps opportun à son remplacement.

120. Les chefs d'équipe qui possèdent un grisouscope doivent examiner leur chantier, au point de vue des gaz dangereux, avant le commencement du travail, après le tir et après les intervalles de repos.

### Mesures et essais d'aérage.

121. (1) Il doit être prévu dans les galeries principales d'aérage et dans toutes les divisions d'aérage des stations pour effectuer les mesures d'aérage.

(2) Le courant principal d'entrée et de retour d'air et les entrées et retours d'air des divisions d'aérage doivent être mesurés au moins

tous les quinze jours.

(3) Le retour d'air général et les retours d'air des divisions d'aérage doivent être examinés trimestriellement pour leur teneur en grisou et en CO<sub>2</sub>. Les échantillons doivent être prélevés pendant le poste principal d'extraction.

(4) En dehors de cela, des mesures et essais doivent être effec-

tués à toute demande du Service des Mines.

122. Les frais d'examen des échantillons d'air prélevés par l'Administration des Mines sont à charge de l'exploitant.

### Registre d'aérage.

125. (1) Les résultats des mesures d'aérage et des analyses (art. 121, par. 2 et 4) doivent être inscrits dans un registre spécial (registre d'aérage), tenu d'après le modèle imposé par l'Inspection générale des Mines.

(2) Le Directeur des travaux doit approuver, à l'aide d'une marque spéciale, toutes les inscriptions du registre d'aérage (voir aussi

n° 131).

(3) Les résultats des recherches ou essais sur l'aérage (n° 121, par. 3 et 4) et les mesures y afférentes doivent être communiqués par écrit au Service des Mines.

### Plan et schéma de l'aérage.

124. (1) Pour chaque siège autonome, il doit être tenu un plan d'aérage et un tableau des ramifications d'aérage, qui donnent une vue d'ensemble des courants d'air de ventilation et de leur répartition.

(2) Sur le plan d'aérage doivent figurer l'indication des dispositifs servant à la division et à la séparation des courants d'air, ainsi que les endroits de jaugeage du courant d'air dans une forme prescrite par l'Inspection générale des Mines.

(3) Une copie du plan d'aérage et du schéma d'aérage (Wetter-

stammbaümes) doit être affichée, à la surface, à l'intention des surveillants de mine.

### Porion d'aérage.

125. Un porion spécial (porion d'aérage) est désigné pour l'ensemble de l'aérage dans chaque siège autonome. Le Directeur des travaux doit lui remettre, contre reçu, une consigne approuvée par le Service des Mines.

### D. — Mesures à prendre en cas de dégagement de gaz dangereux.

126. On entend par accumulation de grisou toute production d'une atmosphère contenant un pour cent ou plus de grisou.

dans un chantier de travail occupé, ou au voisinage de ce demier, doit en avertir immédiatement le surveillant le plus proche. Ce demier doit, s'il ne parvient pas aussitôt à éliminer d'une manière durable l'accumulation de grisou, faire évacuer le chantier de travail et en défendre l'accès à l'aide de barricades constituées de pièces de bois clouées en croix.

Les personnes travaillant dans le voisinage doivent être averties.

Le porion d'équipe doit dans tous les cas être averti.

- (2) Un chercheur-grisou qui constate une accumulation de grisou en un endroit non occupé, et ne peut la dissiper de suite d'une manière durable, doit barricader les voies d'accès à l'aide de pièces de bois disposées en forme de croix.
- 128. Les chantiers interdits à l'aide de croix de bois ne peuvent être visités que par les surveillants compétents, ou en leur présence.
- 129. Le porion d'équipe, lorsqu'il constate ou est informé d'accumulations de grisou, doit prendre immédiatement les mesures nécessaires pour les faire disparaître.
- 150 (1) Dans le cas d'accumulation de grisou d'une importance considérable, le porion d'équipe doit sans tarder retirer les ouvriers de tous les chantiers dangereux et avertir le Directeur des travaux.
- (2) Si les accumulations de grisou ne peuvent être éliminées que par une arrivée d'air renforcée aux dépens d'autres divisions d'aérage, les opérations doivent être réglées par le Directeur des travaux.

- (3) Dans les cas d'application des alinéas 1 et 2, les chantiers intéressés ne peuvent être occupés à nouveau que sur instructions du Directeur des travaux.
- 131. Le porion d'équipe doit indiquer par écrit au porion d'aérage, immédiatement après le poste, les chantiers où des accumulations de grisou ont été constatées et indiquer en même temps comment les prescriptions des articles 129 et 130 ont été remplies.

Le porion d'aérage doit transcrire ces données dans le registre d'aérage (n° 123).

132. Les articles 127 à 131 s'appliquent naturellement aussi au cas d'accumulation d'autres gaz nuisibles et dans le cas de dérangements notables survenus à l'aérage.

### CHAPITRE VII. - SCHISTIFICATION.

#### Généralités.

- 133. (1) Les sièges ou parties de siège dans lesquels on exploite des couches donnant lieu à des poussières de charbon dangereuses, doivent être protégés par schistification contre les explosions.
- (2) Sont considérées comme dangereuses, les poussières d'un charbon qui contient à l'état frais plus de 14 % en poids de matières volatiles sur la base du charbon pur.
- 134. On assure la sécurité par l'isolement à l'aide d'arrêts-barrages et en pratiquant la schistification.

### Arrêts-barrages.

- 136. Il taut isoler :
- 1°) par des arrêts-barrages principaux :
- a) les divisions d'aérage dans les voies d'entrée et de retour d'air;
- b) les travaux d'aménagement et les travaux préparatoires;
- c) les ailes des chantiers à la base et en tête, ainsi que les galeries de sous-étage voisines;
- 2°) par arrêts-barrages auxiliaires (Nebensperren) les exploitations d'une aile d'un chantier de l'autre aile lorsque la distance entre les fronts de taille est au moins de 15 mètres.

- 136. Les arrêts-barrages doivent être entièrement établis dans la section libre des galeries. Ils doivent être disposés dans le tiers supérieur de la hauteur de la galerie, mais à une distance telle, à partir du toit, qu'il reste un intervalle d'au moins 10 centimètres entre les poussières entassées et la partie inférieure du soutènement.
- 137. Les arrêts-barrages principaux doivent comporter 400 kilogrammes, les arrêts-barrages auxiliaires 80 kilogrammes de poussières stériles par mètre carré de section droite moyenne de la galerie où est établi l'arrêt-barrage.
- 138. On doit remédier aussitôt à tout défaut aux arrêts-barrages. Si la chose n'est pas possible, le porion d'équipe doit faire arrêter les tirs.

#### Schistification.

- 139. (1) A l'exception des tailles, tous les travaux miniers servant au transport, à la circulation ou à la ventilation doivent être schistifiés, et l'opération renouvelée de telle manière que les poussières déposées ne contiennent jamais plus de 50 % de matières combustibles.
- (2) Si la schistification ne peut être pratiquée ou maintenue dans les limites indiquées ci-dessus, elle doit être complétée par des arrêts-barrages auxiliaires.
- (3) Les endroits des travaux qui, par suite de leur humidité naturelle, ne contiennent pas de poussières de charbon susceptibles d'être soulevées, ne doivent pas être schistifiés.
- 140. Sauf pour la schistification des fronts de taille (n° 141, par. 1), il faut choisir si possible, pour effectuer cette opération, le poste de travail comportant le personnel le plus réduit. On ne peut opérer la schistification mécaniquement que lorsque les travaux vers lesquels les poussières sont véhiculées par le courant d'air ne comportent aucun personnel.
- 141. (1) La schistification des travaux d'aménagement et des travaux préparatoires, ainsi que des galeries d'exploitation jusqu'à une distance de 10 mètres du front de taille (schistification du front) incombe aux chefs d'équipe. Ils sont responsables du renouvellement de la schistification du front aussi fréquemment que nécessaire (n° 146, par. 2).

(2) Pour le reste, la schistification doit être effectuée par des ouvriers spéciaux (poussiéreurs), qui doivent avoir au moins 18 ans.

### Réserve de poussières stériles,

142. (1) Dans les travaux d'étage à schistifier, on doit disposer I'un stock de poussières stériles assurant les besoins d'au moins une

(2) Pour la schistification du front de taille (nº 141, par. 1) et la schistification accompagnant le tir (nos 210 et 211), on doit disposer de poussières stériles au voisinage de l'emplacement de

### Propriétés des poussières stériles.

143. Les poussières stériles doivent être agréées comme non-nuisibles par l'Inspection générale des Mines et posséder les propriétés

a) les poussières doivent passer en totalité à travers un tamis de lampes à 144 mailles au centimètre carré (Din. (\*) 12), et passer, à concurrence d'au moins 50 % en poids, à travers le tamis de 6.400

b) les poussières doivent conserver leur dispersibilité, c'est-à-dire qu'on doit pouvoir les souffler, en nuage, à la bouche, après un séjour de 7 jours au-dessus d'un récipient d'eau ou un séjour d'un

c) elles ne peuvent contenir plus de 15 % en poids de matières c) elles le Cette teneur doit être déterminée sur un échantillon séché à l'air, qui a passé à travers un tamis de lampe.

### Examen des poussières.

144. Les poussières stériles destinées à être employées dans la mine doivent être examinées au moins mensuellement au point de

145. Les poussières stériles des arrêts-barrages doivent être examinées autant de fois que c'est nécessaire au point de vue de leur dispersibilité, par soufflage à la bouche. Lorsque les poussières ont perdu leur dispersibilité, elles doivent être renouvelées. Les dépôts de poussières de charbon sur les arrêts-barrages doivent être enlevés.

146. (1) Les mélanges de poussières des travaux schistifiés doivent être examinés régulièrement, d'après l'importance de la production de poussières de charbon, au sujet de leur teneur en matières combustibles. Il faut prélever pour cela des échantillons sur le sol, le revêtement et les parois, et notamment en cinq endroits différents sur une longueur de galerie d'au moins 10 mètres.

On doit essayer la partie de l'échantillon moyen, séché à l'air

et qui a traversé un tamis de lampe de sûreté.

(2) Si la teneur en matières combustibles dépasse 50 %, il faut un supplément de schistification. Il en est de même lorsqu'on peut voir à l'œil nu que la teneur en poussières de charbon a augmenté dans le mélange.

147. Les frais d'examen des échantillons de poussières prélevés par l'Administration des Mines sont à charge de l'exploitant.

### Registre des poussières.

148. Dans chaque siège autonome, on doit tenir un livre spécial (registre des poussières). On y consigne le lieu et la date de la prise des échantillons et le résultat des essais (nos 144 et 146). On y note également la date d'érection des arrêts-barrages, la date de la première schistification des travaux et la date du dernier renouvellement des poussières des arrêts-barrages et du renouvellement de la schistification avant la prise de l'échantillon.

### Porion des poussières.

149. A chaque siège autonome doit être désigné un porion des poussières. Il a la surveillance de toute l'exécution de la schistification sur toute l'étendue des travaux. Le Directeur des travaux doit lui remettre, contre reçu, une consigne approuvée par le Service des Mines.

### Prévention de la formation de poussières et enlèvement des accumulations de poussières.

150. (1) Lorsque les charbons ont une tendance à donner des poussières, les wagonnets chargés de charbon doivent être arrosés d'eau d'une manière appropriée, au plus tard à leur entrée dans les galeries principales de roulage. (2) Dans les galeries où s'effectue régulièrement le transport ou

<sup>(\*)</sup> Din, abréviation de Deutsch-Industrie-Normen : on désigne le (\*) Din, abreviation de Beutsch-Industrie-Normen : on désigne le tamis par le nombre de fils au centimètre, le carré de ce nombre donne donne

la circulation des personnes, on doit enlever du sol les accumulations de poussières, les fins et les morceaux de charbon.

151. Les accumulations de poussières dans les puits débouchant au jour doivent être neutralisées régulièrement ou être enlevées. Ceci s applique aussi aux accrochages et aux recettes.

### CHAPITRE VIII. — ECLAIRAGE SOUTERRAIN.

Résumons brièvement le chapitre VIII, traitant de l'éclairage

Interdiction des feux nus et des lampes à acétylène. Agréation préalable des types de lampes portatives et des indicateurs de grisou. Personnes autorisées à détenir des indicateurs de grisou. Chaque lampe doit porter un numéro d'identification. Le nombre total de lampes doit dépasser de 5 % au moins le nombre de personnes occupées au fond.

Organisation des lampisteries et leur contrôle. Utilisation des lampes. Signalons l'article 165 (2) : « Les lampes grisoumétriques à flamme ne peuvent être placées en face de l'orifice de canars d'aérage », prescription inspirée par des accidents survenus avec lampes sans cuirasse.

### CHAPITRE IX. — EXPLOSIFS.

Le chapitre IX traite des explosifs (168-194). Ces prescriptions se retrouvent dans la plupart des règlements miniers : elles règlent l'introduction, le transport, le dépôt dans les travaux et à la surface, la distribution, les registres de contrôle.

### CHAPITRE X. — LES TRAVAUX DE SAUTAGE.

Le chapitre X (195-238) consacré aux tirs mérite d'être donné intégralement :

### A. — Préposés au tir.

195. (1) Les tirs ne peuvent être faits que par des personnes spécialement préposées à cet effet (boutefeux) ou par des surveillants. Le salaire du boutefeu ne peut être prélevé sur celui de l'équipe qui lui est assignée.

- (2) Dans les travaux au rocher et dans certaines exploitations en veine, très distantes, le tir peut être confié aussi au chef d'équipe (mineur au tir). Le Service des Mines doit être averti au préalable de ces travaux.
- 196. (1) Les préposés au tir (n° 195) doivent avoir suivi un apprentissage suivant un plan accepté par l'Inspection générale des Mines. Les Directeurs des travaux doivent les nommer et les munir, contre reçu, d'une consigne approuvée par le Service des Mines.

Les boutefeux et les mineurs au tir doivent posséder, en outre, le certificat d'abatteur et être agréés par le Service des Mines.

