

AGENDA DUNOD

1935

MINES

ECOLE CENTRALE DE LILLE



D0000081328

RUE BONAPARTE 92-PARIS

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Pour faire un BON TECHNICIEN

adressez-vous à l'INSTITUT des CONSTRUCTIONS CIVILES
DU GÉNIE CIVIL

PLACÉ SOUS LE HAUT PATRONAGE DE L'ÉTAT
19, Rue Viète (Métro Wagram) -:- PARIS -17^e

— ◆ —

Fondé il y a 25 ans

Cet Institut met 300 COURS à votre disposition
Rédigés par 200 professeurs

=====
Cours oraux de jour et de soir, 500 ÉLÈVES

Cours par Correspondance, 8.000 ÉLÈVES
=====

Enseignement pratique, Élémentaire, Moyen et Supérieur
Facilité d'accès aux différents diplômes,
pour les diverses branches :

*Travaux publics, Chemins de fer
Topographie, Béton armé, Architecture
Bâtiment, Chauffage central
Ponts et Chaussées, Mines, Métallurgie
Agents techniques
Piqueurs, Dessinateurs, Métreurs, etc.*

=====
Jeunes techniciens, perfectionnez-vous
vous gagnerez davantage, et votre patron également

=====
IRIS - ILLIAD - Université Lille 1



vient de mettre au point
des niveaux & théodolites
 à formes et optiques nouvelles
 et modernes.

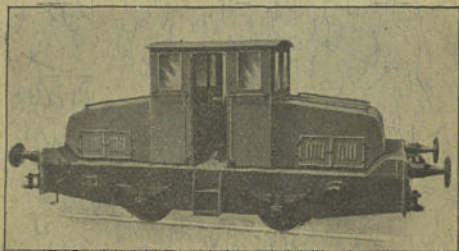
Notices
 franco

E^{TS} CAMPAGNE

Ingénieur-Constructeur, E. C. P., A. et M.

21, Rue de la Voûte, PARIS (XII^e)

Téléph. Diderot 86-55 (Anc^t Boulevard de Belleville)



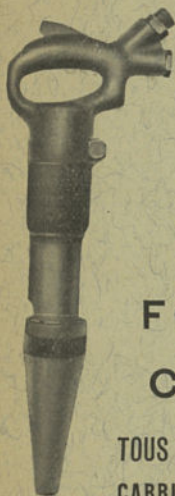
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

N° 537 D - Locotracteur à essence. Voie normale ou métrique

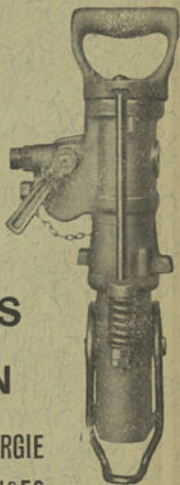
FORGES ET ATELIERS DE MEUDON

Société Anonyme au Capital de 10.000.000

MARTEAUX - PNEUMATIQUES



GAMME
COMPLÈTE
DE
PIQUEURS
ET
PERFORATEURS

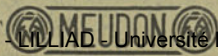


FOREUSES
AU
CHARBON

TOUS OUTILS DE MÉTALLURGIE
CARRIÈRES - ENTREPRISES

175 à 189, Avenue de Verdun, MEUDON (S.-&-O.)

TÉLÉPHONE
VAUG. 0040



TÉLÉGRAMME
FORGEADON

Parquet Hygienique

SANS JOINT

Terrazzolith

SUPERIORITE GARANTIE

Ne Gondele ni ne se fend jamais

Belles Couleurs Inalterables

Duree Illimitée

DEMANDEZ PROSPECTUS

TELEPHONE N° 21.35

Terrazzolith
"DÉPOSÉ"

LE TERRAZZOLITH. Système ANC ET SDOUCE & MOULIN
64, RUE PETIT

PARIS

LE TERRAZZOLITH

PARQUET HYGIÉNIQUE SANS JOINT

INCOMPARABLE

— Agence pour la Belgique : —
E.-L. THOMSON, ingénieur
7, Rue Wazon, 7, à LIEGE.

Le meilleur
sol - Le plus
économique -
Élégant --
Durable. Au
point de vue
de qualité, le
TERRAZZOLITH
est sans
concurrent.

GARANTIE
ABSOLUE

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

SOCIÉTÉ FRANÇAISE

SCHAEFFER & BUDENBERG*A responsabilité limitée, au capital de 100.000 francs*126, Boulevard Richard-Lenoir, 126 -:- PARIS (XI^e)**Principales Fabrications :**

MANOMÈTRES - THERMOMÈTRES - PYROMÈTRES - TACHYMÈTRES
 DYNAMOMÈTRES - COMPTEURS DE TOURS - INDICATEURS
 DYNAMOMÉTRIQUES

Régulateurs de vitesse - Détendeurs - Purgeurs automatiques - Injecteurs

POMPES A VAPEUR - POMPES D'ÉPREUVE

Robinetterie p^r vapeur surchauffée et pressions de 150 kil.*Technologie minière*II. - *Méthode des piliers abandonnés.**(Cas d'une couche de 3 mètres inclinée à 3 p. 100)*

1. PRINCIPE DE LA MÉTHODE. — 2. DÉTERMINATION DES PILIERS

3. DÉTAILS DE LA MÉTHODE

Peu employée dans les mines du département de la Moselle, cette méthode est, par contre, généralisée là où les exploitations se développent sous des agglomérations et où s'impose, par conséquent, la nécessité absolue d'éviter des affaissements de la surface.

1^o PRINCIPE DE LA MÉTHODE. — On découpe la zone à exploiter en panneaux de 100 mètres sur 100 mètres environ. Les recoupes peuvent être perpendiculaires aux galeries. Cependant, on peut, pour faciliter le roulage, les diriger suivant un angle de 110 à 120°.

L'inclinaison de la couche varie de 2 à 4 p. 100.

Les directions données aux recoupes et aux galeries sont telles que la pente y est favorable au roulage.

2^o DÉTERMINATION DES PILIERS. — Dans les exploitations peu profondes, on peut admettre que les piliers abandonnés supportent les terrains qui leur sont superposés. Connaissant la résistance à l'écrasement du minerai exploité, on peut donc en déduire les dimensions des piliers.

D'après Kohlmann, le minerai de fer en cubes présente une résistance à l'écrasement de 200 kilogrammes par centimètre carré.

Si l'on admet le chiffre 2 comme densité moyenne des terrains superposés aux piliers, on s'aperçoit que la profondeur limite pour le minerai de fer, par exemple, serait donnée par la formule :

$$\begin{array}{l} H \times 2.000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 200.000 \\ \text{d'où} \quad H = \quad \quad \quad = 100 \text{ mètres.} \end{array}$$

En d'autres termes, à 100 mètres de profondeur, la surface des piliers serait égale à la surface à dépiler.

Voir la suite page 4.)

3
MAISON FONDÉE EN 1830

SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS

G. PINETTE

CAPITAL : 2.250.000 FRANCS

CHALON-sur-SAONE (SAONE-&-LOIRE), FRANCE

MATÉRIEL DE MINES

TREUILS

POMPES

VENTILATEURS

**PRÉPARATION MÉCANIQUE DES CHARBONS
ET MINÉRAIS**

Appareils spéciaux brevetés pour le traitement des fins

Manutention Mécanique

Élévateurs, Transporteurs et Convoyeurs de tous types

MATÉRIEL POUR LA FABRICATION

DES

PRODUITS CÉRAMIQUES ET RÉFRACTAIRES

Bureau de Paris : 26, Rue de la Pépinière (8^e)

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1
BORDE 32-20

VIENT DE PARAÎTRE

TECHNOLOGIE MINIÈRE

par

M. CASTELAIN

Ancien professeur à l'École des Mines de Thionville.
Ingénieur en chef des bureaux techniques du service des
Mines du Maroc.

& E. STALINSKI

Ingénieur civil des Mines

iv-544 pages 16×25, 511 figures, 1934.

Relié. 95 fr. Broché 85 fr.

En réalité, il en va autrement.

Le poids de la masse à supporter n'intéresse que faiblement les piliers et se répartit surtout sur les terrains voisins de l'exploitation, tout au moins pour des exploitations de surface réduite.

Le calcul ne peut donc donner des précisions quand il s'agit d'une exploitation à plus de 80 à 100 mètres de la surface.

Dans l'exemple qui suit on abandonne dans un panneau de 10.000 mètres carrés 30 piliers de 10 mètres sur 10 mètres, soit 3.000 mètres carrés.

On exploite donc, en réalité, 7.000 mètres carrés, soit 70 p. 100 du gisement.

Orientation et disposition des piliers. — Il n'y a pas de règle précise. Les directions des galeries et des recoupes ayant été décidées, les piliers ont leurs côtés respectivement parallèles à ces galeries.

Cependant, si le toit est cassuré, au lieu d'adopter la disposition en damier on choisit celle en quinconce.

Enfin, si l'inclinaison du gisement était prononcée, on aurait intérêt à laisser les piliers de telle manière que leurs côtés soient parallèles, les uns à la direction de la couche, les autres à l'inclinaison.

3^e DÉTAIL DE LA MÉTHODE. — Nous examinerons la méthode d'après le plan suivant :

Traçage des chantiers;

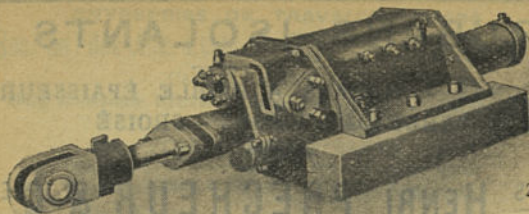
Percées;

Élargissement des percées et des chantiers.

Traçage des chantiers. — La préparation, qui exige le creusement

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

(Voir la suite page 6.)



MATÉRIEL PNEUMATIQUE

le plus moderne
pour l'industrie minière

Marteaux-perforateurs et piqueurs,
forgeuses de fleurets.

Moteurs de couloirs et transporteurs
à raclettes.

Ventilateurs - Pompes.

Compresseurs de toutes puissances.

Flottmann

8, Boulevard de Ménilmontant PARIS-XX^e
IRIS LILLIAD, Université Lille 1

Index commercial, page 325.

RUBANS ISOLANTS

JACONAS - RUBANS A FAIBLE ÉPAISSEUR
SERGÉ DES VOSGES - CROISÉ

ÉTS HENRI PRÊCHEUR & C^{IE}

Boîte postale N° 3

Téléphone N° 25

SENONES (VOSGES)

Société à responsabilité limitée au Capital de 1 million de francs

des galeries et des recoupes, est faite par équipes comprenant un mineur et deux aides. Les galeries et les recoupes ont la section suivante :

Largeur : 4 mètres ; hauteur : 3 mètres.

Puis, on passe à l'exploitation proprement dite. Sur les recoupes, on attaque les chantiers, parallèles aux galeries.

Entre deux galeries distantes de 100 mètres on dispose cinq chantiers de 6 mètres de largeur et 3 mètres de hauteur. La largeur des piles est donc de :

$$\frac{100 - 30}{6} = 11^m,70 \text{ environ.}$$

Lorsque les chantiers sont avancés de 40 mètres environ on effectue une percée, dans le but d'améliorer l'aérage et de faciliter la communication entre chantiers. Le panneau a alors la disposition indiquée par la figure 237.

(Voir la suite page 10.)

SOC^{IE} ANONYME des ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES

A. DURENNE ^{ET} **VAL D'OSNE**

Capital 5.900.000 frs.

Téléphone

26, Faubourg Poissonnière,
PARIS (X^e)

Provence { 24.41
24.42
24.43

R. C. 44.843 Seine.

Inter-Prov. : 19.

TUYAUX DE CONDUITES D'EAU, GAZ, VAPEUR
ROBINETTERIE

PLAQUES DE DALLAGES, VOIES

TUYAUX A AILETTES - BARREAUX DE GRILLES

TOUTES FONTES DE BATIMENTS

ENTREPRISE DE TRAVAUX MINIERES

Soc. an. des Anc. Établ. de **HULSTER FAIBIE & C^{ie}**

Capital 3.650.000 francs

39, Avenue Victor-Emmanuel III - PARIS (8^e)

Téléph. Elysées 19-75, 19-76

FONÇAGES DE PUIES

par Congélation - Cimentation - Niveau vide

GALERIES & TUNNELS

**Assèchements des terrains aquifères
et assises de barrages par injections de ciment
et autres produits**

SONDAGES

à toutes profondeurs, à battage rapide, à rotation, à grenaille,
à diamants et à chute libre pour grands diamètres

VENTE ET LOCATION EN TOUS PAYS

de tous Appareils et Outillages de **SONDAGES** de tous systèmes

TUBES RIVÉS ou VISSÉS de toutes dimensions

Nombreuses installations en marche

ENTREPRISE en FRANCE et à l'ÉTRANGER

92, Rue Bonaparte
Paris (VI^e)



Chèques Postaux
Paris 75.45

VIENT DE PARAÎTRE

HAVEUSES RIPANTES

ET

**MÉTHODES MODERNES D'EXPLOITATION
DES MINES DE COMBUSTIBLES**

par

M. LERECOUVREUX

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES

Préface de **M. BUCHERER**, ancien directeur des Mines de la
Houve.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

IX - 295 pages, 16 x 25, 123 figures. 1934. Broché . 56 fr.

Index commercial, page 325.

MARCEL SEBIN & C^{ie}

79, RUE D'ANGOULÊME, 79. PARIS-XI'

LA
CHAÎNE

DANS TOUTES SES
APPLICATIONS

BAISSE DE PRIX

DICTIONNAIRES TECHNIQUES ILLUSTRÉS

A. SCHLOMANN

tous les termes techniques

en 18 tomes

17 TOMES EN 6 LANGUES

(Français, Allemand, Anglais, Russe, Italien, Espagnol)

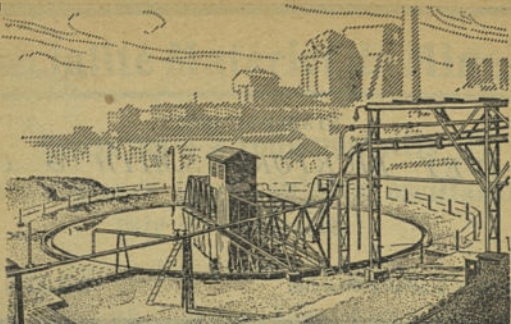
1 TOME EN 4 LANGUES

(Français, Allemand, Anglais, Italien)

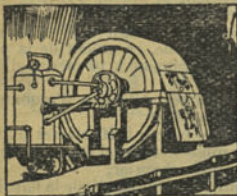
92, rue Bonaparte

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Editeur, PARIS (VI^e)

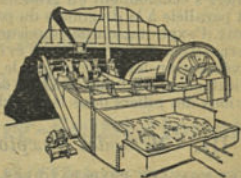


Vous trouverez la description des principaux types d'ÉPAISSISSEURS DORR dans le catalogue numéro 3023, qui vous sera envoyé sur demande.



De même, vous trouverez la description des **FILTRES CONTINUS OLIVER** à tambours ou à disques, du **FILTRE DORRICO** et des autres filtres à vide construits par la Société **DORR-OLIVER**, dans le catalogue n° 8121.

Et, si vous êtes intéressé par la classification en général, ou par le broyage en circuit fermé, nous vous enverrons notre catalogue n° 2033, décrivant **LES CLASSIFICATEURS DORR**.



SOCIÉTÉ DORR-OLIVER

INGÉNIEURS

26-28, RUE DE LA PÉPINIÈRE

IRIS - PARIS (VIII^e) Université Lille 1

Index commercial, page 325.

ÉTABLISSEMENTS

DAVEY BICKFORD SMITH & C^{ie}

EXPLOSIFS

6, Rue Stanislas-Girardin.

ROUEN

Pour assurer l'aération on installe, quand c'est nécessaire, des souffleurs ou ventilateurs.

Percées, élargissement des percées et des chantiers. — Lorsqu'un chantier a communiqué à la galerie d'amont, on attaque, dans ce chantier, à 20 mètres de l'axe de la galerie, un percement de pile de 6 mètres de largeur sur 3 mètres de hauteur.

Quand cette percée est terminée, le mineur l'élargit à 11 mètres. Cet élargissement s'opère d'un même côté de la pile, en amont de la percée et suivant l'inclinaison. Le pilier est ainsi ramené à 10 mètres d'épaisseur.

On élargit ensuite le chantier entre la percée et la voie d'amont pour réduire la dimension du pilier à 10 mètres (fig. 238).

Puis, on attaque, en aval, une deuxième percée à 20 mètres d'axe en axe de la première. Et l'on procède comme il vient d'être dit. On fait ainsi quatre percées de pile sur la longueur du chantier.

L'ensemble des cinq chantiers est conduit, comme l'indique la figure 238. Les piliers s'échelonnent en gradins suivant un front de retraite grossièrement parallèle à la diagonale du panneau.

En cas d'exploitation de plusieurs couches, il convient de s'assurer de la superposition des piliers pour éviter les effets de poinçon. Il faut alors faire exécuter un levé précis par le géomètre et suivre, très exactement, les indications qu'il fournit. Dans ce cas, il faut également augmenter les dimensions des piliers dans les couches intérieures.

III. - Méthodes d'exploitation par foudroyage.

1. LES TRAVAUX PRÉPARATOIRES. — 2. DÉPILAGE ET FOUROYAGE

Nous allons décrire maintenant les méthodes d'exploitation par foudroyage.

On rangera sous la dénomination de couches minces et moyennes celles dont la puissance est inférieure à 3 mètres. Nous remarquerons en passant que les couches dont la puissance est inférieure à 1^m,60 ne sont pas exploitées à l'heure actuelle.

L'exploitation du gîte comprend :

L'exécution des travaux préparatoires ou tracages ;

Le défruitement.

Spécialité Matériel de Mines

Convoyeurs à toile portatifs

Blocs moteurs pour couloirs oscillants
(air et électricité)

Courroies transporteuses

“MECOTUBE” pour aérage secondaire

Effondreurs “MECO”

Arrache-étais “MECO”

COMPAGNIE
≡ “MECO” ≡

S. A. R. L. Capital 350.000 frs.

SIÈGE SOCIAL :

28, rue du Faubourg-Saint-Honoré

≡≡≡ PARIS (VIII^e) ≡≡≡

Téléphone : ANJOU 01-15

Télégramme : DEGURREY-PARIS

Catalogues et devis sur demande

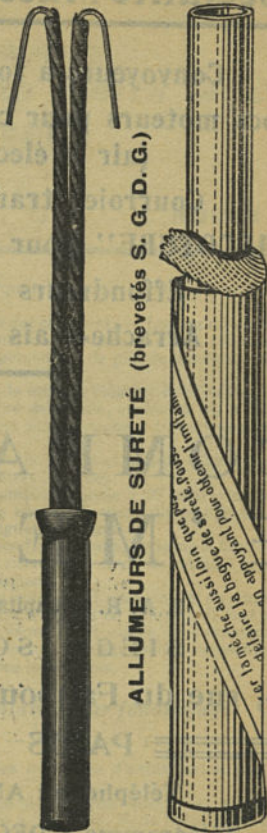
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES MUNITIONS

DE CHASSE, DE TIR ET DE GUERRE

(Anciens Établissements **GÉVELOT** et GAUPELLAT)

Société Anonyme au Capital de six millions de francs entièrement remboursé
Siège Social : 50, Rue Ampère, 50, PARIS. — 17°.

DÉTONATEURS POUR MINES
AMORCES ÉLECTRIQUES DE TENSION ET DE QUANTITÉ



ALLUMEURS DE SURETÉ (brevetés S. G. D. G.)

Téléph. : Étoile 56-50 (6 lignes groupées). --

Adr. Télégr. : MUNITIONS-PARIS.

NI = 42 AF

620 # STA



MINES

1935

**INSTITUT INDUSTRIEL
DU NORD DE LA FRANCE**

**17. RUE JEANNE D'ARC
À LILLE**

AGENDAS DUNOD

- Agriculture**, sous la direction de A. LECOMTE.
Assurances, par P. VÉRON^{et} F. POURCHEIROUX.
Automobile, par G. MOHR.
Banque, par H. DUFAYEL.
Bâtiment, par E. AUCAMUS, révisé par J. COUDERC.
Béton armé, par V. FORESTIER.
Chemins de fer, par P. PLACE.
Chimie, par E. JAVET.
Commerce, par E. RACHINEL.
Construction mécanique, par J. IZART.
Électricité, par L.-D. FOURCAULT.
Métallurgie, par R. CAZAUD.
Mines, par E. STANISKI.
Physique industrielle, par J. IZART.
Travaux publics, par E. AUCAMUS, révisé par J. COUDERC.
Vente et Publicité, par E. RACHINEL et M. BUISSON.

Prix de chaque volume relié pégamoïd . 20 fr.

MINES

PAR

E. STALINSKY

Ingénieur civil des Mines

A L'USAGE DES

Ingénieurs, Contrôleurs des Mines,
Prospecteurs, Maîtres-mineurs,
Exploitants de mines et de carrières, etc.

SUIVIE D'UNE ÉTUDE SUR

Le foudroyage dirigé dans une mine de fer de l'Est.

54^e édition

1935 INSTITUT INDUSTRIEL
DU NORD DE LA FRANCE

17. RUE JEANNE D'ARC

PARIS

À LILLE

DUNOD

92, RUE BONAPARTE (VI)

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Les **Agendas Dunod** offrent, dans leurs pages d'annonces, le moyen de diffusion le plus puissant des procédés, machines ou fournitures utilisés par l'industrie à laquelle chacun d'eux s'adresse spécialement.

Tout industriel et commerçant disposant d'un budget de propagande ou prévoyant une campagne d'annonces doit s'adresser au **Service de publicité des Agendas Dunod**.

INSTITUT INDUSTRIEL
DU NORD DE LA FRANCE

17, RUE JEANNE D'ARC
À LILLE

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés
pour tous pays

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

JANVIER



Les jours croissent de
1 heure 3 minutes

FÉVRIER



Les jours croissent de
1 heure 31 minutes

MARS



Les jours croissent de
1 heure 48 minutes

N. L. le 5, à 5 h. 20 m.
P. Q. le 11, à 20 h. 55 m.
P. L. le 19, à 15 h. 44 m.
D. Q. le 27, à 19 h. 59 m.

N. L. le 3, à 16 h. 27 m.
P. Q. le 10, à 9 h. 25 m.
P. L. le 18, à 11 h. 17 m.
D. Q. le 26, à 10 h. 14 m.

N. L. le 5, à 2 h. 40 m.
P. Q. le 12, à 0 h. 30 m.
P. L. le 20, à 5 h. 31 m.
D. Q. le 27, à 20 h. 51 m.

1	M	<i>Circoncision</i>
2	M	S. Basile
3	J	S ^o Geneviève
4	V	S. Rigobert
5	S	S ^o Amélie
6	D	<i>Epiphanie</i>
7	L	S ^o Mélanie
8	M	S. Lucien
9	M	S. Marcellin
10	J	S. Paul, erm.
11	V	S ^o Hortense
12	S	S. Arcade
13	D	<i>Bapt. de N.-S.</i>
14	L	S. Hilaire
15	M	S. Maur
16	M	S. Marcel
17	J	S. Antoine
18	V	S ^o Prisca
19	S	S ^o Germaine
20	D	S. Sébastien
21	L	S ^o Agnès
22	M	S. Vincent
23	M	S. Raymond
24	J	S. Babylas
25	V	Conv. s. Paul
26	S	S ^o Paule
27	D	S. Julien
28	L	S. Charlemag.
29	M	S ^o Radegonde
30	M	S ^o Martine
31	J	S ^o Marcelle

1	V	S. Ignace
2	S	<i>Purification</i>
3	D	S. Blaise
4	L	S. Gilbert
5	M	S ^o Agathe
6	M	S ^o Dorothee
7	J	S. Fidèle
8	V	S. Jean de M.
9	S	S ^o Apollonie
10	D	S ^o Scholastiq.
11	L	S. Adolphe
12	M	S ^o Eulalie
13	M	S. Lezin
14	J	S. Valentin
15	V	S. Faustin
16	S	S ^o Julienne
17	D	<i>Septuagésime</i>
18	L	S. Siméon
19	M	S. Gabin
20	M	S. Sylvain
21	J	S. Pépin
22	V	S ^o Isabelle
23	S	S. Gérard
24	D	<i>Sexagésime</i>
25	L	S. Léandre
26	M	S. Nestor
27	M	S ^o Honorine
28	J	S. Romain

1	V	S ^o Eudoxie
2	S	S. Jacob
3	D	<i>Quinquagés.</i>
4	L	S. Casimir
5	M	<i>Mardi-Gras</i>
6	M	<i>Cendres</i>
7	J	S. Thomas A.
8	V	S ^o Yéronique
9	S	S ^o Françoise
10	D	<i>Quadragesime</i>
11	L	S ^o Lucrèce
12	M	S. Marius
13	M	S ^o Euph. q.-T.
14	J	S ^o Mathilde
15	V	S. Zacharie
16	S	S. Cyriaque
17	D	<i>Reminiscere</i>
18	L	S. Alexandre
19	M	S. Joseph
20	M	S. Joachim
21	J	S ^o Clémence
22	V	S ^o Léa
23	S	S. Victorien
24	D	<i>Oculi</i>
25	L	<i>Annonciation</i>
26	M	S. Emmanuel
27	M	S ^o Lydie
28	J	<i>Mi-Carême</i>
29	V	S. Eustase
30	S	S. Amédée
31	D	<i>Latare</i>

AVRIL



Les jours croissent de
1 heure 40 minutes

N. L. le 3, à 12h. 11 m.
P. Q. le 10, à 17h. 42 m.
P. L. le 18, à 21h. 10 m.
D. Q. le 26, à 4h. 21 m.

1	L	S. Hugues
2	M	S. François P.
3	M	S. Richard
4	J	S. Isidore
5	V	S. Vincent F.
6	S	S. Prudent
7	D	<i>Passion</i>
8	L	S. Albert
9	M	S° Marie Eg.
10	M	S. Fulbert
11	J	S. Léon
12	V	S. Jules
13	S	S° Ida
14	D	<i>Rameaux</i>
15	L	S° Anastasie
16	M	S° Bernadette
17	M	S. Anicet
18	J	S. Parfait
19	V	<i>Vend.-Saint</i>
20	S	S. Théodore
21	D	<i>Pâques</i>
22	L	<i>Février</i>
23	M	S. Georges
24	M	S. Gaston
25	J	S. Marc
26	V	S. Clet
27	S	S. Frédéric
28	D	<i>Quasimodo</i>
29	L	S. Robert
30	M	S. Eutrope

MAI



Les jours croissent de
1 heure 17 minutes

N. L. le 2, à 21h. 36 m.
P. Q. le 10, à 11h. 54 m.
P. L. le 18, à 9h. 57 m.
D. Q. le 25, à 9h. 44 m.

1	M	SS. J. et P.
2	J	S. Athanase
3	V	<i>Inv. S° Croix</i>
4	S	S° Monique
5	D	S. Pie V
6	L	S. Jean P.-L.
7	M	S. Stanislas
8	M	S. Désiré
9	J	S. Grégoire N.
10	V	S° Solange
11	S	S. Gildas
12	D	<i>Jeanne d'Arc</i>
13	L	S. Servais
14	M	S. Boniface
15	M	S° Denise
16	J	S. Honoré
17	V	S. Pascal
18	S	S° Juliette
19	D	S. Yves
20	L	S. Bernardin
21	M	S° Giséle
22	M	S. Émile
23	J	S. Didier
24	V	S° Angèle
25	S	S. Urbain
26	D	S. Philippe N
27	L	<i>Rogations</i>
28	M	S. Olivier
29	M	S. Maximin
30	J	<i>Ascension</i>
31	V	S° Pétronille

JUIN



Les jours croissent de
19 minutes

N. L. le 1, à 7h. 52 m.
P. Q. le 9, à 5h. 49 m.
P. L. le 16, à 20h. 20 m.
D. Q. le 23, à 14h. 21 m.
N. L. le 30, à 19h. 45 m.

1	S	S. Fortuné
2	D	S° Emilie
3	L	S° Clotilde
4	M	S° Emma
5	M	S° Yvonne
6	J	S. Claude
7	V	S. Lié
8	S	S. Médard
9	D	<i>Pentecôte</i>
10	L	<i>Février</i>
11	M	S. Barnabé
12	M	S. Guy Q.-I.
13	J	S. Ant. de P.
14	V	S. Rufin
15	S	S. Modeste
16	D	<i>Trinité</i>
17	L	S. Hervé
18	M	S. Florentin
19	M	S. Gervais
20	J	<i>Fête-Dieu</i>
21	V	S. Raoul
22	S	S. Alban
23	D	S. Félix
24	L	<i>N. de s. J.-B.</i>
25	M	S. Guillaume
26	M	S. David
27	J	S. Crescent
28	V	S. Irénée
29	S	SS. Pier. et P.
30	D	S° Emilienne

JUILLET



Les jours diminuent de
55 minutes

P. Q. le 8, à 22 h. 28 m.
P. L. le 16, à 5 h. 0 m.
D. Q. le 22, à 19 h. 42 m.
N. L. le 30, à 9 h. 32 m.

1	L	S. Martial
2	M	<i>Visitat. N.-D.</i>
3	M	S. Thierry
4	J	S ^e Berthe
5	V	S ^e Zoé
6	S	S. Dominique
7	D	S ^e Aubierge
8	L	S ^e Virginie
9	M	S ^e Blanche
10	M	S ^e Félicité
11	J	S. Norbert
12	V	S. Gualbert
13	S	S. Eugène
14	D	<i>Fête Nation.</i>
15	L	S. Henri
16	M	S. Hélier
17	M	S. Alexis
18	J	S. Camille
19	V	S. V. de Paul
20	S	S ^e Marguerite
21	D	S. Victor
22	L	S ^e Marie-M.
23	M	S ^e Valentine
24	M	S ^e Christine
25	J	S. Christophe
26	V	S ^e Anne
27	S	S ^e Nathalie
28	D	S. Samson
29	L	S ^e Marthe
30	M	S. Abdon
31	M	S. Germain

AOUT



Les jours diminuent de
1 heure 35 minutes

P. Q. le 7, à 13 h. 23 m.
P. L. le 14, à 12 h. 44 m.
D. Q. le 21, à 3 h. 17 m.
N. L. le 29, à 1 h. 0 m.

1	J	S. Pierre ès L.
2	V	S. Alphonse
3	S	S. Geoffroy
4	D	S. Dominique
5	L	S. Abel
6	M	<i>Transf. J.-C.</i>
7	M	S. Gaëtan
8	J	S. Justin
9	V	S. Samuel
10	S	S. Laurent
11	D	S ^e Suzanne
12	L	S ^e Claire
13	M	S. Hippolyte
14	M	S. Eusèbe V. J.
15	J	Assomption
16	V	S. Armel
17	S	S. Septime
18	D	S ^e Hélène
19	L	S. Flavien
20	M	S. Bernard
21	M	S ^e Jeanne
22	J	S. Philibert
23	V	S ^e Sidonie
24	S	S. Barthél.
25	D	S. Louis, roi
26	L	S. Privat
27	M	S. Armand
28	M	S. Augustin
29	J	S. Médéric
30	V	S ^e Rose de L.
31	S	S. Aristide

SEPTEMBRE



Les jours diminuent de
1 heure 42 minutes

P. Q. le 6, à 2 h. 26 m.
P. L. le 12, à 20 h. 18 m.
D. Q. le 19, à 14 h. 23 m.
N. L. le 27, à 17 h. 29 m.

1	D	S. Gilles
2	L	S. Lazare
3	M	S. Grégoire
4	M	S ^e Rosalie
5	J	S. Bertin
6	V	S. Donatien
7	S	S ^e Reine
8	D	<i>Nat. de N.-D.</i>
9	L	S. Omer
10	M	S ^e Pulchérie
11	M	S. Hyacinthe
12	J	S. Séraphin
13	V	S. Maurille
14	S	<i>Exalt. de Cr.</i>
15	D	S. Nicomède
16	L	S. Cyprien
17	M	S. Lambert
18	M	S ^e Sophie Q.-I.
19	J	S. Gustave
20	V	S. Eustache
21	S	S. Mathieu
22	D	S. Maurice
23	L	S. Lin
24	M	S. Andoche
25	M	S. Firmin
26	J	S ^e Justine
27	V	S. Damien
28	S	S. Wenceslas
29	D	S. Michel
30	L	S. Jérôme

OCTOBRE



Les jours diminuent de
1 heure 45 minutes

NOVEMBRE



Les jours diminuent de
1 heure 19 minutes

DÉCEMBRE



Les jours diminuent de
26 minutes

P. Q. le 5, à 13 h. 40 m.

P. L. le 12, à 4 h. 39 m.

D. Q. le 19, à 5 h. 36 m.

N. L. le 27, à 10 h. 15 m.

P. Q. le 3, à 23 h. 12 m.

P. L. le 10, à 14 h. 42 m.

D. Q. le 18, à 0 h. 36 m.

N. L. le 26, à 2 h. 36 m.

P. Q. le 3, à 7 h. 28 m.

P. L. le 10, à 3 h. 10 m.

D. Q. le 17, à 21 h. 57 m.

N. L. le 25, à 17 h. 49 m.

1	M	S. Rémi
2	M	SS. Anges
3	J	S ^e Fauste
4	V	S. Franc. d'As.
5	S	S. Constant
6	D	S. Bruno
7	L	S. Auguste
8	M	S ^e Brigitte
9	M	S. Denis
10	J	S. Paulin
11	V	S. Quirin
12	S	S. Wilfrid
13	D	S. Édouard
14	L	S. Géraud
15	M	S ^e Thérèse
16	M	S. Léopold
17	J	S ^e Edwige
18	V	S. Luc, év.
19	S	S ^e Laure
20	D	S. Aurélien
21	L	S ^e Céline
22	M	S. Modéran
23	M	S. Hilarion
24	J	S. Raphaël
25	V	S. Crépin
26	S	S. Évariste
27	D	S ^e Antoinette
28	L	S ^e Simone
29	M	S. Donat
30	M	S. Arsène
31	J	S ^e Lucile V.J.

1	V	Toussaint
2	S	<i>Morts</i>
3	D	S. Hubert
4	L	S. Charles
5	M	S. Théotime
6	M	S. Léonard
7	J	S. Ernest
8	V	S. Godfroy
9	S	S. Mathurin
10	D	S. Juste
11	L	<i>Fête Victoire</i>
12	M	S. René
13	M	S. Stanisl. K.
14	J	S. Amand
15	V	S ^e Eugénie
16	S	S. Edme
17	D	S. Agnan
18	L	S. Maxime
19	M	S ^e Elisabeth
20	M	S. Edmond
21	J	<i>Prés. de N.-D.</i>
22	V	S ^e Cécile
23	S	S. Clément
24	D	S. Flora
25	L	S ^e Catherine
26	M	S ^e Delphine
27	M	S. Séverin
28	J	S. Sosthène
29	V	S. Saturnin
30	S	S. André.

1	D	<i>Avent</i>
2	L	S ^e Aurélie
3	M	S. Attale
4	M	S ^e Barbe
5	J	S. Sabas
6	V	S. Nicolas
7	S	S. Ambroise
8	D	<i>Imm. Conc.</i>
9	L	S ^e Léocadie
10	M	S. Valère
11	M	S. Daniel
12	J	S ^e Constance
13	V	S ^e Lucie
14	S	S. Nicaise
15	D	S. Mesmin
16	L	S ^e Adélaïde
17	M	S ^e Yolande
18	M	S. Gatien q.-I.
19	J	S. Timoléon
20	V	S. Philogon.
21	S	S. Thomas
22	D	S. Honorat
23	L	S ^e Victoire
24	M	S ^e Irmine V.J.
25	M	<i>Noël</i>
26	J	S. Étienne
27	V	S. Jean, ap.
28	S	SS. Innocents
29	D	S ^e Éléonore
30	L	S. Roger
31	M	S. Sylvestre

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS

Nous publions dans la nouvelle édition de l'Agenda une étude sur la Spécialisation du travail d'abatage et le foudroyage dirigé dans une mine de fer de l'Est, qui a fait l'objet d'une communication au District de l'Est de la Société de l'Industrie minérale à Nancy en Juin 1933.

NOVEMBRE

NOVEMBRE

NOVEMBRE

AVANT-PROPOS

Le Comité de la Société de l'Industrie Minière a l'honneur de vous adresser en ce jour le tome de la Revue de l'Industrie Minière pour le mois de novembre 1933. Ce tome est consacré à la publication de la nouvelle édition de l'Annuaire de l'Industrie Minière, qui a été préparé par le Comité de l'Industrie Minière et par le Comité de l'Industrie Métallurgique. Ce tome est également consacré à la publication de la nouvelle édition de l'Annuaire de l'Industrie Minière, qui a été préparé par le Comité de l'Industrie Minière et par le Comité de l'Industrie Métallurgique.

en Juin 1933

INDUSTRIE	NOVEMBRE	NOVEMBRE	NOVEMBRE
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	88
89	89	89	89
90	90	90	90
91	91	91	91
92	92	92	92
93	93	93	93
94	94	94	94
95	95	95	95
96	96	96	96
97	97	97	97
98	98	98	98
99	99	99	99
100	100	100	100

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

ABATAGE

I. — Les engins de perforation et d'abatage.

	Pages.
I. Généralités.....	2
II. Mécanisme de distribution des marteaux pneumatiques.....	2
III. Caractéristiques des marteaux perforateurs.....	8
IV. Caractéristiques des marteaux piqueurs.....	11
V. Perforatrices électriques.....	12

II. — La perforation.

I. Influence du poids du marteau sur la vitesse d'avancement.....	16
II. Influence de la nature du taillant.....	17
III. Comparaison entre les marteaux légers à fleuret plein et les marteaux lourds à fleuret creux.....	19
IV. Conclusions.....	20
V. Remarques.....	20
VI. Causes de détérioration des fleurets.....	22
VII. Reforgeage et trempe des fleurets et des aiguilles.....	23

III. — Détermination des trous de mine pour le creusement des galeries.

I. Galeries en terrain homogène.....	26
II. Galeries en terrain hétérogène.....	28

IV. — Conditions générales d'emploi des explosifs.

	Pages.
I. Chargement du trou de mine.....	31
II. Amorçage de la cartouche.....	31
III. Bourrage du trou de mine.....	35
IV. Sautage de la mine.....	35

V. — Monographie des explosifs utilisés en milieux non explosibles.

I. Poudre noire.....	36
II. Dynamite.....	37
III. Explosifs antigel.....	39
IV. Naphtalites ou explosifs Favier.....	39
V. Explosifs chloratés.....	40
VI. Explosifs à l'oxygène liquide.....	41

VI. — Conditions d'emploi des explosifs en milieux explosibles.

I. Considérations générales concernant les mines grisouteuses.....	44
II. Prescriptions administratives relatives à l'emploi des explosifs dans les mines grisouteuses.....	47
III. Considérations générales concernant les mines poussiéreuses à poussières inflammables.....	47
IV. Prescriptions administratives relatives à l'emploi des explosifs dans les mines poussiéreuses à poussières inflammables.....	48

VII. — Monographie des explosifs utilisés en milieux explosibles.

I. Les grisounaphtalites.....	49
II. Les grisodynamites.....	50

VIII. — Tir des mines par l'électricité.

I. Les exposeurs.....	52
II. Les amorces.....	53
III. Les conducteurs.....	57
IV. Précautions.....	59

IX. — Conservation des explosifs.

	Pages.
I. Prescriptions administratives.....	60
II. Les dépôts enterrés.....	63
III. Les dépôts souterrains.....	69
IV. Dépôts de détonateurs et d'artifices de mise à feu.....	72

DEUXIÈME PARTIE

MÉTHODES D'EXPLOITATION

I. — Méthodes d'exploitation des couches puissantes.

Exploitation par tranches horizontales.....	4
Exploitation par tranches horizontales, piliers et galeries.....	79
Exploitation par tranches inclinées.....	81

II. — Méthodes d'exploitation des couches moyennes et minces.

Exploitation par taille montante.....	83
Exploitation par longue taille chassante.....	85
Le havage en longue taille.....	86

III. — Les méthodes d'exploitation anglaises.

1. Généralités.....	92
2. Les tendances actuelles du longwall.....	93
3. Application des principes.....	95
4. Desserte.....	96
5. Outillage, électricité, aérage.....	98

IV. — Méthodes d'exploitation par foudroyage.

1. Généralités.....	98
2. Le foudroyage aux mines de la Loire.....	99
3. Le foudroyage dans le bassin du Pas-de-Calais.....	102

V. — Applications du raclage.

	Pages.
Raclage du charbon en taille.....	106
Remblayage par scraper.....	107

VI. — Méthodes d'exploitation des gisements
à dégagements instantanés. 109

VII. — Méthodes d'exploitation dans les mines de fer
du bassin lorrain.

1. Généralités.....	111
2. Exploitation des couches minces et moyennes.....	112
3. Exploitation des couches puissantes.....	114
4. Exploitation par piliers abandonnés.....	115
Bibliographie.....	118

TROISIÈME PARTIE

AÉRAGE

I. — L'atmosphère dans les mines.

I. Causes d'altération de l'atmosphère dans les mines.....	120
II. Le grisou.....	121

II. — Contrôle de l'atmosphère dans les mines.

I. Détection du grisou.....	123
II. Détection de l'oxyde de carbone.....	132

III. — Aménagement de l'aérage général.

I. Aménagement du courant d'air en général.....	135
II. Les défaillances de l'aérage.....	136
III. Aménagement de courant d'air dans les mines grisouteuses.....	137
IV. Les défaillances de l'aérage.....	138

IV. — Aménagement de l'aérage secondaire.

	Pages.
I. Aérage des travaux préparatoires par ventilation secondaire.....	139
Abaque pour le calcul des pertes de charge dans les buses d'aérage.....	141 bis
II. Organisation de l'aérage par ventilateur secondaire.....	143
III. Aérage des travaux préparatoires par ventilation primaire.....	145
IV. Organisation de l'aérage par gaines et caisses.....	145

V. — Circulation de l'air dans les travaux.

I. Perte de charge dans une galerie.....	147
II. Représentations diverses.....	148
III. Caractéristiques des puits et galeries.....	150
IV. Réseaux de galeries.....	154
V. Étude des problèmes d'aérage.....	157

VI. — La production du courant d'air.

I. Les données du problème.....	161
II. Caractéristiques de la mine.....	162
III. Caractéristiques du ventilateur.....	163
IV. Fonctionnement du ventilateur sur une mine de résistance variable.....	165
V. Couplage des ventilateurs.....	168
VI. Aérage naturel.....	172
VII. Orifice équivalent réel d'une mine.....	174
VIII. Essais des ventilateurs.....	180
IX. Installation des ventilateurs de mines.....	191
X. Ventilateurs pour aérage secondaire.....	192
Bibliographie.....	194

QUATRIÈME PARTIE

EXHAURE

I. — Généralités.

	Pages.
1. Origine des venues d'eau.....	195
2. Mesure des venues d'eau.....	196
3. Évacuation des eaux des travaux d'exploitation.....	197
4. Protection contre les venues d'eau.....	198

II. — Les pompes centrifuges.

1. Généralités.....	205
2. Description des principaux organes des pompes centrifuges.....	207
3. Les pompes multicellulaires.....	209
4. Notations et formules.....	211
5. Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge.....	212
6. Étude graphique des courbes caractéristiques.....	216

III. — Étude d'un projet d'installation
de pompe centrifuge.

1. Éléments pour l'étude du projet.....	218
2. Calcul des pertes de charge.....	220

IV. — Installation et mise en service
des pompes centrifuges.

1. Généralités.....	224
2. Mise en marche.....	224
3. Principaux incidents pouvant survenir pendant la mise en marche.....	225
4. Principaux incidents pouvant survenir dans la marche.....	226
5. Commande électrique des pompes d'exhaure.....	229

V. — Essais d'une pompe centrifuge.

	Pages.
1. Conduite des essais.....	230
2. Calcul des essais.....	231
Table de Prony donnant le débit en litres par seconde et la charge correspondant à un diamètre et à une vitesse moyenne donnés.....	234

CINQUIÈME PARTIE

AIR COMPRIMÉ

I. — Avant-projet pour l'établissement
d'une centrale de compression.

Facteurs intervenant dans le calcul de la centrale	244
--	-----

II. — Distribution de l'air comprimé.

Calcul des pertes de charge.....	247
Les bifurcations.....	250
Abaque pour le calcul des pertes de charge dans les canalisations d'air comprimé.....	250 bis
Pertes de charges dues aux appareils accessoires installés sur les tuyauteries d'air comprimé.....	252
Constitution des réseaux.....	253
Surveillance des centrales de compression et de leurs réseaux de dis- tribution.....	257

III. — Le matériel de compression.

Construction et fonctionnement des compresseurs à pistons.....	260
Commande électrique des compresseurs à pistons.....	265

	Pages.
Incidents de marche des compresseurs à pistons.....	265
Contrôle du fonctionnement des compresseurs à pistons.....	268
Exemple d'essai.....	273
Construction et fonctionnement des compresseurs centrifuges.....	274
Utilisation et zone d'emploi des compresseurs centrifuges.....	283
Essai d'un compresseur centrifuge.....	286
Bibliographie.....	289
Classement des combustibles minéraux solides d'après calibre.....	290
Classement des houilles et anthracites d'après leur nature.....	291

NOTE ANNEXE

ÉTUDE SUR LA SPÉCIALISATION DU TRAVAIL D'ABATAGE ET LE FOUROYAGE DIRIGÉ DANS UNE MINE DE FER DU BASSIN LORRAIN

CHAPITRE I

Le travail d'abatage.

Organisation habituelle du travail d'abatage.....	293
Organisation du travail d'abatage par équipes spécialisées.....	294
Traçage de chantiers.....	295
Traçage de galeries.....	298
Résultats d'exploitation.....	298
Chantiers à dépilage.....	299

CHAPITRE II

Le foudroyage dirigé.

Le foudroyage dans la méthode de dépilage ordinaire.....	304
Règles à suivre pour réaliser le foudroyage dirigé.....	305
Dépilage par fronts alignés (méthode Stalinsky).....	306
La technique de la construction des piliers de soutien.....	311
Avantages et inconvénients de la méthode.....	314
Résultats d'exploitation.....	316

CHAPITRE III

Rémunération du travail d'abatage.

	Pages.
Principes de la méthode habituelle.....	319
Principes de la nouvelle méthode.....	320

CHAPITRE IV

Économies réalisées.....	320
--------------------------	-----

CHAPITRE III

Réorganisation du travail d'atelier

CHAPITRE IV

CONCLUSION

ÉTUDE SUR LA SPÉCIALISATION DU TRAVAIL D'ATELIER
PAR LE MATHÉMATIEN EN UN CAS PARTICULIER
DE FABRIQUE DE

CHAPITRE I

Le problème

CHAPITRE II

Le problème

INDEX ALPHABÉTIQUE

		Pages.	
A			
	Pages.		
Abatage.....	1	Applications du raclage.....	106
Accumulations de gaz et moyens d'y remédier.....	138	Atmosphère (Contrôle de l')....	123
Acquisition des explosifs.....	62	— dans les mines.....	120
Aérage.....	120	Avant-projet pour l'établis- sement d'une centrale de com- pression.....	243
— artificiel (Influence de l') sur l'aérage naturel.....	175	B	
— (défaillances de).....	138	Bourrage du trou de mine.....	35
— des travaux préparatoires par ventilation primaire.....	145	Buses.....	140
— de travaux préparatoires par ventilation secondaire.....	139	C	
— (Étude des problèmes d').....	157	Cartouche (amorçage de la)....	31
— naturel.....	172	Chargement du trou de mine....	31
— par gaines et caisses.....	145	Compresseurs centrifuges (cons- truction et fonctionnement)..	279
— par ventilateur secondaire..	143	— centrifuges (Essai des).....	286
Air (Circulation de l') dans les travaux.....	147	— (Utilisation et zone d'emploi des).....	283
— comprimé.....	243	Compression (établissement d'une centrale de).....	243
— comprimé (distribution).....	246	— (Matériel).....	260
— (Rendement théorique).....	246	— (surveillance des centrales de) et de leurs réseaux de dis- tribution.....	257
Altération de l'atmosphère dans les mines.....	120	Conditions d'emploi des explo- sifs en milieux explosibles..	44
Aménagement de l'aérage géné- ral.....	135	— générales d'emploi des explo- sifs.....	30
Amorçage de la cartouche.....	31		
Amorces.....	53		
— à étincelle et amorce à fl.....	54		
— électriques à retard.....	54		

	Pages.		Pages.
Grisou (détection du).....	123	Méthodes par foudroyage.....	98
— (retard à l'inflammation)....	44	Mine (Bourrage du trou de).....	35
Grisodynamites.....	50	Mines grisouteuses (considéra-	
— antigel.....	54	tions générales).....	44
Grisounaphtalites.....	49	— poussiéreuses (Poussières in-	
Grisoumétrie et grisoumètres... 126		flammables).....	47
Grisoscopie et grisoscopes... 123		Mine (Sautage de la).....	35
		Mines (Tir des) par l'électri-	
		cité.....	51
H		N	
Havage (le havage en longue		Naphtalites ou explosifs Favier... 39	
taille).....	86		
M		O	
Marteau (Influence du poids du		Orifice équivalent réel d'une	
sur la vitesse d'avancement.. 14		mine.....	174
— Ingersoll Rand.....	7 et 11	Origine de l'anhydride carbo-	
Marteaux légers à fleuret plein		nique.....	121
(comparaison entre les) et les		Oxyde de carbone (détection de	
marteaux lourds à fleuret creux 19		l').....	132
Marteau Meudon.....	4 et 8	— (Origine de).....	121
Marteaux perforateurs (caracté-		Oxygène liquide (conservation et	
ristiques des).....	8	transport).....	41
Marteau perforateur Flött-			
mann.....	5 et 8	P	
— perforateur Sullivan... 6 et 10		Perforation (La).....	14
Marteaux piqueurs (caractéris-		Perforatrices électriques Siem-	
tiques des).....	11	mens.....	12
— pneumatiques (mécanisme de		Perte de charge dans une gale-	
distribution des).....	2	rie.....	147
Mèches de sûreté.....	32	Pompes centrifuges.....	205
— (Emploi de la) pour l'allu-		Pompe centrifuge (courbes ca-	
mage de la poudre noire... 32		ractéristiques).....	212
Mesure des venues d'eau.....	196	— centrifuge. Essais.....	230
Méthodes d'exploitation.....	73	— centrifuge. Étude d'un pro-	
— anglaises.....	91	jet d'installation.....	218
— dans les mines de fer du bas-		Pompes multicellulaires (Sulzer	
sin lorrain.....	111	et Rateau).....	209
— des couches moyennes et		Pompes. Notations et formules	
minces.....	83	— (Principaux organes des)... 207	
— des couches puissantes.... 74			
— des gisements à dégagements			
instantanés.....	109		

	Pages.
Poudre noire.....	36
Poussières inflammables des mines poussiéreuses.....	47
Prescriptions administratives relatives à l'emploi des explosifs dans les mines grisouteuses.....	47
— administratives relatives à l'emploi des explosifs dans les mines poussiéreuses à poussières inflammables..	48
— administratives relatives à la conservation des explosifs.....	60
Puits et galeries (caractéristiques).....	150

R

Rabat-vent.....	138
Râclage (Applications du)....	106
Reforgeage et trempe des fleurets.....	23
Réseaux de galeries.....	154

S

Serrements.....	198
-----------------	-----

T

	Pages.
Table de Prony donnant le débit en litres par seconde et la charge correspondant à un diamètre et à une vitesse moyenne donnés.....	234
Taillant (Influence de la nature du).....	17
Tir des mines à l'électricité... 51	51
Trempe (Reforgeage et) des fleurets.....	23
Trou de mine (Chargement)... 31	31
Trou de mine (détermination des)	26

V

Ventilateurs.....	141, 143 et 163
— (Couplage des).....	168
Ventilateurs (Essai des).....	180
Ventilateur (Fonctionnement du) sur une mine de résistance variable.....	165
Ventilateurs (Installation des) de mine.....	191
— pour aérage secondaire....	192
Vennes d'eau (mesure des)....	196
— (origine des).....	195
— (Protection contre les)....	198
Viciation de l'atmosphère dans les mines.....	121

TABLES ET FORMULES USUELLES

	Pages.
Arithmétique.....	I
<i>Proportions</i>	I
<i>Progressions</i>	I
Trigonométrie.....	II
<i>Facteurs usuels</i>	III
Géométrie.....	III
<i>Surfaces</i>	III
<i>Volumes</i>	V
Carrés, cubes, racines carrées, racines cubiques, inverses et logarithmes des nombres de 1 à 1000, circonférences et surfaces des cercles de diamètres de 0,1 à 100.....	VI
Arcs, cordes, flèches et surfaces des segments.....	XXIX
Tangentes et cotangentes des angles de 0 à 90°.....	XXXI
Sinus et cosinus des angles de 0 à 90°.....	XXXI
Table de conversion des degrés en grades et réciproquement.....	XXXII
Transformation des pentes métriques en degrés d'inclinaison.....	XXXIII
Transformation des degrés d'inclinaison en pentes métriques.....	XXXIII
Transformation de fractions ordinaires en fractions décimales.....	XXXIII
Transformation des litres par seconde en litres par minute.....	XXXIII
Intérêts composés.....	XXXIV
Temps nécessaire pour constituer un capital.....	XXXIV
Valeur de 1 franc payable à la fin de n années.....	XXXV
Taux des versements nécessaires pour constituer un capital.....	XXXV
Annuités d'amortissement.....	XXXVI
Mesures (Loi du 2 avril 1919).....	XXXVII
Tableau général des unités commerciales et industrielles.....	XXXVII
Correspondance des degrés Baumé et des densités.....	LI
Mesures de la marine.....	LII
<i>Mesures de longueur</i>	LIII
<i>Mesures topographiques</i>	LIII
<i>Mesures de volume</i>	LIII
Mesures de certaines substances.....	LIII
Mesures anglaises.....	LIV
Table de conversion des unités de pression anglaises en unités françaises.....	LV
Autres mesures étrangères.....	LVI
<i>Mesures de longueur</i>	LVI
<i>Mesures de poids</i>	LVI
Anciennes mesures françaises.....	LVII
Mesures agraires.....	LVIII

	Pages.
Densités et poids.....	LVIII
<i>Densités des gaz</i>	LVIII
<i>Densités des vapeurs</i>	LVIII
<i>Densités des liquides</i>	LVIII
<i>Densités des solides</i>	LIX
<i>Points de fusion</i>	LX
<i>Points d'ébullition</i>	LX
<i>Coefficients de dilatation linéaire</i>	LX
Poids des feuilles de tôle en fer laminé, cuivre rouge, plomb, zinc, étain, argent, aluminium.....	LXI
Numéros et poids des feuilles de zinc laminé.....	LXI
Poids des fers carrés et ronds.....	XLII
Monnaies.....	LXIII
Monnaies des pays étrangers.....	LXIII

Extrait du catalogue de la librairie Dunod.

Organisation industrielle et commerciale.....	LXIV
Enseignement général et professionnel.....	LXVIII
Physique industrielle.....	LXXI
Automobilisme. — Aéronautique.....	LXXV
Electricité. — Télégraphie. — Téléphonie.....	LXXVII
Chimie. — Analyse chimique.....	LXXX
Industries diverses.....	LXXXIII
Agriculture.....	LXXXVI
Architecture. — Constructions. — Travaux publics.....	LXXXVI
Hydraulique. — Assainissement. — Navigation.....	XCI
Chemins de fer et Tramways.....	XCII
Géologie. — Mines.....	XCII
Métallurgie.....	XCIV

BIBLIOGRAPHIE

Principaux ouvrages sur les **Mines** parus en langue française d'avril 1933 à avril 1934 (1). (*Prix sous réserve de variations.*)

(Voir aussi le catalogue page LXIV de l'appendice.)

- Les constituants des charbons, leur influence sur quelques propriétés industrielles.** LEGRAYE. 152 pages, 12 × 18, avec 12 planches et 8 figures. Broché..... 18 fr.
- Courbes relatives aux opérations du classement et du lavage des charbons.** DUPUIS et EVRARD. 43 pages, 14 × 22. Broché. 10 fr.
- Atlas du bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine.** SIVIARD et FRIEDEL, 36 planches, 78 × 62. Relié..... 1.100 fr.
- Perforation mécanique et abatage des roches en travaux publics, mines, carrières.** GRENON. XII-720 pages, 16 × 25, avec 240 figures. Broché..... 100 fr.
- Principes de géologie.** FOURMARIER. 882 pages, 21 × 29, avec 537 figures. Cartonné..... 250 fr.
- Étude pratique des minerais.** DÉGOUTIN. IV-429 pages, 16 × 25, avec 75 figures. Relié 95 fr. Broché..... 85 fr.
- Méthode scientifique et amélioration dans les mines.** LOUSTAU. 200 pages, 16 × 25, avec 16 figures. Broché..... 25 fr.

Articles sur les **Mines** parus dans les *Annales des Mines* d'avril 1933 à avril 1934.

- Note sur le problème d'enrichissement du minéral de fer de Khénifra.** HENRY. 90 p. 14 × 22 (*Ann. des Mines.* 1933-4-5). 30 fr.
- Les cartes géologiques et les études de gîtes minéraux.** RAGUIN. 25 pages, 14 × 22 (*Annales des Mines.* 1933-6)..... 15 fr.
- Terrains et fonçages de Campine et soutènement dans les mines du bassin de la Campine.** SENTIN et BRUN. 75 pages, 14 × 22, avec 26 figures (*Annales des Mines.* 1933-7)..... 15 fr.

(1) L'ordre adopté est l'ordre chronologique d'apparition.

- Étude expérimentale de l'influence de certains facteurs de l'aptitude des gisements poussiéreux à propager les explosions.** AUDIBERT et DELMAS. 40 pages, 14 × 22, avec 8 figures (*Annales des Mines.* 1933-8)..... 15 fr.
- Les grandes mines de fer de Laponie et l'Etat suédois.** NICOU. 106 pages, 14 × 22 (*Annales des Mines.* 1933-9-10)..... 30 fr.
- Les ceintures de sûreté aux mines domaniales de potasse d'Alsace.** MESNIL. 25 p., 14 × 22 (*Ann. des Mines.* 1933-12). 15 fr.
- Sur la détonation des explosifs solides.** AUDIBERT et DELMAS. 40 pages, 14 × 22 (*Annales des Mines.* 1934-1)..... 15 fr.

MINES

PREMIÈRE PARTIE

ABATAGE

- I. Les engins de perforation et d'abatage.
- II. La perforation.
- III. Détermination des trous de mines.
- IV. Conditions générales d'emploi des explosifs.
- V. Monographie des explosifs utilisés en milieux non explosibles.
- VI. Conditions d'emploi des explosifs en milieux explosibles.
- VII. Monographie des explosifs utilisés en milieux explosibles.
- VIII. Tir des mines à l'électricité.
- IX. Conservation des explosifs.

I. — LES ENGINES DE PERFORATION ET D'ABATAGE

I. Généralités.

II. Mécanisme de distribution des marteaux pneumatiques. — Marteau Meudon. — Marteau Flottmann. — Marteau Sullivan. — Marteau Ingersoll-Rand.

III. Caractéristiques des marteaux-perforateurs. — Marteau-perforateur Meudon. — Marteau-perforateur Flottmann. — Marteau-perforateur Sullivan. — Marteau-perforateur Ingersoll-Rand.

IV. Caractéristiques des marteaux-piqueurs. — Marteau-piqueur Meudon.

V. Perforatrices électriques.

I. — GÉNÉRALITÉS

Nous allons dans ce chapitre donner les caractéristiques et la description d'un certain nombre de marteaux pneumatiques et électriques utilisés pour le travail d'abatage dans les mines.

Quand on étudie leurs possibilités, on constate que les marteaux de même puissance présentent parfois des différences notables d'un constructeur à l'autre. Il n'est pas toujours possible d'invoquer un défaut de fabrication. Au cours de ces dernières années un gros effort a été réalisé dans la fabrication des marteaux, tant au point de vue du choix des aciers entrant dans leur construction que des perfectionnements apportés aux méthodes d'usinage.

Néanmoins des différences existent. Certains marteaux seraient mieux adaptés à certaines roches; d'autres fonctionneraient mieux aux pressions relativement basses; etc... Quoi qu'il en soit, il sera nécessaire de faire chaque fois appel à l'expérience et de déterminer par des essais suivis le type le mieux adapté au problème à résoudre.

II. — MÉCANISME DE DISTRIBUTION DES MARTEAUX-PNEUMATIQUES

Un marteau-pneumatique se compose essentiellement d'un cylindre dans lequel se meut un piston. Ce cylindre est emmanché dans une poignée qui renferme la soupape d'arrivée de l'air comprimé et le mécanisme de distribution.

Le piston lancé par l'air comprimé vient frapper sur un outil emmanché à l'autre extrémité du cylindre. Dans les marteaux-

piqueurs le cylindre frappe l'aiguille. Dans les marteaux-perforateurs, un mécanisme utilise la percussion du piston pour la rotation du fleuret (fig. 1).

Nous allons dans ce qui va suivre passer en revue les dispositifs de distribution les plus couramment adoptés.

Il existe deux grandes classes de distributeurs pour marteaux-pneumatiques. Les uns distribuent en même temps l'admission et l'échappement. Ce sont en général des tiroirs cylindriques se mouvant dans un petit cylindre et découvrant des orifices ou lumières latéraux. On les appelle souvent distributeurs commandés.

Les autres ne contrôlent que l'admission d'air, l'échappement se faisant directement par des orifices pratiqués dans le cylindre du moteur et que découvre à chaque course le piston frappeur. Ces derniers réalisent le cylindre « équilibrant » employé dans certaines machines à vapeur.

On reproche parfois aux distributeurs de la première catégorie de donner lieu en cas d'usure excessive à une communication directe entre l'admission et l'échappement, qui serait éventuellement susceptible d'accroître la consommation d'air initiale.

Par contre, ils permettent d'obtenir, à égalité de course possible, une course réelle plus grande.

On constate à l'heure actuelle que certains constructeurs ont tendance à substituer le distributeur de la deuxième catégorie au distributeur de la première.

Ingersoll-Rand, qui, pendant très longtemps, a muni ses marteaux perforateurs et piqueurs de distributeurs cylindriques, paraît les avoir abandonnés dans ses nouveaux modèles pour y substituer un système rentrant dans la deuxième catégorie.

Flottmann a depuis longtemps des distributeurs à billes rentrant aussi dans cette deuxième classe, ainsi que Meudon avec le système de distribution à pastille.

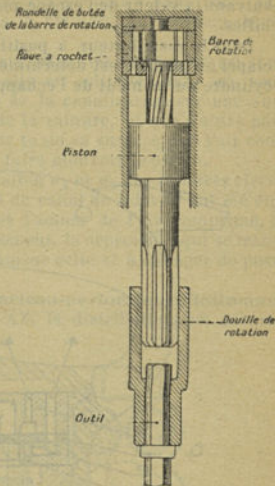


Fig. 1. — Mécanisme de rotation du fleuret d'un marteau-perforateur.

Dans le distributeur à billes, le système équilibrant produit à chaque fin de course du piston une compression plus ou moins forte suivant la valeur de l'espace mort qui commande le déplacement des billes.

Dans le distributeur à pastille, au contraire, le déplacement du clapet ou pastille est déterminé par la dépression produite dans le cylindre au moment de l'échappement.

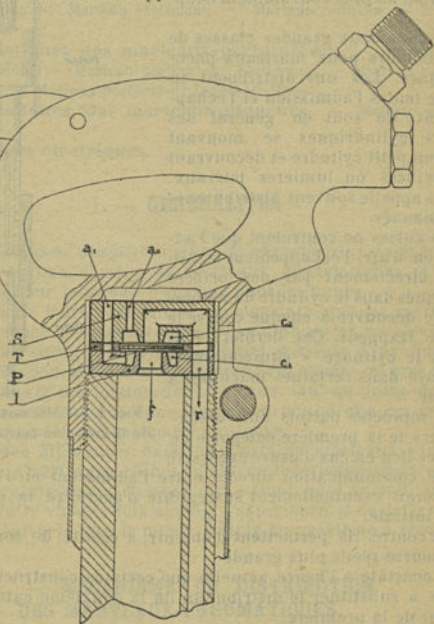


FIG. 2. — Mécanisme de distribution d'un marteau Meudon.

Mécanisme de distribution du marteau Meudon. — Dans les marteaux Meudon, la distribution est assurée par pastille. Le distributeur comprend (fig. 2) :

Un siège supérieur S, un siège inférieur I, un intercalaire T et une

pastille P. Suivant que la pastille est appliquée sur l'un ou l'autre des sièges, elle obture complètement l'une ou l'autre des rainures circulaires c_1 ou c_2 , empêchant l'air comprimé contenu dans cette rainure de passer, non seulement dans le cylindre du marteau, mais même dans l'autre rainure.

Si donc nous considérons les efforts auxquels la pastille est soumise, nous voyons que d'une part elle est sollicitée dans un sens par de l'air comprimé à la pression de la canalisation sur une surface annulaire définie par la forme de la rainure, et que d'autre part elle est appuyée en sens inverse et sur toute sa surface par l'air comprimé passant dans le cylindre pour faire mouvoir le piston.

Les sections des canaux d'alimentation a_1 et a_2 des rainures circulaires c_1 et c_2 du canal de frappe f et du canal de relève r ont été établies de telle sorte que, lorsque, sous l'action de l'air comprimé, le piston découvre les orifices d'échappement, la dépression qui se transmet sur toute la face de la pastille amène celle-ci à changer de position automatiquement.

Mécanisme de distribution du marteau-perforateur Flottmann.

— Dans les marteaux-perforateurs AZ, la distribution est assurée par deux billes oscillantes (fig. 3).

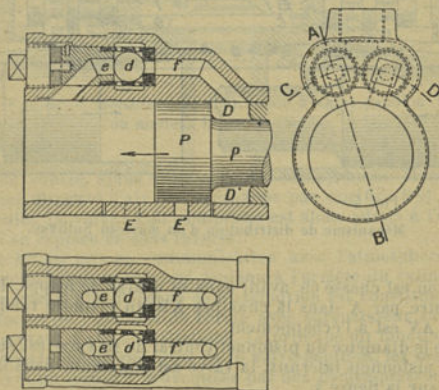


FIG. 3. — Mécanisme de distribution à billes d'un marteau Flottmann.

Le piston étant dans la position indiquée sur la figure et en marche rétrograde (de droite à gauche), la bille d obturant e , l'air comprimé

passer par le conduit f et agit sur la surface annulaire DD' qui existe entre les sections P et p du piston, assurant ainsi le retour en arrière de ce dernier. A mesure que le piston se déplace, l'ouverture E vient à être obturée et E' découverte, mettant f à l'échappement tandis que e est en pression par suite du recul de P .

Cette différence de pression fait reculer la bille de gauche à droite et obturer f .

L'admission se fait alors par e et provoque la marche avant du piston.

Quand l'orifice E est découvert, la partie arrière du cylindre est mise à l'échappement et la bille reprend la position du début.

Mécanisme de distribution du marteau-periorateur Sullivan L. G. — Dans ce type de marteau la distribution est assurée par une bobine-valve. Les figures 4 et 5 permettent d'en comprendre le fonctionnement.

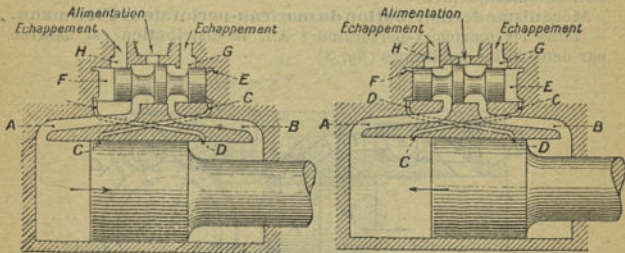


FIG. 4.

FIG. 5.

Mécanisme de distribution d'un marteau Sullivan.

Le piston est chassé en avant dans sa course de frappe. L'air comprimé entre par A dans la chambre AR du cylindre tandis que la chambre AV est à l'échappement.

Comme le diamètre du pistonnet central de la valve est supérieur à celui des pistonnets latéraux, la valve est maintenue dans la position indiquée sur la figure 4.

Quand le piston découvre C , l'air comprimé arrive dans la couronne annulaire E dont la section est supérieure à la différence des surfaces des pistonnets, et la valve est projetée dans la position indiquée sur la figure 5.

Le piston avance alors par inertie et frappe la barre.

Pendant ce temps l'air comprimé est admis par le canal B pendant que l'échappement AR se fait par A. La valve est alors maintenue dans la position de la figure 5 par suite de la différence de section des pistonnets, comme précédemment, mais de l'autre côté.

D'autre part, la cavité E a été mise à l'échappement à la fois par le passage G et par le canal C et le fond de cylindre A'.

Au retour, quand la face avant du piston atteint D, l'air entre dans la cavité F et chasse à nouveau la bobine-valve de l'autre côté.

Mécanisme de distribution du marteau Ingersoll-Rand. — Sur les marteaux perforateurs BBR13 (13 kilogrammes) le mécanisme de distribution comprend une valve-papillon oscillant autour d'un axe (fig. 6).

Dans la position de la figure 1, la valve admet l'air à l'arrière du piston et ouvre l'échappement; le piston se déplace donc vers l'avant.

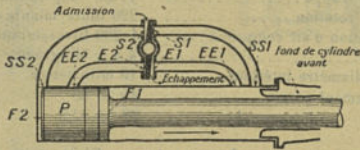


FIG. 6. — Mécanisme de distribution à valve-papillon du marteau Ingersoll-Rand.

A fond de course, après avoir obturé l'échappement, il comprime une certaine quantité d'air qui s'échappe par l'orifice SS1 et vient faire basculer la valve; l'air comprimé est alors admis à l'avant du piston qui se déplace en sens inverse.

L'orifice EE2 est mis en communication avec l'atmosphère et sert d'échappement à l'air comprimé contenu à l'arrière du cylindre.

Sur le marteau S49, l'organe de distribution est constitué par une valve en forme de couronne de cercle avec surépaisseur suivant un diamètre servant d'axe d'oscillations. Le principe du fonctionnement est à peu près le même que celui de la valve-papillon, les oscillations de la valve étant toujours provoquées par des contre-pressions en fin de course.

III. — CARACTÉRISTIQUES DES MARTEAUX-PERFORATEURS

Nous allons donner maintenant les caractéristiques principales des quelques marteaux-perforateurs couramment utilisés.

Matériel Meudon. — Voici les caractéristiques d'un marteau-perforateur Meudon de la classe B. P. E., utilisé dans la minette (*fig. 7*).

Poids	13 kilogrammes
Alésage	60 millimètres
Longueur de course	55 —
Poids du piston	1.900 grammes
Vitesse de frappe	1.700 coups/minute
Vitesse de rotation	220 tours/minute environ
Consommation d'air comprimé	1.200 litres/minute
Pression	4 à 5 kilogrammes
Flexible, diamètre intérieur	19 millimètres
Emmanchement carré	19 × 80
— hexagonal	22 × 82,5

Matériel Flottmann. — Les marteaux Flottmann les plus couramment utilisés appartiennent à la classe AZ11 et AZ17.

Caractéristiques du marteau-perforateur AZ11 (*fig. 8*) :

Poids du marteau	13 kilogrammes
Alésage	60 millimètres
Longueur de course	42,5
Poids du piston	1.500 grammes
Vitesse de frappe	1.100 coups/minute
— de rotation	300 à 350 tours/minute environ
Consommation d'air comprimé	1.320 litres
Pression	5 kilogrammes environ
Flexible, diamètre intérieur ...	19 millimètres

Les marteaux de ce type conviennent aux terrains tendres et sont notamment utilisés dans la minette en Lorraine.

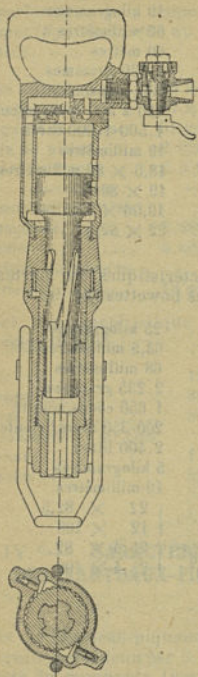


FIG. 7.
 Marteau-perforateur Meudon,
 type B. P. E.

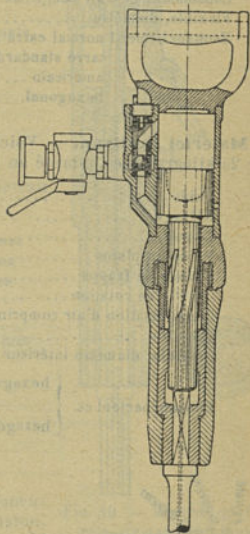


FIG. 8.
 Marteau-perforateur Flottmann,
 type AZ.

Caractéristiques du marteau-perforateur AZ17 :

Poids.....	19 kilogrammes
Alésage.....	60 millimètres
Longueur de course.....	60 mètres
Poids du piston.....	1.730 grammes
Vitesse de frappe.....	900 coups/minute
Nombre de tours.....	250 à 300 tours-minute
Consommation d'air comprimé.....	1.500-1.600 litres
Flexible, diamètre.....	19 millimètres
Emmanchement normal carré.....	18,6 × 80 millimètres
— carré standard houillère..	19 × 80 —
— américain.....	19,06 × 82,5 —
— hexagonal.....	22 × 82,5 —

Matériel Sullivan. — Voici les caractéristiques du marteau L6 de 25 kilogrammes, adapté au traçage des bowettes (fig. 9).

Poids.....	25 kilogrammes	
Alésage.....	63,5 millimètres	
Course.....	68 millimètres	
Poids du piston.....	2.235 grammes	
Vitesse de frappe.....	1.650 coups/minute	
— de rotation.....	200-350 tours/minute	
Consommation d'air comprimé.....	2.400 litres	
Pression.....	5 kilogrammes	
Flexible, diamètre intérieur.....	19 millimètres	
Emmanchement et.	hexagonal.....	{ 22 × 82,5
		{ 12 × 108
	hexagonal standard	{ 25,4 × 82,5
		{ 25,4 × 108

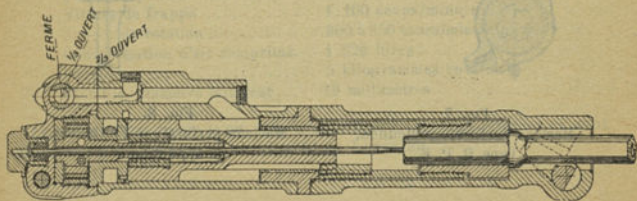


FIG. 9. — Marteau-perforateur rotatif L6 Sullivan.

Matériel Ingersoll-Rand. — Voici les caractéristiques du marteau-perforateur de la classe S49 de 25 kilogrammes (*fig. 10*), adapté au creusement des bowettes :

Poids	25 kilogrammes
Alésage	67 millimètres
Longueur de course.	51 millimètres
Poids du piston.....	2.020 grammes
Vitesse de frappe...	2.650 coups/minute
— de rotation ..	— —
Consommation d'air comprimé.....	2.980 litres
Pression	5 kilogrammes
Flexible, diamètre intérieur.....	19 millimètres

Voici la caractéristique d'un marteau plus léger BBR13 :

Poids	12 kilogrammes
Alésage	60 millimètres
Course.....	50 millimètres
Consommation d'air comprimé.....	1.725 litres
Pression.....	5,6 kilogrammes

IV. — CARACTÉRISTIQUES DES MARTEAUX-PIQUEURS

Dans le marteau-piqueur l'avancement de l'aiguille est obtenu par le choc du piston. Il existe de nombreux types de marteaux-piqueurs. Chaque type présente une gamme étendue de marteaux, suivant le poids.

Voici, à titre d'exemple, les caractéristiques des marteaux-piqueurs Meudon (*fig. 11*).

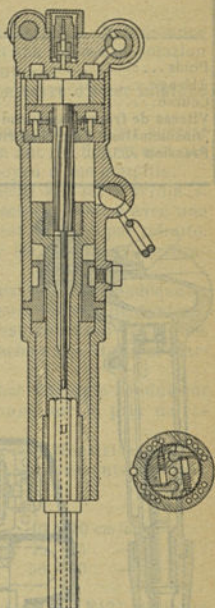


FIG. 10. — Marteau-perforateur rotatif S49 Ingersoll-Rand.

	TYPE P2A	TYPE P31	TYPE P39C
Poids	6,8 kilog.	7,95 kilog.	9,200 kilog.
Alésage.....	31 mm.	31 mm.	38 mm.
Course.....	112 —	132 —	100 —
Vitesse de frappe coups/minute.	1.400	1.500	1.300
Consommation d'air comprimé ..	650 litres	750 litres	1.200 litres
Pression	4 à 5 kilog.	4 à 5 kilog.	4 à 5 kilog.

L'aiguille normale a 26 millimètres de diamètre de corps. Il existe également des aiguilles de 28 et même de 40 millimètres que l'on utilise dans des cas spéciaux.

V. — PERFORATRICES ÉLECTRIQUES

Matériel Siemens. — Les perforatrices électriques Siemens sont constituées par de

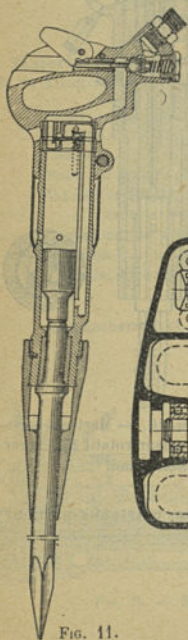


Fig. 11.

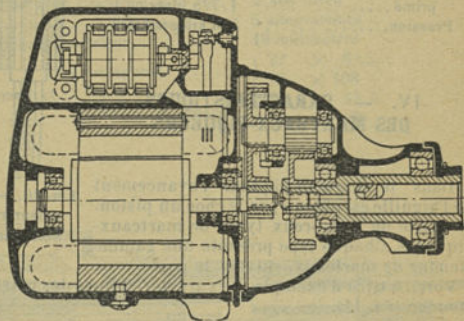


Fig. 12. — Perforatrice électrique Siemens.

petits moteurs asynchrones triphasés sous 125 ou 200 volts en court-circuit, enfermés

en même temps de support au palier à billes. Le mouvement de rotation est transmis au porte-outil par l'intermédiaire d'un train d'engrenage (fig. 12).

Le poids de la perforatrice (type E 427) est de $14^m,7$: la puissance demi-horaire de la mèche est de 0,77 kilowatt ; sa vitesse de rotation peut varier de 390 à 500 et 600 tours par minute.

Les fleurets des perforatrices sont faits d'une barre d'acier laminée en lentille et tordue en hélice.

Le taillant du fleuret est amovible. C'est une pièce en acier spécial fabriquée au four électrique, qui s'emmanche sur le fleuret soit par un dispositif à baïonnette ou à vis, soit au moyen d'une goupille.

Le taillant est muni de plaquettes en métal spécial « Widia ».

En charbon moyennement dur (1), l'avancement réalisé avec une perforatrice électrique de 12 kilogrammes est de $1^m,40$ par minute, soit deux ou trois fois plus grand que pour les marteaux-perforateurs du type 10-12 kilogrammes.

Mais en charbon très dur, la perforatrice s'est montrée inadéquate.

Si l'ouvrier appuie trop fort, il cale le moteur, s'il appuie modérément, le fleuret n'avance plus et chauffe ; c'est pourquoi les mines fiscales de la Haute Silésie emploient en charbon très dur des marteaux-perforateurs à air comprimé.

On estime que l'amortissement et la dépense d'énergie conduisent à une diminution de 0 fr. 10 à 0 fr. 20 par tonne sur le prix de revient.

Dans les mines de fer de l'Est, en Moselle, ces perforatrices sont en cours d'essai. En couche, on aurait réalisé les avancements suivants que nous donnons à titre indicatif.

Rogaons calcaires intercalaires durs.....	10 à 20 cm/min.
Roche plus tendre.....	25 35 —
Minette pure.....	50 90 —

Ces avancements ont été réalisés avec la perforatrice E427, 390 tours par minute avec taillant Widia de 40-42 millimètres.

Connexions. — Le câble d'alimentation est enroulé sur un tambour par tronçons de 50 à 80 mètres ; le câble dont le diamètre extérieur est de 19 millimètres est constitué par quatre conducteurs de $2^{mm}2,5$ de section chacun.

Le tambour est relié au réseau par l'intermédiaire d'une prise de courant, d'un câble court auxiliaire et d'un coffret comportant interrupteurs et fusibles.

(1) Louis PERRIN. *Traçage des galeries en couches épaisses et charbon dur.* Revue de l'Industrie Minière, 1^{er} février 1933.

Les câbles sont à quatre conducteurs pour permettre la mise à la terre. La carcasse de la machine est également mise à la terre pour éviter des accidents.

Entretien. — Un fleuret peut creuser en moyenne 60 mètres de trou sans réaiguisage en charbon moyennement dur (1). L'affûtage du taillant se fait sur meule émeri ou carborundum. L'outil peut supporter 50 réaiguaisages avant d'être rebuté.

II. — LA PERFORATION

I. Influence du poids du marteau sur la vitesse d'avancement.

II. Influence de la nature du taillant.

III. Comparaison entre les marteaux légers à fleuret plein et les marteaux lourds à fleuret creux.

IV. Conclusion.

V. Remarque.

VI. Cause de détérioration des fleurets.

VII. Reforgeage et trempe des fleurets et des aiguilles.

Nous allons aborder dans ce chapitre l'étude du travail de la perforation. Cette étude portera en particulier sur les points suivants : le taillant, le fleuret, le marteau.

Dans les tableaux qui vont suivre, figurent les résultats de nombreux essais au cours desquels on a fait varier les facteurs que nous venons d'énumérer.

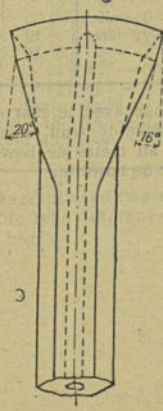
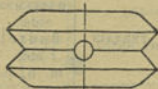
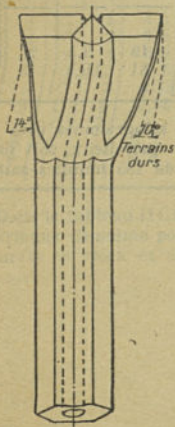
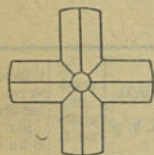
Notons en passant que les temps sont exprimés soit en temps-salaires (minute-homme-poste = m. h. p.), soit en temps horloge (minute temps = m. t.).

CARACTÉRISTIQUES DES TAILLANTS ET DES FLEURETS. — Trois sortes de taillants sont couramment utilisés : taillant Z, sur acier rubanné plein de 22 millimètres, taillant croix (fig. 13) en général sur acier creux de 22 ou 25 millimètres, taillant double burin (fig. 14) sur acier creux de 22 ou 25 millimètres.

CARACTÉRISTIQUES DES MARTEAUX. — Les marteaux utilisés au cours des essais effectués dans diverses houillères présentaient les caractéristiques suivantes :

(1) PERRIN, *Op. cit.*

TYPES	A	B	C	D
Distribution.....	Billes	Pastille	Valve	Bobine
Poids du piston..... kg.	2,020	—	1,980	2,250
Alésage..... mm.	60	60	66,5	63,7
Course possible..... mm.	72	—	76	82
Poids approximatif..... kg.	19	25	26	26



60 à 90°
suivant
terrains

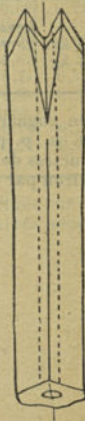


FIG. 13. — Taillant croix.

FIG. 14. — Taillant double burin.

I. — INFLUENCE DU POIDS DU MARTEAU SUR LA VITESSE D'AVANCEMENT

Dans le tableau I figurent les résultats d'essais effectués sur des marteaux de poids différents en vue de déterminer l'influence du poids du marteau sur la vitesse d'avancement. Les essais ont consisté dans la foration d'un trou de 2 mètres en utilisant des marteaux de 17 et de 25 kilogrammes.

TABLEAU I.

TYPE de marteau	TYPE de fleuret	TERRAIN	CHANGEMENT de fleuret etc. m. h. p.	FORATION m. h. p.	TOTAL m. h. p.	TEMPS en minutes m. t.	VITESSE en cen- timètres par minute
25 kg.	hexagonal	Querelle	10	9	19	9,5	21
17 kg.	25 ^{mm} creux —	1/2 dures —	10	21	31	15,5	13

On gagnerait donc avec le marteau de 25 kilogrammes près de 6 m. h. p. par mètre de trou, même en roc querelleux, soit pour 22 mètres de trou au mètre de bowette près de 135 minutes-salaire environ par mètre de bowette.

II. — INFLUENCE DE LA NATURE DU TAILLANT

Dans le tableau II, figurent les résultats d'essais effectués sur un marteau de fabrication américaine de 25 kilogrammes, équipé successivement avec un fleuret à taillant en croix (+) et un fleuret à taillant à double burin (//) en acier hexagonal creux de 25 millimètres.

Le marteau était manié par deux hommes en querelle dure.

TABLEAU II.

N° des essais	TYPE du marteau	N° du trou	PRESSION kg/cm ²	TAILLANT	TEMPS de frappe m. t.	LONGUEUR forée en mètres	VITESSE en mètres par minute
1	C	1	6,5	// 44	2' 46"	(0,60 — 0,02) = 0,58	0,21
2	C	2	6,5	+ 44	2' 48"	(0,44 — 0,02) = 0,42	0,15
3	C	1	6,5	// 40	3' 30"	(1,54 — 0,60) = 0,94	0,27
4	C	2	6,75	+ 40	3' 36"	(1,26 — 0,4) = 0,82	0,23
5	C	3	6,75	// 44	3' 04"	(0,76 — 0,02) = 0,74	0,24
6	C	4	6,25	+ 44	3' 12"	(0,63 — 0,03) = 0,60	0,184
7	C	3	—	// 40	Burin bouché. Abandonné.		
8	C	3	6,5	// 40 usagé	3' 18"	(1,67 — 0,88) = 0,79	0,24
9	C	4	6,25	+ 40 usagé	3' 45"	(1,40 — 0,63) = 0,77	0,205

Dans le tableau III, figurent les résultats d'essais effectués sur deux marteaux de même poids, mais de type différent et équipés avec des fleurets en croix et en double burin.

TABLEAU III.

N° des essais	TYPE de marteau	N° DU TROU	PRESSIION kg : cm ²	TAILLANT	TEMPS de frappe m. t.	LONGUEUR forcée en mètre	VITESSE en mètres par minute
10	C	5	6,5	// 40	4'38"	(0,90 - 0,02) =	0,19
11	D	6	5,5	// 44 usagé	5'51"	(0,90 - 0,02) =	0,15
12	D	6	6,25	// 40 usagé	4'39"	(0,90 - 0,99) =	0,215
13	C	5	6,5	// 40 usagé	5'27"	(1,88 - 0,90) =	0,18
14	C	7	6,5	// 44 neuf	3'45"	(0,73 - 0,01) =	0,192
15	D	8	6,5	// 44 neuf	3'36"	(0,74 - 0,04) =	0,194
16	D	7	6	// 40 neuf	4'32"	(1,77 - 0,73) =	0,23
17	C	8	6	// 40 neuf	4'37"	(1,60 - 0,75) =	0,184
18	C			Éliminé, le trou 9 tombant dans le trou n° 2			
19	D	10	6	+ 44	3'30"	(0,63 - 0,03) =	0,171
20	D	9			Abandonné		
21	C	11	6,5	+ 44	3'29"	(0,62 - 0,02) =	0,171
22	C	10	6,5	+ 40	5'58"	(1,64 - 0,67) =	0,171
23	D	11	6,5	+ 40	5'14"	(1,73 - 0,61) =	0,215
24	D	12	6	+ 44 usagé	3'29"	(0,73 - 0,01) =	0,200
25	C	13	6	+ 44 même	3'34"	(0,63 - 0,01) =	0,174
26	C	14	6,25	+ 44 usagé	3'29"	(0,62 - 0,02) =	0,171
27	D	15	6,25	+ 44 même	3'33"	(0,66 - 0,03) =	0,178
28	D	13	6	+ 40 usagé	5'56"	(1,73 - 0,69) =	0,175
29	D	14	5,5	+ 40 usagé	6'15"	(1,61 - 0,61) =	0,160
30	C	15	5,75	+ 40 même	6'03"	(1,50 - 0,66) =	0,158
31	C	12	5,75	+ 40 même que 28	6'10"	(1,67 - 0,72) =	0,152

État des burins remontés.

Taillant double burin..... // de 44... reste 43-2/10 et 43

Taillant en croix..... + de 44... reste 43,5 et 42,5

// de 40... reste 38,7

+ de 40... reste 41,2 et 40,5

D'après les chiffres consignés dans les tableaux II et III, l'emploi du taillant à double burin, permettrait de réaliser un accroissement de 15 à 25 0/0 de la vitesse d'avancement.

Il serait dû au bon dégagement du taillant et au fait que le trou de soufflage se trouve non au sommet, mais dans une cavité située entre les deux branches du taillant.

III. — COMPARAISON ENTRE LES MARTEAUX LÉGERS A FLEURET PLEIN ET LES MARTEAUX LOURDS A FLEURET CREUX

Dans les tableaux IV, V et VI figurent les résultats d'essais effectués sur des marteaux légers à fleurets pleins et des marteaux lourds à fleurets creux.

Les temps sont évalués en temps-horloge et en temps-salaire. Pour passer des premiers aux seconds, on multipliera les temps-horloge par 2 (les marteaux étant maniés par deux hommes).

TABLEAU IV.

LONGUEUR FORÉE	TYPE du marteau	TEMPS DE FORATION		OBSERVATIONS
		Fleuret creux m. t.	Fleuret plein m. t.	
10 ^m ,80 en roc de dureté moyenne	Marteau A	135	162	Marteaux usagés
	— B	92	108	
	— C	50		

TABLEAU V.

TYPE DU MARTEAU	TYPE DE FLEURET	TEMPS DE FORATION par mètre de trou m. h. p.
Marteau A.....	plein	54
— C.....	creux	18
— D.....	creux	16

TABLEAU VI.

TYPE DE MARTEAU	TYPE de fleuret	LONGUEUR forée en mètres	TEMPS de foration m. t.	m. h. p. par mètre de trou
Type A	plein	12,4	208	33
Type C	creux	29,7	147	13

IV. — CONCLUSIONS

Il résulterait de ces divers essais que le taillant Z avec fleuret plein et marteau léger conviendrait mieux au traçage en ferme dont les terrains sont souvent moins durs et demandent des cartouches de plus faible diamètre que la bowette.

Pour les terrains allant des querelles dures au roc moyen, la solution qui semblerait la meilleure serait la suivante :

Taillant double burin ;

Fleuret en acier suédois, hexagonal à trou glisse ;

Marteau soufflant de 25 kilogrammes à main.

Les conclusions résultant de ces essais renferment des indications utiles pour servir de base à une étude préparatoire.

Cependant il ne faut pas perdre de vue la variété et la complexité des facteurs intervenant dans le travail de la perforation.

C'est pourquoi on n'extrapolera ces résultats qu'avec prudence.

V. — REMARQUES.

a) On peut reconnaître le taillant ayant effectué un trou donné, comme suit :

Le taillant Z donne un trou à trois rayures hélicoïdales ;

Le taillant croix, un trou cannelé à cinq rayures hélicoïdales ;

Le double burin, un trou rond non rayé, ceci provenant de la dissymétrie des arêtes dans le double burin.

b) Il convient de donner au double burin un cône d'évasement très accentué, sans lequel le burin viendrait rapidement talonner et par suite cesser toute marche normale. L'angle à adopter est de 20°.

Ceci peut être très utile dans les terrains très durs où la croix re-

prendra l'avantage. Ce serait le cas de certaines passées de grès métamorphisé.

c) La vitesse d'avancement d'un marteau, toutes choses égales d'ailleurs, est inversement proportionnelle au carré du diamètre du taillant. Ceci résulterait de ce que la vitesse d'avancement est en proportion inverse de la surface à user, laquelle est proportionnelle au carré du diamètre.

Il faudra donc, pour un diamètre de cartouche donné, rechercher le diamètre minimum à donner au taillant pour que, dans les roches dures et les trous longs, l'usure du taillant permette encore à la cartouche d'entrer.

Un diamètre de 40 millimètres pour les longs fleurets suffit en général pour des cartouches de 30 millimètres. Dans le cas de forte abrasion, on commencera le trou avec un fleuret de 44 millimètres de 0^m,50 ou 1^m,50 afin de pallier à l'usure trop forte du long fleuret de 40.

d) On peut admettre en première approximation que le temps total en salaire nécessaire à la foration d'un mètre de trou (y compris la recherche des fleurets, le changement de fleuret, l'amorçage du trou, etc.) égal à trois fois le temps de foration en minutes d'horloge.

Les deux exemples qui vont suivre permettent de faire une vérification approximative de cette observation. Ils se rapportent au travail de perforation à deux hommes en querelle moyennement dure.

1) *Marteau de 17 kilogrammes.*

Temps de frappe 65'50" (m. t.), soit 131' 40" m. h. p.

Préparation, etc..... 81' —

Total..... 212' 40" m. h. p.

Soit 3 × (65' 50" m. t.) à 7 0/0 près.

2) *Marteau de 25 kilogrammes.*

Temps de frappe 270' m. h. p. pour 29^m,85; soit 9'18" m. h. p. ou 4' 39 m. t par mètre de trou.

Travail global : 402 m. h. p. pour 27^m,80 ou 14' 2" m. h. p. par mètre de trou.

Soit 3 × (4' 39" m. t.) à 4 0/0 près.

Naturellement, ces chiffres diffèrent suivant le soin apporté à l'organisation du travail, mais ils peuvent servir de base à une première étude.

e) Étant donné l'opposition qui se manifeste contre l'injection d'eau, l'évacuation des poussières est un problème très important. Voici quelques-unes des solutions qui ont été apportées à ce problème.

1° Les masques légers, comportant une toile métallique, un tissu ou une éponge.

2^e Aspiration.

Le procédé suivant est utilisé par une mine de Moselle qui fait 10 et 11 mètres d'avancement journalier à trois postes en section de $1^m,80 \times 1^m,50$.

Une tuyauterie d'aérage annexe, comportant un ventilateur aspirant, se termine par un flexible que l'on fait aboutir à l'entrée du trou en cours de foration, ce qui élimine toutes les poussières pour les rejeter dans la galerie en arrière du chantier et dans le courant d'air de retour.

VI. — CAUSE DE DÉTÉRIORATION DES FLEURETS

Les fleurets peuvent se détériorer par rupture ou par usure.

Rupture. — L'usure de la busette du marteau est souvent considérée comme la cause des ruptures de fleurets. Il faut considérer cependant que ce ne peut être qu'une cause déterminante n'ayant d'effet que s'il y a dans la barre une amorce de rupture. Cette amorce peut avoir les origines suivantes :

Rupture dans l'axe AB de la collerette. — Elle est due en général au refoulement donnant aux parois du trou la forme indiquée sur la figure 15. La moindre usure de la busette provoquera un flambage et une rupture en ce point.

Rupture à quelques centimètres de la collerette (CD) ou (D'). — Cette rupture est due généralement à un défaut de traitement thermique ou du forgeage.

Rupture dans la barre. — Cette rupture peut être due à l'usure du taillant qui se met à talonner et à coincer. A ce moment la barre travaille en torsion par suite de la gêne à la rotation et au flambage. Il y a donc intérêt à donner un fort angle au sommet du cône du taillant.

Usure. — *Écaillage de la tête de l'emmanchement.* — Deux causes : piston écaillé; traitement trop sec de l'emmanchement.

Usure du taillant. — Traitement thermique non conforme aux indications précises du fournisseur de l'acier.

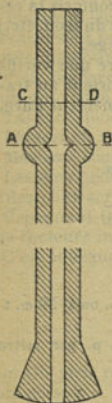


FIG. 15.

VII. — REFORGEAGE ET TREMPÉ DES FLEURETS ET DES AIGUILLES

Généralités. — Lorsqu'on chauffe un acier au carbone on constate que la courbe de température présente un point singulier correspondant à un changement d'état que l'on appelle point de transformation à l'échauffement.

Si on laisse l'acier se refroidir graduellement, le même phénomène se produit en sens inverse.

L'opération de la trempe a précisément pour but de stabiliser l'acier en lui conservant la structure qu'il avait à la fin de la transformation à l'échauffement.

Cette texture a un grain d'autant plus fin que la température à laquelle on a fixé la structure du métal par la trempe est plus rapprochée de la température correspondant à la fin de la transformation.

Cette considération a une très grande importance. En effet, la résistance d'un taillant de fleuret est d'autant meilleure que le grain est plus fin. L'augmentation de la grosseur du grain favorise l'écaillage des taillants et peut même provoquer la rupture des ailes.

Les meilleurs résultats seront donc obtenus en trempant le plus près possible au-dessus du point de transformation à l'échauffement.

Si l'on a chauffé trop haut, on obtiendra un grain plus gros même si l'on a laissé refroidir le fleuret pour le tremper à température correcte, car ce qui détermine la structure du grain, c'est non pas la température à laquelle on trempe, mais la température maxima à laquelle l'acier a été porté avant la trempe.

Le changement de structure correspondant à la transformation du métal ne se fait pas instantanément, de même qu'il ne peut se faire que si tous les points de la masse ont atteint la température voulue.

On comprend donc qu'il soit nécessaire de se réserver une certaine marge en chauffant un peu au-dessus du point de transformation et en laissant l'acier séjourner à cette température pendant un temps appréciable (pour les fleurets de dimensions courantes, on peut compter de une à deux minutes).

Le changement d'état du métal se manifeste par la disparition du magnétisme. On a donc là un moyen de détection qui est employé dans certains fours (Hump-Wild-Barfield) ou appareils (Indicateur magnétique Sullivan).

Pratiquement on pourra juger de la qualité de la trempe des fleurets en examinant les taillants en service :

Un taillant qui se refoule indique une température de trempe trop basse ;

Un taillant qui s'écaille indique que le fleuret a été porté à trop haute température avant la trempe, ce qui ne veut pas dire qu'il était trop chaud quand on a l'a trempé.

La méthode qui consiste à tremper soit à une température trop basse, soit dans un bain de trempe trop peu énergique sous prétexte d'avoir moins de fragilité, n'est pas à conseiller.

La trempe doit toujours être faite à la température correcte dans un bain donnant le refroidissement le plus rapide possible sans provoquer de tapures.

Elle sera suivie d'un *revenu* approprié.

L'opération de revenu a pour but de réduire la dureté de l'acier et d'annuler les tensions internes provoquées par la trempe.

La chaleur nécessaire à l'opération de revenu peut être apportée à la partie trempée de différentes manières. Elle peut par exemple provenir de la partie de la pièce qui a été chauffée mais n'a pas été immergée dans le bain de trempe ou encore d'une pièce relativement massive en forme de bague que l'on place autour de la section que l'on veut faire revenir. Dans ces deux cas on apprécie la température de la partie intéressante de l'outil (taillant par exemple) par la coloration que prend une face préalablement blanchie au moyen d'une pierre ou d'un bâti garni de toile émeri.

Enfin, on peut utiliser des bains de sels (mélange par parties égales d'azotates de potassium et de sodium) dont la température sera contrôlée par un pyromètre.

Lorsqu'un acier séjourne dans un four porté au rouge et dont l'atmosphère est oxydante, ses couches superficielles se décarburent assez rapidement.

Un taillant de fleuret ayant subi une telle décarburation ne pourra, malgré tous les soins apportés à la trempe, donner de bons résultats. Il faut donc apporter la plus grande attention à la chauffe et si possible l'effectuer lentement et progressivement jusqu'au rouge sombre, puis plus rapidement et en atmosphère réductrice dans la zone de température dans laquelle la décarburation est à craindre.

On peut porter sans danger jusqu'à 850°-900° (rouge cerise clair) toute partie qui doit subir un travail de forgeage, mais pour les raisons données plus haut il ne faut jamais « profiter de la chaude de forgeage » pour tremper.

On laissera refroidir complètement le fleuret avant de lui faire subir le traitement de normalisation indiqué plus haut.

Si une partie a été portée accidentellement à 1.000 ou 1.100°, il est possible de la régénérer en la chauffant à 800° puis en l'enfouissant dans le sable chaud pour la laisser refroidir lentement pendant six heures environ.

Si l'on a dépassé la température de 1.200°, l'acier est brûlé et il faut sectionner la barre pour faire disparaître la partie mauvaise.

Règles pratiques. — Nous allons donner quelques règles pratiques résultant des considérations qui précèdent.

Reforgeage et temps des emmanchements :

Pour le reforgeage on ne dépassera pas 850-900°.

a) Pour la trempe, chauffer à 780°-800° jusqu'à environ 1 centimètre de la collerette.

b) Tremper à l'huile froide sur une demi-longueur de l'emmanchement,

c) Laisser revenir au bleu la partie trempée,

d) Plonger toute la partie chauffée dans l'huile froide jusqu'à complet refroidissement.

Reforgeage et trempe des taillants :

Pour le reforgeage on ne dépassera pas 850°-900°.

a) Pour la trempe, chauffer le taillant sur 30 millimètres de longueur à 780°-800°.

b) Tremper le taillant dans un bac contenant de l'eau à 25° sur 8 à 10 millimètres de hauteur.

c) Dès que la partie immergée est devenue noire, sortir le fleuret de l'eau et laisser revenir à 210°-220°.

d) Plonger toute la partie chauffée dans l'huile froide jusqu'à complet refroidissement.

Reforgeage et trempe des aiguilles :

1° Pour le forgeage, ne pas dépasser 950°;

2° Après forgeage, laisser refroidir la pièce complètement et doucement, avant de procéder à la trempe;

3° Chauffer la pointe à 850° sur une longueur de 35 à 40 millimètres;

4° Plonger la pointe sur une longueur d'environ 25 millimètres dans de l'eau froide et laisser l'outil immobile (de façon que la partie non immergée reste chaude). Durée : environ cinq secondes, temps nécessaire au refroidissement;

5° Retirer la pointe de l'eau et polir la partie trempée au moyen d'une grosse toile émeri. Laisser la chaleur de la partie non trempée revenir jusqu'à la pointe;

6° Lorsque la pointe est revenue à 210 à 220°, refroidir rapidement toute la partie chauffée dans de l'eau froide.

REMARQUE. — Pour éviter les ruptures de fleurets.

1° Éviter d'apposer de marques (coups de poinçon, lime, scie, etc.) qui constitueraient des amorces de ruptures;

2° Ne jamais exercer de traction ou abandonner le marteau en marche, pour éviter le travail en porte-à-faux;

3° Tenir les marteaux suffisamment appuyés sur la collerette, c'est-à-dire les emboîter à fond pendant la marche;

4° Employer des taillants toujours bien affûtés (car un taillant qui ne coupe plus, pilonne, fatigue l'ouvrier et provoque des chocs

en retour, amène inévitablement des casses d'emmanchements, ruptures en pleines barres, etc.).

III. — DÉTERMINATION DES TROUS DE MINE ⁽¹⁾ POUR LE CREUSEMENT DES GALERIES

I. Galeries en terrain homogène.

II. Galeries en terrain stratifié.

Bien que l'on ne puisse formuler aucune règle générale pour la disposition la plus favorable qu'il convient de donner aux trous de mine, nous allons passer en revue les dispositions couramment utilisées dans les principaux cas concrets que rencontre le mineur.

En ce qui concerne les dimensions du trou de mine, l'expérience montre que l'on a avantage en général à réduire son diamètre et à augmenter sa profondeur. Les diamètres les plus habituels varient entre 25 et 35 millimètres.

La profondeur du trou dépend de la nature des roches. Elle sera d'autant plus limitée que la roche sera plus dure.

I. — GALERIES EN TERRAIN HOMOGENE

1° Voici quelques exemples de dispositions de trous de mine utilisés pour le percement de galeries en terrain homogène :

Après avoir creusé une sous-cave vers le bas (*fig. 16*) au moyen de cinq ou six mines, on tire une mine plate vers le sol, puis on continue en s'élevant; le front de taille est ainsi toujours dégagé vers le bas. Les coups sont descendants.

2° Après avoir fait sauter la roche à mi-hauteur de la galerie, on continue le dégagement dans la même région par les coups 1, 2, 3, supposés montants (*fig. 17*).

3° Après avoir pratiqué une entaille d'amorce, on dégage le front de taille par le sommet au moyen des coups 1 et 2. Les ouvriers sont alors à l'aise pour forer les trous 3, 4 et 5 qui serviront à l'enlèvement de la banquette inférieure ou stross (*fig. 18*).

4° Pour le percement rapide des galeries, on a recours au tir des

(1) *La technique du mineur*, par M. L. LILLIAD, Université Lille 1

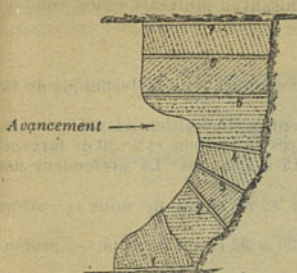


FIG. 16. — Roche homogène.
Dégagement par le bas.

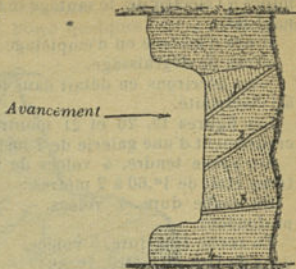


FIG. 17. — Roche homogène.
Dégagement par le milieu.

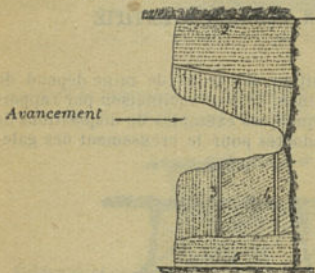


FIG. 18. — Roche homogène.
Dégagement par le sommet.

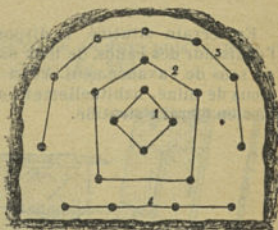


FIG. 19.
Roche homogène tendre.

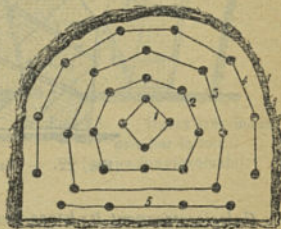
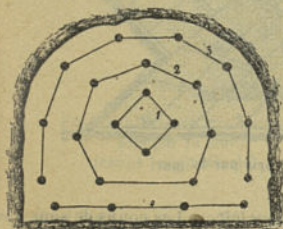


FIG. 20. — Roche homogène dure. FIG. 21. — Roche homogène très dure.

mines à l'électricité; le sautage se faisant en plusieurs séries, comprenant les :

Mines d'amorce ou d'empiétage;

Mines de dégraissage.

Nous décrirons en détail dans le chapitre VIII la technique du tir à l'électricité.

Les figures 19, 20 et 21 montrent la disposition adoptée pour le creusement d'une galerie de 2 mètres de hauteur et 3^m,10 de largeur.

En roche tendre, 4 volées de 15 à 19 coups. La profondeur des trous était de 1^m,60 à 2 mètres.

En roche dure, 4 volées, — 22 à 27 coups de mine —, même profondeur.

En roche très dure, 5 volées, — 30 à 32 coups de mine —, profondeur de trou, 1 mètre, 1^m,20.

II. — GALERIES EN TERRAIN STRATIFIÉ

En terrain stratifié, la disposition des trous de mine dépend de l'épaisseur des bancs, de leur nature, de leur inclinaison par rapport au sens de l'avancement. Voici quelques exemples de dispositions de trous de mine, habituellement adoptés pour le creusement des galeries en terrain stratifié.

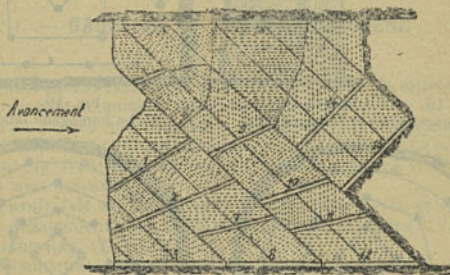


FIG. 22. — Bancs pris par le mur.

Galerie recoupant les bancs du mur au toit. Les coups de sous-cave sont dirigés en montant (fig. 22), ce qui donne une sous-cave haute.

Galerie recoupant les bancs du toit au mur. — On fait un plus grand usage des trous descendants; on place quelques coups en montant

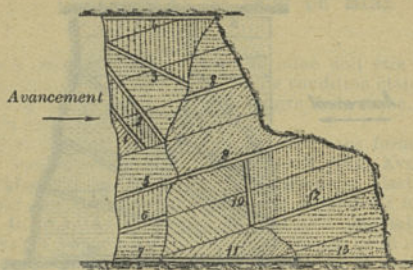


FIG. 23. — Banes pris par le toit (coupe longitudinale).

suivant la stratification, surtout si la roche est dure, puis on abat en couronne et à la sole par des mines plates (fig. 23).

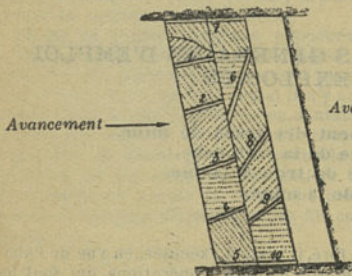


FIG. 24. — Banes très inclinés pris par le mur (coupe longitudinale).

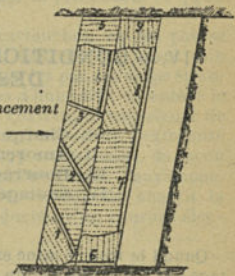


FIG. 25. — Banes très inclinés pris par le toit (coupe longitudinale).

Quand les terrains stratifiés présentent une forte inclinaison, il y a prépondérance de coups montants, quand les bancs sont pris du mur

au toit (*fig. 24*) et, dans le cas contraire (*fig. 25*), on adopte des coups descendants.

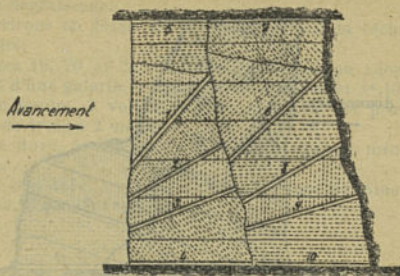


FIG. 26. — Bancs horizontaux (coupe longitudinale).

Bancs horizontaux. — On peut employer la disposition indiquée sur la figure 26.

IV. — CONDITIONS GÉNÉRALES D'EMPLOI DES EXPLOSIFS ⁽¹⁾

- I. Chargement des trous de mine.
- II. Amorçage de la cartouche.
- III. Bourrage du trou de mine.
- IV. Sautage de la mine.

Quand le trou de mine est foré, il reste à exécuter, en vue de l'abatage par les explosifs, un certain nombre d'opérations qui sont les suivantes :

- 1° Chargement du trou de mine;
- 2° Amorçage de la cartouche;
- 3° Bourrage du trou de mine;
- 4° Sautage de la mine.

(1) *Les explosifs dans les mines*, par MARTEL.

I. — CHARGEMENT DU TROU DE MINE

La charge à introduire dans le trou de mine doit être suffisante pour que le coup ne fasse pas canon ; cette condition étant remplie, l'importance de la charge dépend de la nature de la roche, du travail en vue, de la section du front de taille.

On introduit l'explosif dans le trou de mine sous forme de cartouches qui doivent exactement en remplir le fond. Avec certains explosifs (dynamite, par exemple), on profite de la plasticité pour les forcer par une compression légère avec le bourroir à bien garnir le fond du trou. Avec d'autres, au contraire (naphtalite, explosifs chloratés), il importe d'éviter une compression de la charge afin d'assurer sa détonation complète. Il faut alors que le trou soit bien calibré pour que l'explosif y pénètre jusqu'au fond sans être comprimé.

Les explosifs sont livrés à l'état de cartouches. Elles présentent habituellement les dimensions suivantes : hauteur 12 centimètres ; diamètres 25, 28 et 30 millimètres. Elles sont enveloppées le plus souvent de deux enveloppes de papier, l'une qui contient l'explosif et que l'on conserve, l'autre qui sert à protéger la précédente et qu'on enlève au moment du chargement.

Quand la charge comporte plusieurs cartouches, on les pousse successivement dans le trou au moyen du bourroir en ayant soin qu'elles se touchent bien et ne soient pas séparées par des corps étrangers. Quelquefois, surtout quand il n'y a pas d'humidité, on enlève le papier de l'une des extrémités en contact : l'extrémité supérieure de la plus profonde des deux quand le coup est descendant, l'extrémité supérieure la moins profonde quand le coup est montant, de façon qu'il n'y ait pas chute de la matière contenue dans l'enveloppe. Finalement on pousse la cartouche amorcée à laquelle aboutit la mèche, le cordeau détonant, ou les fils conducteurs du courant électrique.

II. — AMORÇAGE DE LA CARTOUCHE

L'explosion de la poudre noire se réalise directement par la combustion de la mèche. Avec elle, il n'y a pas d'amorçage proprement dit. Mais, en général, la détonation des explosifs ne s'obtient que par l'intermédiaire d'une amorce dont la détonation provoquée par l'in-

flammation d'une mèche, ou par un courant électrique, entraîne celle de toute la charge. Cette amorce est fixée à la dernière cartouche introduite dans le trou de mine et qu'on appelle cartouche amorce dans le cas le plus habituel de l'amorçage direct; dans le cas d'amorçage inverse, la cartouche amorce est la première introduite.

Mèches de sûreté. — Les mèches de sûreté, appelées aussi cordons Bickford, sont constituées par une âme en poudre très fine maintenue dans une enveloppe préparée mécaniquement par l'entrecroisement régulier des fils de jute. On les livre généralement par rouleaux de 10 mètres. Elles se présentent sous trois formes différentes entre elles par le guipage qui entoure et protège les fils de jute : blanc, goudronné ou en gutta-percha. Ces dernières sont réservées au tirage dans les trous humides ou sous l'eau. Elles ne doivent pas être conservées longtemps en magasin, car, sous l'influence des variations de la température, la gutta se sèche, se fendille et elles ne gardent plus leur imperméabilité.

Emploi de la mèche pour l'allumage de la poudre noire.

— On coupe une longueur suffisante de mèche pour avoir le temps de se retirer. L'une des extrémités est placée au milieu de la charge de poudre, recourbée ou nouée, de façon à éviter qu'elle ne sorte lorsqu'on poussera la cartouche dans le trou (fig. 27). Avec une ficelle, on attache solidement sur la mèche le papier replié de la cartouche. L'extrémité extérieure de la mèche est un peu détendue au préalable afin de mettre la poudre à nu, ce qui rend l'allumage facile.