(2) Les ouvriers au courant du travail du tir peuvent effectuer des tirs sous la conduite et la surveillance constante des boutefeux autorisés qui assurent leur formation.

197. (1) Les boutefeux autorisés doivent avoir un registre de tir où ils doivent porter les inscriptions requises après chaque tir.

(2) Le registre de tir doit renseigner le nombre et la désignation (numéro de la caisse et des paquets) des cartouches d'explosifs reçues, le nombre de cartouches consommées dans les différents points d'emploi, ainsi que le nombre de détonateurs utilisés.

### B. — Conservation d'explosifs et de dispositifs d'amorçage par les boutefeux.

198. Les explosifs délivrés ne peuvent être emportés que par le boutefeu autorisé lui-même et seulement dans un récipient métallique fermé à clef (caisse de tir).

Les caisses de tir doivent être fournies par l'exploitant; elles doivent porter un numéro.

199. Les hommes transportant des explosifs ne peuvent circuler en compagnie d'autres personnes, à l'exception des surveillants.

200. (1) Le transport en commun d'explosifs antigrisouteux et d'explosifs-roche ne peut avoir lieu qu'entre le dépôt d'explosifs et la chambre d'explosifs (n° 201, par. 1).

(2) Les détonateurs doivent être placés dans les caisses de tir, mais séparés des cartouches, même lorsqu'ils comportent des amorces fixées.

201. (1) Les boutefeux autorisés qui opèrent dans différents chantiers doivent déposer pendant le poste les explosifs et dispositifs

d'amorçage qu'ils ne transportent pas avec eux dans un local (chambre d'explosifs) (1) spécialement affecté à cet effet, et pourvu d'une fermeture sûre.

(2) En ce qui concerne les autres boutefeux, il suffit d'avoir à cette fin un coffre solide, à fermeture sûre (coffre de tir). Ce coffre doit être foumi par l'exploitant et être placé suivant les indications du porion d'équipe.

(3) On ne peut pas placer d'outils dans le coffre de tir.

202. (1) Les cartouchières, les coffres d'explosifs et les chambres d'explosifs doivent être soigneusement fermés à clef aussi longtemps qu'ils renferment des explosifs ou des dispositifs d'amorçage. Le boutefeu autorisé doit emporter les clefs avec lui.

(2) Lorsqu'ils sont vides d'explosifs, les cartouchières, coffres et

chambres d'explosifs ne peuvent être fermés à clef.

203. Les détonateurs qui ne demeurent pas dans les cartouchières doivent être remisés dans un compartiment spécial des coffres ou des chambres d'explosifs ne peuvent être fermés à clef.

204. Les préposés au tir doivent, à la fin du poste, ramener au local de distribution leur cartouchière avec tous les explosifs non consommés et les y remettre au préposé chargé de les recevoir; ils conservent la clef de leur cartouchière. Ceci s'applique également aux cartouchières vides.

205. Les boutefeux autorisés ne peuvent pas remettre des explosifs à des tierces personnes, même lorsque ces dernières sont des bou-

206. Si des explosifs ont été égarés (abhanden gekommen), on doit en avertir sans retard le porion d'équipe. Le Directeur des travaux doit en donner connaissance au Service des Mines.

### C. — Restrictions imposées au tir.

207. Les explosifs-roche ne peuvent être utilisés qu'au rocher sans charbon adjacent et seulement avec l'autorisation du Service

- 208. Dans le charbon, dans les intercalations stériles, dans l'abatage des roches encaissantes et dans la traversée de dérangements de veines, on ne peut utiliser que des explosifs antigrisouteux et des amorces instantanées, pour autant que le nº 200 n'interdise pas totalement le tir. Les amorces à temps, même celles à temps rapprochés, sont interdites.
- 200. (1) Dans le groupe de charbons gras (veine Sonnenschein jusqu'à veine Laura, inclusivement), le tir en charbon et dans les intercalations est interdit dans les travaux d'aménagement, dans les travaux préparatoires et dans les galeries d'abatage qui sont poussées en avant (traçages).
- (2) Le paragraphe (1) s'applique également au déhouillement et à la traversée d'étreintes dans le groupe de charbons à gaz (audessus de la veine Laura jusqu'au groupe Zollverein, inclusivement).
- (3) Le Service des Mines peut autoriser des dérogations aux paragraphes (1) et (2).

### D. — Exécution du tir (technique du tir). Schistification au tir.

- 210. (1) Dans la série des couches dont les charbons contiennent plus de 12 % de M. V. calculées sur la base du charbon pur, on doit, avant le ichargement, assurer la sécurité à l'endroit du tir, par schistification (schistification au tir).
- (2) Dans le tir au rocher, sans charbons avoisinants, la schistification peut être omise.
- 211. (1) La schistification au tir doit être exécutée de telle manière que l'endroit du tir soit schistifié dans un rayon de 5 mètres; en plus, on doit schistifier abondamment les obstacles se trouvant dans la direction du tir (par exemple du charbon, les parois, les murs de remblai).
- (2) Pour le premier et le second coup, on doit utiliser au total au moins 10 kilogrammes de poussières stériles, et, pour chaque coup supplémentaire, au moins 2 kilogrammes de poussières stériles.

### Recherche du grisou.

212. Les agents chargés du tir doivent immédiatement, avant chaque chargement de mine, rechercher toute accumulation de gri-

<sup>(1)</sup> Nous traduisons intentionnellement « Schiesskammer » par chambre (1) Nous traduisons intentionnements a scritesiskammer » par chambre d'explosifs pour qu'il n'y ait pas de confusion entre ces locaux, simples d'explosifs pour qu'il n'y air pas de contasion entre ces locaux, simples dépôts, et les chambres ou abris de tir aménagés dans les mines à dégadépôts, et les champres ou apris de la mise dans les mines à déga-gements instantanés pour y commander la mise à feu de certains tirs

sou dans un rayon de 10 mètres autour de l'emplacement de tir (126).

Ils doivent examiner surtout les excavations qui se présentent au toit.

- 213. (1) S'ils constatent dans la galerie de travail ou dans le voisinage une accumulation de grisou (n° 126), le tir y est interdit, ainsi que dans les travaux situés en aval sur le parcours du même courant d'air partiel. Le porion d'équipe doit veiller à ce que les boutefeux soient avisés sans retard.
- (2) L'interdiction de tirer dure aussi longtemps que le porion d'équipe n'a pas constaté que les travaux sont libres d'accumulations de grisou. Le tir est alors de nouveau permis.

### Chargement, bourrage et tir.

- 214. Seul, le boutefeu lui-même peut charger les mines, les relier ensemble, faire les connexions à la ligne de tir et tirer. Le bourrage peut être effectué, sous sa surveillance, par d'autres personnes.
- 215. (1) Les cartouches d'explosifs ne peuvent être utilisées que sous la forme fournie par le fabricant. Elles ne peuvent pas être introduites avec violence ni à coup de bourroir.
  - (2) Les bourroirs doivent être en bois.
  - (3) La charge d'explosif ne peut dépasser la charge-limite imposée.
- 216. (1) Les mines ne peuvent être chargées qu'immédiatement avant le tir.
- (2) Les cartouches d'amorçage ne peuvent être pourvues de capsules et d'amorces qu'immédiatement avant leur utilisation.
- (3) Si l'on charge plusieurs mines, elles doivent être tirées simultanément (en une seule série).
- 217. Préalablement au chargement et au bourrage, les personnes étrangères au service doivent se retirer à une distance telle qu'elles soient à l'abri d'un départ prématuré de la mine.
  - 218. (1) Toutes les mines doivent être bourrées.
- (2) Le bourrage doit occuper au moins un tiers du trou de mine, avec une longueur minimum de 20 centimètres. Il doit remplir la section entière du trou de mine sur toute sa longueur.
- (5) Comme matériau de bourrage, on ne peut employer que de l'argile ou autres matériaux appropriés, foumis par l'exploitant.

Le bourrage avec matières combustibles (par exemple du papier, du charbon) est interdit.

- (4) Le porion d'équipe doit veiller à ce que le matériau de bourrage soit disponible au voisinage des points où doivent s'effectuer des tirs.
- 219. (1) Les mines dont le bourrage ne peut avoir la longueur voulue (pétards) ne peuvent être tirées qu'en présence d'un surveillant.
- (2) Les charges libres ne peuvent être tirées qu'en présence du Directeur des travaux. On ne peut faire usage que d'explosifs antigrisouteux. Les charges d'explosifs doivent être complètement noyées dans des poussières stériles.
- (3) Lorsque l'on effectue des tirs prévus aux paragraphes (1) et (2), il faut pratiquer la schistification (n° 210 et 211) dans un rayon de 10 mètres avec 20 kilogrammes de poussières stériles.
- (4) Les détonateurs et dispositifs d'amorçage ne peuvent pas être mis à feu isolément (1).
  - 220. Les mines doivent être mises à feu à distance, électriquement.
- 221. (1) Les lignes de tir doivent être isolées contre les courtcircuits ou bien être recouvertes d'une matière isolante.
- (2) Dans les exploitations sujettes à des courants parasites, les lignes de tirs doivent être isolées. De plus, on doit prendre des précautions spéciales pour éviter le départ prématuré de mines.
- 222 (1) Les préposés au tir ne peuvent utiliser que des exploseurs fournis par l'exploitant. Ils doivent toujours conserver avec sécurité l'exploseur, ou la poignée ou la manette.
- (2) La puissance des exploseurs doit être vérifiée au moins une fois par mois, à la surface.

### Sécurité contre les projections.

225. (1) Avant de raccorder les lignes de tir à l'exploseur, le boutefeu doit disposer des hommes gardant toutes les voies donnant accès à l'endroit où l'on va tirer, : si l'effectif du personnel dont il dispose ne suffit pas pour cela, les voies d'accès non occupées seront barricadées convenablement à l'aide de cloisons ou d'autres

<sup>(1)</sup> C'est-à-dire seuls, sans être raccordés à une charge explosive.

RÉGLEMENTATION DES MINES A L'ETRANGER

1227

dispositifs analogues; on placera en outre, en ces endroits, des tableaux portant d'inscription : « on mine » (1).

Le boutefeu doit quitter le chantier le demier.

- (2) On ne peut tirer que lorsque les personnes occupées dans le voisinage ont été averties par le cri poussé à haute voix de « on mine » et se sont mises à l'abri.
- (3) Les barricades ne peuvent être enlevées que lorsque le boutefeu-préposé permet de nouveau l'accès au chantier.
- 224. (1) Lorsque deux chantiers se dirigent l'un vers l'autre, il appartient au porion d'équipe de déterminer à partir de quel moment le chef d'équipe doit avertir les travailleurs du chantier voisin, avant le tir d'un coup.

(2) Si une brèche ou une trouée est à craindre, le porion d'équipe doit arrêter, en temps opportun, et condamner un de ces chantiers.

(3) Les travaux d'exploitation dans lesquels un tir peut pratiquer une brèche doivent être barricadés d'après l'article 223.

225. Dans les travaux qui ne présentent pas de sécurité contre les projections du tir, il faut aménager des endroits spéciaux d'où le tir peut être effectué ou d'autres dispositifs de protection.

### Mesures après le tir.

- 226. (1) Lorsqu'on doit tirer plusieurs mines simultanément à l'aide d'amorces instantanées, ou plus de 5 mines à l'aide d'amorces à temps, on ne peut retourner au chantier que 15 minutes au moins après le tir. Cet intervalle de temps doit être observé à la montre.
- (2) Cette prescription s'applique également au cas de raté de détonation, ou au cas de doute à ce sujet.
- 227. (1) Le chef d'équipe ne peut autoriser l'accès du chantier de travail que lorsque les fumées de l'explosion se sont dissipées.
- (2) Le chantier de tir doit être ensuite déblayé. Pendant ce travail, seuls les chefs d'équipe ou les ouvriers qu'ils désignent peuvent se trouver au front.
- 228. (1) Après le déblai, le travail ne peut reprendre au front de taille qu'à la suite d'un examen minutieux par le chef d'équipe, qui doit vérifier s'il n'y a pas de ratés de détonation, ni de culots d'explosifs restés en place.
  - (1) En allemand « Es brennt » : ça brûle.

- (2) Si le chef d'équipe ne peut pas s'assurer de cela avant la fin du poste de travail, il doit faire connaître dans le chantier, au chef d'équipe du poste suivant, personnellement ou par écrit ou par croquis, combien de mines ont été tirées et en quels endroits.
- 229. (1) En cas de ratés de détonation ou de culots d'explosifs restés en place, le travail ne peut plus être repris au front dans le voisinage dangereux de l'explosif.

(2) Les ratés et culots d'explosifs restés en place ne peuvent être rendus inoffensifs que par les boutefeux. Pendant ces opérations, seules les personnes autorisées peuvent se trouver à front.

- (3) Si le chef d'équipe n'est pas chargé lui-même du tir, il doit en avertir sans retard le boutefeu compétent. Si cela n'est pas possible, il doit ou bien montrer au chef d'équipe qui le remplace le raté ou le bout de fourneau de mine contenant le culot d'explosif, ou bien barrer l'endroit du tir et informer le porion d'équipe ou le porion-boutefeu.
- (4) Si le boutefeu ne parvient pas à éliminer le raté ou le culot d'explosif demeuré en place, avant la fin de l'équipe, il doit le désigner personnellement au boutefeu qui le remplace, ou il doit barricader l'endroit du tir et avertir le chef d'équipe ou le porion-boutefeu.
- 230. (1) Les ratés ou culots d'explosifs restés en place ne peuvent être rendus inoffensifs qu'à l'aide d'une méthode autorisée par l'Inspection générale des Mines, et que l'exploitant doit porter à la connaissance des intéressés.
- (2) Il est défendu d'enlever des charges, entièrement ou en partie, par raclage ou forage. Il est interdit aussi d'approfondir, par forage, des culots de mine demeurés en place ou de les charger à nouveau.