FIG. 27. — Chargement avec la poudre noire.

Détonateurs. — Les détonateurs amorcés ou capsules servent par leur détonation à produire une onde explosive capable d'entraîner l'explosion de la charge au contact de laquelle ils sont placés. La substance active du détonateur est le fulminate de mercure. Ce corps, sous l'action d'un choc ou d'une élévation de température, subit une décomposition qui se traduit toujours par une détonation. Il s'altère dès que la température atteint 60°. L'humidité diminue sa sensibilité, et quand l'eau se trouve dans une proportion de 20 0/0, le fulminate ne détone plus. Pour le chargement des détonateurs, on ajoute souvent au fulminate de mercure des substances chloratées ou picratées. L'addition de ces substances diminue le prix des amorces, mais les rend encore plus sensibles à l'action de l'humidité.

On fabrique encore des amorces avec un mélange de fulminate de mercure et de trinitrotoluène. Elles sont moins sensibles aux

chocs et à l'humidité que les amorces au fulminate pur et paraissent plus efficaces pour provoquer la détonation des explosifs à base de nitrate d'ammoniaque.

Le mélange est introduit dans des capsules cylindriques en cuivre dont le diamètre (5 et 6 millimètres) est celui de la mèche, et dont la hauteur (16 à 45 millimètres) dépend de la charge en fulminate. Elles sont désignées par des numéros indiquant leur force d'après le tableau suivant :

Numéros.....	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Charge en gr..	0,3	0,4	0,54	0,65	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

Il est recommandable d'employer des détonateurs suffisamment puissants. On tend de plus en plus à utiliser des détonateurs n^{os} 9 et 10 à charge de 2,5 à 3 grammes de mélange d'acide picrique et fulminate de mercure.

Les capsules en aluminium sont interdites dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses à cause du danger que peut présenter la combustion des particules d'aluminium. Les détonateurs doivent être conservés à l'abri de l'humidité dans des locaux distincts et éloignés de 5 mètres au moins des dépôts de dynamite.

On procède sur le détonateur à des essais relatifs à l'efficacité et à la régularité. Ces essais se font soit par détonation à l'air libre sur une plaque de plomb ou à l'intérieur d'un bloc de plomb sans bourrage.

Emploi de détonateurs pour l'amorçage des explosifs brisants.

— La combustion de la mèche étant incapable de provoquer la détonation des explosifs brisants, on utilise l'action mécanique de l'onde de choc fournie par la détonation d'une amorce.

Nous allons décrire les opérations d'amorçage d'un explosif brisant, la dynamite.

On s'assure qu'il ne reste rien au-dessus du fulminate, mais ce corps étant altérable par l'humidité, on doit éviter de souffler dans la capsule pour chasser un corps étranger. Il ne faudrait pas non plus faire usage d'une tige dure, qui, en grattant sur le fulminate, déterminerait sa détonation. On prend une longueur suffisante de mèche Bickford et l'on rafraîchit l'une de ses extrémités en la coupant normalement à l'axe avec le tranchant d'une pince à sertir. On enfonce alors cette extrémité aussi profondément que possible dans le détonateur. On assujettit solidement la mèche dans la capsule en étranglant la partie supérieure de cette dernière avec le cran de la pince. Il ne faut pas trop serrer cependant, afin de ne pas s'exposer à interrompre la combustion du pulvérin.

On déplie ensuite le papier paraffiné de l'une des extrémités de la cartouche amorce et l'on introduit le détonateur au centre. Il faut avoir bien soin de ne pas laisser dépasser le cylindre de cuivre en dehors de

la pâte cartouche (fig. 28), car si l'on y enfonçait complètement le détonateur, la mèche pourrait brûler un peu de dynamite avant d'atteindre le fulminate. Cette combustion diminuerait l'effet de l'explosif.

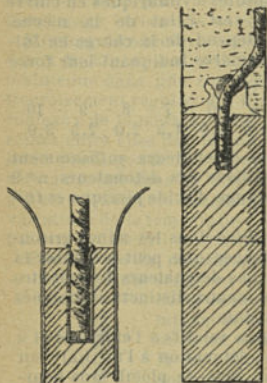


FIG. 28.

Amorçage avec la dynamite.

On replie le papier de la cartouche autour de la mèche et on l'assujettit avec un bout de ficelle, afin que l'amorce ne puisse sortir de la charge. Cette cartouche amorce est alors poussée doucement dans le fond du trou, au-dessous des cartouches simples qui ont pu déjà y être placées.

Pour le tirage sous l'eau, on emploiera de la graisse, ou un mélange de graisse ou de goudron pour préserver le détonateur de l'humidité.

Cordeau détonant. — Au lieu d'effectuer l'amorçage en un point de la charge, il est possible de l'obtenir sur toute la longueur en prolongeant le détonateur ordinaire par un cordeau détonant à enveloppe métallique.

Ce tube est constitué par une âme en trinitrotoluène de 4 millimètres

environ de diamètre, protégée par une enveloppe en plomb, dont le diamètre extérieur le plus habituel est de 6 millimètres. On emploie pour l'amorçage du cordeau un détonateur ayant une charge de 1 gramme de fulminate de mercure. La liaison entre les deux pièces est assurée à l'aide d'une douille en laiton; la capsule est maintenue par une petite couronne mobile de serrage et le cordeau par un léger sertissage.

Il est commode d'employer des cartouches pourvues d'un trou central pour le passage du cordeau; mais il est également possible de provoquer la détonation en disposant extérieurement le cordeau le long de la charge. Ce mode d'amorçage supprime d'une façon certaine les culots et les projections dans les déblais d'explosifs non détonés. Enfin il rend impossible les décompositions anormales.

Rappelons que l'emploi du cordeau détonant n'est pas autorisé dans les mines grisouteuses. Il est généralement réservé aux trous profonds (15 à 80 mètres).

III. — BOURRAGE DU TROU DE MINE

Cette opération se fait au moyen d'un bourroir constitué par une pièce de bois cylindrique sur toute sa longueur, dont la partie inférieure présente un renflement de même forme. Une échancrure longitudinale ménagée dans le bourroir sert de logement soit à la mèche, soit au cordeau détonant, soit au fil conducteur du courant électrique. On l'utilise comme matières de bourrage des poussières non charbonneuses, du sable, de la brique pilée ou de l'argile.

Le bourrage se fait avec précaution au début et on comprime de plus en plus les bourres à mesure que l'on s'éloigne de la charge pour finir par une compression énergique, qui ne porte que sur les parois du trou de mine.

Cette compression progressive du bourrage est particulièrement importante avec certains explosifs, dont l'aptitude à la détonation diminue rapidement quand on les tasse (naphtalites, explosifs chloratés).

Le bourrage doit être suffisamment résistant pour que le coup ne débouffe pas, ou ne fasse pas canon. Il doit être d'autant plus solide que la roche à disloquer est plus dure. Le bourrage doit être plus solide avec les poudres lentes qu'avec les explosifs brisants, car, avec une poudre lente, la pression n'est pas instantanée : elle s'établit d'une manière progressive qui lui permet de repousser le bourrage, s'il n'est pas suffisamment énergique.

En ce qui concerne les prescriptions relatives au bourrage des coups de mine, nous renvoyons le lecteur au Règlement général relatif au tir (articles 170-171).

IV. — SAUTAGE DE LA MINE

Le Règlement Général (articles 173-174) définit les conditions réglementaires pour le sautage des mines.

Ratés, longs-feux, débouurrages. — Lorsque l'allumage d'un coup de mine ne détermine pas l'explosion de la charge, on dit qu'on a un *raté*. Le débouurrage d'un trou de mine est interdit. On doit se conformer aux prescriptions contenues dans le Règlement général (articles 175-176).

Lorsque l'inflammation par la mèche se transmet à la charge avec un certain retard, on dit qu'on a un long-feu. Comme il est impossible de discerner un raté d'un *long-feu*, si un coup de mine n'a pas

fait explosion, on doit agir dans tous les cas comme si le feu n'était pas éteint et se conformer à la prescription de l'article 175.

Lorsque l'explosion ne détermine pas la désagrégation de la roche et provoque seulement la projection de la bourre au dehors, on dit que le coup *débourre* ou *fait canon*. On se conformera, en cas de débouillage, aux prescriptions du Règlement Général (articles 177 et 178).

V. — MONOGRAPHIE DES EXPLOSIFS UTILISÉS EN MILIEUX NON EXPLOSIBLES

I. Poudre noire.

- II. Dynamites. — Dynamite à base inerte.
 — — — Dynamite à base active.
 — — — Altération des dynamites.

III. Explosifs antigel.

- IV. — Favier.
 V. — chloratés.
 VI. — à l'oxygène liquide.

I. — POUDRE NOIRE

La poudre noire est le type d'explosif de mine lent. Elle convient particulièrement au charbon, aux roches tendres et à toutes celles que l'on veut obtenir en gros morceaux. La composition de la poudre noire ordinaire est la suivante :

Salpêtre	62 0/0
Soufre.....	20 0/0
Charbon	18 0/0

La poudre de mine prend feu vers 270°. La combustion d'un kilogramme de poudre dégage 307 litres de gaz mesuré à 0°, et sous la pression de 760 millimètres (soit environ trois cents fois le volume de poudre employée).

Une bonne poudre de mine doit avoir un grain égal, dur et sec et ne laisse aucune trace poussiéreuse sur la main. On ne peut se servir de la poudre quand elle est mouillée, mais en la desséchant avec les précautions nécessaires, on peut lui rendre ses qualités primitives.

L'usage de la poudre noire est interdit (art. 179 du Décret du 13 août 1911) dans les mines grisouteuses, les mines poussiéreuses de première et deuxième catégories, et les quartiers suspects, c'est-à-dire les quartiers où les travaux se dirigent vers des régions mal connues ou connues comme dangereuses.

En ce qui concerne le chargement du trou de mine, l'amorçage ne présente aucune particularité.

Pour augmenter la densité de chargement, c'est-à-dire la quantité d'explosif par unité de capacité du trou de mine, on utilise la poudre comprimée. La figure 29 représente le chargement d'un trou de mine avec la poudre comprimée.

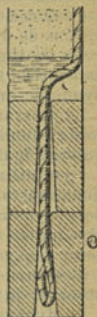


FIG. 29. — Chargement avec la poudre comprimée.

II. — DYNAMITES

On donne le nom générique de dynamites à des mélanges de nitroglycérine avec une substance solide, assez poreuse pour retenir une quantité suffisante de cet explosif. La dynamite est le type de l'explosif brisant. On distingue deux catégories de dynamites.

Dynamites à base inerte, dans laquelle la substance ajoutée à la nitroglycérine, n'a d'autre rôle que de l'absorber.

Dynamites à base active, dans laquelle la substance ajoutée, explosive ou non, utilise la petite quantité d'oxygène en excès qui résulte de l'explosion de la nitroglycérine.

Dynamites à base inerte. — On emploie comme absorbants le kieselguhr, le randanite d'Auvergne et d'autres produits siliceux; on a employé aussi la craie, la brique pilée.

Parmi les dynamites ordinaires, une des plus employées est la dynamite n° 1 contenant :

Nitroglycérine.....	75 0/0
Kieselguhr.....	25 0/0
Densité.....	1,6 environ
Température de détonation.....	2.904°
Puissance au bloc de plomb.....	162

La dynamite se congèle à une température voisine de 6°. Sous l'action prolongée d'une température supérieure à 22°, la dynamite risque de laisser exsuder la nitroglycérine. Dans ces conditions, l'emploi des cartouches devient dangereux.

Allumée à l'air libre, la dynamite brûle tranquillement en donnant

une grande flamme et des gaz nitreux, mais elle détone facilement par l'ébranlement que donne l'explosion d'une cartouche, même placée à une certaine distance, dans un espace clos.

Pour cette raison, il faut avoir soin de ne jamais laisser des provisions de dynamite au voisinage immédiat d'une mine qu'on va tirer.

On provoque la détonation de la dynamite par l'explosion d'une capsule de fulminate. Le bourrage peut être moins énergique avec la dynamite qu'avec les poudres lentes.

La puissance explosive pratique de la dynamite est environ deux fois et demie celle de la poudre noire à poids égal et quatre fois à volume égal.

Dynamites à base active. — Les dynamites à base active sont très nombreuses. On utilise comme substance combustible du charbon de bois (dynamite cellulose) auquel on a proposé d'ajouter du salpêtre (dynamites n° 2, 3 et 4 de Nobel). Mais l'explosif le plus répandu de cette catégorie est la dynamite-gomme.

DYNAMITE-GOMME. — La dynamite-gomme s'obtient en faisant absorber la nitroglycérine par le coton-collodion.

La dynamite-gomme ordinaire a pour composition :

Nitroglycérine	92 à 93
Coton détonitrique.....	8 à 7
Densité	1,6 environ
Température de détonation.....	3205°
Puissance au bloc de plomb.....	155

La dynamite-gomme est généralement d'une couleur jaune miel ; elle ne laisse pas oxyder la nitroglycérine, même sous de très fortes pressions et se congèle très facilement. Elle est inaltérable à l'eau. Elle est insensible aux chocs.

Pour obtenir sa détonation complète, il faut utiliser une capsule extra-forte.

Sa puissance explosive est supérieure à celle de la nitroglycérine. Elle s'emploie avec succès pour les travaux au rocher.

DYNAMITES-GÉLATINES. — On obtient la dynamite-gélatine en faisant absorber la dynamite-gomme par différents corps, en particulier par des nitrates.

DYNAMITES AU DINITROTOLUÈNE. — On emploie depuis quelques années la dynamite contenant 12 à 27 0/0 de nitroglycérine avec incorporation de dinitrotoluène liquide. Ce corps a pour propriété d'atténuer la sensibilité aux chocs des dynamites ne contenant que de la nitroglycérine comme corps nitrés et de les rendre moins sensibles au gel.

L'emploi de ces dynamites n'est pas autorisé dans les mines grisouleuses.

Altération des dynamites. — DYNAMITES GELÉES. — Les cartouches gelées ou incomplètement dégelées ne doivent jamais être employées pour le chargement d'un coup de mine.

Les cartouches gelées seront dégelées soit à l'extérieur de la mine dans des vases spéciaux, ou bain-marie simplement tiède, soit à l'intérieur de la mine dans des dépôts appropriés (Circulaire ministérielle du 21 janvier 1902).

DYNAMITES GRASSES. — Les dynamites portées à une température supérieure à 22° ou soumises à l'action de l'eau risquent d'exsuder la nitroglycérine et par conséquent de devenir dangereuses.

Cette exsudation est mise en évidence par des taches ou des gouttelettes huileuses sur le papier de la cartouche.

Pour détruire des cartouches défectueuses, voici comment on peut opérer pratiquement :

On enlève le papier des cartouches et on les place bout à bout en allumant la première ou une mèche ordinaire. On s'abstient d'employer un détonateur.

On dispose la file de cartouches de manière que le vent tende à éloigner la flamme de la partie intacte pour éviter une combustion trop violente qui pourrait provoquer une détonation.

On peut aussi faire détoner successivement chaque cartouche avec une mèche amorcée.

III. — EXPLOSIFS ANTIGEL

La nitration des glycols donne des produits possédant des propriétés explosives analogues à celles de la nitroglycérine et dont le point de congélation est beaucoup plus bas. On obtient en les mélangeant à la nitroglycérine des explosifs qui ne se congèlent qu'à une température très inférieure à 0° : on les dénomme antigels.

IV. — NAPHTALITES OU EXPLOSIFS FAVIER

Ce sont des mélanges de nitrates avec des composés nitrés de la naphthaline. On emploie comme nitrate le nitrate d'ammoniaque seul, soit additionné de nitrate de potasse ou de nitrate de soude.

Comme composés nitrés de la naphthaline, on emploie la mononitronaphtaline, la binitronaphtaline ou la trinitronaphtaline. Le plus puissant explosif n° 1 présente la composition suivante :

Nitrate d'ammoniaque.....	87,4 0/0
Binitronaphtaline.....	12,6 0/0

Il ne peut être employé en cartouche d'un diamètre inférieur à 25 millimètres. Sous cette réserve, il produit des effets comparables à ceux de la dynamite.

Les poudres Favier utilisées dans les milieux grisouteux sont la grisou-naphtalite-roche et la grisou-naphtalite-couche. Une cartouche de grisou-naphtalite-couche est constituée par de l'explosif à l'état pulvérulent. Avant de s'en servir, on doit ramollir chaque cartouche de grisou-naphtalite-couche par une pression modérée avec les doigts.

Avantages et inconvénients. -- Les explosifs Favier sont caractérisés par une très grande stabilité. Les cartouches ne détonent pas par influence ; elles nécessitent pour la détonation l'emploi du fulminate de mercure. Elles sont insensibles au froid et sensibles à l'humidité, mais reprennent leurs propriétés après dessiccation. Les produits de la combustion ne sont pas toxiques.

Leur faible sensibilité exige des capsules suffisamment énergiques (1^{er}.5 au moins). La sensibilité de cet explosif diminuant considérablement à mesure que sa densité augmente, il faudra avoir soin d'éviter la compression du mélange dans la partie de la cartouche où se trouve le détonateur. Quant à l'ensemble du bourrage, il doit être exécuté d'une façon énergique, mais sans comprimer la charge.

Amorçage. -- A l'un des bouts de la cartouche on relève les bords de l'enveloppe extérieure et l'on pratique au centre un tron profond dans lequel on enfonce le détonateur muni de l'étoupille Bickford. Avec une ficelle, on serre les bords relevés de cette enveloppe pour que la capsule ne puisse pas sortir.

Il faut enfoncer la capsule aussi complètement que possible, en faisant sortir au besoin un peu de naphtalite. De cette façon on préserve la capsule contre les chocs au moment du bourrage.

V. — EXPLOSIFS CHLORATÉS

Ces explosifs, improprement appelés cheddites, présentent les compositions suivantes :

Type 0, N° 5	<table> <tr> <td>Chlorate de soude</td> <td>79 0/0</td> <td rowspan="3">} Coefficient : 0,87</td> </tr> <tr> <td>Dinitrotoluène</td> <td>16 0/0</td> </tr> <tr> <td>Huile de ricin</td> <td>5 0/0</td> </tr> </table>	Chlorate de soude	79 0/0	} Coefficient : 0,87	Dinitrotoluène	16 0/0	Huile de ricin	5 0/0		
Chlorate de soude	79 0/0	} Coefficient : 0,87								
Dinitrotoluène	16 0/0									
Huile de ricin	5 0/0									
Type 0, N° 8	<table> <tr> <td>Chlorate de soude</td> <td>90 0/0</td> <td rowspan="2">} Coefficient : 0,75</td> </tr> <tr> <td>Paraffine</td> <td>10 0/0</td> </tr> </table>	Chlorate de soude	90 0/0	} Coefficient : 0,75	Paraffine	10 0/0				
Chlorate de soude	90 0/0	} Coefficient : 0,75								
Paraffine	10 0/0									
Type 0, N° 14	<table> <tr> <td>Chlorate de soude</td> <td>87,7 0/0</td> <td rowspan="4">} Coefficient : 0,80</td> </tr> <tr> <td>Dinitrotoluène</td> <td>4,3 0/0</td> </tr> <tr> <td>Paraffine</td> <td>7,9 0/0</td> </tr> <tr> <td>Huile de ricin</td> <td>0,1 0/0</td> </tr> </table>	Chlorate de soude	87,7 0/0	} Coefficient : 0,80	Dinitrotoluène	4,3 0/0	Paraffine	7,9 0/0	Huile de ricin	0,1 0/0
Chlorate de soude	87,7 0/0	} Coefficient : 0,80								
Dinitrotoluène	4,3 0/0									
Paraffine	7,9 0/0									
Huile de ricin	0,1 0/0									

Propriétés. — Ils s'enflamment difficilement et brûlent sans explosion. Ils présentent une grande stabilité; ils sont très peu sensibles aux chocs et aux variations de la température.

Leurs effets peuvent varier depuis ceux produits par la poudre noire jusqu'à ceux de la dynamite.

Les produits de la combustion contiennent de l'oxyde de carbone.

Amorçage. — Le diamètre habituel de ces cartouches est de 23, 25, 30 millimètres. Au point de vue du bourrage et de l'amorçage, on doit prendre les mêmes précautions que celles indiquées pour les explosifs Favier.

VI. — EXPLOSIFS A L'OXYGÈNE LIQUIDE

Les explosifs à base d'oxygène liquide sont utilisés en Allemagne et dans les mines de fer de Lorraine. Ils ne doivent pas être employés dans les mines grisouteuses et dans les mines poussiéreuses à poussières inflammables.

Ces explosifs comportent essentiellement :

1° Un carburant qui est l'oxygène liquide;

2° Un combustible qui est un mélange de matières diverses, très oxydables (noir de fumée, sciure de bois, tourbe, farine de liège, de naphthaline, d'aluminium, de magnésium).

Suivant la proportion de ces substances, on réalise une gamme d'explosifs variant par la puissance depuis la poudre noire jusqu'à la dynamite.

Conservation et transport de l'oxygène liquide. — On conserve l'oxygène liquide dans des bidons spéciaux à goulot étroit, toujours ouvert. Les bidons renferment à l'intérieur des vases à double enveloppe dans l'intervalle des parois desquels on a fait le vide barométrique. Entre le vase et la tôle, on interpose une substance calorifuge.

La capacité de ces bidons varie de 25 à 100 litres. Le transport de

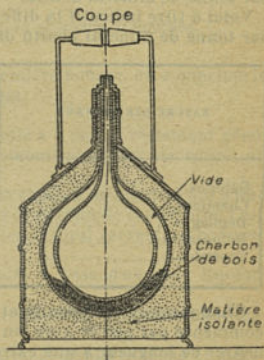


FIG. 30. — Récipient de transport (petit modèle, 5 litres).

l'oxygène liquide à l'intérieur de la mine se fait au moyen de bidons de 5 à 25 litres de capacité (fig. 30).

Les bidons de transport, malgré les précautions apportées à leur manutention, se détériorent rapidement et nécessitent des réparations assez fréquentes, par suite des pertes élevées auxquelles ils donnent lieu.

Les cartouches. — Les cartouches sont constituées par des cylindres de papier fort de 30 centimètres de longueur et de 38 millimètres de diamètre, renfermant un mélange de substances combustibles appropriées. Le poids des cartouches utilisées en Lorraine est de 125 grammes environ.

Les cartouches sont trempées dans des récipients spéciaux appelés bidons de trempage, de capacité variable (3, 5, 10 litres). La durée de l'imprégnation ne doit pas être inférieure à dix minutes et même plus dans le cas de la préparation d'une volée importante.

Le nombre de cartouches trempées pratiquement au chantier par le mineur varie suivant les ouvriers et oscille entre 2 et 3 par litre d'oxygène liquide. On admet dans les mines de fer lorraines une consommation de deux tiers de cartouche et de 0,210 litre d'oxygène liquide (dont 0,150 absorbé par les cartouches et 0,060 de perte) par tonne de minerai abattu.

Voici à titre indicatif la différente consommation d'oxygène liquide par tonne de minerai abattu dans une mine du bassin de Landre :

NATURE DES TRAVAUX	DIMENSIONS	CONSOMMATION d'oxygène liquide par tonne
Galeries.....	3,50 × 4	0,354
Chantiers.....	3,50 × 5	0,201
Dépilages.....	Hauteur 6 mètres	0,087
Défonçages.....		0,141
Ensemble.....		0,125

Chargement, amorçage et sautage des coups de mine. — On commence par percer avec un poinçon en fer un trou de 4 à 5 centimètres de longueur à une extrémité et suivant le grand axe de la cartouche. On introduit ensuite le bout de la mèche dans ce trou, après l'avoir préalablement entaillé jusqu'au pulvérin en quatre ou cinq endroits sur une longueur de 10 centimètres environ. Puis on replie la mèche le long de la cartouche, et avec un bourroir en bois on introduit le tout dans le trou de mine.

Certains mineurs se contentent de pousser la mèche dans le trou

préalablement sans aucun dispositif l'empêchant de glisser et de s'éloigner de la cartouche pendant le bourrage.

Cette pratique n'est pas sans présenter des inconvénients; en effet, en bourrant, le mineur risque, inconsciemment, de laisser la mèche revenir en arrière et il peut arriver que la mèche ne soit plus en contact qu'avec le bourroir : d'où un raté.

Les cartouches gardent leurs propriétés explosives pendant un temps variant de quinze à vingt-cinq minutes. On pousse vite une première bourre constituée par un cylindre de papier rempli de poussière; mais on ne doit pas le tasser pour éviter un débouillage sous l'effort de pression exercé par l'oxygène qui tend à se dégager (fig. 31).

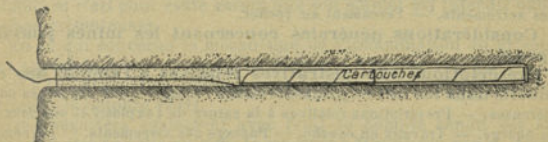


FIG. 31. — Chargement avec deux ou plusieurs cartouches.

A mesure que l'on s'éloigne de la première bourre, on comprime le bourrage de plus en plus énergiquement.

Le tir se fait à la mèche Bickford.

Le nombre de coups par volée est limité à 4 par le règlement général pour le tir à la mèche. Pour un nombre supérieur de coups, on tire à l'électricité.

L'amorce est constituée par une petite capsule de charbon qui s'imprègne d'oxygène liquide au contact de la cartouche et constitue l'allumeur dans lequel viennent plonger les fils qui servent au passage du courant.

Avantages. — 1° L'emploi des explosifs à base d'oxygène liquide permet d'éviter les dépôts coûteux;

2° Les accidents sont moins nombreux avec l'oxygène liquide qu'avec la poudre.

3° Amélioration de l'atmosphère par dégagement d'oxygène et meilleure visibilité après le tir.

Inconvénients. — 1° Impossibilité de les employer dans les mines grisouteuses;

2° Danger d'une combinaison entre l'acétylène et l'oxygène dans les mines utilisant l'éclairage à l'acétylène.

On doit éviter la présence du carbure de calcium à proximité des prises d'air d'alimentation des machines productrices d'oxygène liquide.

VI. — CONDITIONS D'EMPLOI DES EXPLOSIFS EN MILIEUX EXPLOSIBLES (1)

- I. **Considérations générales concernant les mines grisouteuses :** Combustion du grisou. — Retard à l'inflammation du grisou. — Éléments d'appréciation de la sécurité d'un explosif en présence du grisou. — Influence des sels alcalins.
- II. **Prescriptions administratives relatives à l'emploi des explosifs dans les mines grisouteuses :** Travaux en couche. — Passage des serrements. — Percement au rocher.
- III. **Considérations générales concernant les mines poussiéreuses.**
- IV. **Prescriptions administratives relatives à l'emploi des explosifs dans les mines poussiéreuses :** Classification des mines poussiéreuses. — Prescriptions relatives à la nature de l'explosif et aux maxima de charge. — Travaux en couche. — Passage des serrements. — Percement au rocher. — Prescriptions relatives au chargement, au bourrage et à l'allumage.

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT LES MINES GRISOUTEUSES

Combustion du grisou. — Le grisou brûle à l'air quand on l'enflamme en donnant une flamme bleu clair, peu éclairante. Le mélange de grisou et d'air le plus favorable à l'explosion renferme 9,5 0/0 du premier et 90,5 0/0 du second.

La limite inférieure d'inflammabilité est de 6 0/0 de grisou. Au-dessus de 16 0/0, le mélange est simplement combustible. L'inflammation ne s'y propage pas d'elle-même : un corps enflammé introduit à l'intérieur de ce mélange s'y éteint; une étincelle le traversant ne produit pas d'explosion.

Cependant il ne faut pas considérer un mélange grisouteux ayant une teneur inférieure à 6 0/0 ou supérieure à 16 0/0 comme inoffensif dans les mines.

Retard à l'inflammation du grisou. — Le phénomène essentiel qui caractérise la combustion du grisou réside dans le retard à l'inflammation mis en évidence par Mallard et Le Chatelier en 1885.

(1) *Les Explosifs dans les Mines*, par M. MARTIN.

Un mélange grisouteux (de 6 à 10 0/0 de grisou) s'enflamme à 650°. Mais il est nécessaire pour cela qu'une source de chaleur reste en présence pendant une certaine durée. Ce retard à l'inflammation qui est de dix secondes à 650° diminue à mesure que s'élève la température à laquelle on porte le mélange gazeux et n'atteint même plus une seconde à 1.000°.

Il résulte de ce qui précède que la condition nécessaire et suffisante pour l'emploi sans danger d'un explosif en présence du grisou est que la chaleur développée par son explosion soit rapidement dissipée afin que la température en tous points soit amenée au-dessous de 650°, dans un intervalle de temps inférieur au retard à l'inflammation.

La poudre noire ne permet pas d'obtenir un refroidissement semblable, et c'est pour cette raison que son emploi est interdit dans les mines grisouteuses.

En ce qui concerne le mécanisme de l'inflammation du grisou par les explosifs, nous renvoyons le lecteur à l'exposé fait par M. Audibert à la Commission technique du Comité central des Houillères de France (16 octobre 1931).

On consultera également avec fruit le compte rendu des conférences faites aux Stages pour Ingénieurs à Montluçon par M. Audibert en mai 1931, dont le compte rendu a été publié dans la Note technique n° 155, juillet 1931, du Comité des Houillères.

Éléments d'appréciation de la sécurité d'un explosif en présence du grisou. — D'après les expériences effectuées par la Commission française des substances explosives, et relatées par M. Mallard, il résulte que :

• Plus la température de détonation est basse, moins il y a de chance d'allumer le grisou ; mais si l'on peut ainsi diminuer le danger de l'explosion, la sécurité n'est jamais absolue en raison de la complexité et du peu de fixité des phénomènes qui peuvent se présenter dans la détonation des explosifs à l'air libre ; aussi sera-t-il toujours prudent d'éviter le tirage des coups de mines, même chargés avec des explosifs considérés comme les plus sûrs dans un point où le mélange d'air et de grisou est inflammable.

• La sécurité est d'autant plus grande que l'explosif est mieux et plus complètement bourré dans le trou de mine ; elle est d'autant plus grande que la masse d'explosif est moins considérable. Toutes choses égales, la sécurité dépend surtout de la température de détonation de l'explosif... »

Certaines réglementations étrangères, en Allemagne, en Angleterre, aux États-Unis, sont basées sur la détermination de la charge limite de sécurité, c'est-à-dire du poids maximum d'explosif qui peut être tiré dans un coup de mine, sans enflammer le grisou. Les essais se font en plaçant l'explosif dans un canon sans bourrage et en provoquant sa détonation au sein du mélange grisouteux.

En réalité, les résultats obtenus pour l'évaluation des charges limites sont très variables, de sorte que cette méthode appliquée seule ne peut garantir aucun explosif employé sous une charge déterminée, et sera d'une sécurité absolue dans les exploitations grisouteuses.

M. Audibert, après les expériences faites à la galerie d'essais de Montluçon, conclut :

1° Que la charge P_1 peut très bien provoquer des inflammations, alors qu'une charge plus grande P_2 en est incapable ;

2° Que la charge qui n'allume pas le grisou au mortier sans bourrage est capable, au contraire, de l'allumer lorsqu'on la tire dans un trou de mine sous bourrage ;

3° Que la charge limite dépend de la valeur donnée au diamètre de l'encartouchage et de forage.

Aujourd'hui, il n'existe aucune règle uniforme pour caractériser les explosifs de sûreté ; dans chaque cas, la Commission du Grisou détermine les épreuves qu'il convient de faire subir aux nouveaux explosifs proposés.

Influence des sels alcalins et des sels non décomposables dans la charge. — Il résulte des expériences faites à la station d'essais de Liévin, par M. Taffenel et Dautriche, que :

1° Dans les explosifs susceptibles de dégager des gaz combustibles, la présence de sels alcalins s'oppose à la combustion de ces gaz ;

2° Dans les explosifs de sûreté, la présence des sels alcalins augmente leur sécurité en présence du grisou.

Cette augmentation de sécurité obtenue en présence du grisou ne semble pas se retrouver en présence des poussières inflammables.

Le sel généralement employé est le salpêtre (nitrate de potasse), et l'on recommande d'utiliser comme explosif-couche dans les mines grisouteuses ceux dans la composition desquels le nitrate de potassium entre pour une proportion de 5 0/0.

Influence des enveloppes de charges. — L'expérience de la station d'essais de Liévin a montré qu'en enlevant l'enveloppe extérieure des cartouches en papier paraffiné, on augmente notablement la sécurité des explosifs anti-grisouteux.

Influence du bourrage. — Un bon bourrage élève la charge limite pour un explosif déterminé.

Gain de sûreté. — L'accroissement de sécurité que peut donner l'intervention de poussières incombustibles au moment de l'explosion a revêtu une forme pratique par l'emploi d'une enveloppe en matière extinctrice de composition spéciale qui entoure la cartouche. Cette gaine de sûreté imaginée par Lemaire est entrée en Belgique dans la pratique courante des mines grisouteuses et poussiéreuses.

II. — PRESCRIPTIONS ADMINISTRATIVES RELATIVES A L'EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES GRISOUTEUSES

Les prescriptions relatives à l'emploi des explosifs dans les mines grisouteuses sont édictées par la réglementation générale sur l'exploitation des mines de combustibles (décret du 13 août 1911 modifié et complété par les décrets portant les dates suivantes : 25 septembre 1913 ; 8 septembre 1921 ; 1^{er} mars 1928 ; 22 octobre 1929 ; 30 juillet 1930 ; 9 août 1930 et 18 avril 1931).

Travaux en couche. — Actuellement les explosifs autorisés dans tous les travaux de mines grisouteuses sont deux types de grisou-dynamite-couche, et deux types de grisounaphtalite-couche. Les charges maxima de ces explosifs par coup de mine sont ainsi fixées :

Trou foré dans le charbon : 500 grammes.

— la pierre (compris les toits et les murs des couches) :
1.000 grammes.

Passage des serrements. — Deux types de grisou-naphtalite-roche, et deux types de grisou-dynamite-roche sont autorisés pour les percements au rocher et ses passages de serrements.

La charge par coup de mine ne doit pas excéder 1.000 grammes. Ils ne peuvent être employés ni au charbon, ni pour le sautage des murs ou des toits.

Percements au rocher. — La dynamite-gomme ordinaire, la dynamite-gomme à la potasse, ainsi que l'explosif Favier n° 1 peuvent être employés avec une charge maximum de 1.000 grammes dans les travaux de percement au rocher autres que les passages de serrements.

La prescription relative à l'amorçage, au chargement, au bourrage et à l'allumage sont contenues dans les articles 179, 181, 182 du Règlement général.

III. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT LES MINES POUSSIÉREUSES A POUSSIÈRES INFLAMMABLES

A la suite de la catastrophe de Courrières (Pas-de-Calais), le 10 mars 1906, M. Taffanel, Ingénieur en chef des mines, a procédé à l'étude systématique du mécanisme de l'inflammation des poussières.

De nouvelles études ont été entreprises par M. Audibert, Ingénieur en chef des mines, à la station d'essais de Montluçon. Voici les conclusions qu'il est possible de tirer actuellement de ces travaux.

Les poussières des charbons riches en matières volatiles sont les plus dangereuses.

Les poussières les plus fines sont les plus dangereuses.

Si les poussières de houille sont humidifiées, elles sont moins dangereuses, mais il faut une quantité d'eau supérieure au poids de poussières pour arrêter les explosions provoquées par la détonation même de la très faible charge de dynamite-gomme.

Si les poussières de houille sont mélangées de poussières incombustibles (craie, schiste pulvérisé, etc...); elles sont moins dangereuses, mais il faut un *taux énorme* de matières stériles pour neutraliser les poussières.

IV. — PRESCRIPTIONS ADMINISTRATIVES RELATIVES A L'EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES POUSSIÉREUSES A POUSSIÈRES INFLAMMABLES

Classification des mines poussiéreuses. — La réglementation se trouve contenue dans les documents déjà indiqués pour les mines grisouteuses, dans l'importante circulaire ministérielle du 10 janvier 1928. La classification des mines poussiéreuses est prévue par le décret du 13 août 1911.

Art. 141. — « Les mines de combustibles sont classées en trois catégories, suivant les dangers qu'elles présentent en raison des poussières. »

Aucune règle précise ne termine ce classement.

La circulaire ministérielle du 20 février 1912 donne cependant quelques indications à cet égard : « On pourra admettre qu'une mine est à classer dans la première catégorie, si les dépôts de poussière y sont tels qu'un coup de mine tiré sans bourrage, dans des conditions comparables à celles des essais de Liévin, est susceptible d'y engendrer un coup de poussière généralisé.

Le classement en troisième catégorie doit être réservé aux mines où les poussières ne peuvent pratiquement donner lieu à l'explosion. La deuxième catégorie convient aux situations intermédiaires. »

Prescriptions relatives à la nature de l'explosif et au maxima de charge. — L'emploi de la poudre noire est interdit dans les mines poussiéreuses de première et deuxième catégories.

Travaux en couche. — Les explosifs autorisés et leur charge maxima sont les mêmes que pour les mines grisouteuses. Pour les prescriptions particulières à l'emploi de ces explosifs, on se référera à l'arrêté ministériel du 27 février 1912.

D'après cette circulaire :

« Dans les mines poussiéreuses de première et deuxième catégories,

« des précautions spéciales doivent être prises pour neutraliser les
 « poussières par arrosage ou schistification toutes les fois qu'il existe
 « une accumulation de charbon ou un dépôt de poussières à une
 « distance du coup, inférieure à 15 mètres, et dans sa direction, à
 « moins que les poussières ne soient naturellement suffisamment
 « humides ou suffisamment mélangées à des matières stériles pour
 « ne pouvoir engendrer une explosion.

La circulaire ministérielle du 10 janvier 1928 fait observer que la seule méthode véritablement efficace de neutralisation au voisinage des coups de mine est l'arrosage avant le tir. Cet arrosage doit de préférence être obtenu par projection du liquide à la lance.

Passages des serrements. — Percements au rocher.

L'arrêté ministériel du 27 février 1912 contient les prescriptions à suivre pour l'exécution de ces travaux. Les explosifs autorisés et leur charge maxima sont les mêmes que pour les mines grisouteuses.

Prescriptions relatives au chargement, au bourrage et à l'allumage. — L'article 181, du Règlement général, concernant le rôle des boutefeux, est applicable aux mines poussiéreuses des première et deuxième catégories. Le tir électrique n'est obligatoire que lorsqu'on tire plus d'un coup de mine à la fois. On ne doit pas employer dans ces mines des détonateurs en aluminium.

VII. — MONOGRAPHIE DES EXPLOSIFS UTILISÉS EN MILIEUX EXPLOSIBLES

I. Les grisounaphtalites.

II. Les grisodynamites.

Les explosifs anti-grisouteux employés actuellement en France dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses sont les grisounaphtalites et les grisodynamites.

I. — LES GRISOUNAPHTALITES

Les grisounaphtalites les plus employés sont des naphalites contenant de fortes proportions de nitrate d'ammoniaque, de manière à avoir une température de détonation assez basse et à pouvoir être employés sans danger dans les mines grisouteuses et poussiéreuses.

On distingue les grisounaphtalites-couches et les grisounaphtalites-roches. Pour chacune de ces catégories, il existe deux compositions avec ou sans salpêtre :

Grisounaphtalite-couche sans salpêtre :

Trinitronaphtaline	5 0/0
Nitrate d'ammoniaque	95

Grisounaphtalite-couche avec salpêtre :

Trinitronaphtaline	5 0/0
Nitrate d'ammoniaque	90
Nitrate de potasse	5

Grisounaphtalite-roche sans salpêtre :

Binitronaphtaline	8,5 0/0
Nitrate d'ammoniaque	91,5

Grisounaphtalite-roche avec salpêtre :

Binitronaphtaline	8,5 0/0
Nitrate d'ammoniaque	86,5
Nitrate de potasse	5

Pour éviter les déflagrations fusantes de ces explosifs, la Commission des substances explosives propose :

- 1° Le bourrage soigné des trous de mine forés en couche ;
- 2° La suppression des bourrages exagérés pouvant écraser les cartouches et les mélanger au charbon ;
- 3° Le renforcement des amorçages.

II. — LES GRISODYNAMITES

Elles sont constituées par des mélanges de nitroglycérine et de nitrate d'ammoniaque absorbés par une dynamite-gomme. On distingue les grisodynamites-couches et les grisodynamites-roches. Pour chacune de ces catégories, il existe deux compositions, l'une avec salpêtre, l'autre sans salpêtre.

Grisodynamite-couche sans salpêtre :

Nitroglycérine.....	12,0 0/0
Coton azotique.....	0,5
Nitrate d'ammoniaque	87,5

Grisodynamite-couche avec salpêtre :

Nitroglycérine.....	12,0 0/0
Coton azotique.....	0,5
Nitrate d'ammoniaque	82,5
Nitrate de potasse.....	5,0

Grisoudynamite-roche sans salpêtre :

Nitroglycérine.....	29 0/0
Coton azotique.....	1
Nitrate d'ammoniaque.....	70

Grisoudynamite-roche avec salpêtre :

Nitroglycérine.....	29 0/0
Coton azotique.....	1
Nitrate d'ammoniaque.....	65
Nitrate de potasse.....	5

Grisoudynamites antigel. — Dans le grisoudynamite-couche et le grisoudynamite-roche avec salpêtre, la nitroglycérine peut être remplacée par une fraction comprise entre le cinquième et le quart de son poids par du dinitroglycol.

Les conditions d'emploi dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses de chacun de ces explosifs antigel sont les mêmes que pour l'explosif ordinaire correspondant.

VIII. — TIR DES MINES PAR L'ÉLECTRICITÉ

- I. **Les exploseurs :** Conditions que doivent remplir les exploseurs. — Exploseurs Paul Gounon. — Exploseurs boutefeux.
- II. **Les amorces :** Constitution. — Amorces à étincelle et amorces à fil. — Amorces électriques à retard.
- III. **Les conducteurs :** Disposition des circuits. — Précautions que doit prendre le boutefeux pour le tir électrique.

Le tirage électrique est le mode normal exigé pour tous les tirs dans les exploitations grisouteuses et pour chaque tir de plus d'une mine dans les exploitations poussiéreuses de première et deuxième catégories.

Il est obligatoire dans les autres exploitations, toutes les fois que l'on tire simultanément plus de quatre coups de mine.

Avantages. — 1° Il permet d'obtenir la simultanéité absolue des coups dans le tir par volée ;

2° Il permet de supprimer la gerbe d'étincelles que produit l'extrémité de la mèche au moment de l'allumage ;

3° Ce mode de tirage ne donne jamais de long feu ;

4° L'emploi de l'électricité permet le tir à grande distance ;

5° La suppression des mèches réduit l'inconvénient des fumées ;

6° C'est le meilleur procédé pour le tirage sous l'eau.

Inconvénients. — 1° Le danger des étincelles dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses. On l'évite par l'emploi de courants à faible tension ;

2° Le danger éventuel de l'électricité atmosphérique ou de courants vagabonds qui peuvent faire sauter intempestivement des mines chargées. On les évite en employant des câbles conducteurs isolés ou séparés ;

3° Complexité relative de son emploi et le prix de revient plus élevé de chaque coup.

1. — EXPLOSEURS

Les exploseurs constituent la source d'électricité nécessaire au tirage électrique. On distingue deux groupes d'exploseurs :

1° Les machines électrostatiques ;

2° Les machines d'induction, qui se distinguent elles-mêmes en exploseurs basés sur l'induction électrique et en exploseurs basés sur l'induction magnétique.

Conditions que doivent remplir les exploseurs employés dans les mines grisouteuses. — Les exploseurs sont soumis à une prescription applicable à toutes les mines de combustibles et autres, à savoir que l'organe de manœuvre doit être à la disposition exclusive du surveillant ou de l'ouvrier préposé au tir, qui ne le mettra en place qu'au moment d'allumer les coups. Mais ceux qui servent dans les mines grisouteuses doivent en outre satisfaire aux conditions prévues pour le matériel de sécurité de l'article 218 du décret du 30 juillet 1930, modifiant le Règlement Général du 13 août 1911.

Exploseur Paul Gounon (anciennement Gomant). — Cet appareil, construit primitivement par Charles Gomant (d'où la désignation d'exploseur dynamo C. G.) est un exploseur à basse tension et sert pour les amorces à fil. Il se compose essentiellement :

1° D'un induit T avec enroulement à tambour (genre Siemens) ;

2° D'un inducteur I formé par un électro-aimant dont le fil est en dérivation sur le circuit principal (dynamo à excitation dérivée) ;

3° D'une détente automatique ;

4° D'un contrôleur de ligne.

La détente automatique a pour but de ne laisser passer le courant dans la ligne qu'au moment où il atteint une puissance suffisante : on évite ainsi les ratés provenant des différences de sensibilité des amorces. Ce résultat est obtenu au moyen d'un déclancheur automatique.

Exploseur boute-feu de la Société d'explosifs et de produits chimiques. C'est encore un exploseur à basse tension convenant

aux amorces à fil. Il consiste en une petite dynamo à excitation en série.

La figure 32 montre schématiquement le parcours suivi par le courant. De l'induit T, le courant passe, par le balai B, dans les spires inductrices II, puis arrive à la borne positive P; il franchit la ligne extérieure E sur laquelle sont disposées les amorces, atteint la borne négative N et revient à l'induit par le balai B'.

L'appareil est renfermé dans une boîte en chêne ou en aluminium. Sur la face supérieure sont placées les bornes P et N de prise de courant. L'une des faces latérales présente une ouverture dans laquelle passe la clé manette M qui doit actionner le moteur électrique. Cette ouverture est la seule de la boîte; une douille métallique, parfaitement ajustée sur l'arbre moteur, empêche d'ailleurs toute communication entre l'espace clos du moteur électrique et l'atmosphère de la mine.

Le circuit des amorces étant prêt, on relie les extrémités des conducteurs aux bornes P et N on introduit dans son logement la clé-manette M (qui doit toujours être conservée par l'agent chargé de l'allunage) et, pour déterminer l'explosion des mines, il suffit de tourner la clé d'un tiers de tour environ.

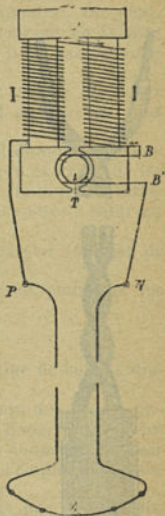


FIG. 32. — Schéma de la distribution générale dans l'exploseur « boute-feu ».

II. — LES AMORCES

Constitution. — Les amorces sont constituées par de petits cylindres en métal ou en carton rendu incombustible pour les mines à grisou, dans lesquels on introduit une poudre, d'une composition propre à chaque fabricant. Cette poudre ne doit pas avoir une trop grande aptitude à la détonation, afin d'éviter une explosion prématurée de la capsule, notamment sous l'effet des secousses du bourrage. Sa combustion suffit pour déterminer directement la déflagration d'une cartouche de poudre noire, mais ne produit la détonation des explosifs brisants que par l'intermédiaire d'une capsule de fulminate. Le fulminate se trouve, soit dans le même cylindre (*fig. 33*), soit dans un détonateur que l'on met en relation avec la petite cartouche contenant la

poudre spéciale, au moyen d'un étui appelé porte-détonateur. Dans ce dernier cas, c'est le boute-feu qui fixe le détonateur au moment de faire l'amorçage.

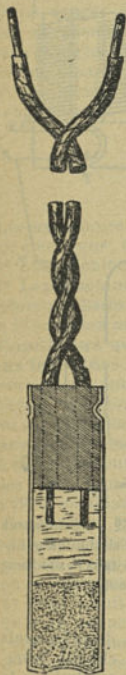


FIG. 33. — Amorce électrique à fil.

Amorces à étincelle et amorces à fil. — L'allumage de cette poudre spéciale se produit à une température de 200 à 300°. L'énergie calorifique nécessaire peut être obtenue de deux façons :

1° Par une étincelle qui jaillit entre les extrémités des fils conducteurs ; les amorces basées sur ce principe sont appelées amorces à étincelle ou amorces de tension. Elles exigent des courants à haute tension, qui ne doivent pas être employés dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses ; elles présentent l'avantage d'un prix moins élevé que les amorces à fil, mais elles sont d'une régularité moins sûre, car le passage de l'étincelle dépend de l'écartement des fils conducteurs, dont le réglage est délicat, et de la conductibilité de la poudre spéciale ; cette difficulté d'obtenir des capsules absolument identiques est un inconvénient pour le tir par volée ;

2° Par l'incandescence d'un fil, qui réunit les extrémités des conducteurs (*fig. 33*). C'est pourquoi les amorces à fil sont appelées quelquefois amorces de quantité.

Les amorces sont bouchées par un corps isolant (bois, verre, soufre, caoutchouc durci), traversé par deux fils de cuivre qu'on isole électriquement en les recouvrant de gutta-percha, ce qui permet de les tordre ensemble en un cordon dont les deux brins sont mis en communication avec les conducteurs.

Pour le bourrage, il faut avoir soin de ne pas employer des matières trop dures qui pourraient dénuder le fil et créer des courts-circuits, d'où résulteraient des ratés.

Dans les mines grisouteuses, les bouchons, comme toutes les parties de l'amorce, doivent être constitués par des substances naturellement incombustibles ou par des substances dont l'incombustibilité est obtenue artificiellement.

Nous avons vu que l'inflammation de la poudre spéciale était déterminée par l'incandescence du fil de pont au sein de cette poudre. On conçoit dès lors que dans un tir par volée les fils de pont de toutes les amorces devront avoir la même résistance, sinon les fils

les moins résistants ne seraient pas arrivés au rouge quand les autres auraient déterminé l'explosion de leur capsule, et, par suite, rompu le circuit : il en résulterait des ratés. On évite cet inconvénient en employant des amorces fabriquées par des usines sérieuses où elles sont contrôlées avant la livraison (avec un ohmmètre). On peut, d'ailleurs, vérifier chaque fois le circuit avant le tirage, en faisant passer au courant très faible ; cette vérification n'est pas possible avec les amorces à étincelle.

En raison des avantages qu'elles présentent, et malgré leur prix plus élevé, les amorces à fil sont d'un emploi de plus en plus répandu.

Des accidents se sont produits par suite du fonctionnement intempestif des détonateurs sous l'influence d'une traction exercée sur les fils. Avec des précautions très simples, on peut diminuer notablement les efforts que les fils des détonateurs sont exposés à subir au cours des manipulations, savoir :

Vérification des détonateurs au moment de l'emploi et rejet de ceux dont les fils sont mal assujettis ;

Forage des trous de mine à un diamètre suffisant pour que les cartouches y pénètrent sans difficulté ;

Curage soigné des trous de mine ;

Emploi de l'amorçage direct ;

Introduction de la cartouche au moyen d'une tige de bois de diamètre très inférieur à celui du trou, et sans choc.

Amorces électriques à retard. — A l'exclusion des mines grisouteuses et poussiéreuses, où ce dispositif serait dangereux, il peut être avantageux, dans certains cas, d'utiliser des coups de dégagements pour obtenir un meilleur rendement dans l'emploi des explosifs.

On réalise le sautage d'un ensemble de mines par groupes distincts, au moyen des amorces à retard.

Une amorce à retard est constituée par un tube de cuivre qui contient à la fois un détonateur, un relai de détonation composé d'un comprimé de poudre spéciale, et d'une tête allumante.

Lorsque l'on veut tirer une série comprenant les amorces instantanées et plusieurs retards, on réunit les fils de toutes les amorces en série dans un ordre quelconque.

La figure 34 indique la disposition des volées adoptées pour le creusement d'une galerie.

Précautions particulières. — L'enveloppe de papier de la cartouche qui sert d'amorce étant ouverte à l'une de ses extrémités, on introduit l'amorce à retard dans la cartouche, de telle façon que le tube de l'amorce ne soit pas apparent ; le papier de la cartouche doit être ensuite replié et fortement tiré autour des fils de l'amorce.

La cartouche amorcée doit être introduite dans le trou de mine

avec précaution et amenée au contact de la charge sans être comprimée; l'extrémité de la cartouche d'où sortent les fils d'amorce doit

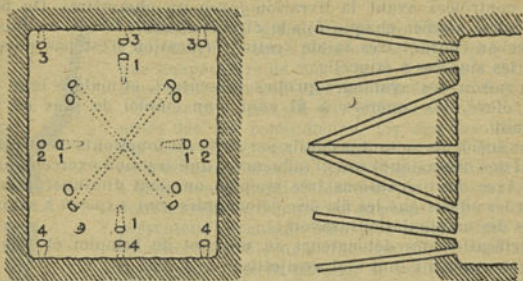


FIG. 34. — Sautage en galerie par amorce à retard.

être retournée vers l'orifice du trou de mine, suivant le principe de l'amorçage direct (fig. 35).

La première partie du bourrage doit être simplement posée sur la

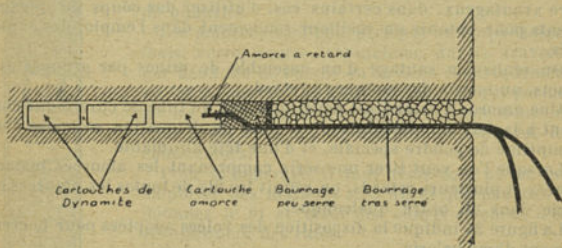


FIG. 35.

charge; puis, à mesure que l'on s'éloignera de l'amorce, on rendra le bourrage de plus en plus énergétique.

III. — LES CONDUCTEURS

Les conducteurs sont des fils de fer ou de cuivre reliant les explosifs aux amorces. On prend comme diamètre 1^{mm},5 pour le cuivre et 2 millimètres pour le fer. Pour des diamètres supérieurs, il est préférable de prendre un cordon formé par plusieurs fils fins.

Les fils de ligne sont généralement fixés au boisage et il faut prendre soin d'éviter tout contact avec les parties métalliques.

Lorsque l'on se sert des conducteurs nus, il est bon de les fixer sur chacun des côtés de la galerie pour éviter des courts-circuits, dus aux eaux coulant le long des parois.

Pour les amorces à fils nécessitant des courants de grande intensité et dont la résistance est d'un ohm environ, on prend des conducteurs de faible résistance et en rapport avec celle de l'amorce.

Pour les amorces à étincelle, dont la résistance atteint plusieurs milliers d'ohms nécessitant des courants à tension élevée et de faible intensité, la section des conducteurs peut être plus petite, en raison de la différence de la résistance des amorces à fils et des amorces à étincelles ; il est possible de se servir dans le premier cas de conducteurs nus et il conviendra de recourir dans le deuxième cas aux conducteurs isolés.

Le décret du 30 juillet 1930 modifiant le Règlement général du 13 août 1911 sur les mines de combustibles, contient, exception faite des tirs dans les puits et descenderie en fonçage, les prescriptions relatives au tir à l'électricité.

Elles interdisent, en particulier, « dans l'intérieur d'un circuit d'allumage, d'employer la terre comme partie du circuit ».

Disposition des circuits. — *Disposition dite en série ou en tension.* — Cette disposition présente l'avantage de donner un

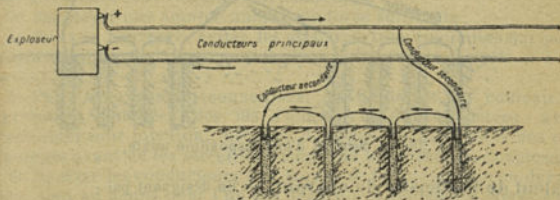


FIG. 36. — Schéma de la disposition en série.

courant de même intensité dans toutes les amorces ; de réduire

au minimum les longueurs des conducteurs secondaires et de n'exiger que des liaisons très simples des fils 2 à 2. Elle présente l'inconvénient d'exiger, pour les basses tensions, un exploseur plus puissant qu'avec la disposition en dérivation (fig. 36).

Disposition dite en dérivation ou en quantité. — Cette disposition ne convient pas en général aux amorces à étincelles, parce que

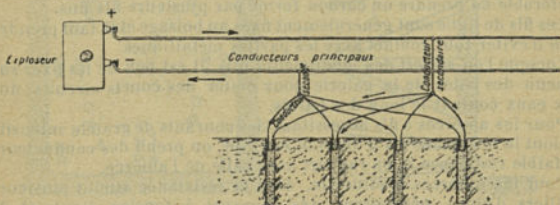


FIG. 37. — Schéma de la disposition en dérivation.

chacune d'elles reçoit un courant trop faible. De plus, comme ces amorces ont des résistances différentes, l'étincelle pourrait jaillir dans la moindre résistance sans que les autres soient allumées, ce qui occasionnerait des ratés. Elle présente, en outre, l'inconvénient de nécessiter de nombreux raccords (fig. 37).

Disposition mixte ou série parallèle (fig. 38).

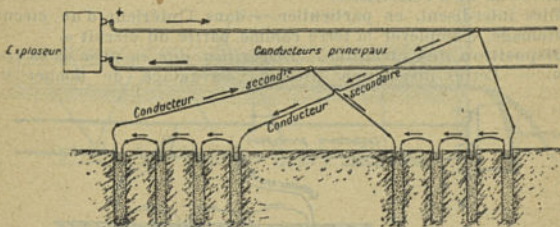


FIG. 38. — Schéma d'une disposition mixte.

Calcul de l'intensité du courant. — En désignant par :

E , la force électromotrice de l'explosiveur en volts ;

r_e , la résistance de l'explosiveur ;

r_c , celle des conducteurs ;

r_a , celle des amorces ;

les intensités, suivant le montage, sont données par la relation :

$$i = \frac{E}{r_e + r_c + 4r_a},$$

$$i = \frac{E}{r_e + r_c + \frac{r_a}{4}},$$

$$i^r = \frac{E}{r_e + r_c + \frac{4r_a}{2}}.$$

Connaissant les diverses résistances, la force électromotrice de l'exploseur et l'intensité nécessaire pour l'inflammation de chaque amorce, on pourra, au moyen des formules précédentes, déterminer le groupement le plus avantageux pour un tir par volées.

Choix du groupement. — Avec les exploseurs actuels, le montage en série est toujours plus avantageux. Il est exclusivement adopté dans les mines grisouteuses. Le montage mixte peut être parfois avantageux lorsqu'on emploie des accus, des piles, ou le courant d'une distribution électrique,

IV. — PRÉCAUTIONS QUE DOIT PRENDRE LE BOUTE-FEU POUR LE TIRAGE ÉLECTRIQUE

1° Acquérir, au préalable, une pratique suffisante des exploseurs pour obtenir, du premier coup, le maximum d'effet;

2° Assujettir solidement dans la cartouche-amorce un détonateur dont les fils soient assez longs pour émerger ensuite de 15 à 20 centimètres en dehors du trou de mine; après leur liaison avec les conducteurs, ces fils devront être suffisamment lâches pour qu'on n'ait pas à craindre leur retrait du détonateur;

3° Employer une amorce unique, de force suffisante;

4° Dans le bourrage, éviter les matières trop rugueuses qui pourraient dénuder les fils, exposant ainsi à des courts-circuits et à des ratés;

5° Faire avec soin les connexions, en nettoyant au couteau les extrémités dénudées des fils d'amorce et du conducteur, avant d'effectuer leur jonction; nettoyer de même les extrémités des conducteurs avant de les serrer fortement sur les bornes de l'exploseur;

6° Ne fixer les conducteurs aux bornes de l'exploseur qu'en dernier lieu, tout au moins pour l'un des deux fils et seulement après s'être assuré que tous les ouvriers sont à l'abri;

7° Veiller à ce que les extrémités des fils ne sortent pas trop des

bornes, car leur rapprochement pourrait produire un court-circuit au moment de la mise à feu ;

8° Ne jamais employer la terre comme partie du circuit ;

9° Si le courant est emprunté au réseau général de la mine, garder soigneusement la clé de la boîte dans laquelle sont placés la prise de courant et l'interrupteur : quand on a ménagé des coupures de lignes pour éviter les départs inopinés, sous l'influence de l'électricité atmosphérique, ne faire les raccords que lorsqu'on veut effectuer le tir ;

Si l'on se sert d'un exploseur, ne mettre en place l'organe de manœuvre qu'au moment d'allumer les coups ;

10° Lorsqu'on doit tirer plusieurs mines à la fois, ne jamais mettre en charge plus de 60 0/0 du nombre des amorces que l'exploseur est capable de faire détoner quand on l'essaie avec des conducteurs traînant sur le sol et des amorces à l'air libre ;

11° Dans les exploitations souterraines où l'on emploie des courants à haute tension, vérifier l'isolement parfait des conducteurs destinés aux sautages, surtout si l'on a des amorces à étincelles, et ne jamais les laisser traîner sur le sol ;

12° En cas de raté, vérifier les connexions aux bornes. Si les essais sont infructueux, enlever les fils des bornes, emporter l'exploseur ou sa clé de manœuvre, déconnecter les fils d'amorce et vérifier le circuit.

IX. — CONSERVATION DES EXPLOSIFS

I. **Prescriptions administratives :** Réglementation. — Classification des dépôts.

II. **Les dépôts enterrés.**

III. **Les dépôts souterrains :** Dépôts souterrains de dynamite. — Aménagement des dépôts souterrains. — Conservation momentanée des explosifs à proximité des chantiers.

IV. **Les dépôts de détonateurs.**

I. — PRESCRIPTIONS ADMINISTRATIVES

Réglementation. — La réglementation actuellement en vigueur pour les approvisionnements d'explosifs est toute entière contenue dans les textes suivants.

Décret du 20 juin 1915, modifié par les décrets des 17 mars 1921, 2 février 1928 et 1^{er} septembre 1930, réglementant la conservation, la

vente et l'importation des dynamites et autres explosifs à base de nitroglycérine :

Décret du 20 juin 1915, modifié par les décrets des 2 février et 1^{er} septembre 1928, réglementant la conservation, la vente et l'importation des diverses substances explosives, autres que celles à base de nitroglycérine :

Arrêté ministériel du 15 février 1928, remplaçant l'arrêté du 1^{er} avril 1919 qui réglementait les conditions techniques générales auxquelles sont soumis l'établissement et l'exploitation de substances explosives destinées à être employées à des travaux de mines ;

Arrêté ministériel du 15 avril 1919, réglementant les conditions dans lesquelles les substances explosives provenant des dépôts, permanents ou temporaires, régulièrement autorisés, peuvent être placées momentanément à proximité des chantiers où elles doivent être utilisées.

L'autorisation d'établir et d'exploiter un dépôt est accordée par le préfet du département, ou par le préfet de police à Paris et dans les communes soumises à son autorité, ou par le préfet du Rhône dans le département du Rhône et dans les autres communes de l'agglomération lyonnaise. L'acte institutif indique les conditions auxquelles doit satisfaire chaque dépôt.

Classification des dépôts. — Les dépôts peuvent être permanents ou temporaires.

Est considéré comme permanent, tout dépôt qui a été autorisé sans limitation de durée et dont l'approvisionnement peut être renouvelé sans autorisation nouvelle.

Est considéré comme temporaire, tout dépôt dont l'établissement a été autorisé pour une durée limitée et dont l'approvisionnement ne peut être renouvelé que si la nature et les quantités des substances explosives existant dans le dépôt sont toujours comprises dans les limites de l'arrêté d'autorisation.

Est assimilé à un dépôt permanent l'approvisionnement des substances explosives dans un débit.

Dépôts permanents. — Les dépôts permanents sont divisés en trois catégories suivant les quantités de substances explosives qu'ils peuvent recevoir, définis par l'arrêté ministériel du 15 février 1928.

Aux termes de cette réglementation, un dépôt de première catégorie peut recevoir plus de 250 E kilogrammes d'un explosif de coefficient E, 50 à 250 E pour la deuxième catégorie. Au plus 50 E kilogrammes pour la troisième.

Les explosifs sont divisés en cinq classes, ainsi définies :

Classe I (coefficient d'équivalence $E = 1$) : dynamite-gomme et autres explosifs à base de nitroglycérine.

Classe II (coefficient $E = 2$) : poudres noires autres que celle de la classe IV.

Classe III (coefficient $E = 1$) : explosifs chloratés (type O).

Classe IV (coefficient $E = 10$) : poudres noires comprimées de densité supérieure à 1.50 en cartouches pesant moins de 250 grammes, soigneusement enveloppées de papier fort de bonne qualité.

Classe V (coefficient $E = 2$) : explosifs au nitrate d'ammoniaque ou de soude (type N).

L'exploitant d'un dépôt doit tenir un registre d'entrées et de sorties indiquant les quantités de substances explosives introduites, avec leurs dates de réception et leur provenance, ainsi que les quantités sorties, avec leurs dates de livraison et les noms des personnes auxquelles elles ont été remises.

Dépôts temporaires. — L'autorisation d'établir un dépôt temporaire ne peut être accordée qu'à des personnes qui, à raison de l'exercice de leur profession ou de circonstances spéciales, ont besoin de substances explosives pour l'exécution d'un travail déterminé.

Comme pour les dépôts permanents, la demande est adressée au préfet dans les formes prévues par le règlement d'administration publique.

Les quantités de substances explosives que le permissionnaire peut introduire et conserver dans son dépôt ne doivent, en aucun cas, dépasser les maxima prévus pour un dépôt permanent de troisième catégorie. La durée maximum d'existence du dépôt temporaire ne peut excéder trois mois.

Le dépôt temporaire dont l'autorisation est périmée ne peut être remis en exploitation qu'en vertu d'une nouvelle autorisation accordée suivant les mêmes formes que la première.

Explosifs utilisés dès leur réception. — Le décret du 1^{er} septembre 1930 a apporté une innovation sur les précédents en permettant de consommer les explosifs dès leur réception à des personnes qui, en raison de l'exercice de leur profession ou de circonstances spéciales, ont besoin de quantités importantes de substances explosives pour l'exécution de travaux déterminés. Mais ces substances doivent être transportées dès réception au lieu d'emploi, puis chargées dans les fourneaux de mine dans un délai de vingt-quatre heures au maximum à partir du moment où la livraison aura été prise de ces explosifs, sous réserve que le gardiennage sera effectif, de jour et de nuit.

Acquisition des explosifs. — Nul ne peut obtenir la livraison de substances explosives s'il n'est autorisé à exploiter un dépôt permanent ou temporaire, ou à consommer les explosifs dès leur réception, et s'il ne produit pas les justifications suivantes :

L'exploitant d'un dépôt permanent doit présenter un certificat ayant au plus un an de date, établi par le préfet et conforme à un modèle arrêté par le ministre des Travaux publics.

L'exploitant d'un dépôt temporaire doit produire l'acte d'autorisation de ce dépôt.

Le titulaire d'une autorisation de consommer des explosifs dès leur réception doit produire cette autorisation.

Ces trois prescriptions sont modifiées pour certains explosifs autres que ceux à base de nitroglycérine.

Les qualités et les quantités livrées doivent être en conformité avec les actes d'autorisation.

II. — LES DÉPÔTS ENTERRÉS

Les dépôts d'explosifs peuvent se ramener à trois types :

1° Dépôts superficiels ;

2° Dépôts enterrés, sans communication avec les chantiers ;

3° Dépôts souterrains en communication avec les chantiers.

Les dépôts superficiels sont généralement abandonnés aujourd'hui, en raison des avantages d'installation et de fonctionnement des dépôts enterrés. Nous laisserons donc la question de côté ; nous étudierons les dépôts enterrés et les dépôts souterrains.

Aux termes du Règlement français, un dépôt d'explosif est dit enterré quand il est constitué par une voûte recouverte de remblais, ou par une galerie creusée dans le terrain et ne communiquant avec aucun chantier souterrain en activité.

La zone d'action d'une charge d'explosif enterré est limitée par une surface de révolution autour d'un axe vertical passant par le centre de la charge. Le vecteur de cette surface compté à partir du centre est donné par la formule du Génie :

$$\rho = \lambda \sqrt[3]{\frac{\alpha K}{g}}$$

dans laquelle λ désigne un coefficient dépendant de la direction du rayon, d'autant plus faible que celui-ci est plus rapproché de la verticale, et dont le maximum correspondant à la direction horizontale est égal à 1,75.

g est un coefficient variable suivant la nature du terrain égal, par exemple à 1,2 pour la terre légère, 1,5 pour la terre ordinaire, 3,00 pour la roche ou la bonne maçonnerie,

K est la charge d'explosif en k kilogrammes.

α un coefficient variable avec la nature de l'explosif égal à 1 pour la poudre noire et

Rayon d'action maximum X. — Le rayon d'action maximum X, au delà duquel l'explosion n'aura plus d'effet destructeur, correspond à la direction horizontale pour laquelle la valeur de X est donnée par la formule du Génie :

$$X = 1,75h.$$

Dans cette formule, *h* représente la distance du centre de la charge à la surface du sol.

Dans un rapport (1) adopté par la Commission des substances explosives, M. Biju-Duval a calculé à un demi-mètre près les valeurs de X pour les différentes valeurs de K et de *g*, en admettant que le coefficient d'équivalence d'une charge de dynamite ou de tout autre explosif de mine autre que la poudre noire par rapport à une charge égale de poudre noire était égal à 2. Les résultats de ces calculs effectués en attribuant à *α* la valeur 2 sont exprimés pour la dynamite et tous explosifs de mines autres que la poudre noire, par le barème suivant :

Barème I.

CHARGE DE DYNAMITE K	DISTANCE X						
	Terre légère	Terrain ordinaire	Sable fort	Terre mêlée de pierres	Terrain très argileux	Maçon- nerie médiocre	Roc ou bonne maçon- nerie
	<i>g</i> = 1,20	<i>g</i> = 1,50	<i>g</i> = 1,75	<i>g</i> = 2,00	<i>g</i> = 2,25	<i>g</i> = 2,50	<i>g</i> = 3,00
kg.	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres
200	12,50	11,50	11,00	10,50	10,00	9,50	9,00
500	16,50	15,50	14,50	14,00	13,50	13,00	12,50
1.000	21,00	19,50	18,50	17,50	17,00	16,50	15,50
1.500	24,00	22,00	21,00	20,00	19,50	19,00	17,50
2.000	26,50	24,50	23,00	22,00	21,50	20,50	19,50

Les nombres fournis par ce tableau peuvent être considérés comme les distances minima au delà desquelles l'explosion d'un dépôt enterré ne produira aucun effet nuisible sur une galerie ou un puits voisin, ni même sur dépôt d'explosifs voisins.

Épaisseur de terre à conserver au-dessus de la dynamitière. — Si l'on considère une dynamitière de 2 mètres de hauteur, et le centre de la

(1) *Cours d'Exploitation des mines*, HATON DE LA GOUPILLÈRE, t. II, 1931.

charge à mi-hauteur de cette dynamitière, l'épaisseur de terre à conserver sera (en mètres) :

$$Y = 2 \sqrt[3]{\frac{K}{g}} - 1.$$

Le barème suivant fournit les différentes valeurs de Y pour les différentes valeurs de K et de g. Les chiffres de ce tableau doivent être considérés comme les épaisseurs de terre à conserver au-dessus de dynamitières enterrées pour n'avoir à craindre aucune projection superficielle.

Barème II.

CHARGE DE DYNAMITE K	ÉPAISSEUR Y						
	Terre légère	Terrain ordinaire	Sable fort	Terre mêlée de pierres	Terrain très argileux	Maçon- nerie médiocre	Roc ou bonne maçon- nerie
	$g = 1,20$	$g = 1,50$	$g = 1,75$	$g = 2,00$	$g = 2,25$	$g = 2,50$	$g = 3,00$
kg.	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres
200	10,00	9,50	9,00	8,50	8,00	7,50	7,00
500	14,00	13,00	12,00	11,50	11,00	10,50	10,00
1.000	18,00	16,50	15,50	15,00	14,50	14,00	13,00
1.500	21,00	19,00	18,00	17,50	16,50	16,00	15,00
2.000	23,00	21,00	20,00	19,00	18,50	17,50	16,50

Dynamitière à charge non condensée. — Dans tout ce qui précède la charge d'explosif a été supposée condensée autour de son centre : ce sont les conditions les plus défavorables. La Commission des substances explosives a conclu de ses expériences que pour un allongement L de la charge égal dans chaque cas à trois fois l'épaisseur Y donnée par le barème II, on pourra, avec la même sécurité, réduire cette épaisseur. Y a une valeur Z égale à 2/3 de Y.

Le barème III ci-dessous donne les valeurs de Z. Ce sont les épaisseurs de terre à conserver au-dessus des dépôts enterrés à charge allongée pour n'avoir à craindre aucune projection superficielle.

Dynamitières non enterrées. — La Commission des substances explosives a enfin constaté qu'une épaisseur de terre, même très réduite, au-dessus d'un dépôt d'explosif, suffisait à supprimer tout danger provenant de l'ébranlement atmosphérique, et qu'il existait une valeur e de cette épaisseur, au-dessus de laquelle, dans un terrain analogue à celui qui a été expérimenté à Blanzv, les projections superficielles

Barème III.

CHARGE de dynamite K	TERRE LÉGÈRE $g = 1,20$		TERRAIN ordinaire $g = 1,50$		SABLE FORT $g = 1,75$		TERRE avec pierres $g = 2,00$		TERRE très argileuse $g = 2,25$		MAÇONNERIE médiocre $g = 2,50$		ROC ou bonne maçonnerie $g = 3,00$	
	Longueur L. du magasin	Epaisseur Z	Longueur L. du magasin	Epaisseur Z	Longueur L. du magasin	Epaisseur Z	Longueur L. du magasin	Epaisseur Z	Longueur L. du magasin	Epaisseur Z	Longueur L. du magasin	Epaisseur Z	Longueur L. du magasin	Epaisseur Z
kg.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
200	30	7,00	29	6,50	27	6,00	26	6,00	24	5,50	23	5,00	21	4,00
500	42	9,50	39	9,00	36	8,00	35	8,00	33	7,50	32	7,00	30	7,08
1.000	54	12,00	50	11,00	47	10,50	45	10,50	44	10,00	42	9,50	39	9,00
1.550	63	14,00	57	13,00	54	12,00	53	12,00	50	11,00	48	11,00	45	10,00
2.000	69	15,00	63	14,00	60	13,50	57	13,00	56	12,50	53	12,00	50	11,00

ne dépassaient jamais une zone restreinte. Cette zone, dans le cas d'une charge condensée, est un cercle de 50 mètres de rayon, concentrique à la charge; et dans le cas d'une charge allongée, une surface limitée par deux lignes parallèles à l'axe de la charge et distantes de 50 mètres de part et d'autre de cet axe.

Le barème ci-après indique les épaisseurs e pour les diverses valeurs de la charge K : 1° dans le cas d'une charge condensée; 2° dans le cas d'une charge allongée (la longueur du magasin étant prise égale à $8e$); on y suppose le terrain homogène, meuble, ne contenant pas de grosses pierres (de plus de 4 centimètres), non argileux, et non susceptible de s'agglutiner avec le temps, tel que du sable, du petit gravier, de la terre très sablonneuse.

Barème IV.

CHARGE de dynamite K	EN CHARGE condensée épaisseur e	EN CHARGE ALLONGÉE	
		longueur du magasin ($8e$)	épaisseur e
kilogrammes	mètres	mètres	mètres
200	3,00	16	2,00
500	4,50	24	3,00
1.000	6,50	40	5,00
1.500	8,00	44	5,50
2.000	9,00	48	6,00

Comme il a été observé pour le barème III, dans le cas d'une charge allongée, on pourra augmenter celle-ci, à condition de faire varier proportionnellement la longueur du magasin, tout en conservant la même valeur pour e .

Il est essentiel de remarquer que cette valeur e correspond à la ligne de moindre épaisseur du terrain dirigée suivant la verticale. Il en serait bien ainsi si le dépôt était creusé sous un sol à surface horizontale indéfinie. Mais, la plupart du temps, il est établi à flanc de coteau. Il importe en ce cas que la galerie d'accès soit assez longue pour que, le long des talus qui limitent la partie où sera excavé le magasin, l'épaisseur de terre ait au moins trois fois la valeur du barème IV.

Enfin, au cas où la nature du terrain ne correspondrait pas à celle envisagée (hypothèse pour laquelle a été expressément calculé le barème IV), notamment s'il contient des pierres ou des masses compactes argileuses, ces pierres ou ces masses pourraient être pro-

jetées au delà de la zone de 50 mètres prévue. Il faudrait alors, au-dessus du dépôt, enlever le terrain sur une épaisseur e , et le remplacer par un remblai homogène de sable ou de gravier; les graviers les plus gros ne dépassant pas 4 centimètres de diamètre. La surface horizontale de la zone à transformer ainsi serait limitée comme suit :

Dans le cas d'une charge condensée, on remblairait de chaque côté des axes du magasin, sur une largeur égale à la distance du plancher du magasin à la surface du sol :

Dans le cas d'une charge allongée, on remblairait comme ci-dessus de chaque côté de l'axe de la galerie; la même largeur de remblais serait comptée dans la longueur de la galerie à partir de ses deux extrémités.

Un dépôt enterré est la plupart du temps creusé soit à flanc de coteau, soit dans un simple talus. Il résulte de ce qui précède que plusieurs solutions sont possibles.

Si le voisinage trop rapproché de lieux habités, ou d'ateliers quelconques, impose d'écarter absolument le danger des projections superficielles, le magasin proprement dit devra être foncé à une profondeur déterminée :

Par le barème II, avec le dispositif à charge condensée; par le barème III, avec le dispositif à charge allongée.

Dans les deux cas, l'épaisseur Y ou Z indiquée dans ces tableaux devra s'entendre de la plus courte distance du plafond du magasin à la surface du sol, quelle que soit d'ailleurs la direction de cette plus courte distance. Le tracé des lignes de niveau topographique déterminera la longueur à donner à la galerie d'accès AB (fig. 39) pour réaliser cette condition. En aucun cas, la longueur de cette galerie ne devra être inférieure à la distance Y donnée par le barème II.

Si, au contraire, l'exploitant peut disposer, autour de l'emplacement choisi, d'une zone inhabitée, non bâtie, pour laquelle on puisse sans danger accepter l'éventualité de projections accidentelles; si, d'autre part, le relief topographique rend difficile l'établissement du dépôt à une profondeur notable, on pourra calculer celle-ci par le tableau IV, sous les réserves et moyennant les précautions qui ont été indiquées en détail.

Dans l'une et l'autre solution, le dépôt devra être éloigné des dépôts enterrés voisins, ainsi que des puits ou galeries souterraines que l'exploitant entendra préserver de tout danger. On évaluera à cet effet l'intervalle X d'après le barème I. Nous avons déjà indiqué la distance à observer entre un dépôt enterré et un dépôt superficiel voisin.

Merlon. — Dans tous les cas, il conviendra de se prémunir contre un danger spécial, celui des projections par la galerie d'accès. On dispose à CIRIS - LILLIAD - Université Lille 1 1 mètres au plus de

distance. On ménage dans ce massif une chambre réceptrice maçonnée C, présentant, avec une profondeur d'au moins 3 mètres, une largeur et une hauteur un peu supérieures à celles de l'entrée de la galerie, en face de laquelle elle sera exactement placée.

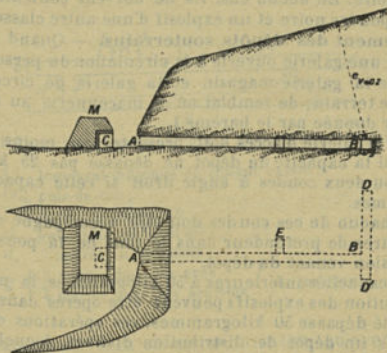


FIG. 39. — Dépôt superficiel enterré (coupe verticale et plan).

Pour diminuer encore le danger des projections en faisant subir à la galerie d'accès deux coudes en baïonnette, avec prolongement en cul-de-sac dans la direction de la marche des gaz de l'explosion.

La figure 38 indique les dispositions données aux galeries d'un dépôt enterré. Le dépôt sera fermé au moyen de plusieurs portes dont l'une à l'entrée de la galerie d'accès, l'autre à l'entrée de la galerie du magasin. Elle sera pourvue d'un dispositif de ventilation, généralement un canar d'aéragé.

III. — LES DÉPÔTS SOUTERRAINS

On appelle dépôts souterrains les dépôts communiquant avec des chantiers souterrains en activité.

Dépôts souterrains de dynamite. — Pour les besoins de l'exploitation, il est souvent avantageux d'établir un dépôt d'explosif dans les galeries souterraines dont elle dispose.

Les dépôts de ce genre doivent être établis et fonctionner avec les

précautions de sécurité déjà exposées pour les dépôts enterrés, et satisfaire en outre aux articles 29 à 34 de l'arrêté ministériel du 15 février 1928. Leur contenance maximum est réglementairement limitée à 150 kilogrammes d'explosif détonant ou 300 kilogrammes de poudre noire. En aucun cas, ils ne doivent contenir simultanément de la poudre noire et un explosif d'une autre classe.

Aménagement des dépôts souterrains. — Quand le dépôt est branché sur une galerie ouverte à la circulation du personnel, il doit exister entre la galerie-magasin et la galerie de circulation une épaisseur de terrain, de remblai ou de maçonnerie au moins égale à l'épaisseur donnée par le barème I.

En outre, la galerie d'accès doit présenter au moins un coude à angle droit si la capacité du dépôt ne dépasse pas 25 kilogrammes d'explosif, ou deux coudes à angle droit si cette capacité dépasse 25 kilogrammes.

De plus chacun de ces coudes doit être accompagné d'un cul-de-sac de 3 mètres de profondeur dans le sens de la poussée des gaz d'une explosion venant du dépôt.

Pour des capacités inférieures à 50 kilogrammes, la manipulation et la distribution des explosifs peuvent être opérés dans les dépôts. Si la capacité dépasse 50 kilogrammes, ces opérations doivent être opérées dans un dépôt de distribution distinct, lequel ne doit, en aucun cas, contenir plus de 50 kilogrammes d'explosif.

Ce dépôt communiquera avec le dépôt principal par une galerie d'au moins 25 mètres de longueur constituant au moins un coude à angle droit accompagné d'un cul-de-sac de 3 mètres de profondeur dans le sens de la poussée des gaz d'une explosion venant du local de distribution.

Dans les dépôts souterrains destinés à recevoir plus de 50 kilogrammes de dynamite on prend pour l'emmagasinement de l'explosif des dispositions particulières.

Chaque caisse sera enfermée dans un logement maçonné, fermé par une porte en fer d'au moins 10 millimètres d'épaisseur. Cette porte sera suspendue à une charnière par le haut, de façon à se fermer d'elle-même, et les gonds seront disposés de telle sorte que, par l'action seule de la pesanteur, la porte s'applique exactement sur son siège. Elle sera maintenue fermée par un verrou opposé à la charnière. Le siège sur lequel la porte s'appuiera sera en métal et présentera un double ressaut, disposé de telle sorte que la porte fermée affleure, sans les dépasser, les rebords extérieurs.

Les logements seront séparés l'un de l'autre par une distance de 4 mètres dans les terrains tendres, comme la houille et les schistes, et de 3 mètres dans les terrains durs comme les grès.

Les logements seront placés à la suite l'un de l'autre sur une même paroi du magasin, et jamais à la fois sur deux parois opposées.

Le magasin devra, sur chacune de ses communications avec les travaux, présenter au moins un coude prolongé par un cul-de-sac, de 5 mètres de longueur ou plus, comme l'indique la figure 40.

Les culs-de-sac pourront être utilisés pour l'ouverture des caisses et la distribution des explosifs.

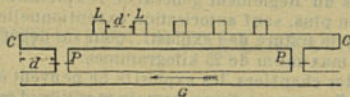


FIG. 40. — Disposition schématique d'une dynamitière de faible capacité.

- LL, logement maçonné de chaque caisse ;
 CC, culs-de-sac ;
 PP, portes à claire-voie ;
 G, galerie de retour d'air ;
 d, 5 mètres au minimum ;
 d' { 3 mètres dans les grès } au maximum,
 { 4 mètres dans les schistes }

Chaque magasin ne sera en communication qu'avec une seule galerie de la mine, et cette communication, pour les magasins devant renfermer plus de cinq caisses, se fera par deux entrées distinctes fermées seulement par des portes à claire-voie, de façon à assurer sa ventilation.

Chaque magasin sera distant d'au moins 200 mètres de toute porte d'aérage de la mine et, autant que possible, de 400 mètres des portes dont la destruction pourrait supprimer toute ventilation dans la mine entière ou dans un de ses quartiers importants.

A ces règles, qui découlent des expériences de la Commission des Substances explosives, on peut ajouter les considérations suivantes :

En ce qui concerne l'emplacement du dépôt, il convient de le choisir, de préférence, le plus près possible du puits de sortie d'air, pour éviter le cheminement des gaz de la combustion dans toute la mine. Cependant, il faut se prémunir contre la destruction éventuelle du puits de sortie d'air et de ses engins de ventilation.

On cherchera toujours à réduire le nombre de personnes qui peuvent se trouver réunies simultanément, à un moment donné, à proximité des points où sont conservés des explosifs ou des détonateurs. On écartera, à cet effet, les points d'approvisionnement de toutes les voies de circulation ou de celles dans lesquelles le personnel peut être concentré à certains moments. On évitera aussi d'effec-

tuer des transports importants dans les voies et à des moments où se fait une circulation notable du personnel.

Conservation momentanée d'explosifs à proximité des chantiers. — Les conditions de sécurité à observer, pour cet entrepôt momentané et journalièrement renouvelé, sont réglées en France par un arrêté ministériel du 15 avril 1919, auquel s'ajoutent d'ailleurs les prescriptions du Règlement général de l'exploitation des mines. Elle ne peut non plus, sauf autorisation exceptionnelle, dépasser le poids fixé, selon la nature de l'explosif, pour un dépôt de troisième catégorie, ni le maximum de 25 kilogrammes.

A proximité des chantiers, les explosifs ne peuvent être conservés que dans des coffres munis d'une fermeture solide. Les détonateurs doivent être enfermés dans des boîtes et être séparés des cartouches.

IV. — DÉPÔTS DE DÉTONATEURS ET D'ARTIFICES DE MISE A FEU

Aucun dépôt d'explosif, quel qu'en soit le type, ne peut contenir de détonateurs. Ces engins doivent donc être emmagasinés dans des dépôts spéciaux,

Ces dépôts de détonateurs sont soumis aux dispositions réglementaires applicables aux dépôts de dynamite, sauf les aggravations suivantes :

Pour la détermination de la catégorie du dépôt, les détonateurs sont affectés du coefficient d'équivalence

$$E = \frac{1}{2}$$

ce coefficient est réduit à un quart lorsque les détonateurs servent à l'allumage au moyen de mèches, et que l'on procède dans le dépôt à l'ouverture des boîtes de détonateurs.

Un dépôt de détonateurs doit être exclusivement du type superficiel ou du type enterré à l'exclusion du type souterrain, c'est-à-dire en communication souterraine avec des chantiers souterrains en activité.

Les cordeaux détonants au dinitrotoluène et autres cordeaux ou artifices de mise à feu des explosifs de mine sont affectés d'un coefficient d'équivalence élevé ($E = 20$) et il est permis de les introduire dans les dépôts d'explosifs quelconques sous réserve en ce cas d'être affectés du coefficient relatif à l'explosif du dépôt et pour lequel ce coefficient est le plus faible.

DEUXIÈME PARTIE

MÉTHODES D'EXPLOITATION

- I. **Méthodes d'exploitation des couches puissantes.** — Exploitation par tranches horizontales. — Exploitation par tranches horizontales, piliers et galeries. — Exploitation par tranches inclinées.
- II. **Méthodes d'exploitation des couches minces et moyennes.** — Exploitation par tailles montantes. — Exploitation par longues tailles chassantes. — Havage en longues tailles.
- III. **Méthodes d'exploitation anglaises.** — Généralités. — Tendances actuelles du longwall. — Application des principes. — Desserte. — Outillage, électricité, aérage.
- IV. **Méthodes d'exploitation par foudroyage dirigé.** — Généralités. — Foudroyage aux mines de la Loire. — Le foudroyage dans le bassin du Pas-de-Calais.
- V. **Applications du râclage.** — Râclage du charbon. — Remblayage par scraper.
- VI. **Méthodes d'exploitation des gisements à dégagements instantanés.**
- VII. **Méthodes d'exploitation du gisement ferrifère lorrain.** — Généralités. — Exploitation des couches minces et moyennes. — Exploitation des couches puissantes. — Exploitation par piliers abandonnés.

Nous allons décrire dans les chapitres qui vont suivre le principe d'un certain nombre de méthodes d'exploitation appliquées ces dernières années dans les charbonnages et les mines de fer. Ces descriptions étant très sommaires, nous renvoyons le lecteur, désireux d'étudier plus en détail ces méthodes, aux ouvrages spéciaux qui traitent de ces questions et aux articles parus dans les périodiques.

Nous nous bornerons à décrire les traits essentiels de l'organisation des travaux, nous réservant de développer ultérieurement, dans des chapitres distincts, l'étude du havage, de la manutention des produits en tailles, etc.

D'une manière générale, les méthodes d'exploitation ont subi une évolution très nette depuis quelques années. Cette évolution peut être caractérisée par une tendance marquée à la rationalisation, qui a consisté dans la concentration des travaux par réduction du

nombre des chantiers et dans l'augmentation de leur capacité de production.

En même temps que l'on réduisait le nombre des chantiers, on s'est préoccupé de les doter de moyens mécaniques puissants. L'emploi des haveuses pour l'abatage du charbon a tendance à se généraliser. La manutention des produits en tailles et leur desserte (couloirs à secousses, convoyeurs) ont été également perfectionnées. Pour tirer au maximum parti de la mécanisation, on a cherché à rendre cyclique l'organisation du travail dans les chantiers.

La vitesse d'avancement des tailles s'étant trouvée limitée par les difficultés d'introduction et de mise en place de quantités de plus en plus importantes de remblais, il a été possible de s'affranchir dans certains cas particuliers de cette sujétion en supprimant le remblayage complet et en pratiquant à la place le foudroyage systématique.

Telles sont, dans leur ensemble, les tendances actuelles que présentent les méthodes d'exploitation.

Il reste bien entendu que ces tendances n'ont pas reçu partout un égal développement, car on est dominé avant tout par les conditions du gisement : des méthodes susceptibles de donner d'excellents résultats dans certaines exploitations pourraient être vouées à un échec dans d'autres, si on les transposait intégralement.

1. — MÉTHODES D'EXPLOITATION DES COUCHES PUISSANTES

L'exploitation des couches puissantes de charbon est pratiquée généralement soit par la méthode des tranches horizontales, soit par la méthode des tranches inclinées. La deuxième méthode présente toutefois un certain nombre d'inconvénients, surtout lorsqu'il s'agit des couches de charbon tendre sujettes aux feux, qui lui font préférer la première.

Exploitation par tranches horizontales.

Principe de la méthode. — La couche est divisée en étages exploités successivement en descendant.

On divise l'étage en sous-étages que l'on réduit chacun à deux ou trois tranches, rarement à quatre ou à six. Dans chaque sous-étage les tranches sont prises en montant, mais les sous-étages comme les étages sont exploités dans l'ordre descendant.

La desserte IRIS - LILLIAD - Université Lille 1 par une voie de fond

que l'on maintient en communication avec les tranches successives du sous-étage, jusqu'à l'entier déhouillement de celui-ci.

Cette voie de fond est elle-même reliée à l'aide de plans inclinés au niveau général de roulage de l'étage qui aboutit aux travers-bancs allant au puits d'extraction.

D'une manière générale et principalement dans les couches inflammables, le dépilage d'une tranche doit être suivi le plus rapidement possible par celui de la tranche supérieure. On est conduit à diviser le champ d'exploitation, suivant sa longueur, en quartiers dont le déhouillement ne demande pas plus de deux à quatre mois, et dont chacun est exploité par tranches successives sur toute la hauteur du sous-étage, avant que l'on ne passe au suivant.

Exemple. — Voici à titre d'exemple la description de la méthode d'exploitation appliquée à une couche présentant une puissance de 18 à 20 mètres et un pendage de 45°.

La distance horizontale entre le toit et le mur est de 25 à 30 mètres. Le charbon est propre et la couche non grisouteuse.

AMÉNAGEMENT DU GITE. — Les travers-bancs T et T' partant du puits déterminent un étage de 60 mètres de hauteur verticale; l'étage est divisé en six sous-étages de 10 mètres de hauteur; les sous-étages sont à leur tour divisés en tranches de 2 mètres. Les étages et les sous-étages sont pris en descendant, les tranches sont exploitées en montant (fig. 41).

On trace à partir du travers-banc dans le massif, à quelques mètres du mur, 2 mètres galeries de niveau G et G'. Cette dernière a servi de voie de fond pour l'étage supérieur. Ces galeries sont reliées par un plan incliné à charbon. De part et d'autre du plan à charbon, se trouvent des plans à remblais disposés aux extrémités du panneau, et tracés au mur. Ils communiquent également avec G et G'.

Le même traçage se retrouve dans les sous-étages.

ORGANISATION DES CHANTIERS. — Supposons que l'on se trouve dans la tranche M. Pour la desservir, on a tracé dans le massif une galerie d'allongement *m*, reliée aux voies maîtresses *a* et *b* par des plans inclinés réservés au milieu du remblai pour descendre les charbons vers la voie de fond *a*.

Ces plans vont en s'allongeant à mesure que le déhouillement des tranches progresse. Dans leurs intervalles, d'autres plans ont été percés sur toute la relevée pour descendre les remblais de la voie *b* vers la tranche en exploitation. Ces plans vont en se raccourcissant par le pied.

L'enlèvement d'une tranche se fait en partant de la galerie d'allongement *a* dans le massif, à partir des extrémités du panneau. On dépèle, en chassant, le lambeau compris entre la galerie d'allongement et le mur. Le massif compris entre la galerie d'allongement et le toit s'exploite par enlevures successives de 4 à 7 mètres d'épais-

seur suivant la dureté du charbon et perpendiculairement à la direction de la voie.

Lorsque l'enlevure de 7 mètres arrive au voisinage du toit, on pousse une allée en avant, afin de ne pas découvrir le chantier sur une trop grande surface.

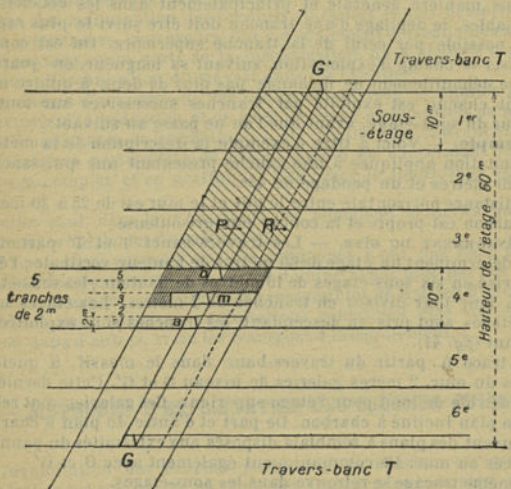


FIG. 41.

Les chantiers sont boisés à l'aide de flandres de 4 mètres à quatre buttes. Le remblayage se fait à la main.

La voie d'allongement, par suite du tassement du charbon, a tendance à se refermer et exige un rauchage fréquent.

PRÉPARATION D'UNE NOUVELLE TRANCHE. — Quand la tranche est totalement exploitée, on remonte le plan à charbon en le chemisant complètement, de façon à éviter le passage des feux et de l'air.

Pour préparer la tranche suivante, on commence par creuser la voie d'allongement de ce niveau. Elle est placée comme la précédente dans le voisinage du mur et se trouve décalée suivant la verticale, par rapport à la première. Pour exécuter ce traçage, on part de la voie de roulage située dans la zone défilée de la tranche en exploita

tion. On attaque du côté du mur des avancées en remblai, distantes de 50 à 60 mètres, puis on s'élève dans le charbon du toit (tranche supérieure) de façon à atteindre en 5 ou 6 mètres le niveau à dépiler.

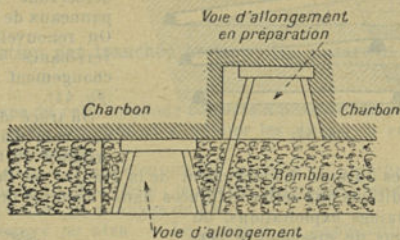


FIG. 42.

On trace ensuite horizontalement à droite et à gauche de chaque attaque la galerie d'allongement comme indiqué sur la figure 42.

Quand le gisement est sujet aux feux, on prend des précautions particulières et, notamment au lieu de tracer les plans inclinés dans le massif, on les trace au rocher.

Exemple.— Voici à titre d'exemple la méthode d'exploitation appliquée dans un charbonnage du bassin de Saint-Étienne, à une couche de puissance variable et présentant un pendage de 10 à 15°.

AMÉNAGEMENT DU GITE.

— L'étage, comme dans le cas précédent, a 60 mètres de hauteur. Il est divisé en deux sous-étages de 30 mètres divisés en quatre tranches de 2^m,50, exploitées en montant.

Quand le travers-banc arrive à 20 ou 30 mètres du gîte, on pousse au rocher la galerie d'allongement G ainsi que les plans inclinés reliant les niveaux G et G' (fig. 43).

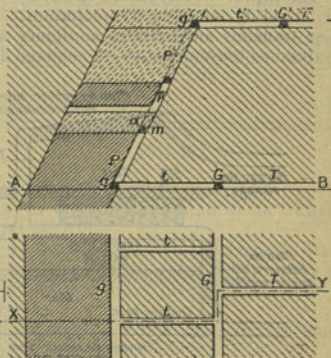


FIG. 43.

Ces plans sont distants de 100 à 150 mètres. On relie ces plans avec la couche par des travers-bancs secondaires desservant les divers panneaux de la tranche. On renouvelle ces travers-bancs à chaque changement de tranche (fig. 44).

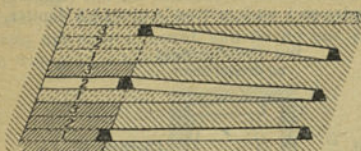


FIG. 44.

ter assez près du mur. L'enlèvement de la tranche se fait dans les mêmes conditions que celles indiquées dans l'exemple précédent.

Dans certaines exploitations, où les conditions de gisement le permettraient, on a substitué, à la méthode de défilage par enlèvements successives, la longue taille chassante orientée perpendiculairement à la direction de la voie d'allongement.

Exemple. — Voici encore un autre exemple de méthode d'exploitation par tranches horizontales appliquée à une couche de 18 mètres de puissance moyenne sous un pendage de 40 à 50°.

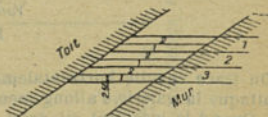


FIG. 45.

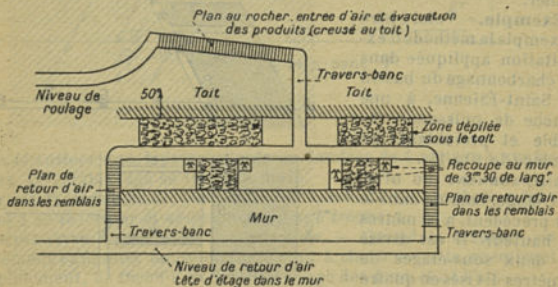


FIG. 46.

La traversée horizontale est variable avec de nombreuses intercalations de terre. L'étage est divisé en trois sous-étages de 5 mètres.

Chaque sous-étage comprend deux tranches de 2^m,50 à 2^m,60, prises en montant. Les étages sont pris en descendant (*fig. 45*).

Le détail de l'exploitation d'une tranche est indiqué sur la figure 46.

Exploitation par tranches horizontales, piliers et galeries.

Le principe de cette méthode consiste à découper le gîte en piliers par galeries en direction et à dépiler les piliers en rabattant par tranches horizontales.

Exemple (1). — Voici comment la méthode est appliquée dans une houillère de la Haute-Silésie ; la couche envisagée présente une puissance de 7^m,50 et un pendage de 33°.

AMÉNAGEMENT DU GÎTE. — Le quartier en exploitation est divisé en panneaux de 100 à 150 mètres de relevée par le traçage de plans inclinés au mur de la couche distants de 150 à 200 mètres.

Des galeries horizontales tracées à partir de ces plans inclinés limitent le champ en direction. Le traçage de ces galeries se fait en commençant par la base du plan incliné ; parallèlement à ce plan incliné, on trace une galerie à 15 mètres de distance qui sert à la circulation du personnel. La section des galeries est de 2 mètres sur 2 mètres (*fig. 47*).

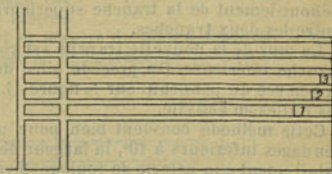


FIG. 47.

La distance verticale entre deux galeries, représentant l'épaisseur de la tranche, est de 4^m,5 ; la largeur horizontale de la tranche du toit au mur est de 15 mètres environ.

EXPLOITATION. — Le front de dépilage de chaque tranche étant perpendiculaire à la galerie en direction, on rabat vers le plan en déhouillant la tranche sur toute son épaisseur jusqu'au niveau de la galerie immédiatement supérieure.

Quand le pilier inférieur a été dépilé sur une certaine longueur, on procède au remblayage hydraulique du vide créé.

A cet effet, on dispose de barrages en toile parallèlement au front de taille à une distance de 6-10 mètres, en laissant du côté du charbon

(1) *Exploitation des couches puissantes par grande taille.* KRAPINSKY. Congrès de Liège, 1926.

l'emplacement nécessaire aux voies de roulage ou aux convoyeurs. On remblaie le vide en faisant arriver la tuyauterie de remblayage par la galerie de roulage desservant la tranche supérieure (fig. 48).

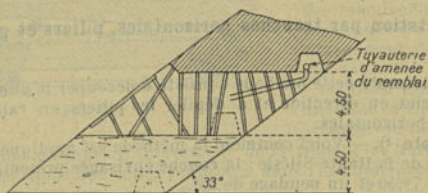


Fig. 48.

Lorsque la tranche inférieure a pris de l'avance, on procède au déhoullement de la tranche supérieure en maintenant un décalage entre les deux tranches.

Le mur de la nouvelle tranche est constitué par le remblai de la tranche inférieure. On procède ainsi de proche en proche sur toute la relevée du panneau. Sur la figure 47, les nombres 1, 2, 3 indiquent les tailles en activité.

Cette méthode convient bien pour un pendage moyen. Pour des pendages inférieurs à 10° , la largeur de la tranche mesurée perpendiculairement à la galerie de roulage devient trop grande. On éprouve, d'autre part, des difficultés pour remblayer et aérer convenablement les angles.

Avec un pendage supérieur à 45° on constate un accroissement exagéré de la pression sur le boisage et on risque des éboulements prématurés avant d'avoir eu le temps de procéder au remblayage.

Dans un champ d'exploitation comprenant trois tailles branchées sur le même plan, on a obtenu les résultats suivants :

Production 235 tonnes ;

Personnel total occupé (mineurs, remblayeurs et service du plan)
41 ouvriers ;

Rendement $5^{\text{t}}4$.

La méthode des tranches horizontales peut être considérée comme pouvant s'appliquer avec succès dans la généralité des cas pour l'exploitation des couches puissantes présentant un pendage accusé. Il ne sera pas sans intérêt, cependant, pour terminer ce chapitre, de donner un exemple d'exploitation d'une couche puissante par la méthode des tranches inclinées.

Exploitation par tranches inclinées.

Exemple. — AMÉNAGEMENT DU GÎTE. — La couche envisagée présente une puissance de 5^m,5 à 6 mètres et un pendage de 20 à 40°.

L'étage est divisé en quatre sous-étages de 32 mètres de hauteur verticale. L'entrée d'air se fait par le puits (A) et le retour d'air se fait par le puits (B), comme indiqué sur la figure 49.

Chaque groupe de deux sous-étages a son entrée d'air par un plan incliné au rocher, creusé dans le mur de la couche.

Chaque sous-étage de 90 mètres de relevée suivant le pendage est divisé en trois tailles de 30 mètres (fig. 50) qui chassent de part et d'autre du plan à charbon. L'épaisseur de la couche est divisée en deux tranches inclinées d'environ 3 mètres d'épaisseur.

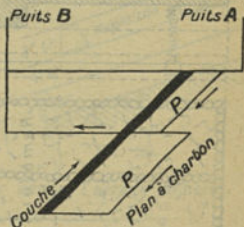


FIG. 49.

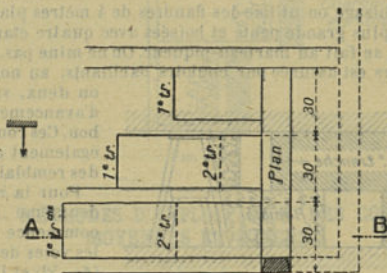


FIG. 50.

ORGANISATION DES CHANTIERS. — La tranche inférieure est prise la première, et le décalage entre les deux tranches est de 20 à 30 mètres environ.

On s'est limité à une longueur de taille de 30 mètres, parce que les

tailles plus grandes n'avaient pas donné de bons résultats par suite des difficultés rencontrées pour la mise en place des remblais.

Chaque taille progresse par havée de 0^m,80. Il y a normalement

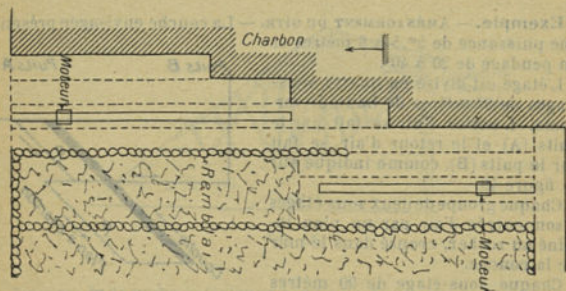


FIG. 51.

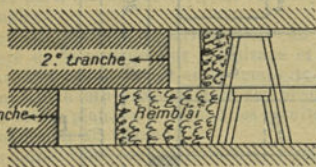
trois havées en exploitations par taille et un piqueur par havée (fig. 51).

Pour le boisage on utilise des flandres de 4 mètres placées suivant la ligne de plus grande pente et boisées avec quatre étançons.

L'abatage se fait au marteau-piqueur. On ne mine pas. La desserte des chantiers est assurée par couloirs oscillants, au nombre de un

ou deux, suivant l'état d'avancement du charbon. Ces couloirs servent également au transport des remblais.

Pour la reprise de la deuxième tranche, on commence par raucher les voies de la première (fig. 52) et l'exploitation se poursuit dans les mêmes conditions.



Coupe AB

FIG. 52.

ou pratique successivement l'exploitation par tranches horizontales et par tranches inclinées. On procède comme suit.

La partie supérieure de l'étage est exploitée par la méthode des

tranches horizontales, de façon à créer sur toute l'étendue de la couche un barrage de remblais soigneusement exécuté (fig. 53).

L'étage inférieur de 90 mètres de relevée est divisé en trois tailles de 30 mètres, inclinées suivant le pendage de la veine.

On exploite en descendant sous les remblais, en chassant de part et d'autre du plan à charbon à 40 mètres du plan de départ. On établit les plans comme indiqué sur la figure 54.

L'aérage de la mine est combiné de telle façon qu'il soit constamment possible d'isoler instantanément les quartiers à feux sans gêner l'aérage général.

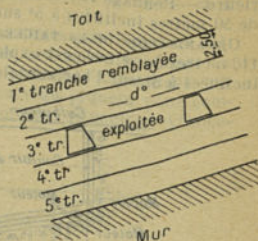


FIG. 53.

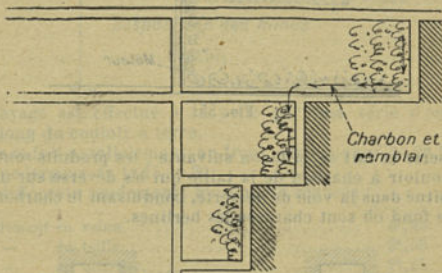


FIG. 54.

II. — MÉTHODES D'EXPLOITATION DES COUCHES MOYENNES ET MINCES

Exploitation par taille montante.

Exemple. — CONDITIONS DE GISEMENT. — Dans un charbonnage du Pas-de-Calais, la couche que nous étudions présente une puissance de 1^m,70 à 1^m,80 avec mur et toit de schiste; charbon assez dur à la par-

tie supérieure; plus tendre et possédant des limets à la partie inférieure. — Pendage 12° . — La veine est exploitée par tailles montantes de 50 mètres inclinées à 5° sur l'horizontale.

ORGANISATION DE LA TAILLE. — La veine découpée en panneaux de 110 mètres de relevée est exploitée par tailles montantes de 50 mètres inclinées à 5° sur l'horizontale (fig. 55).

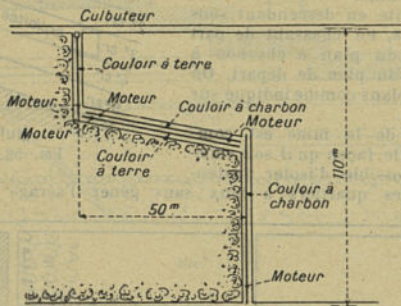


FIG. 55.

La desserte se fait de la façon suivante ; les produits sont chargés dans le couloir à charbon de la taille qui les déverse sur un second couloir, situé dans la voie de desserte, conduisant le charbon jusqu'à la voie de fond où sont chargées les berlines.

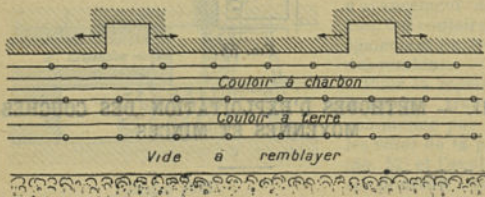
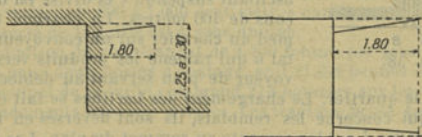


FIG. 56.

Les terres arrivent au culbuteur à terre de la voie de tête. Du culbuteur elles passent dans un couloir incliné suivant la ligne de plus grande pente et se déversent dans le couloir à terre de la taille.

L'abatage s'effectue en pratiquant tous les 4 mètres de recoupes de 1^m,25-1^m,30 de profondeur et en minant ensuite à droite et à gauche (fig. 56).

Le minage se fait par longues mines parallèles aux lignes de rallonge, et placées les unes près du toit et les autres au voisinage du mur de la couche (fig. 57). Les ouvriers mineurs travaillent par groupes de deux : un fait l'abatage au marteau-piqueur pour compléter le minage, l'autre charge le charbon dans le couloir. Avancement journalier, 1^m,25-1^m,30.



Disposition des mines

FIG. 57.

Le remblayage est effectué à la pelle par une série d'ouvriers disposés le long du couloir à terre.

Le boisage se fait parallèlement au front par rallonge de 2^m,50; les allées ont une largeur de 1^m,25-1^m,30.

Voici les différents rendements qui ont été réalisés :

Rendement en veine.....	6 ^t ,45
— en taille.....	3 ^t ,56
— en quartier.....	2 ^t ,55

Exploitation par longue taille chassante.

Exemple. — CONDITIONS DE GISEMENT. — Les mines de la Sarre avaient à exploiter entre deux étages une bande de charbon d'environ 200 mètres de longueur et de 300 mètres de largeur dans une veine de 1^m,80 de puissance assez dure et non grisouteuse. — Pendage 15°.

ORGANISATION DE LA TAILLE. — L'exploitation fut organisée de la façon suivante: En amont de la voie de fond inférieure, on laissa un stot de protection de 90 mètres et à partir d'un montage médiant on

chassa deux tailles M et N d'environ 200 mètres de front (fig. 58).

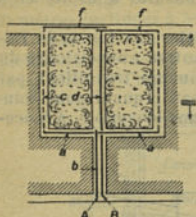


FIG. 58.

Chaque taille est desservie par un couloir oscillant suspendu *c* et divisé en deux tronçons de 100 mètres. Le charbon tombe au pied du chantier sur un convoyeur horizontal *a* qui ramène les produits vers un convoyeur de plan servant au déblocage commun pour le quartier. Le chargement des berlines se fait en A.

En ce qui concerne les remblais, ils sont déversés en B au pied d'un convoyeur *d* qui les remonte au sommet du plan. Les deux convoyeurs horizontaux *f* amènent les terres vers le front où elles tombent dans les couloirs oscillants *c*.

Les bois sont montés aux chantiers par les convoyeurs *d* et *c* marchant à une vitesse réduite de 0^m,50. La base du plan est organisée comme indiqué sur figure 59. Une voie a été ménagée dans le plan



FIG. 59.

pour pour la montée du matériel lourd. On prévoit une extraction de 1.800 tonnes pour l'ensemble sur deux postes.

Le havage en longue taille.

Exemple. — CONDITIONS DE GISEMENT. — A la mine de Campshausen la veine d'une ouverture voisine de 2 mètres donne 2^m,6 à 2^m,7 de charbon au mètre carré. Elle contient trois bancs de schistes qui ont chacun 10 à 15 centimètres d'épaisseur. Pendage moyen 11° et demi.

ORGANISATION DU CHANTIER. — On exploite par taille chassante de 370 mètres de relevée avec remblais complets.

La veine est de dureté moyenne et l'abatage se fait uniquement au marteau-piqueur. Deux lignes de couloirs ont été prévues : une pour le charbon, une pour les terres.

Le couloir à charbon comprend trois tronçons de 110, 120 et 140 mètres. Celui de 120 mètres est équipé avec une tête motrice Flotmann de 350; les deux autres avec des Flotmann de 400 d'alésage.

Le couloir à remblai comprend deux tronçons indépendants.

Ils sont du type suspendu ordinaire de 525 centimètres carrés de section utile.

Avec un pendage plus élevé 18-20°, il aurait été nécessaire de prévoir une section de 800 à 1.000 centimètres carrés.

La desserte de la taille est à sens unique.

La production du chantier est de 1.200 tonnes par jour de charbon brut trié pour deux postes d'abatage, soit 21.631 bennes de 650 litres.

Le personnel de la taille comprend 278 hommes sur les trois postes.

Les rendements calculés d'après l'extraction brute triée sont les suivants :

Rendement taille	4 ^h 435
Rendement quartier.....	3 ^h 525

Dans l'exemple qui va suivre nous décrirons l'organisation du travail d'abatage en chantier avec haveuses.

Exemple. — **CONDITIONS DE GISEMENT.** — Dans un charbonnage de l'Est, le gisement est constitué par un faisceau serré de veines de 1^m,20 de puissance moyenne présentant une inclinaison de 30°.

On découpe le gisement en étages de 70-75 mètres de hauteur verticale. Chaque étage est divisé en deux sous-étages. Les sous-étages supérieurs évacuent les produits par une bure (fig. 60). Chaque sous-étage est desservi par des travers-bancs distants entre eux de 320 mètres, et venant recouper toutes les veines du faisceau.