### E. — Tirs dans l'approfondissement des puits.

- 251. Les articles 195 à 250, modifiés d'après les articles 252 à 257 ci-après, s'appliquent au tir pour le creusement de puits.
- 252. Les tirs ne peuvent être effectués que par un surveillant désigné à cet effet. Les ouvriers d'avalleresse expérimentés dans le tir des mines peuvent apporter leur concours.
- 233. Les cartouches-amorces ne peuvent être apprêtées que dans un local désigné par le Directeur des travaux.

234. (1) Les explosifs ne peuvent être transportés dans le puits de mine que lorsque les personnes non nécessaires au tir ont quitté le fond et que tous les outils superflus ont été éloignés.

(2) Les explosifs doivent être descendus au fond dans des récipients fermés. Les cartouches-amorces doivent se trouver dans des

récipients spéciaux.

235. (1) Pour la connexion des fils d'amorce et leur raccord à la ligne de tir, le surveillant ne peut être assisté que de 3 personnes au maximum.

(2) Le surveillant doit quitter le fond en dernier lieu.

(3) Le tir de mines doit être effectué par le surveillant à partir de la surface ou d'un étage intermédiaire.

236. (1) Le tir doit être fait à l'aide d'un câble spécial.

(2) Le surveillant doit essayer le câble, avant chaque tir, à l'aide d'un appareil approprié.

(3) Avant de connecter les fils d'amorce au câble de tir, on doit

interrompre le courant servant à l'éclairage du puits.

(4) Si on tire avec le courant du réseau, les interrupteurs du circuit de tir doivent être placés dans une caisse munie d'une serrure de sûreté, dont le surveillant doit conserver la clef.

237. Après le tir, la reprise du travail ne peut avoir lieu au fond du puits qu'après que le surveillant aura examiné l'action des coups.

### F. — Surveillance des explosifs et des travaux de tir.

238. Pour la surveillance de l'ensemble des explosifs et du tir, dans chaque siège autonome, un surveillant spécial (chef-boutefeu) doit être désigné. Le Directeur des travaux doit lui fournir, contre reçu, une consigne approuvée par le Service des Mines.

### CHAPITRE XI. — PROTECTION CONTRE LES DANGERS D'INCENDIE.

Le chapitre XI (239-259) s'occupe de la protection contre les incendies; résumons-le brièvement.

A la surface, toute une série de mesures sont prescrites : interdiction de fumer, matériaux incombustibles pour les puits, les chevalements, les bâtiments de puits et chambres de machines, interdiction de dépôts de matériaux inflammables, vidange périodique des graisses, chffons, poussières, etc.

Les chevalements d'avalleresse peuvent être en bois ignifugé. Une série de mesures analogues sont prescrites dans le fond.

Signalons la protection des travaux contre la pénétration de fumées d'incendie, citons :

- B. 246. A l'orifice de puits d'entrée d'air, on doit établir ou tenir prêt à être installé, un dispositif permettant la fermeture rapide du puits en cas d'incendie à la surface.
- 247. (1) Au voisinage des accrochages des puits d'entrée d'air, on doit établir des portes d'incendie incombustibles, susceptibles de c'ouvrir des deux côtés et d'être fermées d'une manière étanche.
- (2) Même lorsque les portes d'incendie sont fermées, il doit encore exister une communication accessible entre tous les chantiers isolés du puits d'entrée d'air, et la surface.

248. Les clapets d'incendie (n° 246) et les portes d'incendie doivent être essayés semestriellement.

#### C. — Installations d'extinction d'incendie.

249. A la surface et aux accrochages des puits d'entrée d'air, des installations appropriées pour combattre les incendies doivent être prévues. Leur fonctionnement doit être confié à un personnel suffisamment nombreux.

250. On doit établir un plan du matériel d'incendie et de la manière de s'en servir (plan d'extinction d'incendies).

251. Le matériel d'incendie doit être essayé semestriellement et le personnel de service doit être instruit de son fonctionnement.

#### D. - Lutte contre les feux de mine.

- 252. (1) Le personnel doit être retiré immédiatement des chantiers menacés par l'incendie. Les voies d'accès doivent être barricadées.
- (2) Les chantiers ne peuvent être réoccupés que moyennant l'autorisation du Directeur des travaux.
- 253. L'établissement de serrements ne peut être entrepris que sous la surveillance constante du Directeur des travaux ou d'un inspecteur désigné par lui à cet effet.

254. (1) Les barrages doivent être régulièrement examinés au point de vue de leur étanchéité et de la chaleur dégagée, aussi long-

temps qu'on peut soupçonner du feu.

(2) Les observations, la date de l'examen et le nom des opérateurs doivent être consignés sur un tableau à l'endroit du barrage, ainsi que dans le registre d'aérage. Toutes observations exceptionnelles doivent être rapportées immédiatement au porion de l'équipe et au Directeur des travaux.

(3) Dans les sections de mines dans lesquelles on soupçonne encore du feu, on doit prélever, au moins trimestriellement, des prises d'air et en faire l'analyse chimique. Les résultats doivent être portés dans le registre d'aérage (Wetterbuch) et signifiés au Service des Mines.

255. Il est interdit d'envoyer de l'eau sous pression dans les serrements et dans les roches encaissantes.

256. (1) Les barrages ne peuvent être ouverts que moyennant l'autorisation du Service des Mines.

- (2) L'ouverture des barrages doit se faire sous la surveillance constante du Directeur des travaux ou d'un inspecteur désigné par lui.
- (5) Avant l'ouverture des barrages, il faut avoir à pied-d'œuvre les matériaux en quantité suffisante pour procéder à une nouvelle fermeture éventuelle.

257. Les travaux ventilés ou parcourus par les gaz de ventilation ne peuvent être réoccupés que sur instructions du Directeur des travaux.

258. Lors des travaux d'érection, d'examen ou d'ouverture de serrements et lors de la circulation dans les travaux ventilés, on doit employer des lampes électriques. On doit, en plus, se munir d'un grisoumètre (n° 114).

### CHAPITRE XII. — SAUVETAGE ET PREMIERS SECOURS.

Le chapitre XII règle la question du sauvetage et des premiers secours (art. 260-269).

Chaque exploitation autonome doit avoir une équipe de sauvetage (Grubenwehr) entraînée, disposant du matériel voulu et d'une chambre d'exercice. Un chef-guide est responsable du service.

D'autre part, les propriétaires de mines d'un district doivent contribuer, à frais communs, à l'entretien d'une centrale de sauvetage.

Celle-ci, avec approbation de l'Inspection générale des Mines, règle et surveille le service de sauvetage du district, prescrit les règles d'éducation et d'entraînement des sauveteurs, les consignes aux stations affiliées, le plan de collaboration mutuelle des mines dans les travaux de sauvetage.

L'article 266 prévoit l'existence, à chaque exploitation autonome, de secouristes ayant reçu d'un médecin la formation voulue; il doit y avoir à chaque poste au moins un secouriste disponible immédiatement.

Les articles suivants visent l'organisation du service médical, prescrivant un local pour premiers soins à la surface, des caisses de secours dans chaque division (Steigerabteilung) du fond, des civières pour le transport des victimes.

### CHAPITRE XIII. - MACHINES.

Le chapitre XIII précise dans la subdivision A les dispositifs de protection des organes méccaniques : protection des parties saillantes, établissement judicieux des transmissions et de leur commande, graissage, pose et enlèvement des courroies, pas de vêtements flottants auprès de machines en mouvement.

B. — Les installations électriques dans le fond — qui doivent être autorisées par l'Inspection générale des Mines — doivent être inspectées annuellement par des visiteurs compétents et agréés. L'Administration des Mines peut demander des visites supplémentaires, aux trais de l'exploitant.

Une personne de la surveillance spécialement désignée est affectée à l'ensemble des installations électriques (art. 274, par. 2).

C. — Signalons quelques prescriptions relatives aux installations d'air comprimé :

### Installations à air comprimé.

275. Les compresseurs fournissant de l'air comprimé dans le fond doivent satisfaire aux prescriptions suivantes :

1°) le graissage des compresseurs à piston ne peut se faire qu'à l'aide d'huile minérale pure, dont le point éclair est de 40° C

au-dessus de la température de l'air comprimé, mais avec un minimum de 200°;

2°) les compresseurs à piston ainsi que tous les accessoires doivent être régulièrement ouverts au moins après chaque période de fonctionnement de 5.000 heures et nettoyés en cas de besoin.

276. Les réservoirs à air comprimé, à basse pression, doivent être soumis, avant la mise en service, à un essai de pression hydraulique. La pression d'essai doit dépasser de 50 % la pression de service avec un minimum d'une atmosphère au-dessus de cette pression de service.

Les sections D, E, F traitent respectivement du transport et de l'entreposage de gaz ou liquides combustibles, des machines à combustion (à autoriser par l'Inspection générale des Mines), des chaudières à vapeur.

### CHAPITRE XIV. — INSTALLATIONS SUPERFICIELLES.

Le chapitre XIV s'occupe des installations de surface (280-299).

A. — Généralités. — Prescriptions sur l'hygiène (cube d'air, ventilation), sur l'éclairage, la protection contre la foudre (à vérifier au moins tous les deux ans), les manœuvres sur les voies, protection des ponts, plateformes, passerelles; les trémies collectrices ou excavations dangereuses qui ne font pas saillie d'un moins un mètre sur le sol doivent être couvertes ou clôturées.

Les cheminées ou tours à charbon doivent être installées autant que possible de telle manière que les ancrages puissent être détruits de l'extérieur. Lorsqu'il est nécessaire de pénétrer dans une tour renfermant du charbon, on ne peut prendre appui sur celui-ci. Un plancher sûr doit être établi, l'ouvrier doit être attaché avec des cordes (\*\*), les orifices de vidange doivent être fermés.

Dans les caisses à charbon fermées, l'emploi de lampes de sureté est prescrit.

La subdivision B s'occupe des cokeries, principalement au point de vue des gaz, et la subdivision C, des fabriques de briquettes, principalement au point de vue des poussières.

Enfin, la subdivision D (art. 299) précise que l'on ne peut déverser des cendres ou scories à l'état chaud que sur des crassiers spéciaux.

### CHAPITRE XV. - LEVE DES PLANS.

Le chapitre XV traite du levé et du report des plans. Levés au moins trimestriels des travaux du fond, report sur les plans, au moins annuellement, des circonstances de surface de nature à influencer la conduite de l'exploitation.

Les plans doivent indiquer les piliers de protection réglementaires, les dépôts d'explosifs, les bains d'eau constitués ou présumés, les serrements et barrages, etc.

Les travaux de tout chantier doivent rester accessibles avant le levé de vérification.

A l'approche des limites de concession et des piliers réservés, les travaux doivent être conduits sur l'indication spéciale des géomètres de mines.

### CHAPITRE XVI. - PROTECTION DU TRAVAIL.

Nous donnons in extenso le chapitre XVI parlant de la protection du travail :

### A. — Occupations. Genéralités.

- 508. (1) Le propriétaire de mine ne peut affecter des personnes présentant des déficiences corporelles ou mentales qu'à des travaux ne présentant du danger ni pour eux-mêmes, ni pour d'autres personnes.
- (2) Sur la demande de l'Inspection générale des Mines, on ne peut occuper à certains travaux déterminés que des personnes ne présentant pas, suivant certificat médical, les déficiences incriminées.
- 309. Les travailleurs ne peuvent être admis que s'ils possèdent une connaissance suffisante de la langue allemande, pour être à même

<sup>(\*\*)</sup> Le texte allemand porte : « Der Arbeitende ist Kurz oder doppelt anzuseilen », littéralement « le travailleur doit être attaché par corde,, courte ou doublée ». D'après l'explication qu'a bien voulu nous donner le Dr Beyling, Directeur de la Station d'essais de Derne, cette prescription doit se comprendre comme suit : l'ouvrier doit toujours être attaché par corde; si la corde ne peut être courte, il faut utiliser deux cordes, parce que la sécurité ne paraît pas suffisamment assurée par une seule corde longue.

de saisir exactement les instructions verbales de leurs supérieurs et de leurs camarades et pour pouvoir les reproduire.

510. Pour les travaux dont l'exécution intéresse spécialement la vie et la santé d'autres personnes, on ne peut admettre que des travailleurs parlant, écrivant et lisant l'allemand.

#### Adolescents.

- 311. (1) Les ouvriers âgés de moins de 16 ans ne peuvent être employés dans le fond.
- (2) Ils ne peuvent non plus être employés à la surface aux travaux suivants :
  - a) aux manœuvres des wagons de chemins de fer:
- b) au chauffage et à la surveillance de chaudières à vapeur;
- c) à des travaux de nettoyage, de graissage et de réparation des machines en mouvement (n° 271, par. 3).

#### Postes à travailleurs isolés.

- 312. (1) Les endroits de travail qui se trouvent isolés d'autres travaux ne peuvent être occupés par une seule personne.
- (2) Aux travaux d'exploitation, d'abatage, de percement, d'entretien des puits et de plans inclinés à chariot porteur, on ne peut occuper de travailleurs isolés que lorsque d'autres personnes travaillent à portée de la voix. Cela s'applique aussi au déblaiement d'éboulements et à l'enlèvement du soutènement (n° 29).

### B. — Protection de la santé. Protection vis-à-vis des poussières.

- 313. Dans tous les travaux de surface donnant de la poussière, celle-ci doit être régulièrement enlevée. Aux endroits à forte production de poussière, il faut, si possible, disposer des appareils aspirateurs de poussières.
- 514. (1) Dans les travaux à la pierre, on doit prendre des mesures appropriées pour la prévention de la silicose (\*).

- (2)Les marteaux perforateurs doivent être maintenus ou soutenus dans les travaux au rocher, pour autant que le travail le permette, à l'aide de dispositifs spéciaux.
- 315. Dans les travaux au rocher, on ne peut occuper que des ouvriers qui, d'après certificat médical (n° 308, par. 2) sont trouvés aptes à ces travaux. Ceci ne s'applique pas aux remplaçants occasionnels utilisés temporairement.