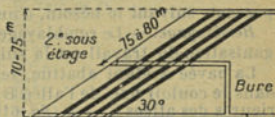


FIG. 60.

Dans chaque veine, la relevée d'un sous-étage est exploitée par une seule taille chassante de 75 à 80 mètres de longueur.

Haveuses. — Le type de haveuse adopté est le type Sullivan « CLA2 » relativement peu encombrante et pesant 1.800 kilogrammes.

Le matériel se compose de :

- 1 haveuse Anderson-Boyes ;
- 3 Samson (poids 2.500 kilogrammes) lourdes et encombrantes ;
- 12 Sullivan « CH8 » ancien type ;
- 12 Sullivan « CLA2 » type récent.

Toutes ces haveuses sont à chaîne.

La barre, dans la houillère envisagée, ne serait bonne que pour le charbon tendre qui se débite immédiatement après le havage ; on évite ainsi le calage du bras par le charbon abattu. Pour le charbon dur, la chaîne donne un meilleur avancement mais, la saignée se resserrant après havage et venant immobiliser le bras, on a été obligé d'augmenter la hauteur du havage. On le fit passer de 5 pouces (122 millimètres) à 7 pouces (171 millimètres).

La longueur du bras adopté est de 3 pieds 1/2 (1^m,06). On emploie aussi quelquefois des bras de 4 pouces 1/2 (1^m,37).

Dans les couches minces, on a intérêt en effet à augmenter la profondeur de havage pour accroître la production.

Les couteaux sont en aciers spéciaux (Saut du Tarn ou Holzer). La consommation moyenne de pics est d'environ 1 pic par mètre.

Le bras porte 27 pics ; il faut faire environ trois changements de pics par havage. En même temps on change le bois d'amarrage de la poulie de halage.

ORGANISATION DU TRAVAIL. — Le havage se fait au poste de nuit ; on effectue le tir de toutes les mines de la taille en une volée, au moyen d'un explosif à 50 coups. Au poste du matin, on charge une moitié de la taille, et au poste de l'après-midi, l'autre moitié.

La haveuse ripante ne peut haver le haut de la taille. On emploie pour ce travail une haveuse percutante. La voie de tête est en avance de 10 mètres sur la taille et, pour cet avancement, on se sert aussi de haveuse percutante. L'aérage de ce tronçon de galerie en ferme se fait au moyen d'un ventilateur secondaire soufflant dans un canar. Le nombre de haveuses nécessaires à la voie et la taille est de deux ; elles passent, suivant le besoin, d'un travail à l'autre.

Remblayage. — Le remblayage se fait deux havées par havées. L'organisation du travail est la suivante (voir fig. 61 p. 89) :

La havée A étant abattue, le matin et l'après-midi, on charge A dans le couloir fixe de l'allée B et on remblaie les deux moitiés inférieures des allées C — D (fig. 61).

Le lendemain la travée s'étant abattue, on la charge dans le couloir fixe transporté dans l'allée A et on remblaie les deux moitiés supérieures des allées C et D.

Dans la nuit, on have et mine la havée 2 et au commencement du poste du matin, le même cycle d'opérations recommence.

Le remblayage des deux allées C, D se fait à la main. On construit un petit meurtiat avec les plus gros morceaux et on remplit par derrière à la pelle ; on remplace quelquefois le meurtiat par une toile, et alors le couloir amenant les remblais est posé dans l'allée C au lieu de l'être dans l'autre, D.

Avec les épaisseurs de couches habituelles, on est amené à mettre en place 80 à 100 berlines par poste ; on a même pu atteindre 130 berlines dans ce cas. On évite ainsi de voir culbuter dans

le couloir un tel volume de terre. Pour y arriver, il faut un bon cul-

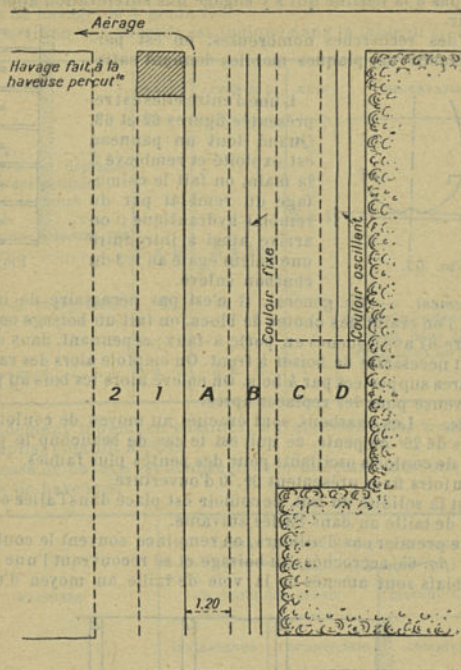


FIG. 61.

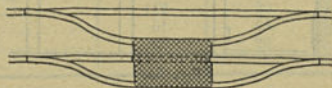


FIG. 62.

buteur, c'est-à-dire suffisamment léger pour pouvoir être déplacé faci-

lement, ne nécessitant pas un gros effort pour ces manœuvres et ne donnant pas à la berline qui s'y engage une surélévation appréciable à franchir.

Après des recherches nombreuses, on est parvenu à établir des plaques mobiles donnant satisfaction.

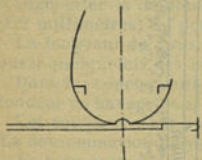


FIG. 63.

L'une d'entre elles est représentée figures 62 et 63. Quand tout un panneau est exploité et remblayé à la main, on fait le colmatage du remblai par du remblai hydraulique; on arrive ainsi à introduire une valeur égale au $\frac{1}{3}$ du charbon enlevé.

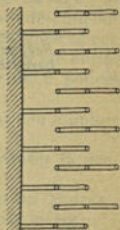


FIG. 64.

Soutènement. — En général, il n'est pas nécessaire de boiser à front. Si l'on craint des chutes de blocs, on fait un boisage conforme à la figure 64 avec queues en porte-à-faux; cependant, dans certains cas; il est nécessaire de boiser à front. On emploie alors des rallonges de 5 mètres supportées par 4 bois. On enlève alors les bois au passage de la haveuse pour les replacer après.

Desserte. — Les charbons sont évacués au moyen de couloirs fixes au-dessus de 26° de pente, ce qui est le cas de beaucoup le plus général, et de couloirs oscillants pour des pentes plus faibles.

Les couloirs fixes présentent $0^m,70$ d'ouverture.

Suivant la solidité du toit, ce couloir est placé dans l'allée contiguë au front de taille ou dans l'allée suivante.

Dans le premier cas d'ailleurs, on remplace souvent le couloir par des tôles (fig. 65) accrochées au boisage et se recouvrant l'une l'autre. Les remblais sont amenés de la voie de taille au moyen d'un cou-

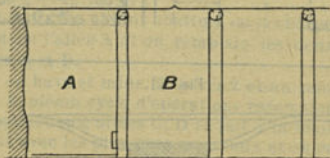


FIG. 65.

loir. Ces remblais étant toujours argileux et humides, il est nécessaire d'employer des couloirs oscillants. La taille est cyclique.

L'avancement journalier est de une havée, soit 1^m,20 environ avec des bras de havage de 3 pieds 1/2.

La répartition des effectifs est indiquée dans le tableau ci-dessous :

	MATIN	APRÈS-MIDI	NUIT	OBSERVATIONS
Haveurs.....			3	
Employés au déplacement des couloirs...			2	
Foreurs de mines.....			2	
Boiseurs.....			2 à 4	
Piqueurs (boiseurs de taille).....	8 à 10	8 à 10		
Trémie de chargement.	2	2		Les berlines de terre sont prises dans la voie à 50 mètres de la taille.
Roulage.....				
Remblayeurs.....	4 à 5	4 à 5		

Le rendement moyen en chantier, haveurs compris, remblayeurs non compris, s'établit à 2,88.

La vitesse de havage est donnée dans le tableau ci-dessous suivant les types de haveuses.

MACHINES	VITESSE EN CENTIMÈTRES PAR MINUTE		
	en cours des essais		marché normale
	instantanée	commerciale	commerciale
Anderson Bôyes.....	34	12	30
Samson.....	112	20	23
Sullivan CH8.....	51	18	30
Sullivan CLA2.....	88	29	33

III. — LES MÉTHODES D'EXPLOITATION ANGLAISES (1)

1. — Généralités.

Les méthodes d'exploitation anglaise doivent en partie leur caractère aux conditions du gisement. Celui-ci comporte souvent un petit nombre de veines d'épaisseur moyenne séparées par des grandes distances et de pendage faible.

Les accidents sont rares et peu importants.

L'exploitation d'un puits est généralement concentrée dans une veine qui contient tous les travaux préparatoires. Quand un puits est assez puissamment outillé, il suffit à l'exploitation de tout un siège concentré dans une veine unique,

Après le principe de l'exploitation d'une veine à la fois, le second principe fondamental est le traçage des voies en ligne droite.

Lorsqu'une variation de pendage se présente, on résout la difficulté en utilisant des trainages par câbles.

On applique ce principe par extension aux gisements dont le pen-

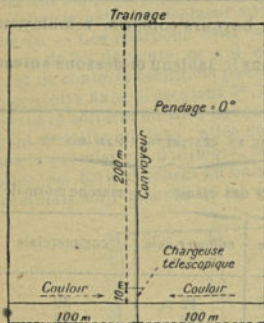


Fig. 66.

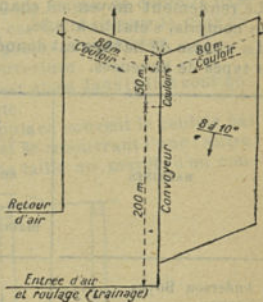


Fig. 67.

dage atteint 10-12°. Le schéma des exploitations anglaises présente donc un réseau de galeries rectilignes. La méthode d'exploitation la

(1) Rapport de voyage d'étude dans les mines anglaises, par REGNIER. Revue de l'Industrie minière, 1^{er} novembre 1931.

plus courante est celle du longwall system avec desserte par couloirs et bandes. Les tailles sont chassantes ou rabattantes de chaque côté du plan incliné. Souvent on a affaire à des chantiers en « V » servant d'aile à un traçage dont la direction est plus ou moins inclinée sur le pendage (*fig. 66 et 67*).

2. — Les tendances actuelles du longwall.

1° *La concentration.* — On tend à remplacer la taille simple (single unit) par la taille à deux ailes (double unit). La bonne utilisation des convoyeurs à bandes a conduit à grouper un nombre de tailles beaucoup plus grandes, jusqu'à 4, 6 et 8 tailles sur une bande collectrice.

2° *La rapidité d'avancement des tailles.* — Les tailles sont cycliques. Elles doivent déplacer chaque jour leurs couloirs et leurs bandes. On atteint couramment 1^m,50 à 2 mètres par jour. Tout le monde reconnaît que l'avancement rapide possède la vertu d'améliorer les conditions du toit.

Traitement du toit. — Le remblai complet avec apports de l'extérieur est inconnu en Angleterre ; les méthodes d'exploitation sont basées sur l'emploi du remblai partiel ou sur le foudroyage. Voici les avantages techniques que présente cette méthode.

1° L'exploitation par remblais partiels ou par foudroyage améliore la tenue du toit au front de taille.

Pour bien comprendre la façon dont se comportent les terrains il y a lieu de distinguer les premiers bancs du toit qui surplombent la veine d'une part, et la masse des bancs supérieurs d'autre part (*fig. 68*).

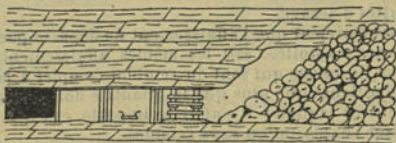


Fig. 68.

Les bancs inférieurs. — Les premiers bancs du toit s'infléchissent et se brisent à faible distance du front de taille, tandis que l'affaissement des couches supérieures a lieu à plus grande distance et se produit plus lentement.

Tout se passe comme si les premiers bancs du toit étaient assimilés à une poutre encastrée qui fléchirait sous son propre poids au fur et à mesure de l'avancement.

Sur le continent, on s'efforce de soutenir cette poutre à ses deux extrémités en supportant le côté opposé au front de taille par les remblais.

En Angleterre, on supprime l'appui du remblai et on cherche à réaliser une poutre encastrée au massif d'une portée minimum que l'on maintient constante en deçà d'une distance dangereuse, en la raccourcissant chaque jour d'une longueur égale à l'avancement de la taille.

Les bancs supérieurs. — Les premiers bancs du toit, en foisonnant, ne tardent pas à rejoindre la voûte des bancs supérieurs.

Les bancs supérieurs reposent sur les premiers bancs foudroyés qui constituent un sommier élastique progressant avec l'exploitation. Il est possible, en avançant assez vite, d'éviter la rupture des bancs supérieurs ou du moins à ne la réaliser qu'à une certaine distance du chantier. Avec les remblais, par suite de leur tassement, la rupture des premiers bancs du toit entraîne celle des bancs supérieurs. La cassure des premiers bancs se prolongeant jusque dans la masse principale du toit, celui-ci ajoute son effet au coup de charge signalé plus haut.

2° L'absence du remblai permet d'utiliser le convoyeur de taille aux charbons à deux postes, d'où possibilité d'obtenir de gros avancements journaliers qui améliorent encore la tenue des toits et de concentrer l'extraction en un nombre minimum de chantiers.

3° L'absence du remblai facilite le service du roulage.

Les adversaires de ces méthodes ont reproché au remblai partiel et au foudroyage :

Les dégâts de surface;

L'influence de l'exploitation sur une veine voisine;

Les difficultés d'aérage.

Les Anglais estiment que l'affaissement ne dépasse pas 50 à 60 0/0 de la puissance exploitée, soit les mêmes affaissements que ceux observés dans les mines qui font du remblai complet à la main.

Il semble d'ailleurs que plus que la quantité dont s'affaisse le sol, la régularité avec laquelle il s'affaisse importe, et c'est ce que permet de réaliser l'exploitation sans remblai.

Ce mode d'exploitation s'accommoderait parfaitement de distance entre veines de l'ordre de 10 à 12 mètres, à condition de ne pas prendre deux veines en même temps.

L'aérage de tailles non remblayées n'est pas plus délicat que l'aérage de tailles remblayées, à condition de border soigneusement les voies de dames de remblais.

3. — Application des principes.

1° **Méthode des fausses voies ou full packing.** — La figure 69 indique clairement la façon dont cette méthode est appliquée. Les vides sont de l'ordre de 8 à 15 mètres. On les déboise soigneusement de manière à provoquer, de faux toit en faux toit, l'éboulement. C'est le

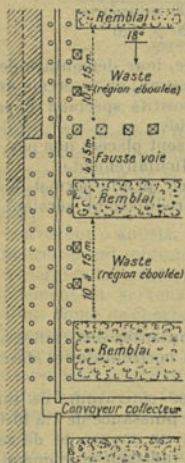


FIG. 69.

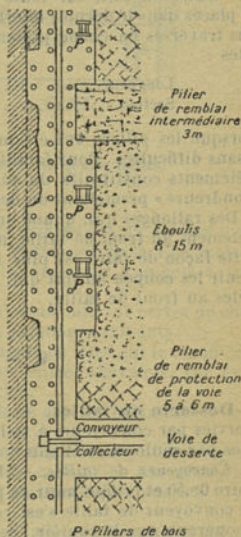


FIG. 70. — Méthode des dames de remblais.

seul remblai complet pratiqué par les Anglais et on exploite ainsi sous les agglomérations.

2° **Méthode des dames de remblais ou pack-walls.** — Suivant les conditions du toit et la puissance de la veine, on donne à ces murs de remblais des épaisseurs variant de 2 à 4 mètres. Leur distance varie de 8 à 15 mètres, suivant que l'on a affaire à des toits de grès ou de schiste (fig. 70).

3° **Méthodes sans dames de remblais.** — Si les toits sont dociles, on supprime les dames de remblais et la taille ne possède que les meurtriats qui bordent les voies de desserte et d'aérage.

LE SOUTÈNEMENT. — Le soutènement comprend :

1° Des piliers carrés constitués par des traverses en chêne que l'on coince contre le toit et disposés en ligne, parallèlement au front.

Ce soutènement a pour but de maintenir provisoirement pendant l'abatage l'extrémité de la poutre encastree, constituée par les premiers bancs du toit, sur toute la longueur de la taille. Ces piliers sont placés dans le dernier interflandre et on les déplace tous les jours.

Les traverses en chêne présentent en général les dimensions suivantes :

Longueur.....	600 millimètres.
Section.....	120 × 120

Lorsque les piliers ont été mis en serrage, leur démontage ne va pas sans difficultés. Pour faciliter cette opération, on intercale entre les éléments constitutifs du pilier des dispositifs spéciaux appelés « effondreurs » permettant un desserrage rapide.

2° Des rallonges qui, quand on les utilise, sont placées non pas parallèlement au front de taille, mais perpendiculairement.

Cette façon de faire est plus logique, parce qu'elle permet mieux de tenir les coupes au toit qui, si elles se produisaient, seraient parallèles au front de taille.

4. — Desserte.

1° **Desserte en tailles.** — Les ailes montantes des tailles sont desservies par convoyeurs à toile et les ailes horizontales et descendantes par couloirs oscillants

A. *Convoyeurs de tailles.* — La bande des convoyeurs de toiles mesure 0^m,50 et la tête motrice présente une puissance de 7 à 10 CV.

Le convoyeur de taille s'est révélé comme un moyen de desserte plus onéreux que le couloir. Son emploi est indispensable quand on se propose de chasser en aval de la voie de desserte.

B. *Couloirs.* — Les couloirs les plus usuels sont à galets et mesurent couramment 700 millimètres d'ouverture. Cette grande ouverture résulte du faible pendage (3° environ). Ces couloirs sont capables de débiter jusqu'à 75 tonnes-heure sur 70 mètres de distance.

On préfère concentrer plusieurs tailles sur une desserte puissante plutôt que de l'alimenter par une taille unique ; pour cette raison, la longueur d'un couloir attelé à un moteur varie de 50 à 100 mètres et la suppression des couloirs en série évite de fatiguer le matériel.

La figure 71 présente le schéma de la desserte de quatre tailles rabattantes, disposées symétriquement par rapport au plan utilisé ; desserte par la voie médiane.

La taille amont est desservie par couloirs, la taille aval par bandes. L'ensemble est prévu pour une production de 700 tonnes par poste.

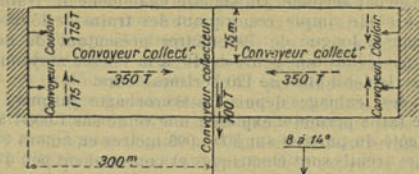


FIG. 71. — Schéma de la desserte de quatre tailles.

2° Voies de desserte des tailles..

A. *Convoyeurs.* — Le convoyeur collecteur est établi sur des bases puissantes ; largeur de la bande 0^m,66, puissance de la tête motrice 15 à 20 CV. On a tendance à adopter le convoyeur à augets à trois rouleaux.

Le convoyeur à augets, outre qu'il n'occasionne ni pertes de charbon, ni frottement, présente encore les avantages suivants :

En général le brin inférieur est surmonté de tôles qui le recouvrent complètement et servent d'assemblage entre chevalets. On évite ainsi toute chute de charbon sur les brins.

Un convoyeur de 15 CV serait capable de débiter 700 tonnes à deux postes sur 600 mètres.

En descenderie pour éviter le déplacement journalier du convoyeur, on interpose entre les fronts et la bande collectrice une chargeuse télescopique qui permet de n'allonger la bande que tous les 10 ou 12 mètres.

En plan, on installe un couloir entre les tailles et les convoyeurs. On va jusqu'à 80 mètres avant de déplacer le convoyeur.

Comparant dans les voies horizontales la desserte par convoyeur et trainage, on estime que le convoyeur présente de nombreux avantages au point de vue de son faible encombrement, mais qu'à partir d'une distance de 500 mètres, le trainage revient meilleur marché que le convoyeur.

Pour des courtes distances (inférieures à 100 mètres), la desserte par couloirs en voies horizontales ou en pente revient meilleur marché que le convoyeur.

B. *Trainage.* — Les voies étant tracées dans un plan vertical, on utilise les trainages du type à câble sans fin, ou du type câble tête et câble queue, de manière à maintenir le train en tension et à fran-

chir sans difficulté les bosses et les creux. En général, le câble inférieur passe sous les berlines.

Les trains sont constitués par trois ou six berlines et certains trainages sont capables de débloquer 250 à 300 berlines-heure, la vitesse étant de 1^m,50 par seconde. On signale également un trainage à voie unique et à câble simple remorquant des trains de 15 berlines sur une descenderie longue de 700 mètres présentant de nombreuses courbes et possédant une pente de 40° à la vitesse moyenne de 3^m,50 par seconde; le débit était de 120 berlines-heure.

L'emploi des trainages depuis les accrochages jusqu'au voisinage du front de taille permet d'exploiter une veine sur 1.000-1.500 mètres de chaque côté du puits et sur 800-1.000 mètres en amont et en aval-pendage. Les treuils sont électriques et consomment peu d'énergie.

C. *Les berlines.* — Elles sont plus basses et plus larges que les berlines du continent. Elles sont également plus légères, 500 kilogrammes pour 1.250 kilogrammes de charge utile. Les rails pèsent 16 à 18 kilogrammes au mètre dans les grands trainages. La largeur des voies varie de 600 à 800 millimètres.

5. — Outillage, électricité, aérage.

En général les haveuses, les treuils ainsi que tout le matériel de desserte (tête motrice pour couloirs et bandes), est électrique.

Dans certaines mines grisouteuses, les haveuses et les têtes motrices pour couloirs et bandes sont mues à l'air comprimé, mais les treuils sont généralement à commande électrique.

La tension jusqu'au quartier est de l'ordre de 5.000 volts que les transformateurs de quartier abaissent à 500 volts. Tout le matériel est anti-déflagrant.

On fait un large emploi de l'aérage descendant. Les puits d'entrée et de retour d'air traversant les veines au même niveau; l'air fait autant de trajets descendants que de trajets montants.

IV. — MÉTHODES D'EXPLOITATION PAR POUDDROYAGE

1. — Généralités.

Au cours de ces dernières années, de nombreux voyages d'études ont été faits à l'étranger, en Angleterre et en Hollande notamment,

pour étudier sur place, les méthodes d'exploitation en usage dans les districts charbonniers de ces pays, ainsi que les résultats obtenus grâce à la concentration et à la mécanisation des travaux.

Parmi les diverses observations qui ont été faites, il en est une qui a plus particulièrement frappé les visiteurs : il s'agit de différences fondamentales existant entre les conceptions des exploitants du continent et les exploitants anglais en ce qui concerne le remblayage.

Nous avons montré en détail, dans le chapitre relatif aux méthodes d'exploitation anglaises, en quoi consistait cette différence et de quelle manière les anglais pratiquaient le foudroyage dirigé.

Les exploitants français n'ont pas tardé à expérimenter dans leurs exploitations les méthodes anglaises, et nous allons essayer de donner un aperçu du développement que ces méthodes ont pris actuellement en France.

Nous décrirons un exemple d'application de foudroyage dirigé aux mines de la Loire en nous attachant plus particulièrement à l'organisation du travail en chantier et à la technique de la construction des piliers de bois déplaçables.

Pour terminer, nous indiquerons l'état de la question dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais.

2. — Le foudroyage aux mines de la Loire⁽¹⁾.

Organisation de la taille et du quartier. — Les essais de foudroyage dirigé ont été exécutés aux mines de la Loire dans la dixième couche Sainte-Marie qui présente une puissance de 1^m,50 à 2 mètres et une inclinaison de 12 à 20°. Son toit est constitué par des bancs de gore de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Son mur est formé de gore assez compact, mais à certains endroits il présente des intercalations schisto-marneuses qui en favorisent le gonflement; charbon de dureté moyenne; abatage au marteau-piqueur exclusivement. Couche faiblement grisouteuse et poussiéreuse deuxième catégorie. La production de la couche provient d'une taille unique chassante de 140 mètres de longueur. Avancement journalier, 1^m,40. Production, 850 bennes de 6 hl.

La taille est desservie par deux lignes de couloirs oscillants en série correspondant chacun à une moitié du chantier.

Exploitation sans remblayage par foudroyage dirigé sans dames de remblai intermédiaires. Les voies de niveau sont protégées par des dames de 10 mètres de largeur à l'amont et 4 à l'aval.

(1) Une taille IRIS-LILLIAD - Université Lille 1 revue de l'Industrie minérale, 1^{er} janvier 1933.

La figure 72 indique l'état des travaux suivant les différentes phases du cycle.

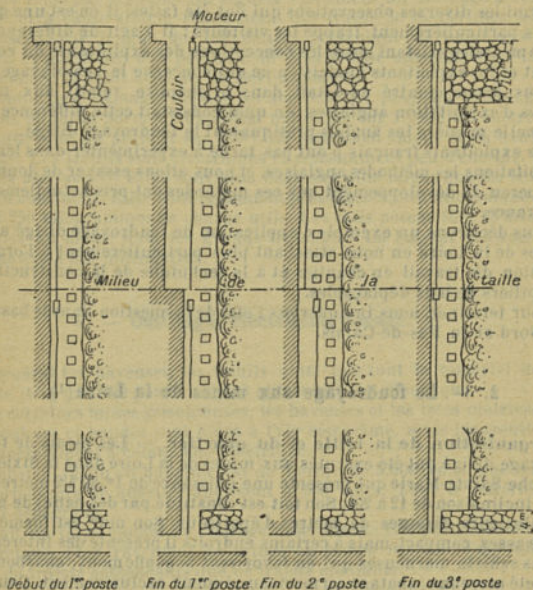


FIG. 72.

Cycle. — Au début du cycle la taille ne présente qu'une seule allée comprise entre le massif et la ligne de piliers occupée par les couloirs oscillants suspendus.

Premier poste-Matin :

- Dépilage de la moitié supérieure du chantier. — Production 425 berlines ;
- Achèvement du déboisage dans l'allée inférieure ;
- Entretien et boisage.

Deuxième poste-*Après-midi* :

- Dépilage de la moitié inférieure du chantier. — Production 425 berlines ;
- Déplacement des tuyaux-couloirs et piliers dans la partie dépilée le matin ;
- Commencement du déboisage à partir du sommet ;
- Entretien et boisage.

Troisième poste-*Nuit* :

- Déplacement des tuyaux-couloirs et piliers dans la moitié inférieure de la taille ;
- Continuation du déboisage ;
- Construction des dames de remblais en bordure des niveaux.

Piliers de bois déplaçables. — La ligne des piliers est logée entre la ligne de flandres dans l'allée voisine de celle des couloirs.

Le vide entre piliers comprend une allée au début et deux à la fin du cycle (fig. 73).

Les piliers sont construits avec des traverses de chemin de fer usagées de 1^m,20 de longueur et 0,20 × 0,15 de section. En Angleterre, les piliers sont couramment constitués par des éléments de 600 millimètres de longueur et de 150 × 150 de section.

Avant de procéder au déplacement des piliers, on commence par construire les quatre piliers du centre de la nouvelle ligne, soit PQRS, ces carrés (fig. 74) ; on démonte a_1 que l'on reconstruit en a'_1 ;

puis b_1 que l'on porte en b'_1 ; a_2 en a'_2 ; b_2 en b'_2 . Deux équipes travaillent simultanément en s'éloignant des piliers centraux.

Les hommes chargés de ce travail s'abritent dans l'intervalle des carrés construits. Pour faciliter le travail de démontage, on intercale des effondreurs entre les éléments constitutifs des piliers. Les éléments de traverse pèsent 30 kilogrammes. Il entre en moyenne 18 à 20 éléments par pilier. Le prix d'un élément est d'environ 4 francs ; celui de l'effonreur type « Loire », 40 francs ; le prix du carré, compte tenu des coins de serrage, est de l'ordre de 250 francs. L'enlèvement des piliers est suivi du déboisage pour provoquer la chute du toit. Une équipe de trois hommes démontent et remontent un pilier en trente minutes environ.



Fig. 73.



Fig. 74.

Répartition du personnel.

TAILLE	PREMIER poste	DEUXIÈME poste	TROISIÈME poste	TOTAL
Abatage (surveillants, piqueurs, chargeurs)	30	30	—	60
Déplacement des couloirs, tuyaux, piliers y compris les surveillants.....	2	11	18	31
Boiseurs de taille	2	4	4	10
Remblayeurs	—	—	6	6
Total	34	45	28	107

Rendement de taille.....	3.800 kilogrammes.	
— de quartier	2.850	—
— de puits.....	2.450	—

3. — Le foudroyage dans le bassin du Pas-de-Calais.

Voici, d'après une étude de M. Parisot, l'état de la question dans le bassin du Pas-de-Calais (1).

Les essais ont porté jusqu'à présent sur des tailles chassantes ou rabattantes en direction de 0 à 25° (exceptionnellement 30°) de pénétration et de 0^m,80 à 2 mètres de puissance.

A. Caractéristiques de la méthode. — Résumant ce qui a été dit au chapitre III, la réalisation du foudroyage comporte :

- 1° Un renforcement de boisage dans les havées de travail ;
- 2° Un déboisage plus ou moins complet en arrière de ces havées ;
- 3° Dans certains cas, l'établissement de dames de remblais perpendiculaires au front de taille.

1° Renforcement du boisage dans les havées de travail. — *Piles de bois équarris.* — En général, bois de bonne qualité (chêne), assez longs pour assurer à la pile une stabilité suffisante.

Le desserrage des piles est réalisé soit en l'établissant sur une assise de menus, soit en intercalant des effondresseurs à chaque angle

(1) Le foudroyage en grande taille dans le Pas-de-Calais. Communication faite par M. Parisot, ingénieur au Corps des Mines le 22 décembre 1932, à la séance d'études du district du Nord de la Société de l'industrie minière et publiée par le *Nord Industriel* 28 janvier 1933.

de la pile. Ces effondreurs dont de nombreux types sont ou vont être essayés sont constitués le plus souvent par deux coins glissant l'un sur l'autre sous l'effet de la pression verticale lorsqu'on vient à supprimer la force horizontale qui les relie.

L'emploi d'effondreurs diminue la compressibilité de la pile. (On la diminue encore en assurant un bon serrage des piles directement entre toit et mur.) Il diminue le temps de desserrage des piles et le rend sensiblement constant malgré les variations dans la charge du toit.

Un exemple : Dans une veine de 1 mètre de puissance de pendage faible, une équipe de deux hommes peut déplacer (démonter et remonter) 25 piles à effondreurs en un poste de six heures et demie de travail effectif.

Ces piles de bois peuvent être placées dans chaque havée ou toutes les deux havées : il peut y avoir à un certain moment déterminé un ou deux rangs complets. Leur déplacement peut s'effectuer de façons diverses, de manière à assurer en tout cas la sécurité des déboiseurs.

Quelques remarques :

a) Le porte-à-faux devant être en général aussi court que possible, une seule havée de piles rapprochées sera préférable à deux havées de piles éloignées.

b) Afin de réduire au minimum l'affaissement du toit dans les havées de travail on peut avoir intérêt à placer — dans la mesure où on ne gêne pas le travail en taille — quelques piles aussitôt que leur emplacement est déhouillé.

2° **Déboisage.** — Il ne s'agit pas le plus souvent de récupération, sauf peut-être pour le garnissage, mais d'abatage du boisage (bois et rallonges) destiné à faciliter la chute du toit et à diminuer le porte-à-faux.

De tous les moyens employés pour le réaliser, l'expérience paraît montrer que les plus pratiques sont :

a) Ou bien l'attaque du bois à la tête par la hache à la main ordinaire ou avec une petite scie.

b) Ou bien le dépiétage du bois au marteau-piqueur.

La chute du bois est provoquée à la masse ou avec des béliers. Les arrache-étais à crémaillère sont des engins maniables et puissants qui doivent compléter l'équipement de toute équipe de déboiseur.

A signaler qu'avec le boisage en cadres perpendiculaires au front de taille (Marles), il n'est pas souvent nécessaire de couper le tin des bois.

3° **Épis de remblais perpendiculaires au front de taille.** — Ils sont destinés à couper la taille en plusieurs éléments de dimension moindre. Entre deux épis on a une taille exploitée par foudroyage ordinaire. C'est là une simple question de dimensions. Ces épis paraissent devoir être d'autant plus rapprochés que la veine est plus

puissante et que le toit est plus querelleux.

L'expérience que l'on a actuellement du foudroyage permet d'arriver aux conclusions suivantes :

a) On doit en général réduire au minimum le porte-à-faux du toit.

b) On améliore presque toujours la tenue du toit dans les havées de travail et la réalisation du foudroyage en augmentant la rigidité du soutènement. Mais l'on a pu réaliser d'excellent foudroyage (c'est-à-dire une bonne tenue permanente du toit dans les havées de travail) avec un toit ne se cassant presque jamais nettement, et avec un soutènement très peu rigide (par exemple sans autre renforcement que le doublage d'une rallonge sur deux en Belgique) ou la pose d'une pile de bois rond tous les 5 mètres et toutes les deux havées.

a) Pour la réalisation de la première condition le minage dans le toit peut être une aide quelquefois précieuse, mais pas toujours suffisante (toits querelleux compacts).

b) Pour augmenter la rigidité du soutènement, on prendra des piles de bois équarris sur effondreurs — on pourrait prendre des piles de fer en I — ou de madriers évidés en ciment fortement frettés dans les parties en travail ou des étançons métalliques rigides.

Dans les veines dont la puissance varie rapidement, ces étançons devraient être réglables dans une large mesure et une fois réglés rester rigides. Jusqu'à présent réglabilité et rigidité n'ont pas été réunies.

Mais dans les cas où l'on peut avoir un excellent foudroyage avec un soutènement compressible, l'emploi d'étançons métalliques réglables paraît une excellente solution.

B. Économie du procédé. — Il est difficile de formuler un jugement d'ensemble, car il n'y a pas qu'une méthode de foudroyage mais un grand nombre.

A Dourges où on exploitait sans remblai, le foudroyage a permis de récupérer des bois et d'améliorer la tenue du toit, et par suite d'améliorer le rendement.

Actuellement, seul le remblayage à main est pratiqué dans le Pas-de-Calais et il semble que, en moyenne, pour les veines minces (0^m,80 à 1 mètre), le remblai par fausses voies soit le plus avantageux du point de vue rendement en taille. A signaler dans certains cas l'intérêt du remblai par fausses voies éboulées (Bruay).

Il serait vain d'essayer d'établir — même simplement au point de vue de rendement en taille — des conclusions générales relatives à l'économie du foudroyage comparée à telle ou telle méthode avec remblais.

Dans certaines veines minces où le remblai se trouve sur place (sillons de terres intercalaires) le foudroyage ne présente aucun intérêt.

Ce cas mis de côté, le foudroyage est susceptible, s'il est réalisable par des moyens simples, de réduire à très peu de chose (deux hommes

par mètre d'avancement pour une taille 100 mètres dans certains cas favorables, compte non tenu du personnel nécessaire à la confection des dames de tête et de pied de taille) le personnel non utilisé à l'abatage et au déplacement des couloirs.

Par contre, dans d'autres cas, le foudroyage peut conduire à de telles dépenses en hommes et en boisage de renforcement qu'il serait plus onéreux que n'importe quelle méthode par remblai.

Ce dont il faut être bien persuadé c'est qu'en n'essayant pas d'exploiter une veine par foudroyage on néglige une chance de diminuer son prix de revient (au chantier) de plusieurs francs par tonne. Des essais pourront être infructueux; il faut cependant les faire et cela pour toutes les veines où la chose est possible. On est sûr que dans un nombre important de cas on se sera forgé un instrument nouveau indiscutablement économique pour le rendement au chantier.

Le foudroyage aura d'autres conséquences sur le prix de revient en taille.

1° Le foudroyage modifie la tenue des terrains ou chantiers. — Quelquefois il a rendu exploitables des veines que l'on n'avait pu exploiter sans danger auparavant. Parfois on a dû l'abandonner en raison de la mauvaise tenue du toit dans les fronts de taille. Les toits querelleux, épais et compacts y paraissent particulièrement réfractaires. Le mode particulier de foudroyage employé joue évidemment un rôle essentiel.

A noter que, là où le foudroyage est correctement appliqué, il semble bien que les chômages prolongés aient une influence moins néfaste sur la tenue des chantiers que dans les tailles à remblais.

2° Il a une influence sur la dureté du charbon, sa facilité d'abatage et la proportion de fines et de classés qu'il contient.

Il y a peu de renseignements précis et concordants sur ces différents points dont de nombreuses théories ont essayé de rendre compte.

Il semble cependant que les charbons très durs s'abattent un peu plus facilement (dans les conditions très particulières réalisées jusqu'alors).

Un seul essai précis sur les 0/0 en fines et gaillettes a donné une augmentation de plusieurs points du 0/0 de gaillettes et une diminution analogue du pulvérulent.

L'emploi du foudroyage peut enfin avoir d'autres incidences agissant plus ou moins directement sur le prix de revient.

Dans chaque cas particulier il y aura un bilan à faire :

1° Modification du régime de roulage des terres. — Cette modification sera, semble-t-il, souvent favorable au foudroyage, sauf en cas de prix élevé de la mise en place des terres au jour.

2° En conséquence il permettra souvent, à l'intérieur des quartiers, d'avoir des voies moins larges et moins de voies qu'avec une méthode à remblais cubulés dans la taille.

3° Il permettra de réaliser de grandes vitesses d'avancement là où l'on serait gêné par l'insuffisance des moyens d'aménée ou de mise en place des terres ou par leur arrivée irrégulière (une bonne organisation de roulage des terres est souvent difficile à réaliser). Il partage d'ailleurs ces avantages (1-2-3) avec l'auto-remblayage, remblai pris sur place dans la veine par fausses voies ou sillons du mur, du toit ou intercalaires).

4° Influence sur la tenue des voies. — Il est d'expérience générale que le foudroyage améliore nettement la tenue des voies de taille. Est-ce dû à une répartition différente des pressions dans le massif, ou bien à ce que les remblais en bordure des voies sont mieux soignés. L'expérience de Dourges serait favorable à la première hypothèse.

5° Aérage des tailles. — Il exige des dames de remblais parfaitement établies. Ceci réalisé, les pertes d'air paraissent très faibles, de l'ordre des erreurs de mesure.

6° Dangers dus au grisou. — Le foudroyage entraîne dans certains cas (mines grisouteuses, banes de toit rigide se foudroyant en masse) le danger supplémentaire indiscutable d'une chasse brutale d'air grisouteux.

En résumé. — Instrument nouveau, encore perfectible mais permettant dès maintenant de diminuer dans un grand nombre de cas le prix de revient. Son emploi se développera certainement là où la régularité du gisement permet l'exploitation par grandes tailles.

V. — APPLICATIONS DU RACLAGE

Nous allons décrire rapidement trois exemples d'application du raclage.

Raclage du charbon en taille⁽¹⁾.

Exemple. — Le pendage de la couche est de 18°. Longueur de la taille 60 mètres. Exploitation par foudroyage dirigé et fausses voies. La figure 75 représente l'organisation du chantier.

(1) La concentration des travaux et le développement du machinisme dans les mines de la Ruhr, de la Sarre et de la Hollande, et les essais de concentration effectués en 1929 à la division de Roche-la-Molière par Denantes, ingénieur principal du fond, et Loustau, chef de la section des essais des mines de Roche-la-Molière et de Firminy. *H. T. M. Mémoires*, 15 avril 1930.

On racle au moyen de deux racleurs en série; la vitesse du câble est de $0^m,50$ par seconde et la capacité de déblocage est de 30 bennes à l'heure.

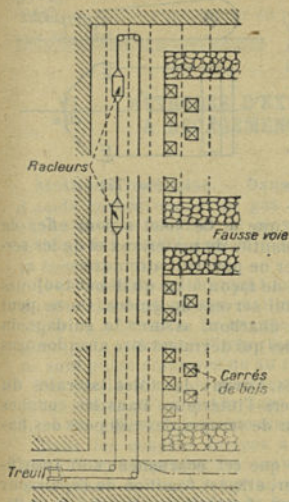


Fig. 75.

Remblayage par scraper.

Exemple I. — Voici un exemple d'application du raclage pour le remblayage d'une taille montante de 50 mètres (fig. 76).

Les remblais déversés A par un culbuteur fixe étaient transportés en B par un convoyeur ou couloir. Là ils étaient repris

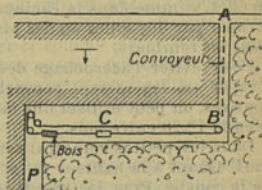


Fig. 76.

par le scraper C et mis en place dans le chantier. Les haies montantes de $1^m,20$ de largeur étaient remblayées séparément sur toute l'étendue de la taille.

Le long d'un plan incliné P, on a construit tout d'abord un empilage de bois de façon à assurer un appui solide aux matériaux apportés par le scraper.

Le câble tracteur traversait la pile de bois au toit et passait sur une poulie de renvoi B.

Les remblais comblent tout d'abord le fond produit par l'inclinaison du terrain vers les vieux travaux; ils montent ensuite progressivement vers le toit en allant de P vers B; la pente du talus est environ 25° . Du côté de la taille les remblais sont retenus par un treillage métallique.

On a utilisé du sable argileux. Le serrage au toit a été très satisfaisant grâce à la forme même donnée au scraper.

Le scraper utilisé (fig. 77) est de forme rectangulaire : Il est fermé à l'arrière par un volet mobile *a*, lui permettant d'abandonner son contenu lorsqu'il repart en arrière.

À l'avant, il est attelé au câble par l'intermédiaire d'un étrier *b*, mobile autour de deux axes *c*.

Cet étrier porte à l'avant une partie droite *d* sur laquelle est articulé *e* pivotant dans le même sens que *a*. Ce volet a pour effet de refouler devant lui une certaine quantité de matériaux et de les serrer au toit aux points que le scraper ne pourrait atteindre.

Le scraper est relativement long, de façon à ce qu'il soit toujours appuyé sur deux ou trois bois qui lui servent de guides. On ne peut en effet, comme dans le râclage du charbon, assurer le guidage du scraper par des toiles ou des planches qui devraient être abandonnées dans les remblais.

Pour éviter l'accrochage des bois, l'avant des tôles latérales du scraper est légèrement recourbé vers l'intérieur. Dans les couches épaisses, on peut utiliser une largeur de scraper de 0^m,80 pour des havées de 1^m,20 entre bois.

Dans les petites veines, il semble que cet écartement soit insuffisant. Quant à la hauteur du scraper, elle est fonction de l'épaisseur de la couche. Pour les veines minces (1 mètre), on descend à 0^m,35. Le clavage est excellent. On évalue à 65 0/0 le taux de comblement contre 45 0/0 à la main.

Exemple II (1). — Aux mines consolidation III (Bassin de la Ruhr), la couche présente une puissance de 2 mètres et un pendage de 28°. L'exploitation est conduite par tailles chassantes à 3 havées ; remblayage, évacuation de charbon, abatage.

Le remblais est amené par bennes qui sont culbutées en haut de la taille au moyen d'un culbuteur à air comprimé. Le remblai versé sur le scraper est entraîné dans la taille et serré sous le toit.

Le câble de retour passe dans l'allée et est libre le long du boisage de l'allée en remblayage. L'autre ne frotte que sur la longueur inférieure remblayée.

Le scraper est actionné par un treuil Demag de 28 CV. Quand la

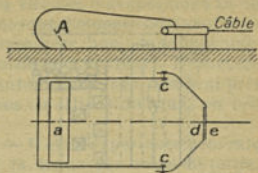


FIG. 77.

(1) *Voyage en Westphalie, en Belgique, en Hollande*, par A. CLAPIER, R. I. M. Mémoire, 1931.

taille est remblayée, on passe le câble et le scraper dans les allées voisines. On arrive ainsi à introduire 200 bennes de remblais par poste.

Le remblai est maintenu en place par un grillage métallique cloué sur des buttes,

VI. — MÉTHODES D'EXPLOITATION DES GISEMENTS A DÉGAGEMENTS INSTANTANÉS ⁽¹⁾

Méthode française. — Dans les mines sujettes à des dégagements d'acide carbonique et de gaz mixtes, et dans celles à grisou qui exploitent des couches de moyenne puissance, on pratique un quadrillage assez serré dont la maille est en rapport avec l'épaisseur de la couche.

Il est exécuté entièrement au tir d'ébranlement et presque partout du jour. Le défilage des mailles est conduit suivant les circonstances au tir ou à la main. Le havage est interdit et aucune mesure n'est prise pour apprécier l'importance du dégazage. Les trous de sonde ne sont guère employés qu'au rocher et comme moyen de repérage.

On considère tout le gisement vierge comme également dangereux et on admet qu'un quadrillage suffisamment serré immunise les piliers découpés contre toute manifestation dangereuse.

Dans les couches minces à grisou, on emploie la grande taille oblique ou au pendage à avancement très lent avec, selon les circonstances, le tir et le travail à la main. Le dégazage est obtenu par un grand développement du front. L'exploitation est conduite avec la plus grande régularité et on s'attache à éviter toute discontinuité dans le tracé, l'orientation et la position relative des fronts.

Méthode allemande. — Dans le bassin de la Basse-Silésie, lorsque le gaz dégagé par le trou de sonde indique une teneur en gaz carbonique supérieure à 30 0/0, le règlement proscriit le travail au pic, au marteau ou à la haveuse percutante, et prescrit le tir d'ébranlement derrière une double porte dans les travers-bancs et voies en ferme. Le tir comporte deux coups simultanés chargés au moins de trois cartouches chacun. Le contrôle du dégagement s'effectue par trous de sonde de 2 mètres de longueur, qui servent à mesurer la température et la pression. Si la pression du gaz au bout de quinze minutes dépasse une atmosphère, le front est arrêté jusqu'à ce qu'elle tombe au-dessous de cette limite. L'avancement doit être inférieur à 1^m.50.

(1) *Rapport de voyage de la mission française en Basse-Silésie*, par ROYEN, directeur de la Société houillère du Nord d'Alès. R. I. M., 1^{er} août 1931.

Le défilage s'opère par taille chassante de longueur variable.

Lorsque la haveuse ne peut être employée, on pratique le tir comme dans les traçages, par trous de mine de 1^m,80 à 2 mètres de profondeur, espacés de 5 mètres, on prend pour le tir la même précaution qu'en traçage.

Lorsque la structure du charbon assure un dégazage effectif, le travail de la haveuse rotative est autorisé ; les trous de sonde de contrôle ont alors 5 mètres de longueur.

Bien que le remblayage soit en principe obligatoire, on applique le foudroyage dirigé avec piliers en bois déplaçables. La relevée des tailles exploitées à la haveuse doit être supérieure à 50 mètres afin de répartir sur une surface suffisante les effets de tassement du toit.

L'efficacité du havage et des grands fronts est remarquable dans la plupart des cas ; le dégazage est extrêmement abondant et les dégagements en taille semblent avoir disparu dans la généralité des cas.

Méthode belge. — On exécute des trous de sonde de 2 mètres au moins, pour le contrôle et la reconnaissance.

Le tir se fait par mines profondes, travaillant en camouflet ; alors qu'en Allemagne et en France, on procède par mines courtes et puissantes, et qu'on affranchit le front ébranlé jusqu'au solide, en Belgique, on pousse des mines profondes de 1^m,75 à 2^m,50 de longueur moyennement chargées qui explosent en camouflet et laissent un front de taille en apparence intact, souvent même maintenu par un garnissage jointif et dont la cohésion est plutôt augmentée par le tir.

On ménage ainsi entre le charbon vierge et le front de l'abatage une bande fissurée fortement dégazée, dont on relève une partie seulement au pic ou au marteau-piqueur et au travers de laquelle on fore les nouvelles mines.

Exécution du tir. — En France, le tir dans les mines sujettes aux dégagements d'acide carbonique s'exécute de jour, dans l'intervalle des postes principaux par les soins des boute-feux, qui font les chargements et vérifient que les mines sont bien parties. Cette méthode présente l'avantage d'être économique, mais elle a l'inconvénient de ne pas permettre d'utiliser au maximum la capacité des installations, car on ne dispose que de deux postes complets de travail.

En Allemagne, le tir s'exécute du fond, derrière des portes de sécurité à des heures déterminées. La mine est divisée en sections de tir qui correspondent chacune à un circuit d'aérage autonome. Il en est de même en Belgique et dans certaines mines françaises à grisou. En Allemagne, le poste de tir comporte deux portes en tôle, solidement encadrées dans un massif en béton ; l'ensemble pouvant résister à trois ou quatre atmosphères.

A travers le massif passent les colonnes d'aérage d'un ventilateur soufflant dont la capacité est supérieure à celle de l'aérage normal

et qui peut être isolé du front par un registre étanche, un tube de visée, muni de glaces à ses deux extrémités et dirigé vers une lampe à flamme témoin, les câbles, les tuyauteries d'air comprimé, un tube de prise d'essai, un manomètre et un canard d'écoulement d'eau.

Les postes de tir sont reliés téléphoniquement. Le tir a lieu en principe aux heures du briquet et aux fins de poste. L'exécution du tir entraîne une perte de temps de trois quarts d'heure, une heure. Dans les voies en ferme, l'aérage est assuré par deux lignes de tuyaux, l'une aspirante, l'autre soufflante.

L'aérage est montant, de façon à favoriser le brassage de l'acide carbonique et sa dilution facilite le travail de purge des points bas.

VII. — MÉTHODES D'EXPLOITATION DANS LES MINES DE FER DU BASSIN LORRAIN

1. — Généralités.

Avant de décrire les méthodes d'exploitation proprement dites, nous rappellerons brièvement la structure géologique du gisement ferrifère lorrain.

La formation ferrugineuse dont l'épaisseur varie de 10 à 60 mètres est constituée par une alternance de couches de minerais, de calcaires et de marnes sans distinction bien nette.

A la base de la formation ferrugineuse on rencontre des bancs de marne du Toarcien de 10 à 20 mètres de puissance.

Au-dessus de la formation ferrugineuse on trouve une formation marneuse imperméable appartenant au Bajocien de 20 à 30 mètres de puissance, surmontée par des bancs de calcaire, de grès et de marnes laissant passer les eaux superficielles.

L'épaisseur des morts-terrains est de l'ordre de 200 mètres en moyenne.

L'exploitation du gîte se faisant par foudroyage, les cassures qui se produisent dans la formation marneuse située directement au toit de la couche déterminent les éboulements et sont susceptibles de provoquer des dégâts à la surface, ainsi que des venues d'eau qui constituent une des difficultés de l'exploitation.

Cette particularité de la structure géologique des terrains surmontant la formation ferrugineuse a fortement influencé le caractère des méthodes d'exploitation. C'est ainsi qu'on peut distinguer deux tendances suivant l'importance que l'on attache aux affaissements et aux venues d'eau.

1° Une méthode d'exploitation par piliers sans remblayage ou foudroyage du toit. Cette méthode est la plus couramment appliquée dans le bassin :

2° Une méthode d'exploitation par piliers abandonnés lorsque la nécessité de protéger la surface contre les éboulements se fait sentir.

Dans le bassin de Briey et de Longwy les couches de minerai de fer sont au nombre de 5. Elles sont toutes exploitées en même temps qu'un calcaire ferrugineux qui les surmonte dans les minières qui se trouvent au nord du bassin de Longwy.

C'est la couche grise qui, dans le bassin de Briey, présente sur les plus vastes surfaces le maximum d'intérêt. Toute la formation ferrifère a, vers le Sud-Ouest, une inclinaison faible (2 centimètres par mètre), mais suffisante pour assurer un bon roulage et ménager des albraques.

2. — Exploitation des couches minces et moyennes (1).

On peut ranger sous cette dénomination celles qui ont moins de 3 mètres de puissance; on les rencontre en général dans le bassin de Longwy.

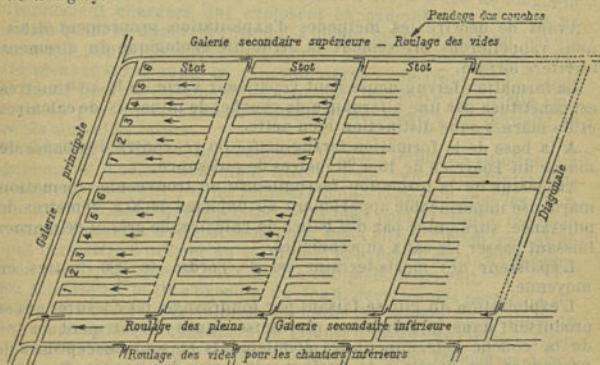


FIG. 78. — Plan-type des traçages préparatoires d'un quartier.

(1) Note sur l'exploitation des mines des bassins de Briey et de Longwy et sur les affaissements de surface, par A. FORTIN, ingénieur des travaux publics de l'État. *Annales des Mines*, Mémoires, 12^e série, t. XIX, 1931.

Le gîte est découpé en massifs limités par des galeries principales et secondaires, faisant entre elles des angles de 45 à 90°, suivant l'inclinaison de la couche, et le fil de mine.

Sur les secondaires s'embranchent des galeries tertiaires, sur lesquelles on prend des chantiers de 12 à 17 mètres environ d'axe en axe et de 5 mètres de largeur; on laisse un stot de protection de 15 à 20 mètres pour les principales et les secondaires et 10 mètres pour les tertiaires. En général, le massif limité entre tertiaires et secondaires est un carré de 100 mètres de côté (fig. 78); chacun des piliers est ensuite rabattu; on laisse entre les rabatages de deux piliers voisins un décalage d'une dizaine de mètres pour que les mineurs soient toujours protégés par un bon pilier. La figure 79 indique le dispositif.

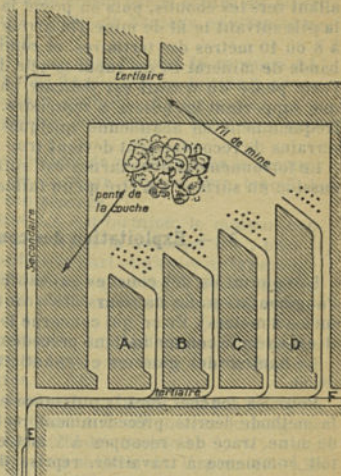


FIG. 79. — Phase du défilage d'un massif.
Echelle : 1/2.000^e.

Suivant que le toit est rigide ou docile, l'éboulement n'aura pas lieu ou suivra.

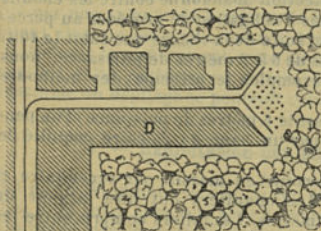


FIG. 80. — Reprise des stots de protection.
Plan au 1/2.000^e.

La rigidité est plutôt un inconvénient parce qu'elle favorise la création en arrière du front de piliers d'énormes chambres dont le toit pourra s'effondrer brutalement. On n'hésitera pas à miner le toit, si l'éboulement ne se produit pas.

Si le toit est trop docile et si un éboulement prématuré rend le front de taille inaccessible, une recoupe est prise à 5 mètres du front de taille. Cette recoupe conduite à 4 ou 5 mètres de

On réduit le pilier ainsi découpé à sa plus simple expression en allant vers les éboulis, puis on prend la direction opposée et on rabat la pile suivant le fil de mine. On arrête les dépilages de ces chantiers à 8 ou 10 mètres des tertiaires, et comme il reste de l'autre côté une bande de minerai D, on rabat la tête de pile et la bande D (fig. 80). Cette phase du travail est délicate en raison de la charge énorme que supportent les piliers à reprendre. Les parements s'effritent et fréquemment on abandonne quelques piliers quand la charge des terrains de recouvrement devient trop forte.

Le foisonnement des marnes est suffisant pour réduire la répercussion en surface à n'être qu'un faible affaissement.

3. — Exploitation des couches puissantes.

L'exploitation des couches puissantes est plus délicate par suite de l'augmentation des hauteurs des fronts de dépilage (4, 5, 6, 7 et même 8 mètres). En ce qui concerne le traçage préliminaire du gîte, il est exécuté comme indiqué précédemment.

La hauteur des galeries et chantiers ne dépasse pas 3 mètres à 3^m,50.

Pour les couches dont la puissance est inférieure à 5 mètres, 5^m,50, la méthode décrite précédemment reste applicable : dépilage au fil de mine, tracé des recoups à 5 mètres du front de taille quand le toit commence à travailler, reprise de l'ilot ainsi déterminé pour réduire son épaisseur au minimum (1 mètre environ) de façon à constituer un rideau contre les éboulis. Puis on prend la direction opposée et on rabat la pile au fil de mine comme il a été dit plus haut.

On peut estimer à 15 mètres environ la distance moyenne qui sépare le pilier du rideau de protection abandonné contre les éboulis au moment où l'on se trouve dans l'obligation de procéder au percement d'une nouvelle recoupe, par suite de la charge que subit le toit.

Pour l'exploitation des couches de 6 à 8 mètres de puissance, nous allons indiquer par quelques exemples le principe des méthodes mises en œuvre.

Exemple I. — La couche présente 6 mètres de puissance et un pendage de 2°. Elle est surmontée par un banc de calcaire coquillé de 20 centimètres d'épaisseur.

Le champ d'exploitation est découpé en massifs par secondaire et tertiaire de 100 mètres de côté. Les chantiers ont une largeur de 5 mètres et une longueur de 90 mètres. Les piliers compris entre les chantiers ont une largeur de 8 mètres.

Pour dépiler un pilier, on commence par tracer une recoupe AA' sur 5 mètres de largeur, 8 mètres de longueur, en laissant une pile de 5 mètres d'épaisseur (fig. 81) précédente.

Quand cette recoupe est terminée, on refend cette pile en traçant une deuxième recoupe BB' perpendiculaire sur AA' dans la direction des éboulis et dont l'axe passe généralement par le centre du pilier. Ces recoupes sont conduites sur 4 mètres de hauteur environ et ne nécessitent qu'un boisage restreint.

Une fois ces percements achevés, on avance dans la recoupe AA' en chassant et en abattant la planche de minerai au toit de 2 mètres d'épaisseur, jusqu'au banc de calcaire coquillé.

Le mineur boise très soigneusement derrière lui à mesure qu'il avance.

Les coups d'abatage au toit permettent de réaliser dans la recoupe un tas de minerai de 4 mètres de hauteur environ sur lequel le mineur se place pour continuer son abatage.

Quand l'abatage dans la recoupe AA' est terminé, le mineur continue l'abatage de la planche au toit dans la recoupe BB'', puis il amaigrit en rabattant les deux piliers de part et d'autre de la recoupe.

On laisse sur les parements de BB' une planche C (0^m,50 environ) et un ilot de protection D, puis le même cycle d'opérations recommence.

L'avantage de cette méthode réside en ce que le mineur travaille presque continuellement à l'abri de deux parements dont la distance intérieure ne dépasse pas 8 mètres.

Exemple II (1). — La couche envisagée présente une puissance de 8 à 9 mètres. Le traçage isole des massifs de 200 mètres de long sur 110 mètres de largeur (fig. 81). La méthode consiste :

1° A tracer des chantiers au mur de 5 mètres de largeur et 3^m,50 de hauteur ;

2° A refendre chaque pilier ainsi formé par un nouveau chantier de mêmes dimensions, ce qui permet d'obtenir des piliers de 7^m,50 de largeur.

3° Recouper transversalement chacun de ces piliers à son extrémité par une saignée de 5 mètres de largeur et 3^m,50 de hauteur. On obtient ainsi un petit pilier de 6 × 7,50 (fig. 82) ;

4° Enlever le minerai qui reste au toit suivant A-B-C-D, hauteur du pilier qu'on enlèvera en entier, si la solidité du toit le permet ; l'ensemble du dépilage se poursuit comme le montre la figure.

4. — Exploitation par piliers abandonnés.

La figure 83 indique la disposition des travaux.

Les piles entre chantiers sont découpés de la façon suivante :

On prend par la méthode ordinaire du front unique une première

(1) LANGROGNE, *Loc. cit.*

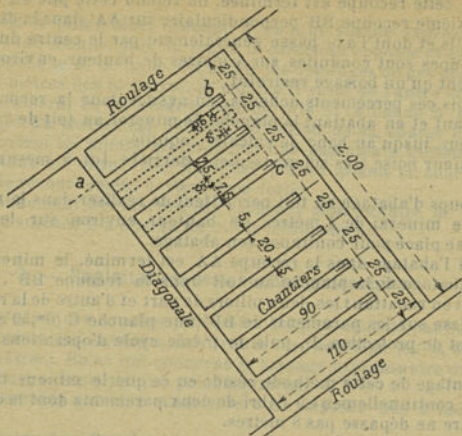


Fig. 81.

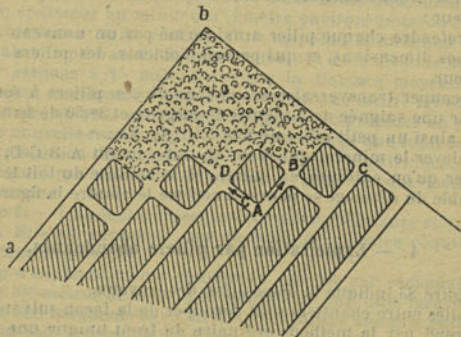


Fig. 82.

chambre de 11 mètres de largeur (y compris la recoupe du fond). Le toit ne s'éboule pas, à moins que le plafond ne soit très mauvais, auquel cas on réduirait la largeur de la chambre.

Une recoupe A est ouverte 5 mètres plus loin. Elle a 5 mètres de largeur; après l'abatage de la tranche du toit, on avance le dépilage B de 7 mètres ou moins si le plafond est mauvais.

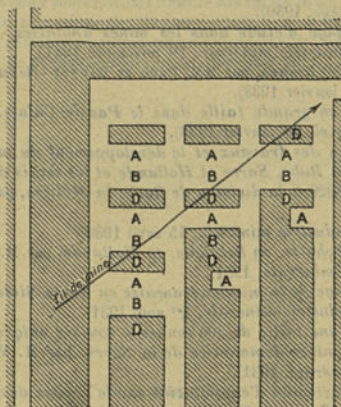


Fig. 83. — Plan au 1/2.000^e.

Un autre pilier D de 5 mètres est laissé avec un dépilage total de 12 mètres AB. Dans la pile suivante, les piliers sont laissés en face des précédents, de manière qu'un fil de mine passe toujours sur deux piliers; le tonnage de minerai abandonné par cette méthode est de 20 0/0 en chiffres ronds.

Remarque. — Dans chacune de ces méthodes, on abandonne le minerai des stots de protection. Lorsque l'on reviendra les enlever dans plusieurs années, on se trouvera en présence de piliers entourés d'éboulements; on ne pourra de ce fait enlever qu'une faible partie de ces stots et, si l'on additionne cette perte avec celle des flots, on arrivera facilement à une perte totale de 30 0/0 et même plus pour l'ensemble.

BIBLIOGRAPHIE

- Exploitation des couches puissantes par grandes tailles*, par M. KRUPINSKI (Congrès de Liège, 1930).
- Rapport de voyage d'étude dans les mines anglaises*, par M. REGNIER (*Revue de l'industrie minière*, 1^{er} novembre 1931).
- Une taille de 850 bennes*, par MM. PAUC ET BAUVET (*Revue de l'industrie minière*, 1^{er} janvier 1933).
- Le foudroyage en grande taille dans le Pas-de-Calais*, par M. PARISOT (*Nord industriel*, 28 janvier 1933).
- La concentration des travaux et le développement du machinisme dans les mines de la Ruhr, Sarre et Hollande et les essais de concentration effectués en 1929 à la division de Roche-la-Molière*, par MM. DENANTÉS et LOUSTAU. (*Revue de l'industrie minière*, 15 avril 1930).
- Voyage en Westphalie, en Belgique, en Hollande*, par M. CLAPIER (*Revue de l'industrie minière*, 1931).
- Rapport de voyage de la mission française en Basse-Silésie*, par M. ROYER (*Revue de l'industrie minière*, 1^{er} août 1931).
- Organisation d'une taille de 500 tonnes à couloir unique à la Division Duhamel des mines domaniales de la Sarre*, par M. VIAUD (*Revue de l'industrie minière*, 1931).
- Incidences des méthodes d'exploitation sur le régime des coups de toits*, par M. ROYER (*Revue de l'industrie minière*, Mémoires 1931, page 376).
- L'exploitation intensive en Angleterre* (Note technique du Comité des houillères, n° 112, janvier 1930).
- Le mécanisme des dégagements instantanés de gaz et de solide*, par M. JARLIER (*Revue de l'industrie minière*, Mémoires 1931, pages 416 et 439).
- Les gisements de minerai de fer oolithique de la Lorraine*, par M. VILLAIN (*Annales des mines*, 1902, t. 1, pages 113 et 223).
- Notes sur le bassin ferrifère de la Lorraine désannexée*, par MM. LANGROGNE et BERGERAT (*Annales des Mines*, 1920, t. X, pages 5, 95 et 175).
- Les minerais de fer oolithiques de France*, par M. L. CAYEUX (*Étude des gîtes minéraux de la France*, fascicule II).
- Le fer en Lorraine*, par M. GRÉAU.
- Les minerais de fer oolithique de la France*, par M. CAYEUX, 1932.
- Contribution à l'étude de l'exhaure dans le bassin de Briey*, par M. CHANZY (*Annales des Mines*, 1921, t. IX, page 227).
- L'exhaure des mines du bassin de Briey*, par MM. CHANZY et BICHELONNE (*Annales des mines*, 1930, t. XVII, page 5).

Les ressources de la France en minerai de fer, par M. NICOU, 1911.

Lutte contre les eaux à Valleroy, par M. TERRIER (*Revue de l'industrie minière*, Mémoires 1926).

Les moyens de protéger les mines de fer de l'Est contre l'invasion des eaux, par LEUKHAM (*Revue de l'industrie minière*, Mémoires 1926).

La circulation des eaux souterraines dans le bassin de Briey, par M. RIOLLOT (*Revue de l'industrie minière*, Mémoires 1907).

Les relations des ruisseaux souterrains de la région de Tucquenieux, par M. JOLY (*Revue de l'industrie minière*, Mémoires 1927).

TROISIÈME PARTIE

AÉRAGE

- I. L'atmosphère dans les mines.
- II. Le contrôle de l'atmosphère dans les mines.
- III. Aménagement de l'aérage général.
- IV. Aménagement de l'aérage secondaire.
- V. Circulation de l'air dans les travaux.
- VI. La production du courant d'air.

I. — L'ATMOSPHÈRE DANS LES MINES

- I. **Causes de l'altération de l'atmosphère dans les mines :** 1. Échauffement de l'atmosphère dans les mines. — 2. Viciation de l'atmosphère dans les mines. — a) Origine de l'anhydride carbonique. — b) Origine de l'oxyde de carbone.
- II. **Le grisou :** 1. Propriétés du grisou. — 2. Dégagement du grisou.

I. — CAUSES D'ALTÉRATION DE L'ATMOSPHÈRE DANS LES MINES

L'atmosphère à l'intérieur des mines est altérée par échauffement et viciation. Nous allons indiquer successivement l'influence de ces deux causes sur l'atmosphère des mines.

1. **Échauffement de l'atmosphère dans les mines.** — Il est dû à l'élévation de température des couches terrestres en profondeur.

Des relevés de température effectués sur de nombreux sondages indiquent une élévation de température de 1° pour un approfondissement de 30 à 35 mètres. Le degré géothermique varie suivant les régions, la nature et la conductibilité du sol. A cette cause directe d'échauffement s'ajoute l'échauffement résultant des séjours d'hommes et d'animaux.

La température maxima autorisée par le règlement pour le travail en chantier est de 35° centigrades mesurés au thermomètre sec et 30° au thermomètre mouillé.

Par suite de l'effet rafraichissant que produit la circulation de l'air sur les roches dans les travaux, l'écart de température entre la roche et l'air est de 10° environ, ce qui correspond pour la roche à une température de 40 à 45°. Il en résulte que la profondeur maxima que peut atteindre l'exploitation avec les moyens employés actuellement est de l'ordre de 1.200 mètres dans le bassin du Pas-de-Calais (1).

2. Viciation de l'atmosphère dans les mines. — Les analyses faites sur des échantillons prélevés sur les sorties d'air des diverses mines ont montré que l'air est généralement saturé de vapeur d'eau et qu'il est appauvri en oxygène, enrichi en azote et en acide carbonique. Lorsque la mine est grisouteuse, l'air contient quelques millièmes de grisou. Lorsqu'elle dégage de l'acide carbonique, l'air peut en renfermer jusqu'à 1 à 1,5 0/0.

a) ORIGINE DE L'ANHYDRIDE CARBONIQUE. — 1° Origine biologique : teneur 3/10000 sur le retour d'air ;

2° Dégagement par suintement continu du charbon lui-même et des épontes (mine du Gard). L'accroissement de teneur en acide carbonique dû à cette cause est de 6 à 12/10000.

b) ORIGINE DE L'OXYDE DE CARBONE. — L'oxyde de carbone ne se rencontre pas normalement dans l'atmosphère des mines. On le trouve accidentellement comme résultat de la combustion incomplète d'explosifs.

Il apparaît également comme conséquence d'incendies.

II. — LE GRISOU

1. Propriétés. — Les principales propriétés de ce gaz, dont le constituant essentiel est le méthane sont les suivantes :

Sa légèreté. — La densité du grisou suivant sa pureté est comprise entre 1/2 et 2/3.

Sa diffusion en atmosphère calme. — Le gaz dégagé au mur des chantiers non aérés monte rapidement au toit et, à partir de là, le grisou se diffuse.

Sa non-toxicité.

Son mode de combustion. — Le grisou brûle à l'air quand on l'enflamme en donnant une flamme bleu clair, peu éclairante. Le mé-

(1) LEBRETON, *Cours d'Exploitation professé à l'École nationale supérieure des mines de Paris* (1925).

lange de grisou et d'air le plus favorable à l'explosion renferme 9,5 0/0 du premier et 90,5 0/0 du second.

La limite inférieure d'inflammabilité est de 6 0/0 de grisou. Au-dessus de 16 0/0, le mélange est simplement combustible. L'inflammation ne s'y propage pas d'elle-même : Un corps enflammé introduit à l'intérieur de ce mélange s'y éteint, une étincelle le traversant ne produit pas d'explosion.

Voici, d'après M. Crussard (1), les divers phénomènes qui accompagnent la combustion du grisou suivant la teneur.

Les mélanges d'air ou de grisou marquant modérément à la lampe (10, 20, 30 litres par mètre cube) mis en présence d'une flamme nue ou d'un explosif débouillant, ne donnent que l'auréole ou l'allongement de la flamme d'explosif, forme équivalente de la combustion limitée.

Ils sont vraisemblablement inaptes à propager une explosion violente de grisou préformée dans d'autres conditions.

Les mélanges marquant fortement à la lampe (40, 50 litres par mètre cube), donnent toujours l'auréole à la flamme, l'explosif débouillant peut donner des combustions qui ont déjà l'apparence explosive, mais qui meurent spontanément même si l'atmosphère se poursuit (propagation limitée). Ils sont vraisemblablement aptes à propager au moins sur une certaine étendue, la flamme de l'explosion violente préformée, mais ils ne propagent pas la flambée.

Les mélanges où la lampe se remplit de flamme (60 litres par mètre cube) brûlent en présence d'une flamme nue. S'il y a libre dégagement de gaz, la combustion reste flambée et progresse tant que la teneur reste la même ; si la teneur baisse, la flamme s'arrête. En présence d'une mine débouillante, la combustion se fait sous forme d'explosion. L'explosion peut également naître spontanément d'une flambée en cas d'entrave au dégagement gazeux.

Les mélanges où la combustion dans la lampe est très vive (75, 80 litres au mètre cube), donnent, même en présence d'une flamme nue, une dégénérescence presque certaine en explosion. De telles explosions franchement amorcées après combustion de quelques mètres de galerie paraissent plus difficiles à arrêter qu'une flambée. Ce sont précisément devant de telles explosions locales qu'une atmosphère de 4 à 5 0/0 peut ne pas rester inerte. »

Retard à l'inflammabilité. — Nous avons indiqué les particularités de ce phénomène dans le chapitre consacré aux explosifs utilisés dans les mines grisouteuses.

2. Dégagement du grisou. — Le grisou se dégage du charbon abattu au chantier. La quantité produite est sensiblement proportionnelle au tonnage et dépend du degré de broyage.

(1) *Mines, Grisou, Poussières*, par CRUSSARD.

Le grisou se dégage surtout par le front de taille. Le dégagement varie suivant la surface découverte du massif et son état de compacité.

Une même couche peut dégager plus ou moins de grisou au chantier, suivant qu'elle se trouve dans une région vierge ou dans le voisinage de couches déjà exploitées. Dans ce dernier cas, par suite du desserage des terrains qui réduit la pression sur le massif et de la fissuration du charbon, le dégagement du grisou au front de taille est plus faible. D'autre part, il peut y avoir drainage par la fissuration des épontes, si les couches exploitées sont suffisamment voisines.

On appelle soufflard, le dégagement de grisou provenant d'une cassure importante. Le soufflard *primaire* provient d'une cassure antérieure aux travaux ; le soufflard *secondaire* résulte d'une fissuration des terrains consécutifs aux travaux.

Le grisou donne lieu à des *dégagements instantanés* comme l'acide carbonique, c'est-à-dire avec projection d'une plus ou moins grande quantité de charbon ou de roche. Les dégagements instantanés ont tendance à se manifester dans des couches à allure tourmentée où le charbon est friable, terne et tendre.

II. — CONTROLE DE L'ATMOSPHÈRE DANS LES MINES

- I. **Détection du grisou** : 1. Grisouscopie. — 2. Les grisouscopes. — A) La lampe à flamme : B) Les lampes électriques : 3. Grisoumétrie. — 4. Les grisoumètres. — A) Grisoumètre à flamme Chesneau. — B) Les nouveaux grisoumètres.
- II. **Détection de l'oxyde de carbone** : A) Méthode basée sur la réduction de l'azotate d'argent. — B) Géomètre Carteret. — C) Carbone monoxyde détector.

I. — DÉTECTION DU GRISOU

La détection du grisou dans l'atmosphère des mines donne lieu soit à des mesures qualitatives, soit à des mesures quantitatives.

1. — Grisouscopie.

La grisouscopie s'étend de la recherche qualitative du gaz, et si le type de lampe le permet, l'estimation grossière de la teneur.

2. — Les grisouscopes.

A) LES LAMPES A FLAMME.

La flamme des lampes à huile et à essence s'allonge et s'entoure d'une auréole quand l'atmosphère est grisouteuse. L'allongement est d'une appréciation difficile, surtout quand il est faible parce qu'il peut résulter d'un mauvais soufflage de la mèche ou d'un échauffement de la lampe. C'est donc le plus souvent par l'auréole qu'on décele la présence du grisou dans l'atmosphère. D'une manière générale il paraît possible de compter que la présence du grisou est mise en évidence par la lampe à flamme dans des conditions qui ne peuvent prêter à aucune ambiguïté pour les teneurs égales ou supérieures à 20/0.

Pratiquement, la grisouscopie se fait aux points défectueux des chantiers et des voies. Comme ce sont en général les points hauts, la lampe n'explore pas la zone comprise entre le sommet de la culasse et les orifices d'entrée d'air.

Pour pratiquer la grisouscopie à l'aide de la lampe à flamme il y a deux procédés en usage. L'essai à flamme normale et l'essai à petit feu. Il n'y a pas de règle absolue pour le choix de l'un ou de l'autre.

L'essai à la flamme haute est différentiel tant qu'il n'y a qu'un faible allongement de la flamme. Son indication devient absolue aux fortes teneurs quand la lampe file ou grince. L'allongement de la flamme est dû (1) :

1° A l'encapuchonnement de la flamme par l'auréole.

Il atténue le refroidissement des gaz de distillation et maintient plus longtemps l'incandescence ;

2° A l'altération du tirage.

C'est de cette altération que provient la grande différence entre les lampes alimentées par le haut ou par le bas. Une lampe alimentée par le haut, à courants non séparés, donne dans le grisou des fumées qui s'opposent à l'introduction de l'air ; le tirage diminue, l'allongement est le résultat d'une différence. L'influence atténuatrice du tirage est très affaiblie sur la lampe tout en restant alimentée par le haut et à courants séparés.

Enfin, avec l'alimentation par le bas (Wolf), la combustion du grisou aide au tirage, l'allongement est le résultat d'une addition ; de là

(1) CRUSSARD, *loc. cit.*

la sensibilité grisoscopique de ces lampes aux faibles teneurs. C'est également à cette inversion dans l'effort du tirage qu'il faut attribuer la fixité des flammes allongées par le grisou quand l'alimentation se fait par le bas.

Le grimacement aux teneurs approchant de l'extinction est spécifique des alimentations par le bas.

Dans une cloche où elle n'est pas entièrement baignée de gaz, toute lampe met un certain temps à déceler l'allongement ou l'auréole; ce retard à la marque est spécialement accentué dans les lampes où l'appel d'air se fait du bas et non du haut.

Les lampes à flamme permettent d'apprécier *grosso modo* la teneur en grisou.

Dans la lampe Wolf par exemple :

à 1 0/0, l'auréole est nette et entoure la flamme ;

à 2 0/0, elle mesure environ 2 centimètres de hauteur ;

à 3 0/0, elle atteint le haut du cylindre du verre ;

à 4 0/0, elle a déjà 4 à 5 centimètres ;

à 5 0/0, elle remplit presque tout le tamis.

B) LES LAMPES ÉLECTRIQUES.

La propriété fondamentale des lampes à flamme est d'avertir son porteur de la présence du grisou sans que lui-même ait à faire quoi que ce soit pour le trouver.

Seuls les grisoscopes qui présentent à cet égard la même propriété seront susceptibles de remplacer la lampe à flamme. L'automatisme du fonctionnement et la sécurité dans l'emploi, telles sont les deux qualités que doivent posséder les grisoscopes.

Le grisoscope Wetterlicht (1). — Le principe de cet appareil est le suivant :

Un filament métallique chauffé par un courant électrique et maintenu de manière permanente au contact de l'atmosphère dont on se propose de surveiller la combustion. Si cette atmosphère contient du grisou, ce gaz brûle au contact du filament dont la température se trouve de ce fait élevée; la variation de coloration qu'éprouve le filament est un indice de la présence du grisou.

Étant donné que la mise sous tension du filament nécessite la manœuvre d'un interrupteur, il résulte de cela qu'il est à fonctionnement commandé et il ne correspond pas aux *desiderata* qui ont été précisés plus haut.

(1) Notes techniques du Comité de houillère, N° 455, juillet 1931.

Le grisoscope Gulliford. — Cet appareil a été prévu pour un fonctionnement automatique. Il comporte essentiellement un filament de platine placé à l'air libre qui est monté en série avec celui de la lampe portative d'éclairage et dont les caractéristiques sont choisies de telle manière que le dégagement de chaleur, résultant de la combustion du grisou à son contact, le porte à son point de fusion, quand la proportion du grisou atteint une valeur de l'ordre de 2 à 3 0/0.

Le porteur de la lampe se trouve ainsi prévenu par l'extinction de celle-ci de la présence dans l'atmosphère de grisou en proportion supérieure à une valeur déterminée. Un commutateur convenablement disposé lui permet alors de rallumer sa lampe en mettant en court circuit le filament extérieur et de s'éloigner de la zone grisouteuse. Pour remettre l'appareil en état de fonctionner, il suffit de remplacer le filament extérieur.

Le seul inconvénient de l'appareil est malheureusement décisif. Le filament étant maintenu à haute température, s'oxyde peu à peu au contact de l'air, sa section va en diminuant et sa température en s'élevant, si bien qu'il fond après une demi-heure environ de séjour dans l'air pur. —

3. — Grisoumétrie.

La grisoumétrie s'entend de la mesure de la teneur en gaz et plus particulièrement de la détermination des teneurs inférieures à la teneur dangereuse.

La teneur en grisou devra être inférieure aux valeurs suivantes : (prescription de l'article 139 du décret 1911), 1,5 0/0 pour les courants d'air exclusivement affectés aux traçages et 1 0/0 pour les autres courants d'air.

4. — Les grisoumètres.

A) GRISOUMÈTRE A FLAMME CHESNEAU

Cette lampe comporte un tamis protégé par une cuirasse. L'entrée d'air se fait par le bas au moyen d'un anneau fermé par un double tamis métallique. Pour arriver à ce dernier, l'air pénètre par des fenêtres placées sur une couronne métallique. La flamme est entourée par un manchon cylindrique en tôle de 40 à 42 millimètres de diamètre. IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

La base du tamis porte un collet formant le sommet de l'écran qui cache la flamme. La hauteur du collet peut être réglée de telle sorte que son sommet dépasse de 37 millimètres le tube entourant la mèche.

Le tamis (à 144 ou 196 mailles par centimètre carré) en fil de fer ou de laiton est entouré par une cuirasse en tôle percée d'une longue fenêtre rectangulaire en mica fermée par un volet et sur les bords de laquelle sont gravées les graduations.

Le combustible est de l'alcool méthylique à 92°,5 B, auquel on a ajouté (pour un litre d'alcool):

- 1 gramme d'azotate de cuivre ;
- 1 — de liqueur des Hollandais (bichlorure d'éthylène).

Grâce à la transformation de l'azotate en chlorure de cuivre par l'acide chlorhydrique, l'aurole a une couleur bleu-verdâtre très distincte. Une fois la lampe réglée dans l'air pur de façon que la flamme atteigne le haut du collet, on descend dans la mine pour faire les observations. Voici la correspondance entre les hauteurs de la flamme et les teneurs en grisou :

Teneurs en grisou.	Hauteurs.
0,1 0/0	15 mm.
0,5	24
1	34
1,5	46
2	64
2,5	90
3	140

La lampe Chesneau présente une grande sensibilité. On arrive à titrer facilement 0,5 0/0 et même 0,3 et 0,2 0/0 aux teneurs usuelles des retours d'air.

La précision de la lecture est de l'ordre de 0,2 0/0.

B) LES NOUVEAUX GRISOUMÈTRES

Les grisoumètres qui ont été imaginés au cours de ces dernières années peuvent être classés d'après leur principe de fonctionnement en quatre catégories :

- Appareils à parois poreuses ;
- Appareils d'analyse par combustion ;
- Réfractomètres interférentiels ;
- Appareils mettant en jeu la variation d'une résistance électrique.

1° **Appareils à parois poreuses.** — Ils reposent sur la particularité que présente la diffusion d'un gaz à travers une paroi poreuse.

Lorsqu'une telle paroi sépare deux enceintes contenant un même gaz à des pressions différentes, celui-ci s'écoule à travers la paroi avec une vitesse qui est directement proportionnelle à la différence des pressions et inversement proportionnelle à la racine carrée de sa densité.

Le grisomètre Vulcan est basé sur ce principe.

Si les appareils de ce type possèdent de précieux avantages au point de vue de la sécurité, ils présentent par contre de très graves inconvénients, qui sont les suivants :

a) Leur sensibilité est tout à fait insuffisante ; b) leurs indications sont erronées car la vapeur d'eau et le gaz carbonique peuvent pénétrer dans la capacité close et les effets de cet écoulement se superposent à celui du grisou.

2° Appareils d'analyse par combustion.

Grisomètre Burel. — Le grisomètre Burel couramment utilisé aux États-Unis est constitué par un manomètre à eau, dont les deux branches ont des diamètres différents (*fig. 84*). La plus grosse, qui constitue la chambre de combustion, est fermée à sa partie supérieure; la plus petite communique librement avec l'atmosphère par l'intermédiaire d'un tube en caoutchouc. La chambre de combustion ne comporte qu'une seule ouverture fermée par un robinet à pointeau, dont la vis *b* est creusée en forme d'entonnoir. Elle est donc parfaitement étanche. Le fil de platine *f*, qui sert à brûler le gaz analysé, est monté sur une petite bougie facilement remplaçable. Le courant est fourni par une batterie d'accumulateurs reliés à l'appareil par un câble souple. La tension d'alimentation est de 2 volts. Un regard *h* disposé en face du filament permet de vérifier le bon fonctionnement de l'appareil. La petite branche de l'appareil est graduée directement en teneur en méthane de 0 à 4 0/0.

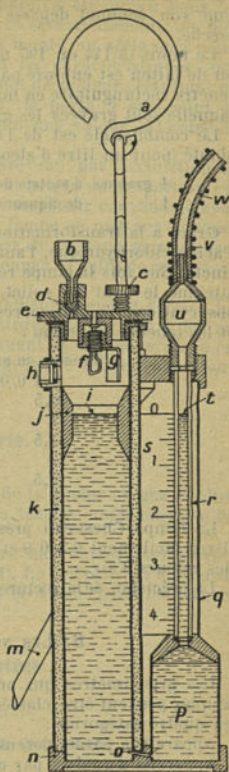


FIG. 84. — Grisomètre Burel.

Mode d'emploi. — On s'assure avant d'utiliser l'appareil qu'il contient bien la quantité d'eau convenable. Il suffit pour cela d'ouvrir le robinet à pointeau et de vérifier que le niveau de l'eau dans la petite branche du manomètre se trouve en face du zéro de la graduation. Cette condition est d'ailleurs toujours vérifiée si l'on a pris la précaution de fermer le pointeau pendant le transport de l'appareil.

Lorsqu'on est parvenu au point où l'on désire faire une mesure, on remplit d'eau la chambre à gaz en soufflant par le tube de caoutchouc, le robinet à pointeau étant ouvert jusqu'à ce que l'eau apparaisse au fond de l'entonnoir. On laisse ensuite le niveau se rétablir et on ferme le robinet.

La chambre est alors pleine du mélange à doser à la pression ambiante. On produit la combustion du mélange en faisant passer le courant dans le filament pendant deux minutes environ. On laisse ensuite refroidir le filament pendant quelques secondes, puis on agite l'appareil pendant une minute pour refroidir le gaz brûlé et on lit le résultat de la mesure sur l'échelle graduée.

La précision des mesures est de l'ordre de 1,5/1.000.

Du point de vue de la sécurité d'emploi dans l'atmosphère grisouteuse, on peut faire une objection relative au câble souple de liaison de l'appareil avec la batterie d'accumulateurs.

La détérioration du câble serait capable de provoquer une étincelle chaude, à la suite d'un court-circuit, parfaitement capable d'enflammer l'atmosphère ambiante.

Cet appareil pèse 3^{kg},830 et comporte un accumulateur de 9 ampères-heures.

3° Réfractomètres interférentiels. — Le grisomètre Zeiss est un réfractomètre à gaz portatif dont le fonctionnement est basé sur la méthode de mesure des indices de réfraction des gaz imaginés par Fizeau. On sait que cette méthode consiste à mesurer le déplacement qu'éprouvent les franges d'un spectre d'interférence, lorsqu'on interpose sur le trajet des deux faisceaux lumineux qui servent à le former des colonnes de gaz d'indices différents.

Description de l'appareil. — Cet appareil comprend essentiellement :

a) Le dispositif optique permettant de former et d'observer le spectre d'interférence ;

b) Deux chambres à gaz complétées chacune par une colonne absorbante destinée à retenir l'humidité et le gaz carbonique ;

c) Les organes électriques nécessaires pour l'alimentation des lampes du système optique.

Ce réfractomètre permet de déterminer la teneur en grisou avec une précision de l'ordre du millième ; sa sécurité d'emploi est, d'autre part, aussi grande que celle d'une lampe électrique portative.

Les lampes utilisées dans le système optique sont alimentées par une batterie de piles sèches et les circuits sur lesquels elles sont montées sont dépourvus de self-induction.

Le débit du courant est d'autre part limité par la résistance intérieure des piles. Dans ces conditions les étincelles susceptibles de prendre naissance sont tout à fait incapables d'allumer le grisou.

L'appareil est donc à la fois sûr et précis; il présente toutefois l'inconvénient sérieux d'être lourd (son poids est de 7^{kg},120) et assez fragile.

Il peut être considéré comme un excellent appareil de laboratoire.

4° Appareils mettant en jeu la variation d'une résistance électrique. — Les grisoumètres électriques ont pour objet de déterminer la teneur en grisou d'après la variation de résistance d'un filament parcouru par un courant électrique, quand on le transporte de l'air pur dans une atmosphère dont on se propose de déterminer la composition. La variation de résistance peut résulter de deux phénomènes distincts :

a) Le méthane ne brûle pas au contact du filament; toutefois la conductibilité calorifique du mélange est différente de celle de l'air pur; il en résulte une variation dans la loi de refroidissement du filament, entraînant une variation de résistance de ce dernier;

b) Le méthane brûle au contact du filament. La chaleur dégagée donne lieu à une élévation de température du filament, d'où un accroissement de résistance.

I. APPAREILS SANS COMBUSTION. — Les grisoumètres Gnom et Carbofer appartiennent à cette catégorie d'appareils. Ils sont à la fois peu sensibles et exposés à donner des indications erronées. Les inconvénients que présentent ces appareils opposent un obstacle décisif à la généralisation de leur emploi.

II. APPAREILS A COMBUSTION. — La station d'essais de Montluçon a construit un appareil qui est basé sur le même principe que celui de la lampe imaginée par M. Léon, Inspecteur général des mines.

Le principe de l'appareil est le suivant: Considérons un pont de Wheatstone (fig. 85), formé de quatre filaments de platine identiques, aux deux sommets opposés, auquel est appliqué un différentiel du potentiel E. Les filaments sont portés par le passage du courant à une température T: Aucun courant ne passe dans la diagonale du pont. Imaginons alors que les filaments constituant deux branches non adjacentes AB et EF du pont soient plongés dans une atmosphère contenant une proportion t de grisou, tandis que les deux autres CD et HG demeurent dans l'air pur. Si la température est suffisante, le grisou brûle au contact des filaments AB et EF. La chaleur que cette réaction dégage a pour effet d'élever leur température et partant d'augmenter leur résistivité. Il en résulte un déséquilibre pour le pont qui entraîne le passage du courant dans la diagonale.

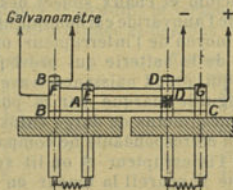
La valeur G de l'intensité de ce courant est fonction de la force électromotrice E appliquée au pont et à la proportion t du grisou dans l'atmosphère qui est au contact des filaments AB et EF .

Schéma de principe



Réalisation

Elévation



Plan

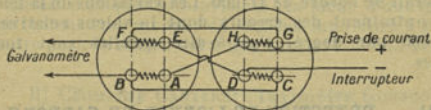


FIG. 85. — Principe du grisoumètre Léon.

Léon a montré que lorsque cette température T excède une limite de l'ordre de 1.300° cette intensité est indépendante des variations de E et dans ce cas, le courant G peut pratiquement servir de mesure à la proportion t du grisou.

Les différents éléments de l'appareil (chambre à grisou, chambre à air et organes électriques), sont enfermés à l'intérieur d'un carter en aluminium étanche aux flammes, qui a la forme d'une boîte plate dont les faces sont planes et deux à deux parallèles, à l'exception de la face supérieure dont le profil est circulaire. Cette boîte présente un volume d'environ 250 centimètres cubes et peut se monter sur n'importe quelle lampe électrique portative à pot parallélépipédique comportant deux accumulateurs au plomb. Les autres organes que comporte le grisoumètre sont une fiche de prise de courant, un milliampèremètre, un interrupteur, 4 spirales de platine de $18 \times 0,125$ millimètres montées en pont de Wheatstone et placées 2 dans une chambre dite à air, 2 dans une chambre dite à gaz.

Mode d'emploi. — Pour effectuer une mesure, on emplit la chambre à gaz d'un échantillon du mélange à analyser au point où l'on juge intéressant de faire un prélèvement de l'atmosphère suspecte, en manœuvrant une poire en caoutchouc. Cette poire communique par l'intermédiaire d'un ajutage avec la chambre à gaz. Elle est munie d'une valve et d'une cartouche métalliques contenant des réactifs (chlorure de calcium et chaux sodée) destinés à dépouiller l'échantillon à analyser de l'anhydride carbonique et de la vapeur d'eau qu'il peut contenir. Au moyen de l'interrupteur, on applique au pont la force électromotrice de la batterie qui provoque la combustion du grisou. Le courant qui prend naissance traverse le milliampèremètre et le dévie; l'aiguille marque sur sa position d'équilibre un arrêt très bref, mais néanmoins de durée suffisante pour que les lectures de la graduation correspondante ne comportent ni difficulté, ni hésitation. On ferme l'interrupteur et on lit sur la courbe d'étalonnage qui accompagne l'appareil la teneur en grisou correspondante à l'intensité du courant.

L'appareil mis au point par la station d'essai de Monluçon a été construit conformément aux règles applicables aux appareils électriques placés dans une atmosphère grisouteuse. La précision de cet appareil serait de l'ordre de $1/1000$. Les variations de la température ambiante entraînent des erreurs dont la valeur relative atteint à peine $1/1000$ par degré, c'est-à-dire qu'elles sont tout à fait négligeables.

II. — DÉTECTION DE L'OXYDE DE CARBONE

Pour déceler la présence de l'oxyde de carbone, il existe plusieurs appareils basés sur les principes suivants :

- A) Réduction de l'azotate d'argent ammoniacal ;
- B) Céomètre Carteret (taximètre Guasco) ;
- C) Carbon

A) MÉTHODE BASÉE SUR LA RÉDUCTION
DE L'AZOTATE D'ARGENT AMMONIACAL

Cette méthode consiste essentiellement à agiter au contact de l'atmosphère à doser un volume déterminé d'une solution de nitrate d'argent ammoniacal et à noter le temps au bout duquel cette solution se colore en brun par mise en liberté d'argent métallique. Ce temps caractérise la teneur en oxyde de carbone de l'air analysé. Le réactif est préparé suivant les indications de Thiele.

On dissout 1^{er},7 de nitrate d'argent dans de l'eau distillée, puis on ajoute 36 centimètres cubes de solution ammoniacale à 10 0/0 et 200 de solution de soude à 8 0/0, et on étend la liqueur à un litre. On verse 1 centimètre cube de ce réactif dans des petits tubes de 10 centimètres de longueur et de 1 centimètre de diamètre que l'on scelle après y avoir fait le vide. Pour faire une mesure on ouvre un tube en présentant sa pointe dans l'atmosphère à étudier et on agite en obturant son extrémité avec un doigt. La correspondance entre le temps au bout duquel se produit le virage du réactif et la teneur en oxyde de carbone est indiquée ci-dessous :

Teneur en CO	Temps au bout duquel se produit le virage
0,05	80 secondes
0,1	45 —
0,2	25 —
0,4	20 —
0,8	10 —
1,6	7 —

Par suite du manque de netteté du virage du réactif à l'azotate d'argent ammoniacal, il faut, pour pouvoir l'apprécier, avoir une certaine habitude et un éclairage convenable.

Ce virage est pratiquement invisible à la lueur d'une lampe à benzine pour les teneurs en oxyde de carbone intérieure à 0,3 0/0 environ. D'autre part, le réactif est d'une conservation difficile.

B) CÉOMÈTRE CARTERET (Taximètre Guasco)

Cet appareil est un thermomètre différentiel à air qui enregistre l'élévation de température produite par la combustion de l'oxyde de carbone aux dépens de l'oxygène de l'air, au contact d'un catalyseur. Il est constitué par un tube capillaire U portant une boule à chacune de ses extrémités. L'une de ces boules est entourée par les pastilles de catalyseur et l'autre par des substances inertes qui oc-

cupent le même volume. Toutes deux se trouvent ainsi dans les mêmes conditions de rayonnement. Cet appareil permet de déterminer la teneur en oxyde de carbone, soit de l'atmosphère ambiante, soit du gaz enfermé dans une zone non accessible, derrière un barrage par exemple. L'appareil est normalement étalonné par le constructeur pour trois teneurs en gaz toxiques.

Le céomètre Carteret présente l'avantage de donner la teneur en gaz toxique par une simple lecture. Il a par contre deux inconvénients :

1° Il est, comme tous les thermomètres, assez fragile;

2° Ses indications sont assez lentes. La dénivellation du liquide n'atteint à son maximum qu'après quatre minutes.

C) CARBON MONOXYDE DÉTECTEUR

Cet appareil (fig. 86) consiste essentiellement en un dispositif permettant de faire passer dans des conditions déterminées l'air à étudier dans un petit tube rempli de ponce iodicosulfurique. Ce réactif, qui est normalement blanc, verdit par suite de la mise en liberté d'iode, lorsque l'air qui la traverse contient de l'oxyde de carbone. L'intensité de la coloration obtenue permet d'apprécier la teneur en gaz toxique.

Pour faire une mesure, on brise l'extrémité du tube à réactif. On dispose à côté le tube témoin qui comporte une échelle de coloration correspondant à diverses teneurs en oxyde de carbone. Lorsqu'on est parvenu au point où l'on désire faire une mesure, on fait passer à travers le réactif l'air à doser en pressant sur la poire en caoutchouc et on compare l'IRIS LILLIAD - Université Lille 1 de la colonne de

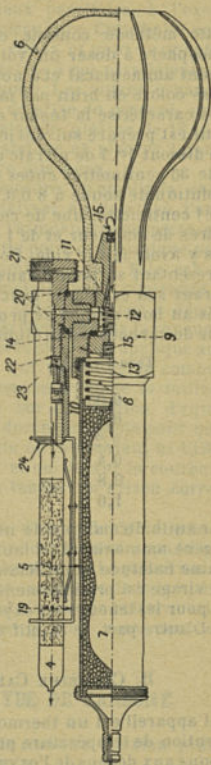


Fig. 86. — Appareil détecteur de CO.

réactif la plus voisine de la poire avec l'échelle graduée. Chaque tube témoin peut être utilisé une dizaine de fois. L'appareil peut être utilisé pour le dosage du gaz contenu dans une canalisation derrière un barrage.

Cet appareil donne des indications très nettes. Le changement de coloration du réactif est facilement visible à la lueur d'une lampe à benzine, il a lieu d'ailleurs en vingt secondes environ, temps nécessaire pour produire dix aspirations au moyen de la poire.

III. — AMÉNAGEMENT DE L'AÉRAGE GÉNÉRAL

I. Aménagement du courant d'air en général.

II. Les défaillances de l'aérage : *a)* Courts-circuits permanents. — *b)* Courts-circuits temporaires. — *c)* Disposition défectueuse des circuits.

III. Aménagement du courant d'air dans les mines grisouteuses.

IV. Les défaillances de l'aérage : Dérogation à l'aérage ascensionnel : *a)* Culbute. — *b)* Rabat-vent. — Les accumulations de gaz : 1. Exemple. — 2. Moyens d'y remédier.

I. — AMÉNAGEMENT DU COURANT D'AIR EN GÉNÉRAL

Pour l'aménagement du courant d'air, on se basera sur un certain nombre de principes généraux.

1° Diminution de la résistance de la mine par subdivision du courant d'air ;

2° Indépendance des quartiers. Il en est ainsi que lorsqu'ils n'ont en commun, au point de vue de l'aérage, que les voies principales d'entrée et de sortie d'air ;

3° Elargissement des voies principales d'entrée et de retour d'air ;

4° Aérage diagonal.

Lorsque le puits d'entrée et le retour d'air sont voisins, on réalise l'aérage en boucle ; lorsqu'ils sont éloignés l'un de l'autre, c'est l'aérage diagonal que l'on obtient.

Le système présente sur le précédent un certain nombre d'avantages : *a)* réduction de résistance, *b)* on évite les courts-circuits. Le renforcement du courant facilite la distribution de l'air par plusieurs puits dont un seul affecté au retour d'air.

II. — LES DÉFAILLANCES DE L'AÉRAGE

Une défaillance de l'aérage peut tenir soit à un court-circuit permanent, soit à un court-circuit temporaire, soit à une disposition défectueuse du circuit d'air.

a) **Court-circuit permanent.** — EXEMPLE (1) : *Fuite par les remblais.* — Longwall chassant en veine à peu près plate (fig. 87). C'est un exemple frappant qu'on puisse donner des fuites importantes dans les parties défilées. Il tient à cette double particularité d'aménagement :

Proximité du puits d'entrée E et du puits de sortie S.

Faible inclinaison du gîte qui conduit à développer en couche tous les travaux d'aménagement.

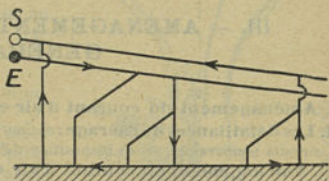


FIG. 87.

Au fur et à mesure que les travaux avancent, la situation empire et l'évacuation du grisou qui pourrait provenir d'un dégagement subit devient plus difficile. D'ailleurs, en augmentant le courant d'air, on réussirait surtout à augmenter les fuites. Voici pour quelles raisons :

L'accroissement de débit modifie la répartition de l'air au détriment des tailles. La loi du carré de la vitesse n'est exacte que pour les sections importantes et les débits assez forts. Or, les fuites réparties dans les cassures ou les veines de remblais sont une filtration à faible vitesse pour lesquelles la croissance des pertes de charge se fait moins rapidement que d'après la loi du carré.

Il résulte que le tempérament des fuites, si tant est qu'on veuille en parler, n'est plus une constante mais une expression qui croît quand le débit augmente. L'accroissement du débit doit donc bien leur profiter.

b) **Courts-circuits temporaires.** — EXEMPLE : *Courts-circuits par puits voisins.* — Les courts-circuits par puits voisins se produisent à la suite d'une communication directe entre deux puits à faible distance. Cependant il y a des cas où l'ouverture des portes d'intercommunication à tous les étages n'a fait fléchir le retour d'air des

(1) CRUSSARD, *Loc. cit.*

bowettes que de moitié. Cela tient à la faible résistance des circuits quand la subdivision du courant d'air est poussée très loin.

EXEMPLE : *Courts-circuits dus à l'aérage en flèche.* — Un circuit d'aérage est dit en flèche quand après un long parcours il revient près de son point de départ avec un retour qui côtoie l'entrée sur une grande étendue (fig. 88).

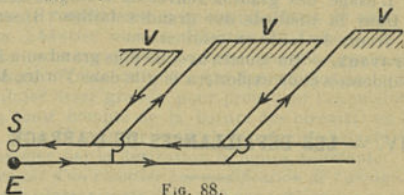


FIG. 88.

Le type de l'aérage en flèche est l'aménagement des houillères anglaises par voies jumelées. Dans les exploitations rabattantes par exemple où toutes les voies sont au ferme, si les recoupes de communication établies lors du traçage des voies jumelées sont soigneusement condamnées et entretenues, si les crossings sont bien faits, l'aérage peut être bon et sans possibilité de défaillance. Toutefois il ne faut pas perdre de vue un grave inconvénient qui est la facilité avec laquelle les courts-circuits peuvent s'établir en cas d'explosion.

c) Disposition défectueuse des circuits d'air. — **EXEMPLE :** *Voies neutres.* — Il arrive que certaines voies ont un aérage nul ou plutôt flottant. L'inconvénient des voies neutres est de permettre dans le cas d'une couche grisouteuse l'accumulation d'une quantité importante de gaz dont l'évacuation est difficile.

III. — AMÉNAGEMENT DU COURANT D'AIR DANS LES MINES GRISOUTEUSES

Dans les mines grisouteuses, il convient d'observer quelques règles spéciales :

1° Circulation ascensionnelle. — Cela consiste à faire arriver l'air par l'accrochage le plus profond et lui donner un parcours ascensionnel en évitant autant que possible aucun parcours de haut en bas, ou rabat-vent. L'air qui circule dans les travaux s'échauffe et a tendance à s'élever. Il en est de même du grisou qui se dégage. Ce principe ne doit pas être considéré comme absolu et peut subir des déroga-

tions (lutte contre les feux déclarés sur l'entrée d'air, par exemple).

2° **Anfractuosités, culs-de-sac.** — Éviter les anfractuosités où le grisou aurait tendance à se loger à l'état stagnant, surveillance des cloches. L'air doit lécher le front de taille des chantiers. On adoptera une méthode d'exploitation qui tiendra compte des desiderata de la ventilation. L'usage des gradins renversés à angles rentrants est dangereux. Dans la méthode des grandes tailles, il sera bon de disposer les fronts de taille en inclinaison.

3° **Vieux travaux.** — On isolera avec le plus grand soin les anciens quartiers abandonnés et on exploitera le gîte dans l'ordre descendant.

IV. — LES DÉFAILLANCES DE L'AÉRAGE

Dérogation à l'aérage ascensionnel.

Le principe de l'aérage ascensionnel est sujet à dérogation. En voici quelques exemples (1).

a) **Culbute sur le retour d'air.** — L'air suit un parcours ascensionnel dans les tailles et galeries où le grisou est susceptible de se dégager, puis redescend par une galerie à pente modérée, ou un plan incliné, ou un bure pour regagner à côté plus basse le niveau de sortie d'air.

b) **Le rabat-vent.** — C'est un aérage comprenant une descente de l'air par les tailles.

Les accumulations de gaz.

1. **Exemples (1).** — Voici quelques exemples où le travail en chantier ou en galerie donne naissance soit temporairement, soit en permanence, à des accumulations de gaz.

Accumulation à la taille. — Quand on procède à l'avance au coupement dans les tailles, l'avancée ne portant que sur la veine elle-même, son aérage est très défectueux car il est difficile d'y faire arriver de l'air en permanence comme dans un traçage où l'on est spécialement outillé.

En dressant, la situation du point de vue du grisou est encore plus défectueuse. La couronne de l'avancée est au charbon et le gaz dégagé y stagne.

(1) CRUSSARD. *Loc. cit.*

Le coupage du toit. — Le coupage du mur est préférable dans les mines grisouteuses, mais lorsque l'on se trouve en présence d'un faux toit, son abatage provoque une cloche qui dure tout le temps du travail et qui est très mal aérée.

Les cheminées. — Dans les cheminées où des masses charbonneuses sont accumulées, le grisou continue à se dégager pour être ensuite jeté dans l'atmosphère lors du déhourdage.

2. Moyens de remédier aux accumulations de gaz. — *Assainissement d'un chantier sans modification de l'aérage.* — Une petite accumulation reconnue dans une cloche, une encoignure sera évacuée par un guidage à l'aide de toiles qui donnera localement au courant d'air une vitesse assez grande pour provoquer l'expulsion.

Il faudra tenir compte de la nature des circuits: en série ou en dérivation. Dans le premier cas, l'air forcé sur l'obstacle, il s'échappe dans le deuxième par la dérivation la moins résistante.

Assainissement d'un chantier par modification de l'aérage. — On force l'allure du ventilateur, mais il ne faut pas oublier que ce procédé n'est pas toujours efficace.

En outre l'efficacité du résultat dépend de la disposition des circuits et de leur résistance.

IV. — AMÉNAGEMENT DE L'AÉRAGE SECONDAIRE

I. Aérage des travaux préparatoires par ventilation secondaire :

1. Les buses. — 2. Les ventilateurs. — 3. Pression totale à fournir par le ventilateur. — 4. Représentation graphique. — 5. Fuites. — 6. Aérage soufflant, Aérage aspirant. — 7. Ventilateurs en série.

II. Organisation de l'aérage par ventilateurs secondaires : Perturbation de l'aérage primaire dû à la ventilation secondaire.

III. Aérage des travaux préparatoires par ventilation primaire :

1. Aérage par gaines et par caisses. — 2. Résistance des gaines et des caisses. — 3. Étanchéité.

IV. Organisation de l'aérage par gaines et caisses.

I. — AÉRAGE DE TRAVAUX PRÉPARATOIRES PAR VENTILATION SECONDAIRE

Qu'il s'agisse d'un fonçage de puits ou de traçage, la question se ramène à l'aérage d'un cul-de-sac. Lorsqu'on examine les

conditions particulières au cul-de-sac, on constate que la voie du cul-de-sac sert tantôt d'entrée, tantôt de retour d'air; le parcours ouvert, se fait soit dans un circuit de sections comparables à celles d'une galerie (caissons ou gaines), soit dans une conduite beaucoup plus étroite (buses, petites caisses, carnets).

Pour produire la circulation de l'air, on peut recourir soit à la ventilation primaire, soit à la ventilation secondaire.

L'aéragé par ventilation secondaire se fait par buses et ventilateurs indépendants.

Les buses. — Les buses ou canars d'aéragé sont construites en tôle d'acier ordinaire galvanisé ou non, en zinc. Les tôles sont assemblées par rivetage.

Pour accroître l'étanchéité des buses, on a substitué la soudure au rivetage ou agraffage.

On utilise également des aciers au cuivre pour la construction des buses.

L'assemblage des buses se fait par brides assemblées par crampons ou par emboîtement.

Il existe des éléments intercalaires orientables pour parer aux difficultés éventuelles de pose. Ces éléments sont formés de deux pièces tournant l'une sur l'autre ce qui permet d'obtenir tous les angles compris entre 0 et 25° environ.

On a recours également dans certains cas aux canalisations en toile souple caoutchouté (Meco, Leck). Ces canalisations sont constituées par des éléments en longueur standard de 7^m, 5, 15 mètres et 30 mètres.

Il existe plusieurs dispositifs d'assemblage. Le système d'accouplement des Mecotube est constitué par des cercles en acier formant ressort compressible et logé dans un ourlet du tissu.

Pour l'assemblage on comprime avec les mains le collier de l'un d'eux pour réduire le diamètre et on l'introduit dans l'autre tronçon. Le collier vient plaquer le tissu à l'intérieur du tube assurant un joint étanche.

Les canalisations en toile système Leck comporte des brides permettant de relier un tronçon de canalisation de toile à un élément de canalisation en fer.

L'emploi des canalisations en toile, se trouve limité dans les charbonnages français à des cas particuliers, en raison de la nature des gisements, des dangers d'incendie, des difficultés de surveillance.

Les canalisations en toile présentent l'avantage de rester indépendante des mouvements de terrain et d'épouser facilement la forme des galeries.

Elles sont en outre très légères : 30 mètres de canalisation en tôle constitués par 10 canars pesant 1.000 kilogrammes peuvent être remplacés par 30 mètres de canalisation en toile pesant 40 kilogrammes : d'où facilité de transport, de montage et de démontage.

Au point de vue de la résistance les buses présentent les caractéristiques suivantes :

Diamètre.	Résistance au mètre linéaire.
40 centimètres;	500 murgues;
60 —	20 à 50 murgues suivant l'état;
60 — (en toile);	25 murgues;
70 × 80 ovale;	10 murgues, usagés;
90 centimètres.	2 à 3 murgues.

2. **Les ventilateurs.** — En général les conditions du problème sont les suivantes : Résistance de l'ordre de 5, 10 et même 20 kilomurgues; débit à front de l'ordre de 1 mètre cube par seconde, soit 2 mètres cubes départ. Ces données correspondent à une dépression de l'ordre de 20 à 80 millimètres. Ces conditions (faibles débits et fortes dépressions) sont rarement compatibles avec l'aéragé primaire. On a recours aux ventilateurs secondaires.

3. **Calcul de la pression totale à fournir par le ventilateur.** — La pression H (positive ou négative, suivant le type d'appareil utilisé) produite par le ventilateur se décompose, d'une part, en une pression dynamique h_1 et, d'autre part, en une pression statique h_2 telles que :

$$H = h_1 + h_2.$$

Si on désigne par :

- S , la section des buses en mètres carrés,
- X , le périmètre des buses en mètres,
- L , la longueur des buses en mètres,
- w , la vitesse de l'air en mètres par seconde,
- V , le volume d'air débité en mètres cubes par seconde,
- p , le poids spécifique de l'air égal à 1,2,

la pression dynamique a pour expression :

$$(1) \quad h_1 = \frac{pw^2}{2g} \text{ millimètres d'eau,}$$

la pression statique, c'est-à-dire la perte de charge dans la canalisation est, d'autre part :

$$(2) \quad h_2 = K \frac{pw^2}{2g} \times \frac{LX}{S} \text{ millimètres d'eau.}$$

Pour des buses en tôle on peut prendre $K = 0,006$.

De (1) et (2) on déduit en tenant compte que $w = \frac{V}{S}$ et $2g = 19,62$

$$H = 0,0612 \frac{V^2}{S^2} + 0,000367 \frac{LXV^2}{S^3}.$$

4. **Représentation graphique.** — Partant de la formule précédente, le diagramme de la figure 89 permet d'obtenir très rapidement les valeurs de h_1 et h_2 pour différents types de buses et des débits compris entre 0,1 et 10 mètres cubes par seconde.

Ce diagramme, construit en coordonnées logarithmiques, comprend trois parties :

1° La zone de droite indique les valeurs de la pression dynamique h_1 en fonction du débit V en mètres cubes par seconde ;

2° La partie centrale donne h_2 pour le cas particulier de $L = 10$ mètres ;

3° La zone de gauche permet de connaître l'accroissement de la perte de charge lorsque la longueur des buses varie de 10 à 1.000 mètres.

Utilisation du diagramme. — Le graphique permet de résoudre les problèmes suivants posés par l'aérage des travaux préparatoires :

1° *Détermination de la pression totale à fournir par un ventilateur.* — Soit, par exemple, une colonne de buses cylindriques de 600 millimètres de diamètre et 200 mètres de longueur supposée étanche, dans laquelle doit circuler un volume d'air de 2.000 litres.