#### Protection contre la boue et l'eau.

- 516. (1) Dans les galeries servant au transport et à la circulation, on doit assurer une évacuation efficace de l'eau.
- (2) Les accumulations de boues doivent être régulièrement enlevées.
- 517. Lorsque des travaux s'opèrent en des endroits tellement humides que les vêtements ordinaires seraient continuellement mouillés, l'exploitant doit fournir des vêtements imperméables.

#### Interdiction de l'alcool.

318. Il est interdit d'avoir sur soi ou de consommer des boissons alcooliques.

### Empoisonnement au plomb (Saturnisme).

519. La mise en œuvre de matériaux couvrants à base de plomb et l'enlèvement d'enduits au plomb sont soumis aux réglementations générales de police; mais les attributions de l'Inspecteur de l'Industrie sont dévolues au Service des Mines, et celles de l'Administration de police territoriale à l'Inspection générale des Mines.

#### Vestigires et salles de bain.

- 520. (1) Chaque puits de mine, effectuant une translation régulière de personnel, doit posséder des vestiaires pour se dévêtir et une installation de bains-douches. Pour les ouvriers âgés de moins de 18 ans, on doit prévoir des places et des douches spéciales.
- (2) Les locaux doivent être nettoyés, aérés et, pendant la saison froide, chauffés.
- (3) Les appareils à eau chaude pour bains-douches doivent se trouver dans un local spécial.

<sup>(\*)</sup> Nous traduisons pour la facilité par silicose le mot « Staublüngenkrankheit », littéralement : maladie des poumons résultant des poussières.

(4) L'eau des bains doit être irréprochable au point de vue de l'hygiène.

(5) Les frais d'examen d'échantillons d'eau prélevés par le Service des Mines sont à charge de l'exploitant.

#### Lieux d'aisance.

- 521 (1) Il faut établir à la surface un nombre suffisant de lieux d'aisance.
- (2) On doit installer, en des endroits appropriés du fond, des cuvelles imperméables, qui puissent être solidement fermées et transportées ou placées sur wagonnets. Elles ne peuvent être vidées qu'à la surface.
- (3) Tous les cabinets d'aisance doivent être maintenus propres et utilisables, par l'empoi de désinfectants.

### C. — Protection contre les blessures de nature spéciale. Chaussures.

322. On doit porter dans le fond des chaussures solides.

### Protection de la tête.

323. Pour les travaux comportant un danger spécial de blessures à la tête (par exemple creusement de puits, travaux de réparation dans les puits), on doit faire usage de coiffures résistantes.

Nous donnerons également in extenso le chapitre XVII :

### CHAPITRE XVII. - APPRENTISSAGE.

### A. — Formation des abatteurs.

- 324. (1) On ne peut utiliser comme abatteur, en ne tenant pas compte des apprentis-abatteurs en stage (n° 325, par. 3) que des mineurs possédant un certificat d'abatteur.
  - (2) Ce certificat d'abatteur s'obtient à la suite d'un examen.
- 325. Sont admis à l'examen d'abatteur, les mineurs remplissant les conditions suivantes :
  - 1°) être âgé de 21 ans accomplis;
- 2°) avoir travaillé au moins 3 ans dans le fond, et

- 3°) avoir, pendant ce temps, au moins durant la dernière année (temps d'apprentissage d'abatteur) été occupé dans une mine à charbon, à des travaux d'abatage suivant un plan déterminé, établi par l'exploitant, après avis du Conseil de confiance (\*) et agréation par l'Inspection générale des Mines.
- 326. (1) L'examen d'abatteur ne peut être effectué qu'à l'exploitation où le candidat a passé les trois derniers mois de son stage.
- (2) L'examen d'abatteur doit être passé devant le Directeur des travaux. Un membre du Conseil de confiance (un abatteur) doit pouvoir être présent à l'examen.
- (3) Le mineur qui a échoué ne peut se représenter à l'examen qu'après une nouvelle période d'entraînement de 6 mois comme apprenti-abatteur.
- 327. Lorsque l'apprenti-abatteur a satisfait à l'examen, l'exploitant doit lui remettre le certificat d'abatteur établi suivant le modèle prescrit par l'Inspection générale des Mines.
- 328 (1) Les mineurs, qui ont obtenu un certificat d'abatteur, dans une mine à charbon d'un autre district minier allemand, après l'apprentissage régulier, peuvent être employés, sans autre formalité. comme abatteurs.
- (2) Les mineurs qui ont été employés en qualité d'abatteurs dans une mine à charbon d'un autre bassin minier allemand, mais qui ne possèdent pas le certificat d'abatteur obtenu après un apprentissage systématique, peuvent acquérir ce demier après un stage d'une durée de 3 mois comme apprenti-abatteur, dans un charbonnage de l'Inspection générale des Mines de Dortmund.
- (5) Les mineurs qui ont été occupés en qualité d'abatteurs dans d'autres branches de l'industrie minière allemande (mines métalliques, mines de sel, mines de lignite et tous autres travaux miniers) peuvent obtenir le certificat d'abatteur, après un stage de 6 mois en qualité d'apprenti-abatteur, dans un charbonnage de l'Inspection Générale des Mines de Dortmund.

<sup>(\*)</sup> Le « Vertrauensrat », conseil de confiance, est un organisme existant dans toutes les entreprises comportant plus de vingt personnes en vertu du « Gesetz zur Ordnung der Nationalen Arbeit » du 20 janvier 1934. Des hommes choisis dans le personnel forment, avec le directeur de l'entreprise et sous sa présidence, le Conseil de confiance qui poursuit les améliorations dans le travail, dans l'organisation de la sécurité; l'organisme tend à aplanir toutes difficultés dans un esprit de confiance et de solidarité de tous les participants de l'entreprise.

(4) Pour le surplus, on doit appliquer, dans le cas des paragraphes (2) et (3) ci-dessus, les nos 325 à 327 correspondants.

### B. — Autre apprentissage.

329. Sur la demande de l'Inspection générale des Mines, l'exploitant ne peut confier certains autres travaux déterminés qu'à des personnes méthodiquement entraînées à cet effet.

#### CHAPITRE XVIII. — SURVEILLANCE.

Le chapitre XVIII précise les attributions et l'organisation de la surveillance

A. — Les surveillants sont doublés de remplaçants agréés par le Service des Mines.

Le Directeur des travaux ne peut se décharger d'une partie de ses devoirs que sur des personnes reconnues aptes par le Service des Mines. Le rayon d'action de chaque surveillant doit permettre l'accomplissement soigneux de la mission confiée.

Les surveillants doivent donner toutes instructions au personnel sur la sécurité; les ouvriers nouveaux doivent être encadrés dans une équipe de mineurs expérimentés.

Le porion d'équipe doit parcourir tous les points de travail au moins une fois pendant le poste; exceptionnellement, les endroits où un homme isolé travaille doivent être visités deux fois, avec intervalle d'au moins 2 heures entre ces visites.

Sauf dérogation du Service des Mines, tous les quartiers (Bauabteilungen) doivent être reliés téléphoniquement à la surface.

En tout temps, le nombre et le nom des personnes se trouvant au fond doivent pouvoir être déterminés.

Un porion d'équipe ne peut quitter les abords du puits que lorsqu'il s'est assuré que tous ses hommes sont remontés.

Le Directeur des travaux doit immédiatement porter à la connaissance du Service des Mines tous événements spéciaux, même lorsqu'il n'y a aucune victime (coup d'eau, dégagements gazeux, explosions, grands éboulements, incendies, etc.).

La subdivision B précise les attributions des chefs d'équipe (Ortälteste) déjà indiquées notamment à l'article 31. Ces agents,

sans avoir la qualité de surveillants, puisqu'ils travaillent eux-mêmes, doivent veiller à ce que leurs camarades observent le règlement et les indications données par la surveillance. Il y a un chef d'équipe par chantier et par poste; dans les grandes tailles, il faut en désigner autant que le demande la sécurité.

Les hommes de l'équipe doivent observer les instructions du chef

d'équipe.

La subdivision C, en précisant que les consignes de service données en exécution du règlement doivent être observées, les incorpore en quelque sorte dans le règlement.

Enfin, la subdivision D traite des publications et avis. La publication des autorisations prévues (indicateurs de grisou, lampes, explosils) au règlement sont effectuées au bulletin du Ministère de l'Economie et du Travail.

L'article 342 impose le registre de siège (Zechenbuch) à tenir suivant instructions de l'Inspection générale des Mines.

L'article 343 traite des avis à donner au personnel ouvrier. En plus de certaines publications par voie d'affiche, il faut remettre à chaque ouvrier, lors de son extrée en service, un extrait du règlement.

L'article 345 précise que les avis et tableaux à afficher en vertu des prescriptions réglementaires doivent être toujours bien lisibles.

### CHAPITRE XIX. — DISPOSITIONS FINALES.

Enfin, le chapitre XIX s'occupe des dérogations (à accorder par le Service des Mines ou l'Inspection générale des Mines suivant les cas), des pénalités et de la mise en vigueur : celle-ci a lieu le 1 er janvier 1936.

### Régime transitoire.

Certaines dispositions du règlement ne sont applicables que lors du remplacement du matériel en service actuellement.

### BIBLIOGRAPHIE

LES CUVELAGES. Théories et applications, par Lucien DENOEL, Inspecteur Général des Mines, Professeur d'Exploitation des Mines à l'Université de Liége. — Editions de la Bibliothèque Scientifique Belge. — Georges Thone, Editeur à Liége. — 1955. — Prix : 18 francs.

L'éminent Professeur de l'Ecole des Mines de Liége s'est enfin laissé décider à publier, en la mettant à jour, son étude si fouillée sur les cuvelages qui avait fait l'objet d'un cours donné à Londres en 1926 à la demande des autorités académiques de Grande-Bretagne.

Tous les Ingénieurs des Mines se réjouiront de la chose et réserveront au livre un accueil très favorable.

La question des cuvelages de puits de mine a pris, au XXe siècle, une importance croissante par suite de la nécessité d'aller chercher les gisements sous des épaisseurs croissantes de morts-terrains aquifères. En Belgique notamment, les creusements des puits de Campine, qui ont eu à traverser des épaisseurs de 450 à 650 mètres de sables, argiles, mames, tuffeau, craie, par des puits de grand diamètre, ont donné au problème une ampleur extraordinaire et suscité des études et solutions diverses. Les obstacles rencontrés, les difficultés vaincues ont bien été publiés, en partie, dans des articles épars de revues, parfois d'une manière purement descriptive. Mais l'Ingénieur sera heureux de trouver la question exposée dans son ensemble aussi bien en théorie que dans les applications vécues, par un maître éprouvé.

M. Denoël a divisé son exposé en cinq chapitres. Le premier traite de l'étude théorique des cuvelages simples en examinant la résistance à la compression d'un cuvelage cylindrique simple et en étudiant les efforts de flexion, soit avec pression extérieure uniforme, soit avec pressions non uniformes.

Le chapitre II expose les applications de la théorie des cuvelages simples : il rappelle les expériences de Hoffmann et de Thiriart, étudie les divers facteurs (pente, nature des roches, profondeur) qui peuvent influer sur la pression exercée par les roches meubles aquifères. Le cas des argiles, qui, en Campine, a causé de nombreux ennuis, est étudié spécialement.

1243

L'auteur décrit ensuite les cuvelages en maçonnerie, en béton simple ou béton armé, les cuvelages en fonte ou en acier. Mais c'est une description critique, appuyée de nombreux documents et hautement instructive.

Le chapitre III est réservé au calcul des cuvelages mixtes ou compound, c'est-à-dire formés de deux ou plusieurs enveloppes concentriques assemblées intimement en vue de résister à la pression extérieure : fonte et couronne de béton, ou deux enveloppes métalliques concentriques (cuvelages doubles), ou bien encore certains dispositifs spéciaux. L'auteur fait ressortir l'importance qu'il y a de réaliser et de maintenir la solidarité des deux enveloppes.

Le chapitre IV, « Quelques réalisations », est particulièrement intéressant. Il expose les diverses solutions admises dans les charbonnages de la Campine. On voit dans une mine allier le cuvelage simple (dans la partie supérieure) au cuvelage double (à partir de 200 m. environ). Presque partout, on a cependant maintenu le cuvelage unique en fonte avec des épaisseurs atteignant 18 centimètres et des anneaux bombés renforcés. Mais on tient compte de l'anneau de béton. Certains puits ont un cuvelage double pour la traversée des sables herviens inférieurs.

Les creusements de Campine ont été une école précieuse; aussi les derniers puits creusés ont-il été foncés en une seule passe avec cuvelage en fonte et couronne de béton jusqu'à 625 mètres de profondeur.

Les détails donnés sur les points singuliers (trousses, raccords des passes, joints de dilatation) se lisent avec un vif intérêt.

M. Denoël n'a pas voulu clôturer son travail sans examiner spécialement le cas du fonçage par congélation. En effet, le mur de glace considéré en lui-même est un cuvelage et lorsque l'on met en place les anneaux de fonte, on se trouve, pendant le creusement, devant un cuvelage mixte.

L'auteur expose la résistance de la glace à la compression, d'abord en appliquant les formules de la théorie de l'élasticité, puis en tenant compte de la plasticité du mur de glace. Il rappelle les belles expériences de Sauvestre à Beeringen et en dégage les propriétés mécaniques du mur de glace. Le mur de glace constitue avec la fonte un cuvelage mixte. Il est dans un état d'équilibre limite qui se stabilise; la pose du cuvelage en descendant arrête le mouvement de

déformation qui tend à se produire : le mur de glace absorbe une partie de la pression extérieure, le cuvelage de fonte subit une pression intermédiaire entre la pression atmosphérique et celle qui règne dans le terrain aquifère.

C'est ce qui a permis les grandes profondeurs atteintes par le procédé de congélation, c'est ce qui fait que dans les cuvelages doubles, il suffit de placer l'enveloppe extérieure en descendant et en lui donnant une épaisseur modérée.

On trouvera fort bien exposée la question de la résistance du béton aux basses températures et les règles qui en découlent. L'auteur explique quelques causes spéciales de fatigue des cuvelages (passes argileuses, regel d'eau entre le mur de glace et le cuvelage, dilatation lors du dégel, mouvement de terrains).