La pression dynamique correspondante est donnée par le point A ($h_1 = 3^{\text{m}},05$). Pour $V = 2$ mètres, — $D = 600$ millimètres et $L = 10$ mètres. La perte de charge est fournie par B ($h_2 = 1,22$). Ce point se rappelle en C. On mène ensuite par C une parallèle à l'axe des longueurs jusqu'à l'abscisse $L = 200$. On obtient finalement le point D ($h_2 = 24,4$).

$$H = 3,05 + 24,4 = 27^{\text{m}},45 \text{ d'eau.}$$

2° *Longueur maxima que peut atteindre une galerie aérée par un ventilateur déterminé.* — Soit un ventilateur alimentant une colonne étanche de buses cylindriques de $0^{\text{m}},35$ dont le débit ne doit pas être inférieur à

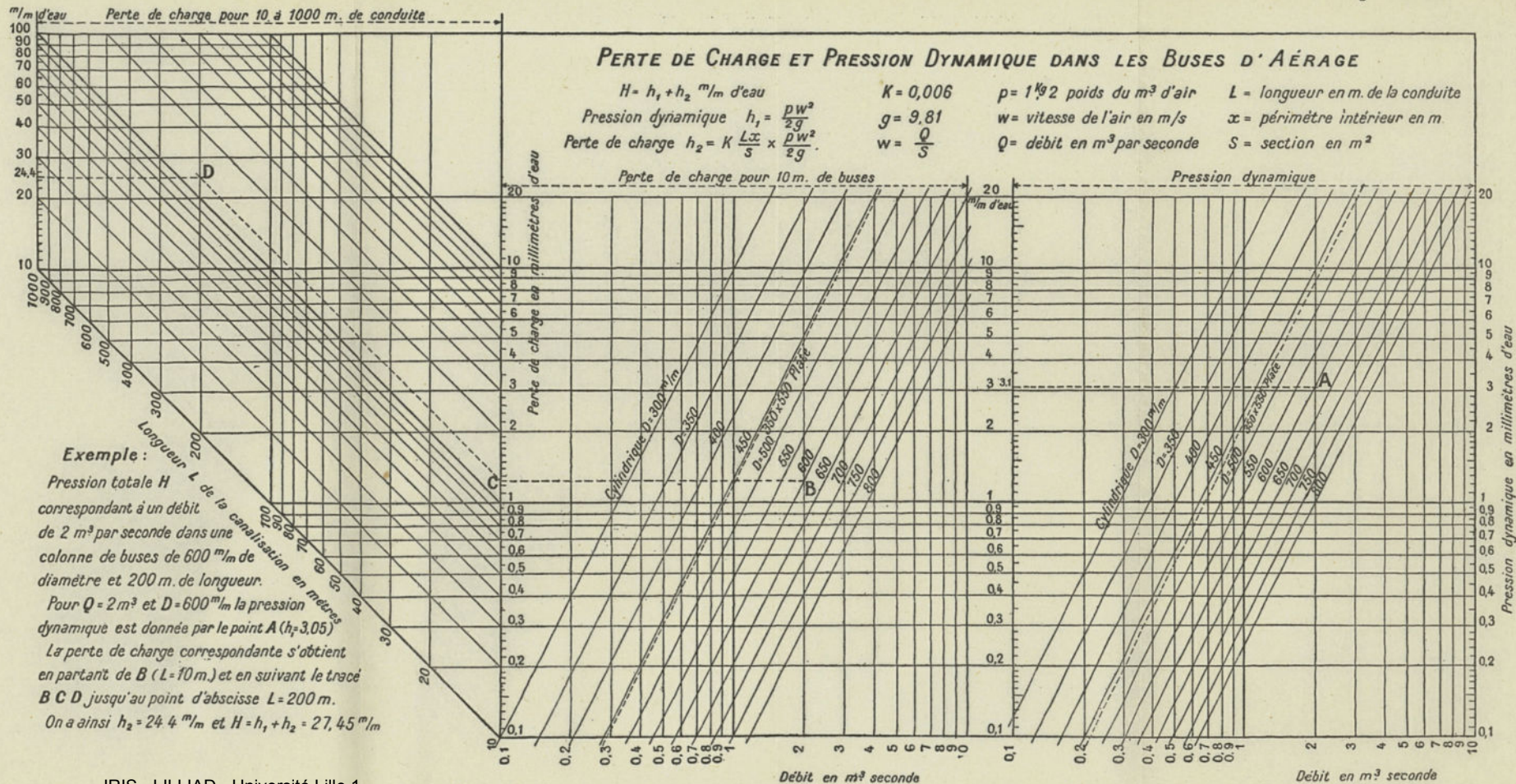
$$V = 0^{\text{m}},3,800.$$

Admettons que pour ce débit la courbe caractéristique du ventilateur donne une pression totale $H = 65$ millimètres.

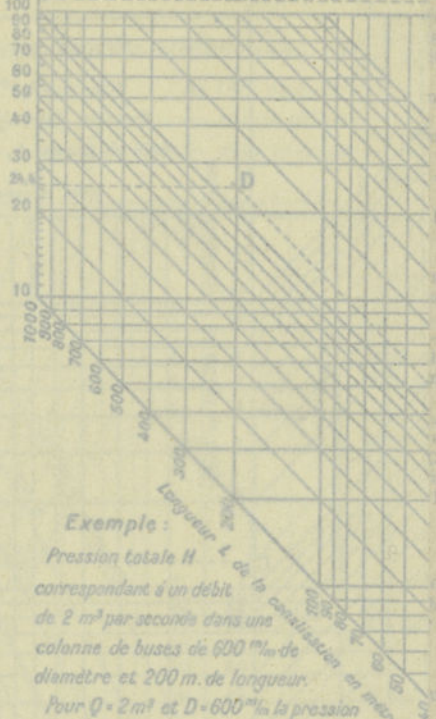
Le graphique de droite indique dans les conditions ci-dessus ($V = 0^{\text{m}},3,800$, $D = 350$ millimètres) $h_1 = 4,1$ et, par suite, $h_2 = 60,9$. Au moyen du diagramme de h_2 lu de droite à gauche, on obtient $L = 210$ mètres.

3° *Type de buses à adopter pour l'aérage d'un traçage déterminé.* — Soit à effectuer un traçage de 400 mètres en utilisant un ventilateur dont la pression totale maxima est $H = 50$ millimètres et le débit correspondant $Q = 1.000$ litres.

En utilisant le graphique comme dans le premier cas, et ceci en



m^3/m d'eau Perte de charge pour 10 à 1000 m, s



Exemple :

Pression totale H correspondant à un débit de 2 m^3 par seconde dans une colonne de buses de 600 mm de diamètre et 200 m de longueur.

Pour $Q = 2 \text{ m}^3$ et $D = 600 \text{ mm}$ la pression dynamique est donnée par le point A ($h_1 = 3,05$)

La perte de charge correspondante s'obtient en partant de B ($L = 10 \text{ m}$) et en suivant le tracé $B C D$ jusqu'au point d'abscisse $L = 200 \text{ m}$.

On a ainsi $h_2 = 24,4 \text{ m}$ et $H = h_1 + h_2 = 27,45 \text{ m}$

admettant que les buses soient étanches, on trouve :

Buses cylindriques de 450 millimètres...	$h_1 = 2,4$	$h_2 = 51,5$	$H = 53,2$
Buses elliptiques de 350/550 millimètres.	2,2	48	50,2
Buses cylindriques de 500 millimètres..	1,6	30,5	32,1

Il sera donc nécessaire d'employer au moins pour ce travail soit des buses elliptiques de 350/550, soit des buses cylindriques de 500 millimètres.

5. **Fuites.** — Dans tous les calculs précédents, nous avons admis que les buses étaient parfaitement étanches. C'est un cas qui se présente bien rarement dans la pratique, généralement les joints offrent des fuites non négligeables qui peuvent atteindre par 100 mètres de canalisation jusqu'à 10 0/0 du volume refoulé. Il y a donc lieu, pratiquement, d'en tenir compte dans les problèmes d'aéragé en considérant non le débit final utile, mais le débit moyen circulant dans les buses.

En outre, la résistance vraie de la canalisation, fuites comprises, finit par s'écarter beaucoup de celle que l'on aurait en négligeant les fuites.

6. **Aéragé soufflant. — Aéragé aspirant.** — L'aéragé soufflant forme un jet à la sortie des buses qui peut diffuser le gaz. C'est l'avantage qu'il possède sur l'aéragé aspirant qui lui est également inférieur au point de vue des fuites.

7. **Ventilateurs en série.** — Lorsque l'on place deux ventilateurs en série sur une même colonne, il est préférable, pour atténuer les fuites, de mettre le deuxième ventilateur V_2 au point où arrive la canalisation quand le premier commence à faiblir.

Pour éviter que le deuxième ventilateur ne se trouve sur le retour (étincelle de rotation), on le placera dans une chambre où débouche la première canalisation, chambre que le ventilateur V_1 maintient légèrement en surpression.

II. — ORGANISATION DE L'AÉRAGE PAR VENTILATEUR SECONDAIRE

Nous allons donner dans ce qui va suivre des exemples d'aménagement de l'aéragé par ventilateur secondaire et des difficultés, auxquelles il peut donner lieu par suite des perturbations que la ventilation secondaire exerce sur la ventilation primaire et qui se traduit par des culbutes ou des rabat-vent.

Perturbation de l'aéragé primaire due à la ventilation secondaire. — *Exemple de rebrassage.* — Un cul-de-sac est ouvert sur une galerie AB normalement aérée par un courant d'air allant de A

vers B. Un ventilateur soufflant V aère le cul-de-sac par une ligne de tuyaux ΔC (fig. 90). Si la compression créée par le ventilateur est assez énergique, la pression en B sera plus forte qu'en A et l'air reflue partiellement de B vers A, en même temps que la partie principale se dirige vers BS, d'où double inconvénient :

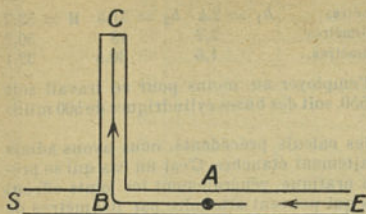


FIG. 90.

de l'air déjà grisouteux qui s'enrichit davantage. Si on cherche à renforcer le courant d'air, les choses s'aggravent puisque la pression augmente en B. C'est le phénomène de rebrassage.

Exemple d'inversion sans rebrassage. — Une chassante est précédée

en amont d'un avancement en ferme T, aéré par buses.

Pour placer le ventilateur dans l'entrée d'air, afin d'alimenter le cul-de-sac par de l'air frais et éviter le passage de la ligne de buses par la taille encombrée, une allée CD a été aménagée à l'arrière, fermée par une porte (fig. 91). Il est arrivé qu'en voulant forcer le ventilateur pour activer l'aérage, on aère la taille en rabat-vent, car le sens de l'aérage de la taille est à la merci des résistances des deux circuits et de la force aéromotrice du ventilateur.

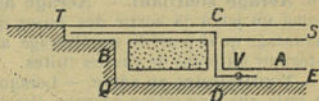


FIG. 91.

Exemple d'inversion avec rebrassage. — Un quartier de défilage Q a son entrée d'air normale par la voie de fond D et sa sortie par la voie de tête S. Une descendie amorcée à partir de la voie de fond D est aérée par un ventilateur soufflant V et une ligne de buses AB (fig. 92). Le retour s'effectue par descendie ; mais, pour éviter l'envoi de l'air contaminé sur les tailles, on lui fait sauter en crossing C la voie de fond et gagner directement le retour d'air en I. Ici l'inversion dépend de la proportionnalité des forces aéromotrices des

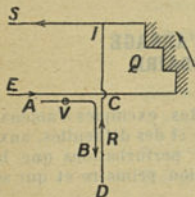


FIG. 92.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

ventilateurs primaires et secondaires aux résistances des circuits sur lesquels ils tirent et ne dépend nullement de la résistance du circuit de taille où l'inversion peut se manifester.

III. — AÉRAGE DES TRAVAUX PRÉPARATOIRES PAR VENTILATION PRIMAIRE (1).

1. **Aérage par gaines et par caisses.** — Les ventilateurs secondaires sont capables de fournir aisément les dépressions utiles indiquées, mais leurs débits effectifs sont relativement faibles et de l'ordre de 2 à 3 mètres cubes seconde. Si le dégagement de grisou par seconde dépasse 30-45 litres, il est matériellement impossible de tenir le retour d'air à moins de 15 0/0, si larges que soient les buses, et si parfaite que soit l'étanchéité.

2. Résistance des gaines et des caisses.

<i>Dimensions</i>		<i>Résistance</i>	
Gaine		1 murgue	par mètre courant
Caisse en bois	1,50 × 0,75	0,75 murgue	"
—	1 × 0,75	2 murgues	"
—	0,45 × 0,60	30 murgues	"

3. **Étanchéité.** — Les gaines en maçonnerie construites au mortier de chaux présentent une étanchéité relativement bonne et permettent dans les terrains solides d'aérer les culs-de-sac de 5 à 600 mètres avec des fuites de l'ordre de 50 0/0.

Les caisses en bois ou en tôle peuvent être rendues très étanches par suite de leur indépendance avec les mouvements de terrain. Elles conviennent aux longs traçages au charbon à pleine section où la poudre est proscrite.

IV. — ORGANISATION DE L'AÉRAGE PAR GAINES ET CAISSES

Étant donné la faible résistance de ces dispositifs, il est possible de faire circuler l'air sous des dépressions peu élevées ; c'est une des raisons pour laquelle les fuites sont peu importantes. C'est ainsi que l'aérage d'un traçage de 500 mètres, dont la résistance est de 1 kilomurgue, nécessitera, pour un débit de 4 à 5 mètres cubes par seconde,

(1) CAUSSAND *Loc. cit.*

une dépression de 16 à 25 millimètres. Le ventilateur primaire se prête très bien à ces exigences.

Voici, d'après M. Crussard, quelques dispositions adoptées pour l'aérage du cul-de-sac par dérivation sur le courant d'air primaire.

1° **Aérage d'un cul-de-sac tributaire d'une seule voie.** — La ligne de caisses est prolongée du cul-de-sac dans la voie (fig. 93),

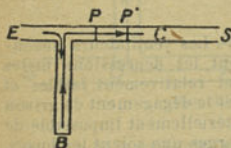


FIG. 93.

sur une certaine longueur et la voie condamnée par une porte. Ce dispositif présente les inconvénients suivants : Le traçage est en série sur le courant qui parcourt la voie ; la résistance du quartier

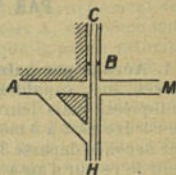


FIG. 94.

augmente à mesure que le traçage avance. L'aérage du cul-de-sac est à la merci de l'ouverture simultanée des deux portes P et P'.

2° **Dispositif à retour d'air indépendant.** — Ce dispositif consiste à faire du traçage une dérivation sur le courant d'air du quartier en shunt sur l'entrée et la sortie de l'air (fig. 94).

Les caisses d'aérage passent en crossing, en couronne au-dessus de la voie de fond et viennent déboucher derrière un barrage B qui condamne la voie C de retour. Il résulte que l'ouverture du passage en dérivation diminue la résistance du quartier et les deux circuits sont mieux équilibrés. Soit ANC le circuit de tailles (fig. 95) dont la résistance est de 60 murgues (tempérament 4) pour un quartier de 100 mètres de développement et de 100 mètres de relevée. Le traçage AHBC présente au commencement la résistance de la branche BC. Soit pour 100 mètres 20 murgues (tempérament 7).

Au bout de 100 mètres de traçage, la résistance comprend :

Résistance HBC..	200 mètres soit	40 murgues
— HB...	100 —	100 —
		140 murgues

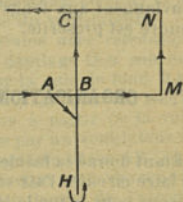


FIG. 95.

correspondent au tempérament 2,7.

Le tempérament total du quartier passe donc successivement de

4 à 11 et à 6,7. On fera aisément la répartition voulue du courant d'air par toile.

V. — CIRCULATION DE L'AIR DANS LES TRAVAUX

- I. **Perte de charge dans une galerie.**
 II. **Réprésentations diverses :** 1. Résistance. — Unité de résistance. — 2. Tempérament. — Unité de tempérament. — 3. Orifice équivalent. — 4. Ouverture. — 5. Relation entre Ou , a , Θ , R .
 III. **Caractéristiques des puits et galeries :** 1. Résistance et tempérament des divers types de galeries. — 2. Valeur du coefficient K' de Murgue, et orifice équivalent de divers types de galeries. — 3. Valeur du coefficient K' de Murgue de différents puits.
 IV. **Réseaux de galeries :** 1. Orifice équivalent d'un réseau de galeries en série. — 2. Orifice équivalent d'un réseau de galeries en parallèle. — 3. Calcul d'une porte à guichet. — Table.
 V. **Étude des problèmes d'aérage.**

La circulation de l'air dans les travaux souterrains est due à la différence de pression existant entre l'entrée et la sortie de la mine.

En un point quelconque de la mine, l'air est à une pression dépendant de son altitude que l'on appelle pression statique. En outre, si l'air est animé d'une vitesse V , à la pression statique s'ajoute une pression vive qui, mesurée en hauteur d'eau, est représentée par l'expression :

$$\frac{dV^2}{2g}$$

où V est la vitesse en mètres-seconde et d , la densité de l'air par rapport à l'eau.

La pression totale est la somme des pressions statiques et dynamiques :

$$p + \frac{dV^2}{2g}$$

I. — PERTE DE CHARGE DANS UNE GALERIE

L'écoulement de l'air dans une galerie absorbe de l'énergie pour

vaincre les frottements du fluide contre les parois. Si l'on désigne par :

S, la section de la galerie en mètres carrés ;

L, la longueur de la galerie en mètres ;

M, le périmètre en mètres ;

V, la vitesse en mètres-seconde ;

d, la densité de l'air par rapport à l'eau.

La perte de charge h en millimètres d'eau est donnée par la relation :

$$h = \frac{KLM}{S} \frac{dV^2}{2g},$$

qui peut prendre également la forme :

$$h = \frac{K'LM}{S} V^2,$$

où K et K' sont des coefficients dépendant de la nature des parois.

II. — REPRÉSENTATIONS DIVERSES

1. **Résistance.** — Reprenons l'équation

$$h = \frac{K'LM}{S} V^2.$$

Remplaçant

$$V \text{ par } \frac{Q}{S}.$$

Il vient

$$h = \frac{K'LM}{S^3} Q^2.$$

Posons

$$R = \frac{K'LM}{S^3} = C^{\text{te}},$$

D'où

$$h = RQ^2.$$

Unité de résistance. — Le murgue est la résistance d'une conduite qui, pour faire passer 1 mètre cube d'air par seconde, exige une dépression de 1 gramme par mètre carré, soit 1/1.000 de millimètre d'eau ;

10 mètres de galerie de roulage non cadrée ;

1 mètre de caisse d'aérage ;

50 centimètres d'une très grosse buse d'aérage ;

donnent l'idée de l'ordre de grandeur du murgue.

Le kilo-murgue, ou mille murgues, est la résistance qu'opposent

2 mètres de canars étroits (40 centimètres de diamètre), 5 mètres de buse ovale de 60×35 .

Règle. — Quand deux circuits sont placés en série, leurs résistances s'ajoutent.

2. **Tempérament.** — Reprenons la relation

$$h = \frac{K'LM}{S^3} Q^2.$$

Le rapport $\frac{Q^2}{h} = \frac{S^3}{K'LM}$ est constant pour une galerie de section donnée.

On appelle tempérament la quantité

$$\Theta = \frac{Q}{\sqrt{h}}.$$

Q étant mesuré en mètres cubes par seconde et h en millimètres d'eau.

Unité de tempérament. — M. Crussard propose comme unité de tempérament celle d'un conduit capable, sous une pression de 1 kilogramme par mètre carré ou 1 millimètre d'eau, de débiter 1 mètre cube par seconde.

Règle. — Quand les circuits sont placés en dérivation, leurs tempéraments s'ajoutent, et le partage des débits se fait proportionnellement aux tempéraments.

3. **Orifice équivalent.** — On appelle ainsi l'orifice en mince paroi qui donnerait le même débit que la galerie considérée sous la même charge

$$a = 0,65 \frac{Q}{\sqrt{\frac{2gh}{d}}} = 0,38 \frac{Q}{\sqrt{h}}.$$

Q étant mesuré en mètres cubes par seconde et h en millimètres d'eau.

4. **Ouverture.** — Rateau appelle ouverture l'orifice parfaitement évasé qui donnerait le même débit que la galerie considérée sous la même charge

$$O_u = 0,25 \frac{Q}{\sqrt{h}}.$$

5. **Relations entre O_u , a , R et Θ .** — *Relations entre l'ouverture et l'orifice équivalent :*

$$\begin{aligned} O_u &= 0,65 a, \\ a &= 1,54 O_u. \end{aligned}$$

Relations entre le tempérament et l'orifice équivalent :

$$a = 0,38 e,$$

$$\theta = 2,63 a,$$

Relations entre la résistance et le tempérament :

$$R\theta^2 = 1.$$

III. — CARACTÉRISTIQUES DES PUIITS ET GALERIES

1. Résistance et tempérament de divers types de galeries.

RÉSISTANCE en murgues	TEMPÉRAMENT	OBSERVATIONS
0,002	707	Puits d'air de 3 mètres cimenté, sans appareillage.
		Puits d'extraction de 4 mètres. Galerie rectiligne à grande section (3 ^m ,50 × 2 ^m ,50) bétonnée.
0,02	224	Galerie rectiligne voûtée (2 × 2).
0,4	158	— — cadrée.
0,25	63	— sinueuse cadrée.
0,50	45	Grande caisse en bois (1,5 × 0,75).
0,75	35	Caisse ordinaire ou grosse buse.
2,5	20	Gros canars.
10	10	Canars moyens 60 centimètres neufs.
20	7	— — 60 usagés.
40	5	— ovales (60 × 35).
100	3,16	— de 40.
500	1,4	Grosse tuyauterie de 25.
2 500	0,6	

Exemples d'emploi des unités d'aéragé. — Soit deux puits de 500 mètres à 2 murgues par hectomètre, donc 20 murgues de résistance. La résistance d'une galerie en veine ou en taille est de l'ordre d'un demi-murgue au mètre. Des résistances de plusieurs centaines de murgues ne sont pas rares.

Supposons une branche de 100 murgues de résistance, une deuxième de 200, et une quatrième de 400. Les tempéraments respectifs des circuits dérivés sont les suivants : 3,16 — 2,23 — 1,58. Les circuits étant dérivés, leurs tempéraments s'ajoutent, soit 6,97, correspondant à une résistance de 20 murgues qui viennent s'ajouter à

celles du puits. La résistance totale est de 40 murgues, ce qui correspond à un tempérament de 5, ou à l'orifice équivalent de $1^{\text{m}2,90}$.

La subdivision du courant d'air a une influence énorme sur la résistance. La mise en série des circuits précédents mettrait la résistance totale à 720 murgues au lieu de 40. Le tempérament correspondant serait de 1,2 et l'orifice équivalent à $0^{\text{m}2,456}$.

2. Valeurs du coefficient K' de Murgue et orifice équivalent de divers types de galeries. — Voici, d'après Haton de la Goupillière⁽¹⁾, un certain nombre de valeurs de K' et de l'orifice équivalent pour des galeries de 100 mètres de longueur. Les valeurs de l'orifice équivalent se déduisent du coefficient K' de Murgue. En effet :

$$a = 0,38 \frac{Q}{\sqrt{h}},$$

et :

$$\frac{Q}{\sqrt{h}} = \sqrt{\frac{S^3}{K'LM}}.$$

Influence des coudes sur la résistance des circuits (2). — L'influence des coudes peut se traduire par une augmentation de résistance rectiligne.

Angle.	Coude arrondi.	Coude brusque,
45°	9 mètres	23 mètres
90°	14 —	82 —
135°	—	135 —

Voir tableau, pages 152 et 153.

(1) *Cours d'exploitation des mines.*

(2) LEBRETON. *Loc. cit.*

NATURE du revêtement	NATURE du tracé	FORME de la section	DIMENSIONS de la section			VALEUR du coeffic. K'	ORIFICE équival. pour 100 m. de long. $\frac{a\sqrt{l}}{10}$	VALEUR des rapports			
			Larg. Haut.	Périm. p	Surf. s			$\frac{a\sqrt{l}}{10s}$ (rés. spéc.)	$\frac{10s}{a\sqrt{l}}$		
Cadres en bois espa- cés de 1 ^m , 20	Légerement si- nueux..... Rectiligne.....	Rectangul. (1)	m.	m.	m ²	m ²	m ²	0,9228	0,461	2,169	
			1,25	1,60	2,00	0,00238	3,00	0,00151	1,895	0,630	1,587
Parois nues.....	—	—	2,01	2,00	8,06	0,00156	4,00	0,00156	2,7212	0,680	1,471
			3,00	2,00	10,00	0,00156	6,00	0,00156	4,4714	0,745	1,342
			1,25	1,60	5,70	0,00125	2,00	0,00125	1,2889	0,645	1,550
			1,50	2,00	7,00	0,00100	3,00	0,00100	2,3602	0,787	1,271
			2,00	2,00	8,00	0,00094	4,00	0,00094	3,5056	0,876	1,142
			3,00	2,00	10,00	0,00094	6,00	0,00094	5,7603	0,960	1,042
Maçonnerie.....	Sinueux..... Courbure con- tinue.....	Voûtée en plein cintre.....	4,00	2,00	12,00	0,00094	8,00	0,00094	8,0959	1,012	0,988
			4,00	2,50	13,00	0,00034	10,00	0,00034	10,8704	1,087	0,920
—	—	—	2,00	1,60	6,24	0,00051	2,77	0,00051	3,1055	1,121	0,892
			2,00	2,00	7,14	0,00062	3,57	0,00062	3,8525	1,079	0,927
			3,00	2,50	9,71	0,00062	6,53	0,00062	8,1724	1,252	0,799
			2,00	2,00	7,14	0,00033	3,57	0,00033	5,2805	1,479	0,676
—	—	—	3,00	2,50	9,71	0,00033	6,53	0,00033	11,2018	1,715	0,583

(1) La section des galeries boisées ou à parois nues est ordinairement plutôt trapézoïdale que rectangulaire. Les calculs ont été effectués en admettant cette dernière forme, avec la largeur moyenne du trapèze. Il est clair que cette approximation est ici très suffisante, car elle est du même ordre que celle que l'on peut attribuer à la détermination du coefficient K'.

Valeur du coefficient K' pour différents puits.

N°s des essais	NATURE du guidage	NATURE du revêtement	FORME de la section	DIAMÈTRE du puits	PUITS hum. (H) sec (S)	ROLE du puits dans l'aéragé (Entrée J'air E) (Retour d'air R)	COEFFICIENT K'
1	Cables	Béton	Ronde	m. 3,75	S	E	0,0001029
2	—	Briques	—	3,50	S	R	0,0004516
3	—	Partie inf. murillée	—	3,50	H	R	0,0008233
4	—	Partie sup. parois nues	—	3,15	S	R	0,0012675
5	—	Briques	—	3,50	H	R	0,001538
6	—	Partie inf. murillée	—	3,75	H	E	0,0007969
7	Guidage en bois	Partie sup. parois nues	—	3,92	H	E	0,0023107
8	—	Tronçon cuvelé en bois	—	4,00	S	E	0,001051
9	—	Tronçon murillé	—	4,00	S	E	0,001475
10	Guidage métal Briart	av. goyot	—	3,00	S	R	0,0011351
11	—	Briques	—	3,50	S	E	0,001322

IV. — RÉSEAUX DE GALERIES

1. **Orifice équivalent d'un réseau de galeries en série.** — Soit Q le débit à faire passer dans un réseau de galeries en série dont les orifices équivalents sont :

$$a_1, a_2, \dots a_n.$$

La dépression h nécessaire pour vaincre la résistance du réseau est égale à la somme des dépressions élémentaires h_1, h_2, \dots, h_n .

Or

$$h_1 = 0,38^2 \frac{Q^2}{a_1^2}, \quad h_2 = 0,38^2 \frac{Q^2}{a_2^2}, \quad \dots, \quad h_n = 0,38^2 \frac{Q^2}{a_n^2},$$

d'où

$$h = 0,145 Q^2 \times \left(\frac{1}{a_1^2} + \frac{1}{a_2^2} + \dots \frac{1}{a_n^2} \right),$$

si

$$a_1 = a_2 = \dots a_n,$$

$$h = 0,145 \frac{nQ^2}{a^2} = 0,145 Q^2 \left(\frac{1}{\sqrt{n}} \right)^2.$$

L'orifice équivalent de n galeries d'orifices équivalents a disposés à la suite les uns des autres, est égal à :

$$\frac{a}{\sqrt{n}}.$$

2. **Orifice équivalent d'un réseau de galeries en parallèle.** — Pour n galeries en parallèle, la dépression h est la même pour chacune d'elles et les débits qui les traversent sont respectivement :

$$Q_1 = 2,63 a_1 \sqrt{h},$$

$$Q_2 = 2,63 a_2 \sqrt{h}.$$

Le débit total Q étant égal à la somme des débits élémentaires, il vient :

$$Q = 2,63 \sqrt{h} (a_1 + a_2 + \dots a_n).$$

Si

$$a_1 = a_2 = \dots a_n$$

$$Q = 2,63 na \sqrt{h}.$$

L'ensemble de n galeries en parallèle et d'orifice équivalent a est donc équivalent à une seule galerie d'orifice équivalent na .

Division du courant d'air. — Soit un réseau de galeries en parallèle G_1, G_2, \dots, G_n , et soit q_1, q_2, \dots, q_n , les débits dans chacune de ces galeries, dont les orifices équivalents sont différents.

On a vu que

$$Q = 2,63 \sqrt{h} \times (a_1 + a_2 + \dots + a_n).$$

et

$$q_1 = 2,63 a_1 \sqrt{h},$$

$$\dots \dots \dots$$

$$q_n = 2,63 a_n \sqrt{h}.$$

d'où :

$$\frac{q_1}{a_1} = \frac{q_2}{a_2} = \dots = \frac{q_n}{a_n} = \frac{Q}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} = 2,63 \sqrt{h}.$$

Dans les cas de deux galeries les débits seront respectivement :

$$q_1 = Q \frac{a_1}{a_1 + a_2},$$

$$q_2 = Q \frac{a_2}{a_1 + a_2}.$$

3. Calcul d'une porte à guichet. — Le problème consiste à réduire le débit Q qui circulait primitivement dans la galerie (de section S et d'orifice équivalent a) à la fraction $\frac{1}{n}$, la dépression h restant la même.

La formule qui résout le problème est la suivante :

$$\frac{s}{S} = \frac{1}{0,65 + \sqrt{n^2 - 1} \frac{S}{a}}.$$

$\frac{S}{a}$ se calcule aisément en se rapportant aux valeurs moyennes de indiquées dans le tableau de la page 154, suivant le type de galerie, et rapportées à une longueur de 100 mètres, c'est-à-dire à la valeur :

$$\frac{a \sqrt{l}}{10}.$$

Pour une galerie de 400 mètres de longueur, de 4 mètres carrés de section et présentant un orifice équivalent 1,2889 pour 100 mètres :

$$\frac{S}{a} = 3,1.$$

Si l'on veut réduire le débit au quart de sa valeur, on a

$$\frac{s}{S} = \frac{1}{0,65 + \sqrt{16 - 1} \times 3,1} = 0,08.$$

Le guichet devra mesurer 0^m2, 32.

Table donnant les valeurs du rapport $\frac{s}{S}$ pour les grandeurs usuelles de n et de $\frac{S}{a}$.

VALEURS du rapport $\frac{S}{a}$	VALEURS DU COEFFICIENT DE RÉDUCTION n										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
0,2	»	»	»	0,612	0,546	0,491	0,447	0,410	0,379	0,274	0,215
0,4	»	0,561	0,455	0,383	0,332	0,292	0,261	0,237	0,216	0,151	0,116
0,6	0,592	0,427	0,336	0,279	0,238	0,208	0,185	0,166	0,151	0,104	0,079
0,8	0,492	0,344	0,267	0,219	0,186	0,161	0,143	0,128	0,116	0,079	0,060
1,0	0,420	0,287	0,221	0,180	0,152	0,132	0,116	0,104	0,094	0,064	0,048
1,2	0,366	0,247	0,189	0,153	0,129	0,111	0,098	0,088	0,079	0,054	0,041
1,4	0,325	0,217	0,165	0,133	0,112	0,097	0,085	0,076	0,069	0,046	0,035
1,6	0,292	0,193	0,146	0,118	0,099	0,085	0,075	0,067	0,060	0,040	0,031
1,8	0,265	0,174	0,131	0,106	0,089	0,076	0,067	0,060	0,054	0,036	0,027
2,0	0,243	0,158	0,119	0,096	0,080	0,069	0,061	0,054	0,049	0,033	0,025
2,2	0,224	0,146	0,109	0,087	0,073	0,063	0,055	0,049	0,044	0,030	0,022
2,4	0,208	0,134	0,100	0,081	0,068	0,058	0,051	0,045	0,041	0,027	0,021
2,6	0,194	0,125	0,093	0,075	0,063	0,053	0,047	0,042	0,038	0,025	0,019
2,8	0,182	0,117	0,087	0,070	0,058	0,050	0,043	0,038	0,035	0,023	0,018
3,0	0,171	0,109	0,082	0,065	0,054	0,047	0,040	0,035	0,033	0,022	0,016
3,2	0,162	0,103	0,077	0,061	0,051	0,044	0,038	0,033	0,031	0,021	0,015
3,4	0,153	0,097	0,072	0,058	0,048	0,041	0,036	0,032	0,029	0,019	0,015
3,6	0,145	0,092	0,069	0,055	0,045	0,039	0,034	0,030	0,027	0,018	0,014
3,8	0,138	0,088	0,065	0,052	0,043	0,037	0,032	0,029	0,026	0,017	0,013
4,0	0,132	0,083	0,062	0,050	0,041	0,035	0,031	0,027	0,025	0,016	0,012
4,5	0,118	0,075	0,054	0,044	0,037	0,031	0,027	0,024	0,023	0,015	0,011
5,0	0,107	0,068	0,050	0,040	0,033	0,028	0,025	0,022	0,020	0,013	0,010
5,5	0,098	0,062	0,045	0,036	0,030	0,026	0,023	0,020	0,018	0,012	0,009
6,0	0,091	0,057	0,042	0,033	0,028	0,024	0,021	0,018	0,016	0,011	0,008
7,0	0,078	0,049	0,036	0,029	0,024	0,020	0,018	0,016	0,014	0,009	0,007
8,0	0,069	0,048	0,031	0,025	0,021	0,018	0,016	0,014	0,012	0,008	0,006
9,0	0,062	0,038	0,028	0,022	0,019	0,016	0,014	0,012	0,011	0,007	0,005
10,0	0,055	0,034	0,025	0,020	0,017	0,014	0,012	0,011	0,010	0,007	0,005

V. — ÉTUDE DES PROBLÈMES D'AÉRAGE

Un problème d'aérage d'une exploitation peut toujours se ramener à l'une des deux formules suivantes :

1° On veut faire circuler dans un circuit un volume d'air minimum; peut-on l'obtenir, et par quel moyen ?

2° Quelle répercussion va avoir sur l'aérage de la fosse l'exécution de tel ou tel travail (percement, ouverture de quartier, d'étage, etc...)?

Pour répondre à ces deux questions on a recours à des mesures de débit et aux coefficients caractéristiques de la résistance des galeries (coefficient de Murgue, orifices équivalents), dont quelques-uns ont été donnés plus haut; cependant on ne doit pas perdre de vue que ces coefficients ne sont relatifs qu'à un certain nombre de galeries et qu'ils peuvent varier suivant la nature du revêtement et selon que la galerie est droite ou sinueuse.

Pour trouver la solution précise d'un problème d'aérage, il serait nécessaire de procéder non seulement à des mesures de débit, mais également à des mesures de résistance propre à chaque galerie étudiée. On doit à M. Hauvet une méthode intéressante basée sur la mesure des résistances qui permettent de résoudre correctement les problèmes d'aérage; reprenant la formule :

$$h = RQ^2,$$

où h représente la perte de charge d'une galerie de résistance R , où circule un volume d'air Q . M. Hauvet a imaginé un appareil permettant de déterminer les pressions absolues en tous les points du circuit étudié. La valeur de la perte de charge qui résulte de ces mesures et la mesure du débit Q permettent de calculer R .

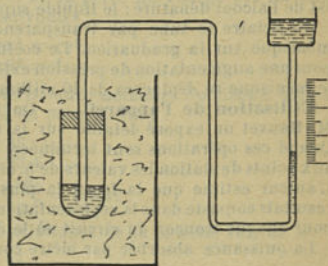


FIG. 96.

Principe de l'appareil (1). — L'appareil imaginé par M. Hauvet comprend essentiellement un manomètre à liquide permettant de

(1) *Appareils de mesure directe de dépression au fond*, par HAUVET, R. I. M., 15 février 1931.

comparer la pression à mesurer à une pression stable qui est celle d'une masse d'air maintenue en vase clos à la pression atmosphérique et à une température constante (une variation de 1° C entraînant une variation de volume égale à l'action d'une différence de pression de 35 millimètres).

Le manomètre est constitué par un réservoir à air plongé dans la glace et communiquant avec le milieu extérieur au moyen d'un tube capillaire par l'intermédiaire d'un liquide.

Les déplacements du ménisque du liquide servent à mesurer les variations de volume de la masse d'air contenu dans le réservoir et qui résultent des variations de la pression extérieure.

Si nous appelons dP les variations de la pression extérieure et dh les variations correspondantes du niveau du liquide, on démontre que $dP = Kdh$.

La sensibilité de l'appareil sera d'autant plus grande que K sera faible.

Réalisation pratique de l'appareil. — Le réservoir à air est constitué par un tube à essai de 240 millimètres carrés de section, d'un volume utile de 30.000 millimètres cubes. Le tube capillaire a 4 millimètres carrés de section. Le réservoir est plongé dans la glace fondante contenue dans un vase Dewar, qui assure la conservation d'un chargement de glace pendant cinq à six jours. Le vase Dewar est protégé par une solide enveloppe de laiton. Le liquide inférieur est de l'alcool dénaturé; le liquide supérieur de l'essence.

On éclaire le tube par transparence et on repère la position du ménisque sur la graduation. Le coefficient de tarage K est de 1,4; pour une augmentation de pression extérieure de 14 millimètres d'eau, le ménisque se déplacera de 10 millimètres.

Utilisation de l'appareil. — On trouvera dans le mémoire de M. Hauvet un exposé détaillé sur la façon d'effectuer les mesures. Quand ces opérations sont terminées, on porte sur un plan d'aéragé aux points de station les valeurs de h , de Q et de la puissance absorbée. L'auteur estime que la façon la plus saisissante de représenter les résultats consiste dans la représentation de la fonction $P = RQ^3 = Qh$ pour chaque tronçon du circuit où le débit est constant.

La puissance absorbée par mètre courant de galerie est

$$\omega = \frac{Qh}{L};$$

Sur le plan d'aéragé on doublera le trait de bowette par un autre trait à une distance proportionnelle à ω . L'épaisseur du trait donne une idée de l'utilisation des bowettes: trop mince, il indique que la bowette est inutilisée; trop fort, que la résistance est anormale.

L'épaississement brusque du trait marque un étranglement dans le circuit.

EXEMPLE. — Voici, d'après l'auteur, un exemple concret de résolution d'un problème d'aérage.

Les données du problème sont indiquées sur la figure 97.

On a dans la bowette 706 à l'étage 766 un débit de $33^m3,4$ destiné à l'aérage du levant du siège. La perte de charge du puits au point A est de $60 - 46 = 14$ millimètres. Quel sera le débit total disponible quand la bowette 719 à l'étage de 830 actuellement en creusement aura percé dans le heurtia 17.

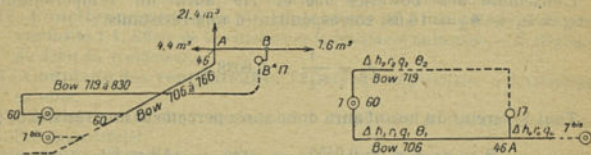


FIG. 97.

Négligeons la longueur AB, petite par rapport aux autres circuits. La figure représente schématiquement le circuit d'aérage. Prenons comme unités le millimètre et le mètre cube. Dans un circuit de résistance de tempérant θ et où la perte de charge est Δh pour un débit q , on a les relations suivantes :

$$\Delta h = r q^2$$

$$r \theta^2 = 1.$$

Soit : $\Delta h_0, r_0, q_0$, les caractéristiques actuelles du circuit unique équivalent aux circuits en aval du point A. On a :

$$\Delta h_0 = 46$$

$$q_0 = 33,4$$

$$r_0 = \frac{\Delta h_0}{q_0^2} = 0,0412;$$

Soit : $\Delta h_1, r_1, q_1, \theta_1$, les caractéristiques de la bowette 706, on a :

$$\Delta h_1 = 14,$$

$$q_1 = 33,4$$

$$r_1 = \frac{\Delta h_1}{q_1^2} = 0,0125,$$

$$\theta_1 = \frac{1}{\sqrt{r_1}} = 8,93.$$

Supposons la bowette 719 percée ; soit $\Delta h_2, r_2, q_2, \theta_2$, ses caractéristiques.

Nous calculerons r_2 en admettant que la bowette 719 aura le même gabarit que la bowette 706. On trouve :

$$r_2 = 0,0205,$$

d'où

$$\theta_2 = \frac{1}{\sqrt{r_2}} = 7,15.$$

L'ensemble des bowettes 706 et 719 aura un tempérément $\theta_3 = \theta_1 + \theta_2 = 16,08$, correspondant à une résistance :

$$r_3 = \frac{1}{\theta_3^2} = 0,0038.$$

Tout le circuit du levain aura donc après percement une résistance ;

$$R = r_3 + r_0 = 0,0450 \quad \text{avec} \quad \Delta H = 60,$$

Le débit Q à travers le circuit sera :

$$Q = \sqrt{\frac{\Delta H}{R}} = 36^{\text{m}}3,5.$$

Ce débit se partagera entre les circuits 706 et 719, proportionnellement aux tempéréments. En appelant q'_1 le nouveau débit de la bowette 706, on aura :

$$\frac{q'_1}{8,93} = \frac{q_2}{7,15} = \frac{36,5}{16,08},$$

d'où

$$\begin{aligned} q'_1 &= 20,3, \\ q_2 &= 16,2. \end{aligned}$$

La perte de charge depuis le puits jusqu'au point A après percement peut être calculée en se basant soit sur les caractéristiques de la bowette 706, soit sur celles de 719, soit sur leur résultante. On trouve :

$$\Delta H \overline{\infty} 5^{\text{m}}\text{m},1$$

VI. — LA PRODUCTION DU COURANT D'AIR

- I. Les données du problème.
- II. Caractéristiques de la mine.
- III. Caractéristiques du ventilateur : 1. Notations et formules. — 2. Choix d'un ventilateur. — 3. Différents types de ventilateurs.
- IV. Fonctionnement d'un ventilateur sur une mine de résistance variable : 1. Effets de la variation de la résistance de la mine. — 2. Réglage du débit du ventilateur.
- V. Couplage des ventilateurs : 1. Couplage en parallèle. — 2. Couplage en série.
- VI. Aérage naturel : 1. Ses causes. — 2. Influence de l'aérage naturel sur l'aérage artificiel.
- VII. Orifice équivalent réel d'une mine : 1. Diverses méthodes de détermination de h_n : première méthode, deuxième méthode. — 2. Influence de l'aérage naturel : troisième méthode, méthode graphique. — 3. Résultats d'essais : ventilateurs Rateau, ventilateurs Guibal.
- VIII. Essais de ventilateurs : 1. Programme des essais. — 2. Exécution des essais. — 3. Conduite des essais. — 4. Calcul des essais. — 5. Tarage des anémomètres.
- IX. Installation des ventilateurs : 1. Dispositions générales. — 2. Commande électrique des ventilateurs. — 3. Dispositif de réglage de la vitesse.
- X. Ventilateurs secondaires. — 1. Aéro-ventilateurs. — 2. Méthode d'essai. — 3. Résultats d'essais.

I. — LES DONNÉES DU PROBLÈME

Le problème de l'aérage d'une mine a pour point de départ la nécessité de faire circuler dans les travaux souterrains un volume déterminé d'air capable de les assainir et par suite, fonction du personnel employé au poste le plus chargé, de la dissémination des chantiers et de l'importance du dégagement de grisou.

La quantité d'air à faire passer dans les travaux ne peut être fixée *a priori*, à tant de litres par seconde et par homme, cheval, lampe ou par tonne extraite. Ce qui importe en effet, c'est de réaliser l'abaissement de la température d'une part et de la teneur en gaz nocifs de l'autre.

II. — CARACTÉRISTIQUES DE LA MINE

Au point de vue de l'aérage une mine se définit comme une galerie

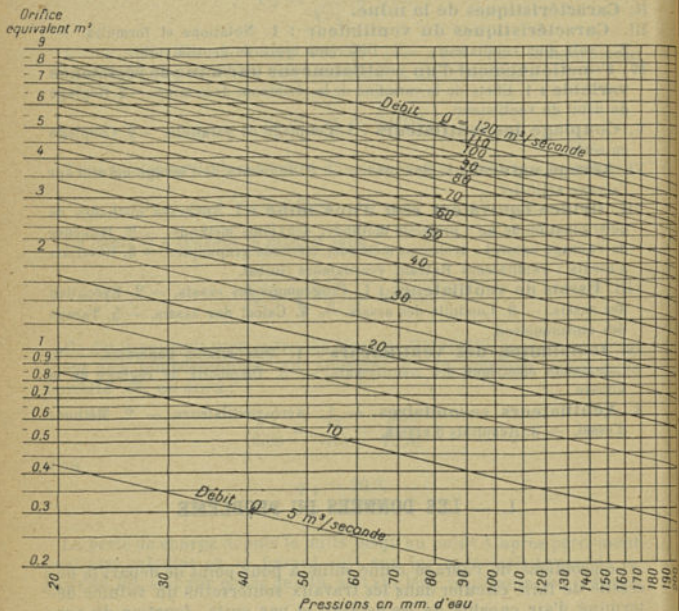


FIG. 98. — Orifice équivalent en fonction du débit et de la pression.

par son orifice équivalent en son ouverture ayant respectivement pour expression :

$$a = 0,38 \frac{Q}{\sqrt{h}} \quad \text{et} \quad O_u = 0,25 \frac{Q}{\sqrt{h}}$$

L'abaque de la figure 98 donne la valeur de l'orifice équivalent en fonction au débit.

Considérons un ventilateur aspirant sur une mine et donnant un débit de Q mètres cubes à la seconde, sous une dépression de h millimètres d'eau.

Lorsque la mine existe, on peut mesurer le débit Q et la dépression h à l'aspiration; on en déduit l'orifice équivalent correspondant.

Lorsque la mine n'existe pas, on choisit arbitrairement un orifice équivalent dans des limites convenables et on établit les travaux en conséquence.

On peut classer les mines suivant leur orifice équivalent en :

- mines étroites dont l'orifice équivalent est inférieur à 1 mètre carré ;
- mines moyennes dont l'orifice équivalent est compris entre 1 et 3 mètres carrés ;
- mines larges dont l'orifice équivalent est supérieur à 3 mètres carrés.

III. — CARACTÉRISTIQUES DU VENTILATEUR

1. **Notations et formules.** — Rappelons que la puissance utile fournie par le ventilateur s'écrit :

$$T_u = \frac{Qh}{75} \text{ chevaux,}$$

et que le rendement de l'appareil est donné par la relation :

$$\varphi = \frac{T_u}{T_m}$$

Nous rappellerons enfin que si, sans modifier la résistance du circuit extérieur, on fait passer la vitesse de rotation de la machine de ω à ω' , le débit varie de Q à Q' et la dépression de h à h' . On a en outre :

$$\begin{aligned} \frac{Q'}{Q} &= \frac{\omega'}{\omega}, \\ \frac{h'}{h} &= \left(\frac{\omega'}{\omega}\right)^2, \\ \frac{T_{m'}}{T_m} &= \left(\frac{\omega'}{\omega}\right)^3. \end{aligned}$$

Par contre le rendement n'est pas changé, sauf cependant s'il s'agit d'appareils lourds fonctionnant à faible vitesse.

2. **Choix d'un ventilateur.** — Le rôle du ventilateur est un peu analogue à celui d'une génératrice électrique à courant continu débi-

tant sur un circuit de résistance donnée, mais ici la résistance de la mine est définie par celle de son orifice équivalent.

Pour un ventilateur tournant à une vitesse donnée, à chaque grandeur de l'orifice équivalent correspondent des valeurs bien déterminées de Q , h , T_u , η , qui s'inscrivent sur des courbes analogues à celles de la figure 99.

Parmi ces courbes, celle relative au rendement est d'allure parabolique et présente un maximum ou mieux une zone maxima dans

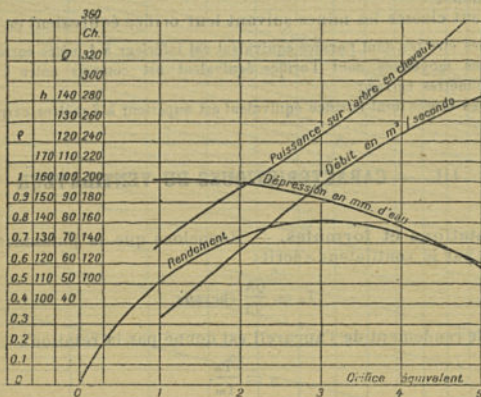


FIG. 99. — Courbes caractéristiques en fonction de l'orifice équivalent.

laquelle il est évidemment avantageux de faire travailler le ventilateur.

Il faut noter également que si, sans changer l'orifice équivalent, on modifie le nombre de tours de la machine, le rendement reste constant, mais le débit croît proportionnellement à la vitesse tandis que la dépression et la puissance sur l'arbre varient respectivement comme le carré et le cube de ce facteur.

De ceci il résulte que, lorsqu'on installe un ventilateur sur une mine de largeur donnée, on en choisit tout d'abord le type de façon que son point de fonctionnement se trouve dans la zone de rendement maximum, puis on détermine la vitesse suivant le volume d'air à obtenir.

3. **Différents types de ventilateurs.** — Les ventilateurs dynamiques se classent d'après la direction suivie par les filets d'air durant leur passage au travers de la turbine (fig. 100).

On distingue tout d'abord les ventilateurs centrifuges dans lesquels la trajectoire MA reste sensiblement dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation. Les ventilateurs centrifuges atteignent très facilement 70 à 80 0/0 de rendement et dépassent même ce chiffre pour des pressions un peu élevées.

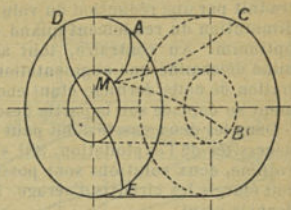
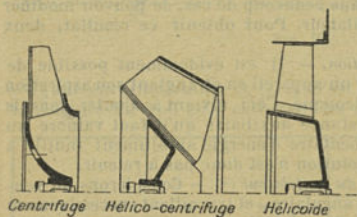


FIG. 100.

Contrairement aux précédents, les ventilateurs hélicoïdes donnent aux filets d'air des directions telles que MB s'enroulant en hélice sur un cylindre de même axe que l'appareil. Leur rendement maximum ne dépasse pas 65 à 70 0/0.



Centrifuge Hélico-centrifuge Hélicoïde

FIG. 101. — Différents types d'aubes.

Entre ces deux classes de machines viennent se placer tous les appareils intermédiaires auxquels on donne le nom de ventilateurs hélico-centrifuges et dont les rendements sont normalement de l'ordre de 70 à 80 0/0. Les trajectoires MC des particules gazeuses s'écartent ici de l'axe de rotation sans cependant rester dans un plan perpendiculaire à ce dernier.

La figure 101 donne les formes caractéristiques des aubes de ces trois types de ventilateurs.

IV. — FONCTIONNEMENT DU VENTILATEUR SUR UNE MINE DE RÉSISTANCE VARIABLE

1. **Effets des variations de résistance de la mine.** — Au cours de l'exploitation, les circuits d'aérage d'une mine subissent des modifications continues et la résistance de l'ensemble ne demeure jamais la même.

Reprenons le diagramme de la figure 16. Nous voyons immédiatement qu'à vitesse constante toute diminution de l'orifice équivalent se traduit par une réduction du volume d'air aspiré et en outre par une diminution du rendement quand on descend au-dessous de l'orifice optimum. Au contraire, tout accroissement de l'ouverture de la mine détermine une augmentation du débit et de la puissance, la variation de cette dernière étant encore plus sensible quand le rendement se déplace sur la partie descendante de la courbe.

Dans les deux cas, le débit peut très bien ne plus correspondre aux nécessités de l'exploitation. S'il s'agit de corriger une réduction de volume, deux solutions sont possibles ; soit accélérer le ventilateur, soit élargir les circuits d'aéragé. Nous n'insisterons pas ici sur ce dernier point.

Si, au contraire, on se trouve en présence d'un accroissement d'orifice équivalent, le débit peut devenir notablement supérieur aux besoins réels, ce qui entraîne la dépense inutile de quantités importantes d'énergie.

2. Réglage du débit du ventilateur. — Ce qui précède montre combien il est intéressant, dans beaucoup de cas, de pouvoir modifier à volonté le débit d'un ventilateur. Pour obtenir ce résultat, deux procédés se présentent :

1° *Étranglement de l'aspiration.* — Il est évidemment possible de réduire le volume aspiré par un appareil en étranglant son aspiration au moyen d'un vannage quelconque. Ceci revient à ajouter dans le circuit de la mine une résistance auxiliaire qu'il faut vaincre au prix d'une dépense supplémentaire d'énergie absolument inutile à l'aéragé des travaux. Cette solution n'est donc pas à retenir.

2° *Changement de la vitesse du ventilateur* (1). — Considérons un ventilateur tournant, à la vitesse angulaire ω et travaillant successivement sur deux orifices équivalents S_0 et S_1 tels que $S_1 > S_0$. Dans ces deux cas, les caractéristiques de fonctionnement de l'appareil sont respectivement Q_0, h_0, W_0, η_0 et Q_1, h_1, W_1, η_1 . Modifions la vitesse de la machine dans le rapport inversé des débits précédents ; nous avons alors

$\omega' = \omega \frac{Q_0}{Q_1}$ et le ventilateur aspirant au travers de l'orifice S_1 donne :

$$\text{Débit} \dots \dots \dots Q' = Q_1 \times \frac{Q_0}{Q_1} = Q_0.$$

$$\text{Dépression} \dots \dots \dots h' = h_1 \times \left(\frac{Q_0}{Q_1}\right)^2.$$

$$\text{Puissance absorbée} \dots \dots \dots W' = W_1 \left(\frac{Q_0}{Q_1}\right)^3.$$

$$\text{Rendement} \dots \dots \dots \eta' = \eta_1.$$

(1) *Note technique du Comité des Houillères*, n° 61, décembre 1927.

Nous sommes ainsi revenus au débit initial Q_0 , et ceci avec une consommation d'énergie W' très inférieure à W_1 et peut-être même

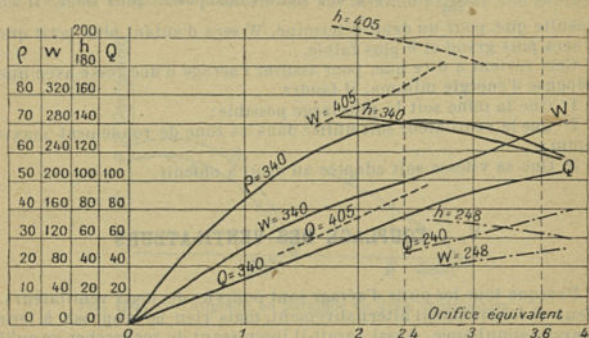


FIG. 102.

à W_0 suivant l'importance de ρ_0, ρ_1 . C'est ce que montre le diagramme de la figure 102 d'où nous extrayons les chiffres suivants :

	Q	h	W	ρ
Orifice $2=2,4$, 340 tours par minute....	75	140	197	0,71
— $3=2,6$, 340 —	103	120	266	0,62
— $3=2,6$, 248 —	75	63,5	103	0,62
— $2=2,0$, 340 —	63	144	180	0,67
— $2=2,0$, 405 —	75	204	304	0,67

Comme on le voit, l'orifice de $2=2,40$ assurerait sensiblement au ventilateur son rendement optimum; le rendement correspondant à $3=2,60$ est inférieur de neuf points au précédent, mais la diminution de résistance permet d'obtenir le débit de 75 mètres cubes en tournant moins vite et en réalisant une économie de 94 CV sur 197, soit 48 0/0.

Pour faire passer 75 mètres cubes au travers d'une mine de 2 mètres carrés avec le même ventilateur, il faudrait au contraire accélérer ce dernier et, le rendement devenant 0,67, la puissance nécessaire atteindrait 304 CV contre 197, soit un supplément de 54 0/0.

Il est à remarquer que la puissance absorbée par l'appareil est donnée en fonction du débit, de la dépression et du rendement par la formule $W = \frac{Qh}{75\eta}$ en vertu des définitions posées plus haut. Il en résulte que, pour un débit déterminé, W sera d'autant plus petit que η sera plus grand et h plus faible.

Ceci revient à dire que, pour assurer l'aérage d'une fosse avec une dépense d'énergie minima, il faudra :

- 1° Que la mine soit la plus large possible;
- 2° Que le ventilateur soit utilisé dans sa zone de rendement maximum;
- 3° Que sa vitesse soit adaptée au débit à obtenir.

V. — COUPLAGE DES VENTILATEURS

Presque tous les puits d'aérage sont pourvus de deux ventilateurs. Ceux-ci fonctionnent alternativement, mais rien ne s'oppose à leur marche simultanée. Aussi paraît-il intéressant de rechercher ce qu'il advient dans ce dernier cas de la ventilation de la mine, que le couplage ait lieu en série ou en parallèle (1).

1. **Couplage en parallèle.** — Remarquons tout d'abord que, lors de la mise en parallèle des deux ventilateurs d'une mine, le circuit d'aérage se présente sous la forme schématique de la figure 103. Les deux appareils V_1 et V_2 tirent bien à la fois sur un point commun B où la dépression est h , mais les tronçons BV_1 et BV_2 ne sont jamais identiques et par suite les deux machines

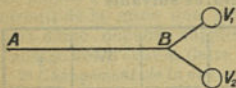


FIG. 103.

ne fonctionnent pas absolument de la même façon.

Pour plus de simplicité, admettons que les résistances de ces deux éléments de galerie soient négligeables et construisons les caractéristiques débit-pression sur lesquelles travaillent les deux appareils (fig. 104). A une dépression h correspondent des débits respectifs Q_1 et Q_2 et il est clair que le volume total aspiré est $Q = Q_1 + Q_2$. Ceci permet de tracer une caractéristique A de l'ensemble des deux machines couplées en quantité.