Enfin, en annexe, on lira des extraits de la Commission des cuvelages de Dortmund, donnant, après le récit de quelques accidents, les conclusions qui en ont été tirées et une courte note sur la consolidation par voie chimique des cuvelages en briques.

Et le lecteur arrive au bout du livre, sans que l'intérêt ait fléchi un instant, satisfait d'avoir parcouru en aussi sûre compagnie un chapitre passionnant de l'art des mines.

Ad. BREYRE.

### STATISTIQUES

LISTE

DES

FABRIQUES DE COKE MÉTALLURGIQUE

ET DES

FABRIQUES D'AGGLOMÉRÉS DE HOUILLE

1er janvier 1935

### FABRIQUES de COKE METALLURGIQUE

and the same of th		Nom, prénom et résidence du	NATURE	OBSERVATIONS
(Firme sociale, Siège social)	de l'usine	du Directeur-Gérant	des produits fabriqués	OBSERVATIONS
	D	istrict du Couchant de	Mons.	
Soc. an. des Charbon- ages Unis de l'Ouest de Ions, à Boussu.	Boussu	Fernand Durez, à Dour.	Coke lavé, mi-lavé et non-lavé, petit coke, gré- sil, sulfate d'ammoniaque, benzol, goudron.	
Soc. an. des Fours à loke de Quiévrain, à Quiérain.	Quiévrain	Georges Ippolito, à Mons.	Coke lavé, mi-lavé, pe- tit coke, grésil, sulfate d'ammoniaque, benzol, goudron.	
	La Bouverie Frand Trait)	Georges Cotton, à Frameries.	Coke lavé, mi-lavé, petit coke, grésil, sulfate d'ammoniaque, benzol, goudron.	
Soc. an. Carbonisation ntrale, à Bruxelles.	Tertre	i i	Coke lavé, petit coke, grésil, sulfate d'ammo- niaque, benzol rectifié, goudron.	
		District du Centre.		
Soc. an, des Houillères Anderlues, à Anderlues.	Anderlues		Coke lavé, mi-lavé, pe- tit coke, grésil, gaz, sul- fate d'ammoniaque, ben- zol, goudron.	
				2
	the same of the sa	The state of the s	the state of the s	7
Soc. an. des Charbonnages de Ressaix, Leval, Péronnes, Ste-Aldegonde et Genck, à Ressaix.	Ressaix	Georges Leheuwe à Péronnes.	Coke lavé, mi-lavé, no lavé, petit coke, grési sulfate d'ammoniaque benzol, goudron.	il,
ges de Ressaix, Leval, Péronnes, Ste-Aldegonde et	-   Maurage		lavé, petit coke, grési sulfate d'ammoniagu	pe-
ges de Ressaix, Leval, Péronnes, Ste-Aldegonde et Genck, à Ressaix.  Soc. an. des Charbonnages de Maurage, à Mau	Maurage - Houdeng-	à Péronnes.  Charles Bernier,	lavé, petit coke, grésisulfate d'ammoniaque benzol, goudron.  Coke lavé, mi-lavé, petit coke, gaz, sulfa d'ammoniaque, benz goudron.  Coke mi-lavé, pe	pe- tate ool,
ges de Ressaix, Leval, Péronnes, Ste-Aldegonde et Genck, à Ressaix.  Soc. an. des Charbonnages de Maurage, à Maurage.  Soc. civ. des Charbonnages du Bois-du-Luc,	Maurage  Houdeng- Aimeries  La Louvièr	Charles Bernier, à Maurage.  Léon André, à Houdeng-Aimeries.	Coke lavé, mi-lavé, per d'ammoniaque, goudron.  Coke mi-lavé, per goudron.  Coke mi-lavé, per coke, grésil, gaz, sulfa d'ammoniaque, benz goudron.	per la control de la control d
ges de Ressaix, Leval, Péronnes, Ste-Aldegonde et Genck, à Ressaix.  Soc. an. des Charbonnages de Maurage, à Maurage.  Soc. civ. des Charbonnages du Bois-du-Luc, Houdeng-Aimeries.  Soc. an. des Usines Gustave Boël, à La Lou	Maurage  Houdeng- Aimeries  La Louvièr	Charles Bernier, à Maurage.  Léon André, à Houdeng-Aimeries.	lavé, petit coke, grésisulfate d'ammoniaque benzol, goudron.  Coke lavé, mi-lavé, petit coke, gaz, sulfat d'ammoniaque, benz goudron.  Coke mi-lavé, petit coke, grésil, gaz, sulfat d'ammoniaque, benz goudron.  Coke mi-lavé, petit coke, grésil, gaz, sulfat d'ammoniaque, benz goudron.	per la control de la control d
ges de Ressaix, Leval, Péronnes, Ste-Aldegonde et Genck, à Ressaix.  Soc. an. des Charbonnages de Maurage, à Maurage.  Soc. civ. des Charbonnages du Bois-du-Luc, Houdeng-Aimeries.  Soc. an. des Usines Gustave Boël, à La Lou	Houdeng- Aimeries  La Louvièr	Charles Bernier, à Maurage.  Léon André, à Houdeng-Aimeries.  Lucien Boël, à La Louvière.	lavé, petit coke, grésisulfate d'ammoniaque benzol, goudron.  Coke lavé, mi-lavé, petit coke, gaz, sulfat d'ammoniaque, benz goudron.  Coke mi-lavé, petit coke, grésil, gaz, sulfat d'ammoniaque, benz goudron.  Coke mi-lavé, petit coke, grésil, gaz, sulfat d'ammoniaque, benz goudron.	pe- tote ool,  etit ate tool,  etit ate tool,  etit ate tool,
ges de Ressaix, Leval, Péronnes, Ste-Aldegonde et Genck, à Ressaix.  Soc. an. des Charbonnages de Maurage, à Maurage.  Soc. civ. des Charbonnages du Bois-du-Luc, a Houdeng-Aimeries.  Soc. an. des Usines Gustave Boël, à La Louvière.  Soc. an. des Forges de la Providence, à Mar	Houdeng- Aimeries  La Louvièr  Marchienne au-Pont	Charles Bernier, à Maurage.  Léon André, à Houdeng-Aimeries.  Lucien Boël, à La Louvière.  District de Charl  Arthur Decoux, à Dampremy.  Marc de St-Hubert,	Coke lavé, petit coke, grésisulfate d'ammoniaque benzol, goudron.   Coke lavé, mi-lavé, petit coke, grésil, gaz, sulfad'ammoniaque, benz goudron.   Coke mi-lavé, petit coke, grésil, gaz, sulfad'ammoniaque, benz goudron.   Coke mi-lavé, petit coke, grésil, gaz, sulfad'ammoniaque, benz goudron.   Coke lavé, petit col grésil, sulfate d'ammoniaque, benzol, goudron   Coke lavé, mi-lavé, petit coke lavé, mi-lavé, mi-lavé, petit coke lavé, mi-lavé, mi-lavé, mi-lavé, mi-lavé, mi-lavé, mi-lavé, mi-lavé, mi-lavé, m	etit ate ool,

1		,	
1	1	(	9
1	1	1	

Fabriques de Coke métallurgique (suite).							
PROPRIETAIRE (Firme sociale, Siège social)	SITUATION de l'usine	Siège social) du Directeur-Gérant	NATURE des produits fabriqués	OBSERVATIONS			
		District de Charleroi (s	uite).				
Soc. an. Métallurgique	Montigny- sur-Sambre	Paulin Copin, à Montigny-sur-Sambre.	Coke lavé, mi-lavé, petit coke, grésil, gaz, sulfate d'ammoniaque, goudron.				
de Sambre-et-Moselle, à Montigny-sur-Sambre.	Châtelineau	Paulin Copin, à Montigny-sur-Sambre.	Coke mi-lavé, petit coke, grésil, gaz, sulfate d'ammoniaque, benzol, goudron.	X			
		Province de Liége	9.				
Soc. an. John Cockerill, à Seraing.	Seraing sur-Meuse	Léon Greiner, administrateur, directeur-général, à Seraing.	Coke mi-lavé, petit coke, cendrées, gaz, sul- fate d'ammoniaque, ben- zol, goudron.				
Soc. an. d'Ougrée-Ma- rihaye, à Ougrée.	Ougrée	François Perot, directeur général, à Ougrée.	Coke mi-lavé, petit coke, cendrées, sulfate d'ammoniaque, benzol, goudron.				
Soc. an. Métallurgique d'Espérance-Longdoz, à Liége.	Jemeppe- sur-Meuse et Flémalle- Grande	Fernand Francken, à Liége.	Coke mi-lavé, petit coke, grésil, gaz, sulfate d'ammoniaque, benzol, goudron.				
v.							
Soc. an. des Engrais et Produits Chimiques de la Meuse, à Tilleur.	Tilleur	René Chuffart, à Liége.	Coke lavé, petit coke, grésil, sulfate d'ammo- niaque, benzol rectifié, goudron.				

### Région non Minière.

### (Flandre Occidentale, Flandre Orientale, provinces d'Anvers et de Brabant).

Soc. an. Glaces et Verres, à Bruxelles.	Moll (Gompel)	Fernand Poncelet, à Uccle.	Coke mi-lavé, grésil, gaz, sulfate d'ammonia- que, benzol, goudron.	
Associat. Métallurgique pour la Fabrication du Coke.	Willebroeck	Gustave Brichant, à Bruxelles.	Coke mi-lavé, petit coke mi-lavé, grésillons, sulfate d'ammoniaque, benzol, goudron.	
Usine à Gaz de la Ville de Bruxelles, à Bruxelles.	Bruxelles	Edgard Welvaert. à Bruxelles.	Coke mi-lavé, petit coke, gaz, sulfate d'ammoniaque, benzol brut, goudron.	
Soc. an. Cokeries du Marly, à Bruxelles.	Bruxelles (Neder-over- Heembeek)	Henri Boutefoy. à Bruxelles.	Coke lavé, petit coke, gaz, sulfate d'ammonia- que, benzol rectifié, gou- dron.	
Soc. an. Les Cokeries du Brabant, à Bruxelles.	Grimberghen (Pont-Brûlé)	Julien Raick, à Bruxelles.	Coke lavé, grésil, gaz, Sulfate d'ammoniaque ben- zol rectifié, goudron.	
Soc. an. des Forges de Clabecq, à Clabecq.	Vilvorde	Eugène Germeau, à Tubize.	Coke lavé, petit coke, grésil, gaz, sulfate d'am- moniaque, benzol, gou- dron.	
Union Chimique Belge, à Bruxelles.	Zandvoorde	Lambert Wera, à Ostende.	Coke lavé, petit coke, gaz, sulfate d'ammonia- que, benzol, goudron.	

1251

nages de Strépy-Bracque- gnies.	(Bracquegnies)	à Bracquegnies.	
Soc. an. des Charbon-	Trazegnies	Ivan Orban, directeur-général, à La Hestre.	Briquettes.
nages de Mariemont-Bas- coup, à Morlanwelz.	Trazegnies	Ivan Orban, directeur-général, à La Hestre.	Boulets.
Soc. an. des Charbon- nages de La Louvière et Sars-Longchamps, à La Louvière.	Saint-Vaast	Emile Urbain, à Bruxelles.	Briquettes, boulets.
Soc. an. des Charbon- nages de Ressaix, Leval, Péronnes, Ste-Aldegonde et Genck, à Ressaix.	Haine- St-Paul	Georges Leheuwe, à Péronnes.	Briquettes.
		District de Charler	oi.
Soc. an. du Charbonna- ge de Sacré-Madame et Bayemont, à Dampremy.	Charleroi	Louis Roisin, à Dampremy.	Briquettes.
	Dampremy	Louis Roisin, à Dampremy.	Boulets.
Soc. an. des Charbon- nages Réunis Mambourg,	Lodelinsart	Léon Canivet, à Monceau-sur-Sambre.	Briquettes.

Georges Delplace.

Courcelles

Boulets.

Soc. an. des Charbonnages du Nord de Charleroi, à Roux.

PROPRIETAIRE (Firme sociale, Siège social)	SITUATION de l'usine	Nom, prénom et résidence du Directeur-Gérant	NATURE des produits fabriqués	OBSERVATIONS
15 No. of Contract	Demotowa	District de Charleroi (s	suite).	
Soc. an. des Charbon- nages d'Amercœur, à Ju- met.	Jumet	Joseph Cappellen, à Jumet.	Briquettes, boulets.	
Soc. an. des Charbon- nages du Centre de Ju- met, à Jumet.	Jumet	Victor Tilman, à Jumet.	Boulets.	
Soc. an. des Charbon- nages de Monceau-Fon- taine, à Monceau-sur- Sambre.	Monceau- sur-Sambre	Michel Vogels, à Monceau-sur-Sambre.	Briquettes, boulets.	
Soc. an. de la Fabrique ; de Fer de Charleroi, à Charleroi.	Marchienne- au-Pont	Henri Noëz; à Marchienne-au-Pont.	Briquettes.	
Soc. an. des Anciennes Usines Grimard et Cie, à Erquelinnes.	Erquelinnes	Georges Grimard, à Charleroi.	Briquettes, boulets.	
Soc. an. Agglomérés du Brabant, à Bruxelles.	Bruxelles	Urbain Maurice. à Bruxelles.	Eoulets.	
Soc. an. du Charbonna- ge d'Aiseau-Presie, à par	Farciennes	Carlo Henin, administrateur-délégué, à Farciennes.	Briquettes, boulets.	

Soc. an. des Houillères Unies du Bassin de Char-	Ransart	Léon Hoyois, à Gilly.	Boulets.
leroi, à Gilly.	Farciennes	Léon Hoyois, à Gilly.	Briquettes.
Soc. an. des Charbon- nages Elisabeth, à Auve- lais.	Fleurus	Omer Lambiotte. admin <sup>i</sup> strateur-gérant, à Auvelais.	Boulets.
Soc. an. du Charbonna- ge du Boubier, à Châte- let.	Châtelet	Georges Fréson, ingénieur-directeur, à Châtelet.	Briquettes.
Soc. an. des Charbon- nages du Gouffre, à Châ- telineau.	Châtelineau	Henry Tillemans, à Châtelineau.	Briquettes, boulets.
Soc. an. des Charbon- nages du Carabinier, à Pont-de-Loup.	Farciennes	Auguste Scohy, administrateur-délégué, à Pont-de-Loup.	Briquettes, boulets.
Soc. an. des Charbon- nages de Noël-Sart-Cul- part, a Gilly.	Gilly	Albert Bonnet, à Gilly.	Boulets.
Soc. an. des Charbon- nages du Nord de Gilly, à Fleurus.	Fleurus	Auguste Gilbert, à Gilly.	Briquettes, boulets.
Soc. an, des Charbon- nages réunis de Roton- Farciennes et Oignies- Aiseau, à Tamines.	Farciennes	Victor Thiran, administrateur, Directeur-gérant, à Tamines.	Poulets.
Soc. an. des Charbon- nages du Poirier, à Mon- tigny-sur-Sambre.	Montigny- sur-Sambre	Léon Robert, administrateur-gérant, à Montigny-sur-Sambre.	Briquettes, boulets.
Soc. an. des Charbon- nages du Trieu-Kaisin, à Châtelineau.	Châtelineau	Ernest Gueur, à Châtelineau.	Briquettes, boulets.

### Fabriques d'Agglomérés de houille (suite).

PROPRIETAIRE (Firme sociale,	SITUATION	Nom, prénom et résidence du	NATURE des	OBSERVATIONS
Siège social)	l'usine	Directeur-Gérant	produits fabriqués	
		Province de Namu	ır.	
Soc. an. Charbonnage de Ponne-Espérance, à Lambusart.	Moignelée	Auguste Meilleur, administrateur-gérant, à Tamines.	Boulets.	
Soc. an. des Charbon- nages de Tamines, à Ta- mines.	Tamines	Baron Eugène Soupart, administrateur-délégué, à Tamines.	Boulets.	
Soc. an. des Charbon- nages Elisabeth, à Auve- lais.	Auvelais	Omer Lambiotte, administrateur-gérant, à Auvelais.	Boulets.	
		Province de Liége	)a	
Soc. an. des Charbon- nages du Bonnier, à Grâce-Berleur.	Grâce- Berleur	Lambert Galand, à Grâce-Berleur.	Briquettes, boulets.	
Soc. an. des Charbon- nages de l'Espérance et Bonne-Fortune, à Monte- gnée.	Ans	Albert Paquot, à Liége.	Briquettes, boulets.	
Soc. an. des Charbon- nages d'Ans et Rocour, à Ans.	Ans	Modeste Jeanray.  à Ans.	Boulets.	
				7
Soc. an. des Charbon- lages de Patience et Beaujonc, à Glain.	Glain	Léon Thiriart, à Liége.	Briquettes.	
Soc. an. des Charbon- nages d'Abhooz et Bonne- Foi-Hareng, à Herstal.	Milmort	Paul Nottet, à Herstal.	Boulets.	
Soc. an. des Charbon- nages des Quatre-Jean, à Queue-du-Bois.	Queue- du-Bois	Mathieu Ledent, à Jupille.	Briquettes.	
Soc. an. des Charbon- nages de Wérister, à Romsée.	Romsée	Noël Dessart, administrateur, directeur général, à Beyne-Heusay.	Briquettes, boulets.	
Soc. an des Charbon- nages de Wérister, à Romsée.	Xhendelesse	Noël Dessart, administrateur, directeur général, à Beyne-Heusay.	Boulets.	
Soc. an. des Charbon- nages du Hasard, à Miche- roux.	Micheroux	René Henry, administr teur, directeur-gérant. à Liége.	Boulets.	

# APPAREILS A VAPEUR STOOMTUIGEN

## ACCIDENTS SURVENUS

en 1934

**ONGELUKKEN** 

in 1934 voorgevallen

DATE de l'accident.  DATUM van het ongeval.  1 1 er juillet 1954  1 1   1 er juillet 1954  D. A. — Dépendances supeficielles (centr. électrique) du siège n° 7, à Chapelle-lez-Herlamont, du Charbonn. de Mariemont-Bascoup.  B. — S. A. des Charbonnages de Mariemont-Bascoup.  B. — Vers 1914.  A) Nature et situation de l'appareil refli était placé: B) Noms des propriétaires de l'appareil; O) Name der constructeurs; D) Datum van het ongeval.  AARD, vorm en bestemming van het toestel. ALLERHANDE BIJZONDERHEDEN.  Réservoir horizontal, constitué d'un ancien corps de chaudière, aux extrémités duquel ont été des fonds plats, par l'intermédiaire de cornières rivées de 80×80×8 mm.  Longueur: 4 m. 570. Diamètre: 1 m. 200. Epaisseur des tôles: corps cylindrique: 14 mm. fonds plats: 10 mm.				and the second of the second of
perficielles (centr. électrique) du siège n° 7, à Chapelle - lez - Herlaimont, du Charbonn. de Mariemont-Bascoup.  B. — S. A. des Charbonnages de Mariemont-Bascoup.  B. — Inconnu.  C. — Inconnu.  d'un ancien corps de chaudière, aux extrémités duquel ont été fixés des fonds plats, par l'intermédiaire de cornières rivées de 80×80×8 mm.  Longueur : 4 <sup>m</sup> ,370.  Diamètre : 1 <sup>m</sup> ,200.  Epaisseur des tôles : corps cylindrique : 14 mm. fonds plats : 10 mm.	Nos d'ordre. Volgnunmers.	de l'accident.  DATUM  van het	rell était placé; B) Noms des propriétaires de l'appareil; C) Noms des constructeurs; D) Date de mise en service. A) Aard en ligging van de inrichting waar het toe- stel geplaatst was; B) Namen der eigenaars van het toestel; C) Namen der bouwers; D) Datum van in gebruik-	forme et destination de l'appareil.  DETAILS DIVERS.  AARD,  vorm en bestemming van het toestel.
	1		perficielles (centr. électrique) du siège n° 7, à Chapelle - lez - Herlaimont, du Charbonn. de Mariemont-Bascoup.  B. — S. A. des Charbonnages de Mariemont-Bascoup.  C. — Inconnu.	d'un ancien corps de chaudière, aux extrémités duquel ont été fixés des fonds plats, par l'intermédiaire de cornières rivées de 80×80×8 mm.  Longueur: 4 <sup>m</sup> ,370.  Diamètre: 1 <sup>m</sup> ,200.  Epaisseur des tôles:

### ACCIDENT — ONGEVAL.

Circonstances. — Omstandigheden.	Suites. Gevolgen.	Causes présumées. Vermoedelijke oorzaken.
Deux conduites, qui se rejoignent et d'où partent divers embranchements, relient les chaudières, timbrées à 20 kgs/cm², à la salle des turbo-alternateurs. Sur ces conduites et leurs embranchements se trouvent des vannes, qui sont munies chacune d'un tuyau de purge permettant d'évacuer les eaux de condensation dans le réservoir décrit et dont l'un des fonds plats portait un tuyau de trop-plein non pourvu d'un dispositif de fermeture et par conséquent ouvert constamment à l'air libre.  Après avoir terminé certaines réparations aux joints d'une des conduites, on avait remis la vapeur sur cette conduite et on avait procédé à une manœuvre de purge de trois vannes, mais on avait laissé légèrement ouverts les trois robinets de purge.  Le réservoir fit ensuite explosion.  Le fond portant le tuyau de communication à l'air libre fut projeté d'un côté et le restant de l'appareil du côté opposé.  L'arrachement du fond projeté se produisit le long d'une fissure ancienne, qui affectait le congé de la cornière sur les deux tiers environ de la circonférence, et, pour le restant, suivant la ligne de rivets de fixation au corps cylindrique. Le long de cette ligne de rivets, la section de rupture de la cornière laissait apparaître un métal grenu. Le tuyau d'évacuation de l'eau de condensaction du réservoir n'était pas obstrué, pas plus que		Insuffisance du dispositif d'évacuation des eaux de condensation et afflux trop important de vapeur à haute pression, par les robinets de purge plus ou moins ouverts, dans le réservoir, dont la construction et le régime de surveillance ne répondaient pas aux conditions exigées pour l'emploi des récipients de vapeur.

Nos d'ordre. Volgnunmers.	DATE de l'accident.  DATUM van het ongeval.	A) Nature et situation de l'établissement où l'appareil était placé; B) Noms des propriétaires de l'appareil; C) Noms des constructeurs; D) Date de mise en service. A) Aard en ligging van de inrichting waar het toestel geplaatst was: B) Namen der eigenaars van het toestel; C) Namen der bouwers; D) Datum van in gebruikstelling.	NATURE, forme et destination de l'appareil. DETAILS DIVERS.  AARD, vorm en bestemming van het toestel. ALLERHANDE BIJZONDERHEDEN.		ACCIDENT - Circonstances. — Omstandigheden.	— ONGEVAL. Suites. Gevolgen.	Causes présumées. Vermoedelijke oorzaken.
2	14 sept. 1934	A. — Bateau suceuse à cutter « Espérance » en service pour le creusement de la fouille d'une écluse en Meuse, à Yvoz.  B. — Soc. Belge des Bétons, S. A., à Bruxelles, boul. du Régent, n° 57.  C. — Usines Emile Duray, S. A., à Ecaussines d'Enghien.  D. — 1er août 1930.	Chaudière verticale, cylindrique, à foyer intérieur, cheminée centrale et faisceau de 126 tubes Field sans contretubes. Surface de chauffe, 42 m²; timbre, 12 kgs par cm². Année de construction, 1929. Epreuve chez le tructeur le 2 avril 1929. Les tubes Field, en acier, mesurent 1.200 mm. de longueur, 76 mm. de diamètre extérieur et 4 1/2 mm. d'épaisseur. L'origine des tubes Field, en service au moment de l'accident, est inconnue. La chaudière faisait partie d'un groupe de trois petites unités, du même système, ayant une capacité de vaporisation horaire totale de 2.680 kgs et remplaçant, provisoirement depuis trois mois, une chaudière marine en réparation, capable de vaporiser 3.000 kgs à l'heure. Une autre chaudière marine, semblable à cette dernière, était installée dans une salle de chauffe distincte de celle des trois chaudières susvisées, mais communiquant avec celle-	lo m  d'see occonnet producted d'u que parties de la boore producted de la boore producted d'u que parties de la boore producted d'u que parties d'en la boore producted d'un que parties d'en la boore producted d'en la boor	l'aqueduc dans lequel ce tuyau désouchait.  Une seule chaudière était en pression ors de l'accident et son manomètre narquait 15 kgs/cm².  L'explosion est survenue au milieu l'un poste de travail, alors que, vraiemblablement, le chauffeur était occupé à soigner le feu, car ses outils nt été retrouvés près de la chaudière t la porte du foyer était ouverte. Il se roduisit un énorme afflux d'eau et e vapeur dans les salles de chauffe u bateau.  Après l'accident, il a été constaté u'une partie de la calotte sphérique eminant un tube Field s'était détabée et avait disparu, laissant un trou environ 55 mm. de diamètre. Le sube avarié était placé de telle façon u'il n'a pu être heurté et détérioré ar un outil du chauffeur.  Il a, en outre, été constaté ce qui nit par le visiteur :  « Etat de nettoyage des tubes au as : à l'intérieur, une couche d'incrusation de 2 à 5 mm. et un dépôt de oue de 3 à 5 cm. Aspect des tubes : resque tous présentent des traces de rechauffe. Neuf tubes sont fortement étériorés par cette surchauffe, leur ctrémité inférieure est amincie et mêter localement trouée. Quarante-trois	tellement brûlé par le dégage- ment de vapeur	Field due au fonc-

Nos d'ordre.	Volgnummers.	DATE de l'accident.  DATUM van het ongeval.	A) Nature et situation de l'établissement où l'appareil était placé; B) Noms des propriétaires de l'appareil; C) Noms des constructeurs; D) Date de mise en service. A) Aard en ligging van de inrichting waar het toestel geplaatst was; B) Namen der eigenaars van het toestel; C) Namen der bouwers; D) Datum van in gebruikstelling.	NATURE, forme et destination de l'appareil. DETAILS DIVERS.  AARD, vorm en bestemming van het toestel. ALLERHANDE BIJZONDERHEDEN.	
				ci. Toutes ces chaudières étaient timbrées à 12 kgs par cm², étaient reliées en batterie, fonctionnaient avec tirage forcé et étaient en service simultanément jour et nuit pour fournir la vapeur nécessaire aux machines de la suceuse. Elles étaient alimentées par l'eau de condensation des machines imparfaitement déshuilée, avec appoint d'eau de Meuse.  La dernière visite extérieure a eu lieu le 17 mai 1954 et la dernière visite intérieure a eu lieu le 25 mai 1935. Le certificat délivré à la suite de cette dernière visite porte notamment : « Le nettoyage restait à compléter dans les tubes : un peu d'incrustation assez forte dans une partie au bas, quelques-uns présentent des traces de surchauffe; dans le foyer : tubes à nettoyer Cette chaudière peut, à mon avis, fonctionner, sans danger, pendant un an à la pression du timbre 12 kgs/cm². »	ŧ

### ACCIDENT — ONGEVAL.

Circonstances. — Omstandigheden.	Suites. Gevolgen.	Causes présumées Vermoedelijke oorzaken.	
tubes présentent des calottes soudées au bas et ces soudures sont parfaite- ment étanches. »			

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; D) Date de mise en service. A) Aard en ligging van de inrichting waar het toestel geplaatst was; B) Namen der eigenaars van het toestel; C) Namen der bouwers;	de a- es es forme et destination de l'appareil. DETAILS DIVERS.	1	EXPLOSION ONTPLOFFING.
Nos d	DATE de l'accident.  DATUM  DATUM  van het  ongeval.  DATUM  Nome des proprietaires de l'appareil; C) Noms des constructeurs; D) Date de mise en service. A) Aard en ligging van de inrichting waar het toestel geplaatst was; B) Namen der eigenaars van de inrichting waar het toestel; C) Namen der bouwers; D) Datum van in gebruik- stelling.  B) Noms des proprietaires de l'accident.  DETAILS DIVERS.  AARD, vorm en bestemming van het toestel. ALLERHANDE BIJZONDERHEDEN.		Circonstances. — Omstandigheden.  Suites.  Gevolgen.  Causes présumées.  Vermoedelijke oorzaken.		
3	24 sept. 1934	A. — Charbonnage des Produits et du Le- vant du Flénu. Siège Nord à Quaregnon. B. — S. A. des Char- Legages du Leyant et	Cylindre en fonte, vertical, de		Au soir d'une joumée de chômage, on avait remis en pression la tuyauterie longue de 24 mètres, partant de la batterie de chaudières et aboutissant eau sécheur. Le lendemain matin, le un sécheur, voulant réchauffer la machine, ouvrit le modérateur; à ce mochine, ouvrit le modérateur; à ce mochine, ouvrit le sécheur vola en éclats, de mêment, le sécheur vola en éclats, de mêment, le sécheur vola en éclats, de mêment que les tuyauteries voisines.  L'accident a été attribué à une fausse manœuvre du mécanicien qui aura ouvert trop brusquement le modérateur de la machine d'extraction.  L'accident a été attribué à une fausse que la rupture du sécheur et de quelques tuyauteries.  La réparation prit néanmoins trois jours, pendant lesquels le siège chôma.

Nos d'ordre.	DATE de l'accident.  DATUM  van het	A) Nature et situation de l'établissement où l'apparereil était placé; B) Noms des propriétaires de l'appareil; C) Noms des constructeurs; D) Date de mise en service. A) Aard en ligging van de inrichting waar het toestel geplaatst was; B) Namen der eigenaars van het toestel; C) Namen der bouwers; D) Datum van in gebruikstelling.	NATURE, forme et destination de l'appareil. DETAILS DIVERS.  AARD,	100	EXPLOSION -	- ONTPLOFFING.	
N .	ongeval.	B) Namen der eigenaars van het toestel; C) Namen der bouwers; D) Datum van in gebruik- stelling.	vorm en bestemming van het toestel. ALLERHANDE BIJZONDERHEDEN.		Circonstances. — Omstandigheden.	Suites. Gevolgen.	Causes présumées. Vermoedelijke oorzaken.
4	19 nov. 1934	A. — Charbonnage des Produits et du Levant du Flénu. Siège Nord à Quaregnon.  B. — S. A. des Charbonnages du Levant et des Produits du Flénu, à Cuesmes.  C. — Soc. Civile des Mines de houille et Ateliers du Grand-Hornu, à Homu.  D. — 1902.	tubes bouilleurs de 114 m² de surface de chauffe, timbrée à 6 atmosphères. La chaudière faisait partie d'un groupe de 8 unités réglées cha-		La chaudière avait été visitée intérieurement le 16 juillet 1934 et trouvée en bon état; elle n'avait pas été remise à feu depuis cette date.  Dans la nuit du 18 au 19 novembre 1934, elle fut remplie d'eau, rallumée et mise progressivement en pression.  Lorsque le manomètre de la chaudière en rallumage eut indiqué 4 1/2 atmosphères, qui était la pression régnant à ce moment dans les 3 autres chaudières de la batterie, on avait ouvert la vanne de départ de vapeur de la chaudière en question vers la conduite générale de vapeur.  Une demi-heure après, la seconde virole du bouilleur de gauche se déchirait et la chaudière explosait.	à 45 degrés.  Une chaudière voisine a été partiellement culbutée.  Un manœuvre	L'accident doit être attribué à la mauvai-se qualité du métal des tôles, lequel semble avoir perdu toute ductilité.

Nos d'ordre. Volgnummers.	DATE de l'accident.  DATUM van het ongeval.	A) Nature et situation de l'établissement où l'appareil était placé; B) Noms des propriétaires de l'appareil; C) Noms des constructeurs; D) Date de mise en service. A) Aard en ligging van de inrichting waar het toestel geplaatst was; B) Namen der eigenaars van het toestel; C) Namen der bouwers; D) Datum van in gebruikstelling.	NATURE,
5	31 déc. 1934	I I I C S S P f	Chaudière verticale à foyer intérieur et cheminée centrale; hauteur du corps cylindrique, 2 <sup>m</sup> ,25; diamètre du corps cylindrique, 1 <sup>m</sup> ,20.  La chaudière, destinée au chauffage, devait fonctionner à basse pression. Elle n'était pourvue d'aucun des appareils prescrits par l'article 71, pour que la pression de 0,5 kgr. par cm² ne puisse être dépassée.  Une soupape de sureté était réglée pour la pression de 1,158 kgr. Il était impossible de placer son contrepoids de façon à limiter la pression à 0,5 kgr.  La chaudière était munie à la base de cinq bouchons de prise d'eau, dont quatre étaient métalliques et vissés dans des tubulures taraudées. La 5 <sup>e</sup> tubulure était taraudée, mais l'enquête aisse supposér que le bouchon était constitué par une simple proche de bois.  Les tubulures et bouchons que on a pu voir étaient rouillés.  Le bouchon qui a occasionné accident n'a pu être retrouvé.  La chaudière était à feu de puis une dizaine de jours. Avant lette mise à feu, elle avait été implement remplie d'eau froide our vérifier s'il n'y avait pas de uite. Avant d'être installée, elle vait séjourné un certain temps ans une cave inondée.

## ACCIDENT - ONGEVAL.

Circonstances. — Omstandigheden.	Suites. Gevolgen.	Causes présumées. Vermoedelijke oorzaken.		
Une fuite s'est manifestée au cinquième bouchon, aue des témoins prétendent être métallique. En resserrant ce bouchon au moyen d'une clef anglaise, ils l'auraient fait sauter.  Toutefois, un témoin, qui vint sur les lieux peu après l'accident, prétend que le bouchon était une broche de bois.  Une femme travaillait dans une pièce voisine qui s'emplit de vapeur; elle se sauva en passant à proximité du jet d'eau et de vapeur et fut brûlée.	Mort par sui- te de brûlures étendues.	Fermeture de l'une des prises d'eau à l'aide d'un bouchon en bois.		

## ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

## TOME XXXVI - ANNÉE 1935

## TABLE ALPHABETIQUE DES AUTEURS

ANCIAUX, H., Ingénieur en Chet-Directeur des Mines, à Bruxelles. — Belgique. — L'Industrie charbonnière pendant l'année 1934 : Statistique provisoire et vue d'ensemble sur l'exploitation (en collaboration avec M. Raven, G.)	205	1
Annexes:		
Résultats de l'exploitation des mines de houille en 1934.		
Récapitulation des résultats par tonne depuis 1927		
Id. — Guide des charbonnages (Belgique, France, Hollande, Allemagne), 1935	797	III
BREYRE, A., Ingénieur en Chef des Mines, Administrateur-Directeur de l'Institut National des Mines, à Frameries-Pâturages, Professeur à l'Université de Liége.  — Rapport sur les travaux de 1934 de l'Institut National des Mines	<sub>3</sub> I	I
Id. — L'évolution technique des travaux du fond dans le bassin de la Ruhr, en 1934	<sub>4</sub> 89 [	1
Id. — Les Cuvelages. Théories et applications, par L. Denoël	I	V
Id. — Réglementation de Police des mines de houille dans l'inspection générale de Dortmund, du 1 <sup>er</sup> mai 1935.	I	V

FRESON, H., Ingénieur au Corps des Mines, à Bruxelles.  — Guide pour l'installation des chauffages modernes, par E. Scarcez. — Tome II	
HOCEDEZ, A., Conseiller au Conseil des M.	197 I
Bruxelles. — Table alphabétique des matières traitées dans les avis du Conseil des Mines du 1 <sup>er</sup> janvier 1929 au 31 décembre 1955 (en collaboration avec M. JOLY, L.)	oo I
Id. — Jurisprudence du Conseil des Mines de Belgique, tome 15°, 1 <sup>re</sup> partie, 1934 (en collaboration avec M. JOLY, L.)	229 I
JOLY, L., Président du Conseil des Mines, à Bruxelles.  — Table alphabétique des matières traitées dans les avis du Conseil des Mines du 1 <sup>er</sup> janvier 1929 au 31 décembre 1933 (en collaboration avec M. HOCEDEZ, J.)	555 II
Id. — Jurisprudence du Conseil des Mines de Belgique, tome 15°, 1 <sup>re</sup> partie, 1934 (en collaboration avec M. HOCEDEZ, A.)	<sub>555</sub> II
LAURENT, J., Ingénieur au Corps des Mines, à Char- leroi. — Etude graphique du fonctionnement de plu- sieurs ventilateurs souterrains en parallèle	471 II
MICHAUX, J., Ingénieur, Directeur des travaux, à Aiseau. — Sur une application du tir à retardement aux Charbonnages d'Oignies-Aiseau	785 III
PAQUAY, H., Ingénieur civil des Mines et Ingénieur électricien, à Liége. — Le rendement des installations motrices à vapeur	
Id. (1re suite)	409 II
Id. (1 <sup>re</sup> suite)	717 III
DACHES C. L.	IV
PAQUES, G., Ingénieur principal des Mines, à Bruxelles.  — Le chauffage par les Combustibles liquides, par  A. Guillermic	17
	505 11

Id. — Les fosses septiques, leur construction, leur fonction- nement, leur entretien, par A Builder	795	III
Id. — Sur une inflammation de grisou due à cause spéciale.		IV
RAVEN, G., Directeur Général des Mines, à Bruxelles.  — Belgique. — L'Industrie charbonnière pendant l'année 1934 : Statistique provisoire et vue d'ensemble sur l'exploitation (en collaboration avec M. ANCIAUX, H.)	205	I
ld. — Statistique des industries extractives et métallurgiques et des appareils à vapeur, en Belgique, pour l'année 1934	803	III
VAES, A., Ingénieur au Corps des Mines, à Charleroi.  — Dépoussiérage des gaz sortant d'un four sécheur au Charbonnage de Sacré-Madame	191	I
VENTER, J., Ingénieur au Corps des Mines, à Liége. — Divers procédés de remblayage dans une même couche au Charbonnage du Bonnier		IV
VRANCKEN, J., Îngénieur en Chef-Directeur des Mines, à Hasselt. — Aperçu sur l'activité des mines de houille du bassin du Nord de la Belgique au cours du deuxiè- me semestre 1934	167	I
Id. — Aperçu sur l'activité des mines de houille du bassin du Nord de la Belgique au cours du premier semestre 1935	767	Ш

## ANNALES DES MINES DE BELGIQUE TOME XXXVI — ANNÉE 1985

### TABLE GENERALE DES MATIERES

## INSTITUT NATIONAL DES MINES A FRAMERIES-PATURACES

Rapport sur les travaux de l'année 1934. A. BREYRE.	3	I
MEMOIRE		
Le rendement des installations motrices à vapeur	409 717 1053	III
NOTES DIVERSES		
Aperçu sur l'activité des mines de houille du bassin du Nord de la Belgique au cours du deuxième semestre 1954 · · · · · . J. VRANCKEN.  Dépoussiérage des gaz sortant d'un four sécheur au Charbonnage de Sacré-Madame · · · · · · . A. VAES.	167	
Etude graphique du fonctionnement de plusieurs ventilateurs souterrains en parallèle J. LAURENT.  Aperçu sur l'activité des mines de houille du bassin du Nord de la	471	II
Belgique au cours du promoi se mestre 1935 · · · · J. VRANCKEN.	767	III

1276 Annales des mines de belgique	
Sur une application du tir à retardement aux Charbonnages d'Oignies-Aiseau . J. MICHAUX.	785 III
Sur une inflammation de grisou due à une cause spéciale G. PAQUES.	1161 IV
Divers procédés de remblayage dans une même couche au Charbonnage du Bonnier J. VENTER.	1173 IV
CHRONIQUE	
L'évolution technique des travaux du fond dans le bassin de la Ruhr en 1954 A. BREYRE.	489 II
BIBLIOGRAPHIE	
Guide pour l'installation des chauffages modernes, par E. Scarcez. — Tome II	197 l 503 lI 795 lll
	1241 [\
DIVERS	
Association Belge de Standardisation :  Classification et représentation conventionnelle des appareils de tuyauterie industrielle	
tuyauterie industrielle	201 l

12	"
202	I
505	II
507	II
509	II
799	III
800	III
801	III
	111
802	III
RAVEN et	
RAVEN et ANCIAUX. 203	I
ANCIAUX. 203	
ANCIAUX. 203	l.
ANCIAUX. 203	I I
ANCIAUX. 203	I I

TABLE DES MATIÈRES

Appareils à vapeur. — Stoomtuigen. — Accidents survenus en 1933. — Onge-	
lukken in 1933 voorgevallen	285 l
lukken in 1934 voorgevallen  Liste des fabriques de coke métallurgique et des fabriques d'agglomérés	1257 IV
au 1 <sup>er</sup> janvier 1935	1245 [V
CONSEIL DES MINES	
Table alphabétique des matières traitées dans les avis du Conseil des Mines du 1 <sup>er</sup> janvier 1929 au 31 décembre 1933 L. JOLY et A. HOCEDEZ.	220 ]
Belgique, tome 15°, 1 <sup>re</sup> partie, 1934. L. JOLY et A. HOCEDEZ.	
DOCUMENTS ADMINISTRATIFS	
MINISTERE DU TRAVAIL ET DE LA PREVOYANCE SOCIALE	
Régime de Retraite des Ouvriers mineurs.	
Arrêté Royal du 10 février 1934	293 I
Arrêté Royal du 22 décembre 1034	11
Rapport au Roi	296 ]
Arrêté Royal du zo janvier 1055	302 I
Rapport au Roi	
	306 I
Rapport au Roi	
Texte de l'Arrêté.	315 ]

MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUE	
DIRECTION GENERALE DES MINES	ES
des Mines : des Mines et à la Police	
Redevance five	
Aérage secondaire  Bouveaux de recoupe	335 l
Bouveaux de recoupe	336 I
	338 I
	339 I
Commission de revision des Règlements miniers. Réorganisation. — Arrêté Royal J.	
Réorganisation. — Arrêté Royal du 19 mars 1935	
Nomination. — Arrêté Royal du 19 mars 1935	341 I
C	342 I
Carrières souterraines.	
Arrêté Royal du 2 avril 1935 portant règlement sur la Rapport au Roi.	
Texte de l'Arrâté	603 II
Circulaire ministérielle du 16 avril 1955	609 II
1935	625 1
ET DE LA PREVOYANCE	525 H
- Durée du traveil 1935 Carrières à ciel	
Arrêté Royal du 1 <sup>er</sup> avril 1935. — Etablissements classés comme dangereux, insalubres ou incommodes	627 II
MINICEPER	630 []
MINISTERE DE L'INTERIEUR	
provinciales .	633 11
MINISTERE DU TRAVAIL	
. PREVOYANCE CO	
dommages résultant des accidents du travail	

INDID DEG MILITARIS	1.001
MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES	
INSTITUT NATIONAL DES MINES	
Arrêté Royal du 20 avril 1935 modifiant celui du 18 décembre 1929	6 <sub>37</sub> II
Arrêté Royal du 20 avril 1935. — Nomination de membres du Conseil d'administration	659 ll
MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES ET MINISTERE DES TRANSPORTS	
Explosifs.	
Arrêté Royal du 6 mars 1935. — Règlement général du 29 octobre 1894 sur les explosifs. — Dix-septième Arrêté Royal modificatif	641 II
MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES	
Appareils à vapeur.	
Arrêté Royal du 3 juin 1935. — Commission consultative permanente pour les appareils à vapeur. — Nominations.	643 II
MINISTERE DE LA JUSTICE	
Compétence.	
Loi du 19 juillet 1935 modifiant la compétence des juges de paix et celle des tribunaux de première instance en matière d'actions en réparation des dommages causés par les travaux exécutés dans les mines	1033 III
AMBTELIJKE BESCHEIDEN	
MINISTERIE VAN ARBEID EN SOCIALE VOORZORG	
Pensioenstelsel der mijnwerkers.	
Koninklijk besluit dd. 10 Februari 1954	345 I
Koninklijk besluit dd. 22 December 1934 : Voordracht aan den Koning	348 l

DE BELGIQUE
Tekst van het Koninklijk besluit
Voordracht aan den Kani 1935 :
TOTALIK DESITIF
Voordracht aan den Koping
Tekst van het Koninklijk besluit
Koninklijk besluit dd. 14 Augustus 1935
Idem
, 1045
MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN
ALGEMEENE DIRECTIE VAN HET MIJNWEZEN
" Ittitutes des Mines de D 1
Reorganisatie. — Benoeming. — Koninklijk I. I.
14 Februari 1935
Vergoeding verschuldigd door de mijnontginners  Koninklijk besluit dd 28 Februari
Voordracht aan den Koning
Tekst van het Koninklijk besluit
MINISTERIE VAN ARBEID EN SOCIALE VOORZORG
Recipienten bestemd tot het inhouden van vloeibaar gemaakt samengeperst of opgelost gas. Koninklijk besluit del ee E.L.
rebruari 1955
vyet op den promuon - 1.
op de werkplaatsverordening
op de werkplaatsverordeningen en op de verzekering tegen de geldelijke gevolgen van ouderdom en vroegdijtigen dood. Koninklijk besluit dd. 27 Februari 1935. – Eenig model

Fabrieken van steenkoolbriketten, teerdistilleerderijen, fabrieken tot bewerking van producten van kolen en fabrieken van geteerd karton. Koninklijk besluit dd. 18 Maart 1935. — Speciale maat- regelen voorschrijvende	384 I
MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN	
ALGEMEENE DIRECTIE VAN HET MIJNWEZ	EN
Ministerieele omzendbrieven omtrent de Steenkoolmijnen en de Mijnpolitie :	
Vaste belasting	389 I
Secondaire verluchting	390 I
Aansnijdingssteengangen	392 I
Natuurlijke putten	393 I
	333
Commissie tot herziening der Mijnverordeningen.	
Herinrichting. — Koninklijk besluit dd. 19 Maart 1935 .	395 I
Benoeming. – Koninklijk besluit dd. 19 Maart 1935	396 l
Ondergrondsche groeven.	
Koninklijk besluit dd. 2 April 1935 houdende politie reglement en toezicht op de ondergrondsche groeven :	
Voordracht aan den Koning	6 <sub>45</sub> II
Tekst van het Koninklijk besluit	652 II
Ministeriëele omzendbrief van 16 April 1935	670 II
MINISTERIE VAN ARBEID EN SOCIALE VOORZORG	
Koninklijk besluit dd. 10 April 1935. — Openluchtsgroeven. — Arbeidsduur	673 ll
Koninklijk besluit dd. 1ª April 1935. — Inrichtingen inge- deeld als gevaarlijk, ongezond of hinderlijk	676 II

MINISTERIE VAN BINNENLANDSCHE ZAKE	
Koninklijk besluit dd. 6 Mei 1935 tot aanvulling van dit van 31 Mei 1930 betreffende de provinciale geneeskundige commissies	
MINISTERIE VAN ARBEID	679 I
EN SOCIALE VOORZORG	
Koninklijk besluit dd. 17 Mei 1935. – Wet betreffende de vergoeding der schade voortspruitende uit de arbeids- ongevallen	
MINICIPEDITE	68 <sub>1</sub> []
MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN NATIONAAL MIJNINSTITUUT	
Koninklijk besluit dd. 20 April 1935. – Wijziging van Koninklijk besluit van 18 December 1929	
La January La Denoeming tot	68 <sub>3</sub> II
_ obtained in the contract of	68 <sub>5</sub> ]]
MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN EN MINISTERIE VAN VERKEERSWEZEN	
Springstoffen .	
Koninklijk besluit dd. 6 Maart 1935. – Algemeen reglement dd. 29 October 1894 op de springstoffen. –	
) - Barganestutt	687 II
MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN	
Stoomtoestellen	
Koninklijk besluit van 3 Juni 1935. — Vaste Commissie van Advies inzake stoomtoestellen. — Benoemingen	689 II
MINISTERIE VAN JUSTICIE	009 11
Beyonalloid	
Wet van 19 Juli 1935 houdende wijziging van de be- voegdheid der vrederechters en van die de rechtbanken	

van eersten aanleg voor de rechtsvorderingen betreffende vergoedingen voor geleden schade door in de mijnen ten uitvoer gebrachte werken	1049 III
REGLEMENTATION DES MINES A L'ETRAN	GER
Règlement de police des mines de houille de l'Inspection Générale de Dortmund, du 1 <sup>er</sup> mai 1935 A. BREYRE.	1187 IV
ADMINISTRATION DES MINES	
PERSONNEL	
Répartition du personnel et du Service des Mines. — Noms et lieux de résidence des fonctionnaires. — 1 <sup>er</sup> avril 1935	691 <b>I</b> I
ARRETES SPECIAUX	
Extraits d'Arrêtés pris en 1934 concernant les mines	399 I
Table alphabétique des auteurs	1271 IV
Table générale des matières	1275 IV



## CABLES DE MINES

strictement ANTIGIRATOIRES

SELF - SERRAGE

Construction brevetée

Les nouveaux câbles Whitecross rigoureusement ANTIGIRATOIRES possèdent SEULS la propriété de

## SELF - SERRAGE

par laquelle les fils Z extérieurs (câbles clos) et torons extérieurs (câbles à multiples couches de torons) restent constamment SERRÉS sur eux-mêmes et sur le corps du câble :

SÉCURITÉ MAXIMUM PLUS LONG SERVICE

La construction brevetée Whitecross s'applique à tous les types de câbles ANTIGI-RATOIRES: CONTRE CLOS, CABLES A TORONS RONDS, PLATS OU OVALES.

Brevet Anglais: 354329/1930 Brevet Belge: 377192/1931







Machines à tambour

Poulie Kœpe

THE WHITECROSS COMPANY LIMITED

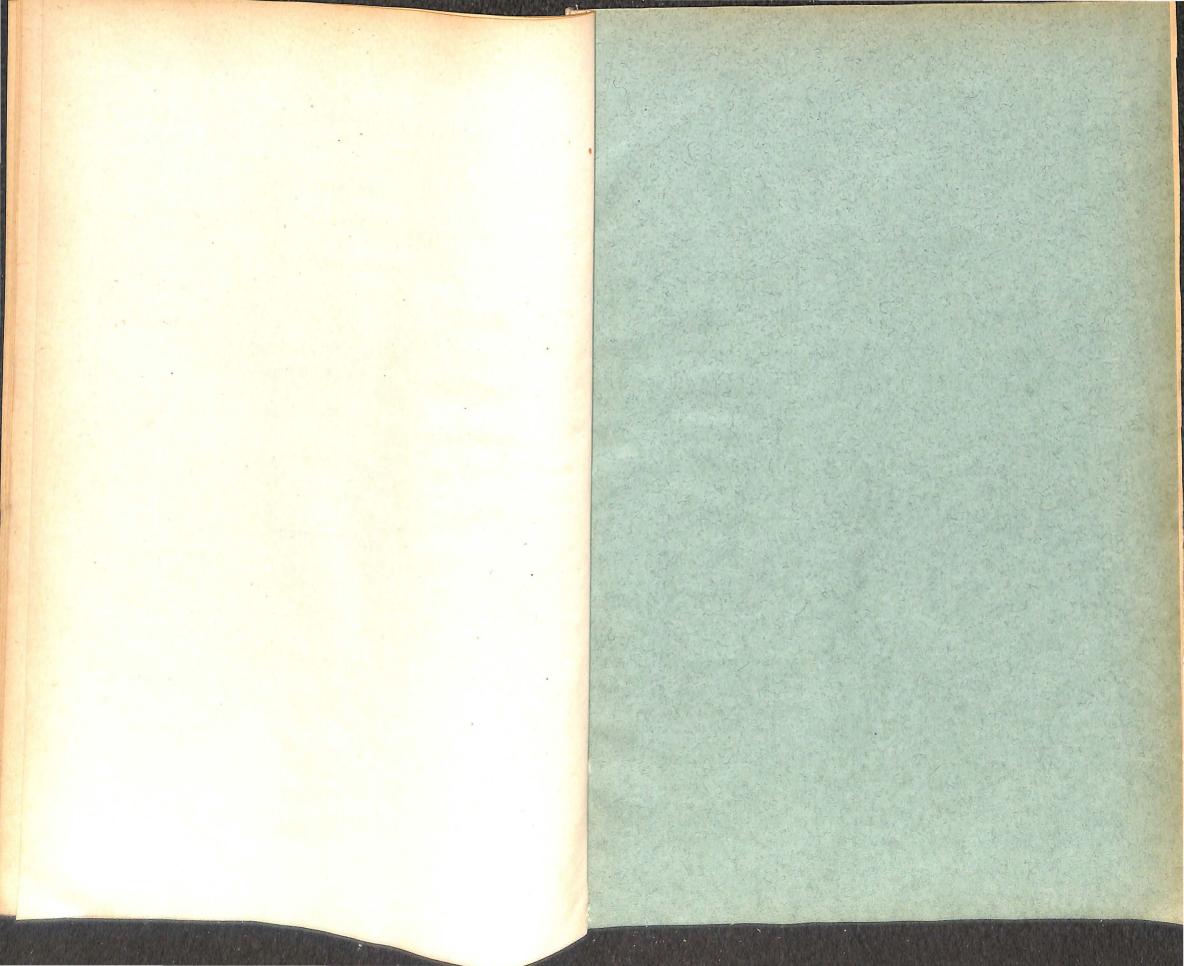
WARRINGTON, ENGLAND (Established 1864)



### SOMMAIRE DE LA 4mº LIVRAISON, TOME XXXVI

#### MEMOIRE

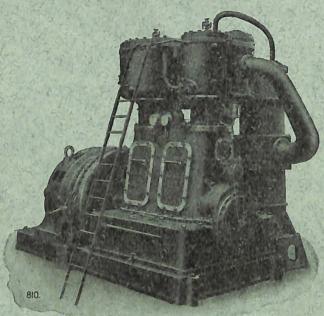
Le rendement des installations motrices à vapeur (2e sui	te et fin)	H. Paquay	1053
NOTES DIVERSES	3		
Sur une inflammation de grisou due à une cause spécial		G. Paques	1161
Divers procédés de remblayage dans une même couche du du Ponnier		J. Venter	1173
REGLEMENTATION DES MINES	A L'ETRAN	GER	
MEGLEMENTATION DEC INITION			
Règlement de police des mines de houille dans l'Inspec de Dortmund, du ler mai 1935	tion Générale	A. Breyre	1187
BIBLIOGRAPHIE	Total Maria		
Les cuvelages, théorie et application, par L. Denoël .		A. Breyre	1241
STATISTIQUES			
i de folo	innos d'ample		
Liste des fabriques de coke métallurgique et des fabr mérés, au 1er janvier 1935			1245
Appareils à vapeur. — Stoomtuigen. — Accidents surv Ongevallen in 1934 voorgevallen	enus en 1934.		1257
TABLES DES M	IATIERES		
Table alphabétique des auteurs			1271
Table générale des matières			1275



# Belliss & Morcom Ltd

FONDEE EN 1852

BIRMINGHAM (Angleterre)



Machines à vapeur

Compresseurs de gaz et d'air

à lubrification forcée automatique brevetée

Turbines à vapeur

Turbocompresseurs

Condenseurs

Moteurs Diesel

Compresseur de 57 m³, 400 HP. dont nous avons plus de 150 références dans les Charbonnages de la Belgicue et du Norl de la France.

> Agent général pour la Belgique, le Congo Belge et le Grand-Duché de Luxembourg

L. DEVILLE, Ing. A. I. Lg., 6, place de Bronckart, LIEGE

Téléphone : 283.00

Adresse télégr.: Deville 28300 Liége