Pour étudier les phénomènes qui accompagnent le couplage, plaçons-nous dans le cas particulier de deux ventilateurs V_1 et V_2 iden-

(1) *L'aérage des mines*, par LA HOUSSANE. *R. I. M.*, 1^{er} décembre 1928.

tiques et tournant à la même vitesse. A_1 et A_2 coïncident et $Q = 2Q_1$ (fig. 103). V_1 tirant tout d'abord seul sur la mine produit une dépres-

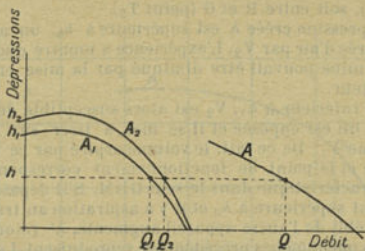


FIG. 104. — Couplage en parallèle de deux ventilateurs.

sion h , tandis que V_2 fonctionnant fermé, c'est-à-dire sans débit, crée une dépression h_0 . Ouvrons complètement la vanne de V_2 . Si

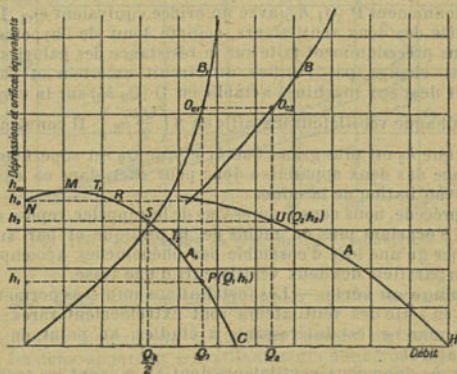


FIG. 105.

$h > h_0$, V_2 est insuffisant pour contrebalancer h ; il ne peut donc s'opposer à l'asp

fait, il devient entrée d'air au même titre que la mine. V_1 voit son débit augmenter et son point de fonctionnement se déplace sur la caractéristique A_1 dans le sens de NMSG pour s'établir soit entre M et R (point T_1), soit entre R et G (point T_2).

En T_1 , la dépression créée h' est supérieure à h_0 , on a un régime stable avec entrée d'air par V_2 . L'expérience a montré que dans ce cas l'aérage de la mine pouvait être diminué par la mise en service du second ventilateur.

En T_2 , h' est inférieur à h_1 , V_2 est alors susceptible de vaincre la dépression qui lui est opposée et il se met à tirer sur le fond en même temps que V_1 . De ce fait, le volume aspiré par ce dernier appareil diminue et le point de fonctionnement correspondant se déplace sur la caractéristique dans le sens GRM. S'il dépasse R, sa dépression devient supérieure à h_3 et il y a aspiration au travers de V_2 . Mais alors le débit de l'autre appareil augmente, h' retombe en dessous de h_0 et les phénomènes précédents se reproduisent. Le ventilateur V_2 pompe. Si au contraire V_1 se maintient en dessous de R, h' reste plus faible que h_3 et nous avons un régime stable avec refoulement par les deux diffuseurs.

Pour suivre dans ce dernier cas, la marche des appareils, traçons les courbes B_1 et B des orifices équivalents en fonction des débits, déduites de A_1 et A et admettons que V_1 travaillant seul ait un point de fonctionnement P ($Q_1 h_1$) avec un orifice équivalent O_{e1} . La mise en parallèle des deux ventilateurs, compte tenu de l'hypothèse que nous avons précédemment faite sur la résistance des galeries d'aspiration, ne change pas l'orifice du circuit extérieur et par suite l'ensemble des deux machines s'établit en U ($Q_2 h_2$) sur la caractéristique A. Chaque ventilateur travaille en S ($\frac{Q_2}{2} h_2$). Il convient de re-

marquer que h_2 est plus grand que h_1 et que Q_2 est supérieur à Q_1 . Le couplage des deux appareils a donc pour effet, dans ce cas, d'accroître la ventilation de la mine.

Ce qui précède, nous nous efforçons de le rappeler, repose sur une hypothèse s'écartant plus ou moins de la pratique et par suite ne peut donner qu'une idée d'ensemble des phénomènes accompagnant la mise en parallèle des deux ventilateurs d'une fosse.

2. Couplage en série. — Les installations minières permettant le couplage en série des ventilateurs sont extrêmement rares; cependant cette marche est intéressante à étudier, au point de vue de aérage naturel.

Considérons donc deux ventilateurs dont A_1, A_2 sont les caractéristiques débit-pression et B_1, B_2 les courbes correspondantes de l'orifice équivalent en fonction du volume d'air aspiré (fig. 106). Pour un débit Q les dépressions créées par les deux appareils sont h et h' , et par suite la dépression totale créée dans les mêmes conditions par les

deux machines travaillant en série est $h'_t = h + h'$. Il est donc possible de compléter le diagramme de la figure 23 par les courbes A et B (A et B ayant des significations analogues à A_1 et B_1) de l'en-

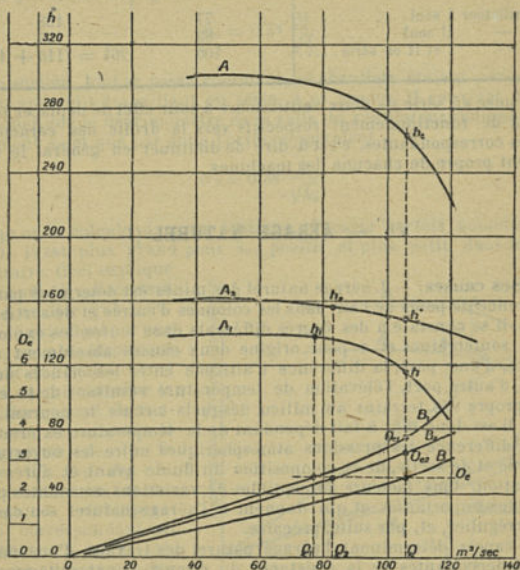


FIG. 106. — Couplage en série de deux ventilateurs.

semble des deux ventilateurs accouplés comme nous l'avons indiqué.

Ce graphique montre que si la mine possède un orifice équivalent O_e , les deux appareils travaillant seuls donneront $Q_1 h_1$ et $Q_2 h_2$ tandis que, mis en série, leur débit commun atteindra Q avec une dépression totale h_t .

A l'échelle de la figure, on aurait pour un orifice équivalent de $2^{m2,5}$.

FONCTIONNEMENT	DÉBIT en mètres cubes	DÉPRESSION en millimètres d'eau
Ventilateur I seul	77	138
— II seul	83	156
— I et II en série	106	264 = (116 + 148)

La mise en série de deux ventilateurs a pour effet de déplacer leurs points de fonctionnement respectifs vers la droite des caractéristiques correspondantes, c'est-à-dire de diminuer en général le rendement propre de chacune des machines.

VI. — AÉRAGE NATUREL (1)

1. **Ses causes.** — L'aérage naturel des mines est déterminé par la différence de poids de l'air dans les colonnes d'entrée et de sortie des puits. Il se constate à des degrés différents dans toutes les exploitations souterraines et a pour origine deux causes absolument distinctes, d'une part, la différence d'altitude entre les orifices de la mine, d'autre part, l'élévation de température résultant de la chaleur propre des terrains au milieu desquels circule le courant gazeux. Il est donc tout à fait dépendant de la température extérieure, de la différence des pressions atmosphériques entre les ouvertures d'entrée et de sortie, de la composition du fluide avant et après son utilisation, tous facteurs susceptibles de variations constantes plus ou moins importantes et qui donnent à l'aérage naturel son caractère irrégulier, et, par suite, précaire.

Les causes déterminant l'aérage naturel des travaux d'une mine, sont indépendantes de la résistance du circuit et par suite on voit que, pour une dépression motrice naturelle h_n , le débit ainsi réalisé est proportionnel à l'orifice équivalent de la mine.

2. **Influence de l'aérage naturel sur l'aérage artificiel.** — Lorsqu'un ventilateur vient se superposer à l'aérage naturel, en agissant, soit dans le même sens, soit dans le sens contraire, ce dernier n'en subsiste pas moins, mais son action diminue avec l'augmentation du volume débité.

En régime stable, si on désigne par h la dépression totale nécessaire pour faire circuler une quantité d'air Q dans une mine présen-

(1) *L'aérage dans les mines*, par LA HAUSSAYE. *R. I. M.*, 1^{er} décembre 1929.

tant un orifice équivalent O_c et si h_a et h_n sont les pressions ou dépressions créées par le ventilateur et l'aérage naturel, on a :

$$h = h_a + h_n,$$

quels que soient les signes de ces facteurs et

$$O_c = 0,38 \frac{Q}{\sqrt{h}}.$$

En somme, tout se passe comme si les chantiers étaient aérés par deux appareils travaillant en série. A ce propos, il convient de remarquer que le déprimomètre de la salle du ventilateur indique uniquement h_a et que par suite l'orifice équivalent

$$O'_c = 0,38 \frac{Q}{\sqrt{h_a}},$$

tel qu'on le calcule dans la pratique, s'écarte parfois notablement de O_c . Il est plus grand pour h_n , positif et plus petit dans le cas contraire. Ceci explique pourquoi on est souvent tenté de dire que l'orifice équivalent d'une mine est plus important l'hiver que l'été.

En ce qui concerne le fonctionnement du ventilateur, considérons le diagramme de la figure 107, A_1 , A_2 , A , représentant les caractéristiques débit-pression correspondant au ventilateur, à la dépression constante due à l'aérage naturel, et à l'ensemble des deux modes de ventilation

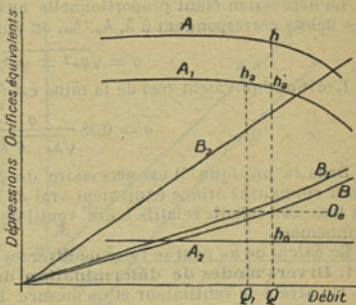


FIG. 107.

agissant simultanément. B_1 , B_2 , B sont les variations de l'orifice équivalent en fonction du débit déduites des courbes précédentes.

Pour une mine d'orifice O_c , le ventilateur seul donnerait un volume Q_1 et une dépression h_a . L'aérage naturel, en créant une pression motrice supplémentaire h_n fait passer la dépression totale à $h = h'_a + h_n$, tandis que le débit croît de Q_1 à Q . Mais, comme nous l'avons indiqué, h_n est essentiellement variable, lorsqu'il diminue, A se rapproche de A_1 et Q tend vers Q_1 . Si h_n change de signe, h dé-

vient plus petit que h_a et Q est alors inférieur à Q_1 . En somme, même sur une mine de résistance invariable, l'aérage naturel a pour effet de rendre mobile le point de fonctionnement du ventilateur, et par suite, pour les exploitations sujettes à de grandes variations de la température extérieure, il convient d'utiliser des appareils présentant des courbes de rendement très aplaties.

VII. — ORIFICE ÉQUIVALENT RÉEL D'UNE MINE

Soit :

h ,	la dépression réelle,
h_a	— manométrique du ventilateur,
h_n	— due au tirage naturel ;

ces quantités sont reliées par la relation :

$$h = h_a \pm h_n.$$

La dépression étant proportionnelle aux débits, si q , q_a , q_n , sont les débits correspondant à h , h_a , h_n , on aura la relation :

$$q = \sqrt{q_a^2 \pm q_n^2}.$$

L'orifice équivalent réel de la mine est :

$$a = 0,38 \frac{q}{\sqrt{h_a \pm h_n}}.$$

Dans la pratique, il est nécessaire de calculer la dépression h_n , pour connaître l'orifice équivalent vrai de la mine, élément qui forme la base des calculs relatifs à des ventilateurs en projets ou en fonctionnement.

Le calcul de h_n peut se faire de diverses façons.

1. Divers modes de détermination de h_n . — Première méthode.

— On arrête le ventilateur et on mesure la compression ou dépression h_0 qui se produit dans l'ouïe ainsi que le volume correspondant q_0 . Ce débit est produit par la différence entre la dépression naturelle h_n et h_0 , résistance du ventilateur. Si on a effectué les mêmes mesures pendant la marche du ventilateur, on obtient les égalités suivantes :

$$(1) \quad q_0 = 2,63a \sqrt{h_n - h_0},$$

$$(2) \quad q = 2,63a \sqrt{h_a \pm h_n},$$

q et q_0 sont fournis par une mesure anémométrique à la cheminée de refoulement ; h_a est donné par une lecture manométrique à l'aspiration du ventilateur.

Les équations 1 et 2 permettent dans ces conditions de déterminer h_n , d'où a .

Deuxième méthode. — Le deuxième procédé suppose que l'aérage naturel agit dans le même sens que la soufflerie. Au lieu d'arrêter complètement cette dernière, on ralentit sa vitesse de façon que la dépression manométrique h_a soit nulle. On mesure le débit q_a qui passe dans l'ouïe et qui n'est autre que celui qui résulte de la dépression naturelle h_n si le ventilateur était enlevé du puits. Puis on fait fonctionner le ventilateur dans des conditions normales et on note q et h_n .

Des égalités

$$q_n = 2,63a \sqrt{h_n},$$

$$q = 2,63a \sqrt{h_a \pm h_n},$$

on tire h_n et a .

2. Influence de l'aérage artificiel sur l'aérage naturel. — Ces déterminations de a ne sont en réalité qu'approximatives, car elles supposent que h_n reste constant, quelle que soit la marche du ventilateur. Or il n'en est pas ainsi lorsqu'on force artificiellement un grand volume d'air à circuler dans les travaux, car il n'a pas le temps de s'échauffer au contact des parois autant qu'il le ferait en circulant à travers les galeries avec la faible vitesse due au tirage naturel.

M. Bouvat-Martin (1) a donné de ce phénomène une démonstration expérimentale et a proposé une nouvelle méthode pour la détermination plus précise de h_n .

Si nous désignons par h_r la perte de charge qu'oppose la mine au passage d'un débit d'air q ; si on porte q^2 en abscisse et les pertes de charge en ordonnée (fig. 108), la proportionnalité entre les pertes de

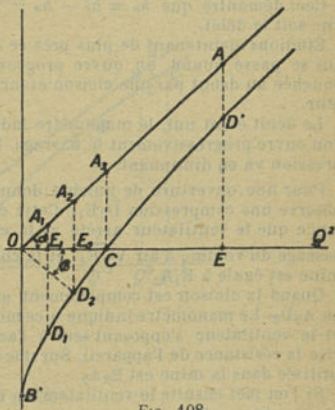


FIG. 108.

(1) Etude sur l'aérage des mines. *Bulletin de la Société de l'industrie minière*, 1913, 4^e livraison.

charge et le carré du débit sera représentée graphiquement par une droite OA passant par l'origine et dont le coefficient angulaire sera :

$$(1) \quad \frac{hr}{q^2} = T_{ga} = R.$$

Ce coefficient angulaire définit la résistance réelle de la mine au point de vue de l'aérage.

Soit maintenant h_a la dépression efficace fournie par le ventilateur, c'est-à-dire la dépression indiquée par un manomètre dont l'embouchure serait normale au courant; soit h_n , la charge produite par le tirage naturel. On a l'égalité suivante :

$$(2) \quad hr = h_a + h_n.$$

A chaque valeur de la vitesse correspond une valeur de q et une valeur de h_a .

Si on construit les variations de h_a en fonction de q^2 par points, on obtient non pas une droite, mais une courbe asymptote à la droite OA.

Ceci démontre que $h_n = hr - h_a = AD'$ n'est pas constant, quel que soit le débit.

Étudions maintenant de plus près ce diagramme, et examinons ce qui se passe quand on ouvre progressivement la mine, supposée bouchée au début par une cloison étanche située à l'ouïe du ventilateur.

Le débit étant nul, le manomètre indique une compression OB'. Si l'on ouvre progressivement le barrage, le débit augmente et la compression va en diminuant.

Pour une ouverture de guichet donnée on a un débit $\sqrt{OE_1}$ et on observe une compression D_1E_1 . Cette compression mesure la résistance que le ventilateur arrêté et la cloison opposent ensemble au passage du volume d'air $\sqrt{OE_1}$, et la charge utile qui s'exerce sur la mine est égale à E_1A_1 .

Quand la cloison est complètement enlevée, la droite A_1D_1 vient en A_2D_2 . Le manomètre indique à ce moment une compression E_2D_2 , et le ventilateur s'opposant seul à l'action naturelle $tg \beta$ caractérise la résistance de l'appareil. Sur une action égale à A_2D_2 , la charge utilisée dans la mine est E_2A_2 .

Si l'on met ensuite le ventilateur en marche et que l'on augmente progressivement la vitesse, on voit que la compression E_2D_2 diminue. Finalement cette compression s'annule; quand on est en C, toute l'action naturelle représentant par A_3C s'exerce sur la mine et le débit \sqrt{OC} n'est autre que le débit naturel q_n que donnerait le puits de retour d'air s'il était entièrement ouvert sur la mine.

Jusqu'à ce point, l'action naturelle n'a pu entraver l'action

naturell et $A_2C - A_2E_2$ représente la perte de charge qu'à l'arrêt il ferait éprouver à la mine. A partir de cette vitesse, le ventilateur commence à faire œuvre utile ; son action efficace $D'E$ croit avec sa vitesse et AD' représente toujours l'action naturelle h_n qui lui est superposée.

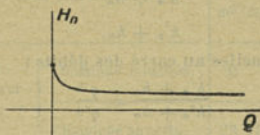


FIG. 109.

D'une façon générale on constate que la pression naturelle décroît assez vite, surtout aux faibles débits, avant la mise en marche du ventilateur. Cette pression continue ensuite à décroître, mais plus lentement que le débit et finalement pour une vitesse infinie, elle tend vers zéro (fig. 109).

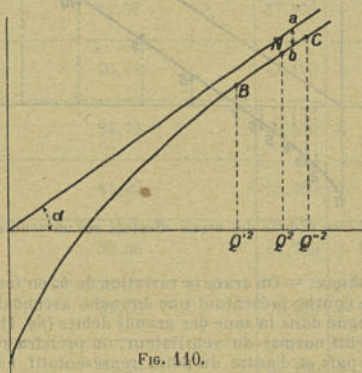


FIG. 110.

Troisième méthode pour la détermination de h_n . — En se basant sur ces considérations, M. Bouvat-Martin a proposé la méthode suivante pour déterminer h_n .

Il repose sur l'hypothèse que pour deux débits peu différents du ventilateur on peut admettre que l'action du tirage naturel h_n ne

change pas dans leur intervalle. Soit q' et q'' deux débits du ventilateur pour des vitesses assez peu éloignées l'une de l'autre et comprenant la vitesse de marche normale ; et soit h'_a , h''_a , les dépressions indiquées par les manomètres. Les charges qui les provoquent sont :

$$h'_a + h_n$$

et

$$h''_a + h_n,$$

elles sont proportionnelles au carré des débits :

$$\frac{h'_a + h_n}{h''_a + h_n} = \frac{q'^2}{q''^2}$$

d'où :

$$h_n = \frac{h'_a q''^2 - h''_a q'^2}{q'^2 - q''^2}.$$

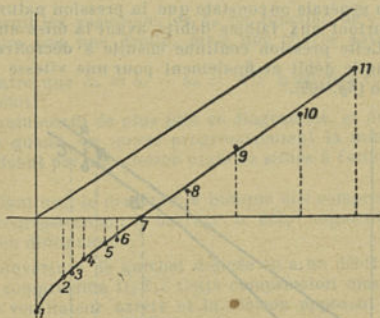


FIG. 111. — Courbe déduite des essais effectués sur un ventilateur Guibal.

Méthode graphique. — On trace la variation de h_a en fonction de q^2 ; on obtient une courbe présentant une branche ascendante et sensiblement rectiligne dans la zone des grands débits (fig. 110).

Si q est le débit normal du ventilateur, on prendra sur la courbe deux points de part et d'autre du point représentatif, correspondant au débit normal q .

Les points N, B et C étant sur une partie de la courbe sensiblement rectiligne, on mènera par O la parallèle au segment BC. Le coefficient angulaire de la droite OA obtenu, n'est autre que la résistance propre de la mine. La distance $ab = h_r - h_a = h_n$, représente la valeur du tirage naturel. IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Voici les résultats d'essais effectués sur un ventilateur Guibal, orifice équivalent, $4^{\text{m}2},80$:

NUMÉRO de l'expérience	TOURS PAR MINUTE	q m ³ /sec.	h_a mm.	h_r mm.	h_n mm.	
1	Ventilateur arrêté	Cheminée bouchée..	0	- 17	0	17
2		Cheminée ouverte...	23,710	- 11,3	3,5	14,8
3	5,33	25,930	- 10,4	4,2	14,6	
4	12,36	31,400	- 8,2	6,2	14,4	
5	21,02	37,300	- 5,6	8,7	14,3	
6	26,21	41,160	- 3,8	10,5	14,3	
7	34,72	49,340	+ 1,3	15,2	13,9	
8	41,32	55,560	+ 5,9	19,3	13,4	
9	52,56	63,740	+ 14,1	25,4	11,3	
10	59,50	72,320	+ 21,2	32,7	11,5	
11	71,40	82,130	+ 31,6	42,5	10,9	

VIII. — ESSAIS DE VENTILATEURS (1)

Les ventilateurs de mine sont toujours livrés avec des garanties de débit, de pression, puissance et rendement correspondant à une vitesse de marche et à des orifices équivalents déterminés. Ces données sont d'ailleurs la traduction des courbes caractéristiques théoriques de l'appareil dont les essais ont pour objet de vérifier l'exactitude dans les limites des tolérances admises par les contrats.

Par suite des dimensions importantes de leurs différents organes, les ventilateurs principaux d'une exploitation ne sont complètement montés qu'à la mine même et de ce fait les essais de réception ne peuvent avoir lieu qu'en place après quelques semaines de fonctionnement.

1. Programme des essais. — Pour étudier le fonctionnement pratique du ventilateur, on procède à une série d'essais à vitesse constante en faisant varier l'orifice équivalent du circuit extérieur au moyen de résistances introduites dans la galerie d'aspiration ou dans les travaux. Si les conditions de fonctionnement l'exigent, on répète ces expériences à d'autres vitesses.

Il convient de noter pour chaque essai :

- Le nombre de tours du moteur ;
- Le nombre de tours du ventilateur ;
- Le débit Q ;
- La dépression h ;
- La puissance absorbée par le moteur ;
- La température de l'air dans la galerie du ventilateur ;
- La température extérieure ;
- La pression barométrique.

De ces lectures on déduit :

- L'orifice équivalent du circuit extérieur, O_e ;
- La puissance utile du ventilateur, P_u ;
- Le rendement du moteur, R_1 ;
- Le rendement de la transmission, s'il en existe une, R_2 ;
- La puissance fournie à l'arbre de l'appareil, P_m ;

$$P_m = P_u \times R_1 \times R_2.$$

Le rendement du ventilateur ϵ .

Les résultats donnés par les différents essais, et ramenés s'il y a eu à une même vitesse, servent à construire les courbes caractéris-

(1) Note technique du Comité des Houillères, n° 109. Décembre 1929.

tiques pratiques du ventilateur pour le nombre de tours considéré.

Pour cela on porte en abscisses les valeurs de l'orifice équivalent et on trace :

- la courbe des débits ;
- pressions ;
- puissances utiles ;
- — sur l'arbre ;
- rendements.

La comparaison de ce diagramme avec les caractéristiques fournies par le constructeur permet de se rendre compte immédiatement de la valeur de l'appareil étudié.

2. Exécution des essais. — Pour que les mesures soient correctes, il importe avant tout que durant chaque essai le fonctionnement du ventilateur reste constant, c'est-à-dire que la vitesse de l'appareil soit invariable et que la résistance des circuits extérieurs ne subisse aucune modification, soit par ouverture ou fermeture des portes et des clapets, soit par changement de la position des cages dans le puits.

Variation de l'orifice équivalent. — L'obtention de différents points de fonctionnement du ventilateur résulte de l'interposition de résistances variables dans le circuit d'aérage. L'ouverture et la fermeture des portes au fond, surtout dans les mines larges à plusieurs étages de retours d'air, ne permettent pas toujours d'obtenir des variations suffisantes de l'orifice équivalent. Il est plus pratique, chaque fois que cela est possible, d'établir un barrage soit dans la galerie reliant le ventilateur à la fosse, soit dans le puits lui-même. Il faut cependant que ce diaphragme soit suffisamment éloigné du ventilateur et de la niche de prise de pression pour que les filets d'air aient en ces points une répartition régulière sur toute la section du canal d'arrivée. D'autre part, il convient de noter que l'aérage naturel est sans influence sur les résultats des essais pour un fonctionnement voisin du régime de marche. Il se comporte comme un autre ventilateur monté en série avec l'appareil à essayer.

Débit. — Le débit du ventilateur se mesure au sommet du diffuseur au moyen d'anémomètres. Cette opération se trouve compliquée par le fait que les vitesses des filets d'air sont très variables d'un point à un autre de la section et qu'il est alors nécessaire de procéder à une mesure générale sur toute l'étendue de la veine gazeuse. A cet effet, l'orifice du diffuseur est divisé en un certain nombre de rectangles égaux de 10 à 20 décimètres carrés au moyen d'un quadrillage en fils fins. Dans chaque case ainsi délimitée on promène l'anémomètre durant cinq à dix secondes. Il faut que les fils soient fixés sur le bord du diffuseur et non sur un cadre placé à l'intérieur ; cette seconde disposition ne manquerait pas en effet de produire des re-

mous. Il est également nécessaire que l'anémomètre soit maintenu bien horizontalement dans le plan du quadrillage.

On détermine soit la vitesse moyenne dans chaque case, ce qui donne des indications sur la plus ou moins bonne répartition des filets gazeux dans le diffuseur, soit la vitesse moyenne dans toute la section. Les deux procédés ne sont équivalents que si la courbe de tarage de l'anémomètre est une droite. Le premier a cependant l'inconvénient d'accroître notablement la durée de chaque expérience.

La mesure de la vitesse de l'air est assez délicate et demande à être faite à la fois par deux opérateurs, un aide accompagnant chacun d'eux pour chronométrer les temps. Il est nécessaire de bien fixer à l'avance les cheminements des anémomètres de façon qu'il n'y ait ni oubli, ni répétition, ni chevauchement des appareils. Si les vitesses moyennes ainsi obtenues avec les deux anémomètres sont très différentes, les mesures sont à recommencer. Dans le cas contraire, on adopte comme résultat la moyenne des deux expériences.

La section qui doit intervenir dans le calcul du débit est celle qui correspond très exactement au plan dans lequel ont été faites les mesures de vitesse, c'est-à-dire le plan du quadrillage.

Mesure de la dépression. — La dépression créée par le ventilateur est la différence entre les pressions totales à l'entrée et à la sortie. On devrait mesurer la charge avant le ventilateur au moyen d'un tube de Pitot, perpendiculaire au courant. Connaissant en outre le débit d'air mesuré de la cheminée et la section de passage en avant du ventilateur, on déduirait la vitesse V , On aurait à l'entrée :

$$p_a + \frac{V_a^2}{2g} \varpi.$$

On ferait une lecture analogue sur le retour :

$$p_r + \frac{V_r^2}{2g} \varpi.$$

La différence entre ces deux quantités donnerait la valeur de la dépression cherchée.

On se borne quelquefois à prendre la différence des pressions statiques. C'est une erreur, car :

$$\frac{V_r^2}{2g} \varpi - \frac{V_a^2}{2g} \varpi,$$

est loin d'être petite, étant donné que la cheminée réduit la vitesse V_r à une valeur très faible.

Il faudrait déduire de la différence des charges statiques :

$$\frac{V_a^2 - V_r^2}{2g} \varpi.$$

Toutefois cette différence peut devenir négligeable si l'on donne à la galerie d'aspiration des dimensions du même ordre de grandeur que celles du diffuseur.

La dépression statique est mesurée au moyen d'un manomètre différentiel à eau relié d'une part à l'atmosphère, d'autre part à la galerie d'aspiration de l'appareil. Pour éviter toute cause d'erreur, il est recommandé de placer le tube de prise de pression du conduit d'aspiration dans une niche ménagée dans la maçonnerie et fermée par une tôle mince bien plane, affleurant la paroi de la galerie. Cette tôle est percée d'une fente, étroite dans le sens du courant d'air (100×10 millimètres) et soigneusement découpée de façon à éviter toute bavure qui créerait des remous (*fig. 112*). La section de la galerie où est installée la niche doit, d'autre part, répondre aux conditions suivantes :

Être traversée par tout le courant d'air ;

Être placée dans une partie rectiligne suffisamment

longue (au minimum trois à quatre fois la plus grande dimension de part et d'autre de la niche) pour que les filets d'air y soient bien parallèles et régulièrement répartis ;

Être choisie de façon que la résistance du tronçon de galerie compris entre le tube manométrique et le ventilateur soit négligeable ;

Avoir des dimensions telles que la vitesse du courant d'air y soit relativement faible et du même ordre de grandeur qu'à la sortie du diffuseur.

Ce qui précède montre que le tube manométrique ne saurait déboucher dans le puits si l'orifice de la fosse n'était pas parfaitement obturé à la surface et si la niche ne pouvait se trouver à plus de 10 mètres en dessous de la galerie de raccordement au ventilateur.

En ce qui concerne la tuyauterie reliant le manomètre différentiel à la galerie, celle-ci doit être absolument étanche et ne présenter aucun point bas où l'eau de condensation s'accumulerait en faussant les lectures. Il est par suite recommandable de souder les tubes métalliques constituant cette tuyauterie et d'effectuer leur raccorde-

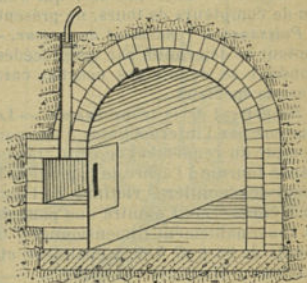


Fig. 112. — Dispositif de prise de dépression.

ment au manomètre par un caoutchouc suffisamment long et épais. On peut d'ailleurs s'assurer facilement de l'étanchéité de la tuyauterie en y créant une dépression artificielle aussi élevée que possible.

Pour faciliter la mesure de la dépression, il est avantageux de placer entre les deux branches du déprimomètre une règle divisée à zéro unique et double graduation donnant la valeur de h par addition des deux lectures.

Vitesse. — Cette mesure, qui s'effectue au moyen de tachymètres ou de compteurs de tours, ne présente aucune particularité.

Puissance et rendement du moteur. — La puissance absorbée par le moteur se détermine par les procédés habituels; le rendement correspondant se déduit des courbes caractéristiques tracées à la suite d'essais spéciaux.

Rendement de la transmission. — Lorsque le ventilateur est relié au moteur par l'intermédiaire d'une courroie, il est nécessaire de tenir compte du rendement de cette transmission pour déterminer la puissance fournie à l'arbre de l'appareil. Des essais effectués par le groupement des houillères victimes de l'invasion au Conservatoire des Arts et Métiers (1) ont montré que pour des courroies relativement minces et convenablement dimensionnées, on pouvait atteindre des rendements de 96 à 97 0/0. L'épaisseur et la rigidité de la transmission tendent à diminuer ces chiffres.

3. Conduite des essais. — Pour obtenir des essais précis, il est nécessaire que chaque mesure soit effectuée par un opérateur spécial qui note l'heure et le chiffre relevé, tout le personnel se trouvant groupé sous la forme que nous avons précédemment indiquée. La mesure du débit demande un temps assez long (dix à quinze minutes). Pendant son exécution il convient de relever de minute en minute les indications de tous les autres appareils de mesure. Après chaque essai, les lectures sont reportées sur un tableau récapitulatif qui sert de base aux calculs.

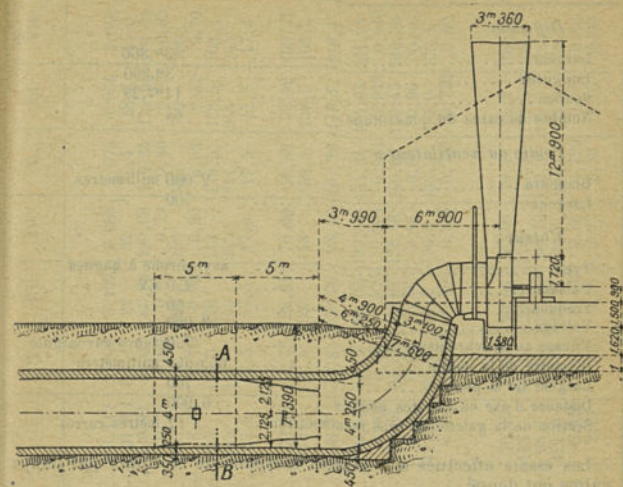
Il est recommandé, chaque fois que cela est possible, de faire varier l'orifice équivalent dans les limites pratiquement réalisables, d'abord en croissant, puis en décroissant ou inversement.

4. Calcul des essais. — Les formules rappelées précédemment permettent d'effectuer les calculs des essais. Ceux-ci sont relativement simples et ne présentent pas de difficulté.

Voici, à titre d'exemple, le calcul d'un des essais effectués sur un ventilateur hélicocentrifuge de 2^m,900 entraîné par un moteur asynchrone triphasé et une courroie (1).

Le ventilateur, disposé comme l'indique la figure 113, présentait les

(1) R. I. M., *Les essais des ventilateurs de mines*, par LA HOUSSAYE, 1^{er} avril 1930. IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Coupe suiv^t A B

Vue en plan

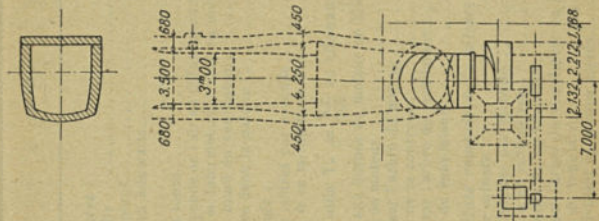


FIG. 113. — Plan d'installation d'un ventilateur hélico-centrifuge.

caractéristiques d'installation suivantes :

Diffuseur :

Largeur	3 ^m ,360
Longueur	3 ^m ,360
Section	11 ^m ² ,29
Nombre de cases du quadrillage.....	64

Poulie du ventilateur :

Diamètre	2.000 millimètres
Largeur	700 —

Moteur :

Type.....	asynchrone à bagues
Puissance.....	250 CV
Fréquence.....	50
Voltage.....	3.000
Vitesse au synchronisme.....	750 tours par minute
Diamètre de la poulie.....	655-645 millimètres
Largeur de la poulie.....	700 —
Distance d'axe en axe des poulies.....	6.900 —
Section de la galerie au tube manométrique.	12 mètres carrés

Les essais effectués à la vitesse moyenne de 245 tours par temps calme ont donné :

ESSAIS	I	II	III	IV	V	VI	VII
a) Lectures :							
Moteur volts	3,112	3,106	3,102	3,088	3,075	3,054	3,040
— ampères.....	31,8	24,1	22	32	35,4	38,3	44,0
Puissance en kilowatts.....	139,01	94,97	80,08	139,68	154,34	174,65	201,94
Cos φ	0,79	0,69	0,64	0,79	0,80	0,82	0,85
Nombre de tours.....	755	745	755	755	745	752	760
Vitesse moyenne de l'air au diffuseur en mètres par sec.	6,24	3,70	2,36	6,20	6,98	8,31	9,70
Dépression au tube manométrique en millimètres d'eau.	145	131,5	126	143	139,5	128,5	108,5
Nombre de tours du ventilateur.....	245	244	245	245	241	244	245
Température dans la galerie C.....	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
b) Calculs :							
Débit Q en mètres par seconde.....	70,45	41,77	26,64	70,00	78,80	92,32	109,51
Dépression h en millimètres d'eau.....	143	131,5	126	143	139,5	128,5	108,5
Puissance utile $T_u = \frac{Qh}{102}$ en kilowatts.....	98,7	53,85	32,90	98,43	107,78	118,1	116,4
— aux bornes du moteur en kilowatts.....	139,01	94,97	80,08	139,68	154,34	174,65	201,94
Rendement du moteur	0,907	0,89	0,875	0,907	0,911	0,913	0,910
Puissance sur l'arbre du moteur.....	126,08	84,62	70,07	126,68	140,60	159,45	186,76
Rendement de la courroie.....	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Puissance sur l'arbre du ventilateur.....	121,0	81,2	67,2	126,6	134,9	153,0	176,4
Rendement du ventilateur.....	0,815	0,563	0,490	0,807	0,799	0,772	0,66
c) Résultats ramenés à la vitesse de 245 tours par minute :							
Débit Q en mètres par seconde.....	70,45	41,93	26,64	70,00	79,4	94,2	109,51
Dépression h en millimètres.....	143	132,5	126	143	141,7	129,5	108,5
Puissance utile T_u en kilowatts.....	98,7	54,46	32,90	98,43	110,3	119,5	116,5
— sur l'arbre du ventilateur en kilowatts.....	121,0	82,17	67,2	121,6	138,1	154,8	176,4
Rendement du ventilateur.....	0,815	0,613	0,490	0,807	0,799	0,772	0,66
Orifice équivalent en mètres carrés.....	2,24	1,38	0,90	2,22	2,53	3,15	4,00

De ces derniers résultats se déduisent les courbes caractéristiques réelles de l'appareil (fig. 114) complétées par le tracé en traits pointillés des garanties du constructeur.

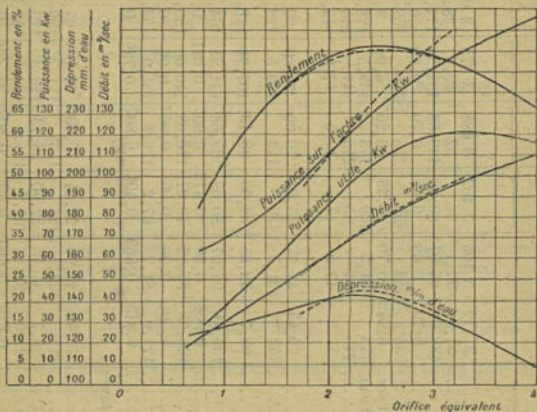


FIG. 114.

5. **Tarage des anémomètres.** — Bien que les anémomètres couramment employés dans les mines pour des mesures d'aérage soient des appareils de construction particulièrement soignée, il arrive inévitablement qu'à l'usage, et pour de multiples causes, des changements se produisent dans leur résistance interne. De ce fait, leur courbe d'étalonnage se modifie et il est par suite nécessaire, quel que soit le genre d'appareil employé, de procéder périodiquement à des retarages, si l'on veut effectuer des mesures précises.

Méthode de tarage (1). — Il existe actuellement deux procédés de tarages des anémomètres. D'une part, la méthode dite du tube de Pitot employée en France par les laboratoires officiels; d'autre part, la méthode du manège, plus facilement réalisable dans les mines. C'est cette méthode que nous allons décrire.

Le procédé de tarage au manège consiste en principe à faire dé-

(1) Note technique IRIS - LILLIAD - Université Lille 71, juillet 1928.

placer l'anémomètre à une vitesse donnée, dans une atmosphère immobile et à noter le nombre de tours par minute enregistrés par le compteur de l'appareil : à cet effet, l'anémomètre est fixé à un bras horizontal, calé sur un arbre vertical. Ce dernier reçoit un mouvement de rotation soit d'un moteur électrique, soit d'une manivelle reliée à l'arbre par une courroie. La distance entre l'axe du moulinet et celui de l'arbre du manège étant connue, on déduit du nombre de tours n effectué par le bras en t secondes, la vitesse linéaire de translation de l'anémomètre par la relation :

$$v = \frac{2\pi ln}{t}$$

La façon la plus précise d'utiliser le manège consiste à donner au bras sa pleine vitesse, puis à embrayer le compteur de l'anémomètre par un procédé électrique quelconque pendant un temps déterminé.

La méthode de tarage au manège peut être considérée comme précise si l'on prend quelques précautions dans l'installation de l'appareil et si on ne dépasse pas la vitesse de 10 mètres, ce qui n'est généralement pas nécessaire dans les mines.

Détails d'installation du manège.

— Celui-ci sera de préférence constitué par un bras équilibré de 2 mètres, 2^m,50 et même 3 mètres de longueur, en bois ou métal léger, avec tendeur en fil d'acier très fin. Pour diminuer les remous, on donnera à la section droite du bras un profil de moindre résistance (fig. 115).

L'anémomètre sera en outre monté de telle façon que son moulinet se trouve nettement en avant du manège et soit de ce fait soustrait à l'influence directe des courants parasites dus au déplacement du bras (fig. 116).

Pour diminuer les remous. — L'extrémité du bras de l'appareil devra passer à 1 mètre au moins des parois de la salle ;

La commande se fera par courroie ou câble disposé au niveau du sol, c'est-à-dire aussi loin que possible de l'anémomètre :

Le moteur (compteur électrique ou manivelle à main) sera placé dans un angle de la salle et isolé de préférence par une cloison vitrée ;

La distance du bras au sol sera d'environ 1 mètre ou 1^m,50.

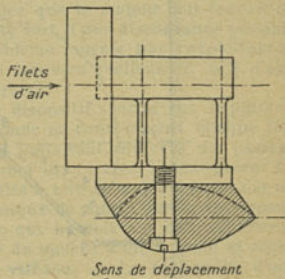


FIG. 115. — Montage de l'anémomètre.

Pendant les essais, il faudra, d'autre part, espacer les mesures de façon à permettre à l'atmosphère de la salle de se stabiliser; réduire le plus possible pour chaque expérience le nombre de tours du ma-

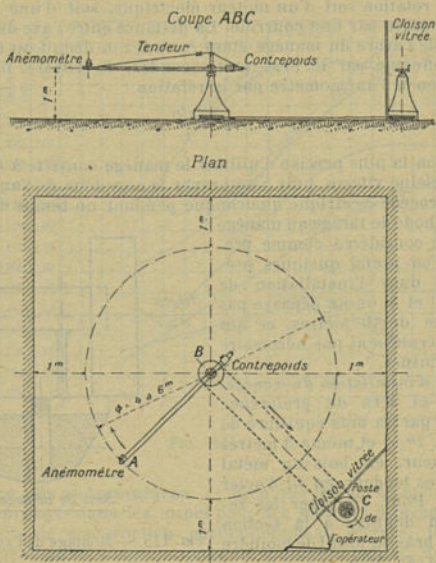


FIG. 116. — Installation d'un manège.

nège; opérer dans un local bien fermé pour éviter les courants d'air.

Les anémomètres sont uniquement tarés pour leur sens normal de marche, c'est-à-dire pour un courant venant frapper le moulinet sur sa face avant. Des essais ont montré qu'entre les deux faces et pour une même vitesse du fluide gazeux, il y avait un écart de 7 0/0 environ entre les indications fournies par l'appareil.

IX. — INSTALLATION DES VENTILATEURS DE MINE

1° Dispositions générales. — Dans la plupart des cas, pour des raisons de sécurité, le retour d'air est muni de deux ventilateurs, l'un servant de rechange. Ces appareils sont placés à la surface à proximité du puits, et raccordés à celui-ci par une canalisation appropriée. On dispose sur l'aspiration d'une vanne qui sert à isoler celui des ventilateurs qui n'est pas en service, et à éviter un court-circuit.

Les ventilateurs comportent en outre au refoulement une cheminée destinée à amortir la vitesse de l'air : cette cheminée est en général munie à sa partie inférieure d'une passerelle, permettant les mesures de débit dans la section de sortie.

2. Commande électrique des ventilateurs. — On prend pour les moteurs de commande des ventilateurs une puissance supérieure de 10 0/0 à la puissance utile calculée que le moteur doit fournir en marche continue, pour tenir compte soit d'une discordance possible entre certains des éléments du problème fournis par l'exploitant et ceux en présence desquels on se trouvera réellement, soit d'une insuffisance accidentelle de rendement.

De plus on sait, qu'à moins d'un dispositif spécial sur le puits de retour d'air, le ventilateur fonctionne en court-circuit chaque fois que les clapets fermant l'orifice du puits sont soulevés au passage des cages, et le puits mis en contact direct avec l'atmosphère. La perte de charge extérieure est réduite à zéro et le débit passe par un maximum. Ce fonctionnement, quoique de courte durée, correspond à un accroissement de puissance qui ne doit pas être supérieure à celle pour laquelle le disjoncteur du moteur a été calculé et réglé.

2. Dispositif de réglage de la vitesse. — La réalisation d'une vitesse variable pour le ventilateur est liée au système de commande de l'appareil.

a) **MOTEUR ASYNCHRONE.** — Lorsque l'entraînement se fait par un moteur asynchrone dont la vitesse s'écarte peu du synchronisme, on a le plus souvent recours à une courroie qui permet, d'une part, d'employer des moteurs relativement rapides et bon marché, et, d'autre part, d'amener la vitesse du ventilateur au voisinage du régime optimum par un changement de poulie.

Mais cette solution a l'inconvénient incontestable de rendre impossible le ralentissement de l'appareil la nuit, ou durant les jours de chômage, aussi a-t-on cherché le moyen d'agir directement sur la vitesse des moteurs triphasés.

b) **INSERTION DE RÉSTANCES DANS LE CIRCUIT ROTORIQUE.** — Rappelons à ce propos que la force électromotrice induite dans le rotor

d'un moteur asynchrone est proportionnelle au glissement et que, réciproquement, le fait d'accroître artificiellement la différence de potentiel aux bornes du rotor a pour effet d'augmenter le glissement.

C'est sur ce principe que sont basés les divers systèmes de réglage utilisés pour obtenir la variation de vitesse de rotation :

Moteur à collecteur. — Le moteur à collecteur coûte 60 à 80 0/0 de plus qu'un moteur à synchrone ordinaire. Il est d'un fonctionnement très sûr pour des puissances ne dépassant pas 400 CV, et des vitesses s'écartant du synchronisme de ± 20 0/0.

Groupe Scherbius. — Il est susceptible de convenir pour de grandes puissances 400 à 2.000 CV ; au-dessous de 400 chevaux il devient trop encombrant et trop coûteux.

X. — VENTILATEURS POUR AÉRAGE SECONDAIRE

On utilise pour les besoins de l'aérage secondaire, suivant les cas, soit des ventilateurs à commande électrique, soit des ventilateurs mus par l'air comprimé appelés aéro-ventilateurs (*fig. 117*).

1. *Aéro-ventilateurs.* — Ces appareils, du type hélicoïde, se composent d'une roue à palettes, mue par l'air comprimé agissant sur des aubes implantées à sa périphérie. Cette roue tourne sur roulements à billes autour d'un axe inséré entre deux demi-carters ; l'un d'eux porte les deux tuyères d'insufflation, l'autre les canaux d'échappement.



FIG. 117. — Montage prévu pour un essai d'aéro-ventilateur de 300.

2. *Méthode d'essai.* — Voici, d'après les Services techniques du comité des houillères, la méthode d'essai qui a été suivie pour étudier deux turbo-ventilateurs Leck de la série CH pour buse de 300 et 500 millimètres.

Pour les essais, les ventilateurs étaient montés à l'extrémité d'une colonne de buses de 18 mètres que l'on étranglait, pour en faire varier l'ouverture, au moyen d'un papillon situé approximativement en son milieu (*fig. 117*). Un peu en amont de l'extrémité de sortie était disposé un nid d'abeille destiné à régulariser le courant d'air dans la section où était faite la mesure à l'anémomètre.

L'installation comportait tous les appareils nécessaires pour la mesure de la pression d'admission, de la température et du débit de l'air comprimé. Cette dernière était faite simultanément par un compteur volumétrique et une tuyère V. D. I. de 17^{mm}, 17 de diamètre; les résultats obtenus par les deux procédés furent absolument concordants.

Le débit du ventilateur était mesuré à l'extrémité de la colonne de buses au moyen d'un anémomètre déplacé régulièrement dans toute la section. Enfin, sur la colonne de refoulement, à deux ou trois mètres du ventilateur, était installé un tube de Pitot statique.

Dans chaque position du papillon de réglage, on effectua une série d'essais en faisant varier la pression de l'air comprimé à l'admission.

3. Résultats d'essais. — Pour chaque appareil, les lectures faites ont tout d'abord été portées sur un graphique donnant en abscisses les pressions d'admission de l'air comprimé et en ordonnées les valeurs du débit Q et de la pression totale h du ventilateur. Cette dernière a été obtenue en ajoutant à la pression statique h_1 , mesurée au manomètre à eau et corrigée de la perte de charge entre le tube de Pitot et le ventilateur, la pression dynamique h_2 calculée par la formule :

$$h_2 = \frac{dv^2}{2g},$$

d et v étant le poids spécifique et la vitesse de l'air.

Ces premiers graphiques ont fourni les éléments nécessaires au tracé des courbes définitives, donnant le débit, la pression totale et le rendement adiabatique en fonction de la pression de l'air comprimé, et de l'ouverture du circuit de refoulement.

Pour chacun des ventilateurs essayés, les conditions de fonctionnement correspondant au maximum de rendement figurent dans le tableau suivant :

		PRESSION D'ADMISSION DE L'AIR COMPRIMÉ					
		1	2	3	4	5	6
		kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
Ventilateur CH ₃ Ouverture 0,3m = 0,04 m ²	Rendement 0/0.	9,4	11,8	13,3	14,3	15,6	16,6
	Débit m ³ /sec...	0,54	0,77	0,93	1,08	1,21	1,34
Ventilateur CH ₅ Ouverture 0,5m = 0,097 m ²	Rendement 0/0.	10,6	12,9	14,7	16,2	17,3	18,2
	Débit m ³ /sec...	1,34	1,89	2,29	2,64	2,94	3,23

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

BIBLIOGRAPHIE

- Mines, grisou, poussières*, par CRUSSARD.
- Les grisoumètres Zeis, Burell, Daloz* (Note technique du Comité des houillères, mars 1930).
- Stage d'ingénieurs* (Note technique du Comité des houillères, n° 155, juillet 1931).
- Étude comparée des diverses méthodes de détection de CO* (Note technique du Comité des houillères, n° 100, juillet 1929).
- Appareil de mesure directe des dépressions au fond*, par HAUVET (*Revue de l'industrie minière*, 15 février 1931).
- Étude sur l'aérage des mines*, par BOUVAT-MARTIN (*Bulletin de la Société de l'industrie minière* 1913, 4^e livraison).
- Essais de ventilateurs* (Note technique du Comité des houillères, n° 109, décembre 1929).
- Aérage des mines* (Note technique du Comité des houillères, n° 61, décembre 1927).
- L'aérage dans les mines et les ventilateurs*, par LA HOUSSAYE (*Revue de l'industrie minière*, 1^{er} décembre 1928).
- Les essais de ventilateurs*, par LA HOUSSAYE (*Revue de l'industrie minière*, 1^{er} avril 1930).
- Les anémomètres*, par LA HOUSSAYE (*Revue de l'industrie minière*, 1^{er} juillet 1929).
- Aérage secondaire* (Note technique du Comité des houillères, n° 27, juillet 1926).
- Aéro-ventilateur pour aérage secondaire* (Note technique du Comité des houillères, n° 190, 1932).

QUATRIÈME PARTIE

EXHAURE

- I. **Généralités.** — Origine des venues d'eau. — Mesure des venues d'eau. — Évacuation des eaux des travaux d'exploitation. — Protection contre les venues d'eau.
- II. **Les pompes centrifuges.** — Généralités. — Description des principaux organes des pompes centrifuges. — Les pompes multi-cellulaires. — Notation et formules. — Courbes caractéristiques des pompes centrifuges.
- III. **Étude d'un projet d'installation de pompe centrifuge.** — Éléments d'étude du projet. — Calcul des pertes de charge.
- IV. **Installation et mise en service des pompes centrifuges.** — Généralités. — Mise en marche. — Principaux incidents pouvant survenir pendant la mise en marche. — Principaux incidents pouvant survenir dans la marche. — Commande électrique des pompes d'exhaure.
- V. **Essais des pompes centrifuges.** — Conduite des essais. — Calcul des essais.

I. — GÉNÉRALITÉS

1. — Origine des venues d'eau.

Les eaux qui envahissent les travaux souterrains proviennent toutes de la surface, mais elles y parviennent plus ou moins rapidement suivant la nature et la structure des terrains.

Les eaux traverseront par filtration les terrains poreux comme les sables ou les graviers ou bien se fraieront un chemin en attaquant les roches calcaires ou gréseuses. Elles peuvent arriver jusqu'à un banc imperméable qu'elles pourront traverser s'il présente des cassures mettant en communication la nappe aquifère avec les travaux. La régularité des venues d'eau dépend de la consistance du sol.

2. — Mesure des venues d'eau.

Méthode du réservoir. — On mesure une venue d'eau par différents procédés. Le plus simple consiste à la recevoir dans un bac de capacité connue, et à noter le temps nécessaire au remplissage.

Méthode du déversoir. — Pour des débits plus importants, on emploie le procédé du déversoir. Un déversoir est un barrage établi au travers d'un canal découvert.

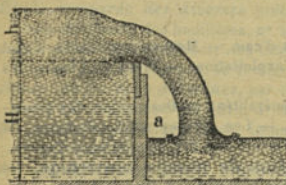


Fig. 118.

AB est le seuil ou la crête. Pour un déversoir en mince paroi on prendra une arête infiniment mince; AC et BD sont les joues (voir fig. 118).

Pour réaliser un déversoir en mince paroi, on en découpe le profil dans une tôle de 4 à 6 millimètres d'épaisseur que l'on place verticalement et normalement à la direction générale du courant. Les bords de la tôle sont chanfreinés de façon à présenter un saillant vif. Il faudra autant que possible que la largeur du déversoir soit égale au moins à quatre fois la charge maximum sur le seuil.

Le débit du déversoir est donné par la formule suivante :

$$Q = K \times L \times h \sqrt{2gh},$$

dans laquelle :

Q = débit en mètres cubes par seconde ;

$K = 0,42$ à $0,47$ lorsque l'air peut circuler en a sous la veine ;

$K = 0,47$ à $0,50$ pour une veine noyée en dessous ;

L = Largeur du seuil en mètres ;

h = hauteur de la nappe au-dessus du seuil et prise en un point suffisamment en amont pour que le niveau puisse être admis horizontal, la hauteur h étant $0^m,10$ et $0^m,50$.

H = hauteur en mètres du seuil du déversoir au-dessus du fond du canal ;

g = accélération due à la pesanteur ($9^m,81$ à Paris).

Le coefficient K est lui-même donné plus exactement par la relation :

$$K = \left(0,405 + \frac{0,003}{h} \right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{h}{h + H} \right)^2 \right],$$

à condition toutefois que l'air ait accès sous la nappe tombante. Si

l'espace a se trouve complètement clos par le prolongement des parois latérales du déversoir, la chute d'eau y crée peu à peu une dépression par suite de l'entraînement de l'air. Cette dépression augmente graduellement le débit du déversoir, les hauteurs mesurées restant constantes.

Si les joues du déversoir sont découpées dans la tôle comme le seuil, il faudra tenir compte du coefficient de contraction en remplaçant dans la formule précédente L par $L - \frac{4h}{10}$. La formule deviendra :

$$Q = K \left(L - \frac{4h}{10} \right) h \sqrt{2gh}.$$

Ce procédé permet de déterminer le débit à 1 ou 2 0/0 près.

Pour la lecture de h , on se sert d'une règle graduée ou d'un tube placé devant une échelle graduée et communiquant d'une part avec l'air, d'autre part avec le canal.

Le courant d'eau doit arriver d'une façon aussi calme que possible et sans vitesse sur le seuil. On atteint ce résultat en amortissant les pulsations au moyen de grillages interposés dans le courant. On supprime les remous en amont du déversoir en laissant flotter une planche de 20 à 30 centimètres de largeur disposée perpendiculairement à la direction du canal et occupant sensiblement toute sa largeur. Cette planche flottante sera maintenue au moyen de deux câbles souples fixés d'une part à chacune de ses extrémités, et d'autre part aux parements du canal du déversoir.

3. — Évacuation des eaux des travaux d'exploitation.

1° Épuisement local. — Lorsque par la disposition des travaux l'eau s'accumule sans pouvoir entrer naturellement dans la circulation générale, il y a lieu de prendre des mesures pour l'y amener en installant un épuisement local.

On évacue l'eau dans des bennes étanches, mais lorsque la venue d'eau devient trop importante, il est préférable de recourir aux pompes mues par l'air comprimé ou commandées électriquement.

Lorsque l'on a en vue l'évacuation de l'eau qui s'accumule à l'avancement en descenderie, on réduira utilement le nombre de puisards en les faisant suffisamment profonds de façon à pouvoir tracer une cunette à contre-pente sur le côté de la galerie qui le relie à l'avancement.

2° Épuisement général. — Lorsque les conditions s'y prêtent, l'évacuation des eaux peut se faire au moyen de galeries spéciales

qui mettent en communication les travaux d'exploitation avec le fond des vallées voisines. Dans les exploitations de mines de fer lorraines, l'évacuation des eaux est assurée fréquemment de cette façon. Aux mines de fer d'Angevillers en Moselle, la galerie d'écoulement qui sert également de galerie d'extraction a été dotée d'un caniveau en béton prévu pour un débit de 100 mètres cubes par minute. Cette galerie, qui présente actuellement 6 kilomètres de longueur, sera prolongée et assurera l'exhaure de certaines concessions voisines.

Lorsque la mine se présente en terrain plat, ou que ces travaux se trouvent en dessous du niveau des vallées, l'épuisement se fait nécessairement par puits.

Les eaux sont captées soit dans le puisard constitué par le fond du puits, soit dans des réservoirs de grande capacité ou albraques, dont le volume utile est calculé en fonction de l'importance des venues d'eau journalières et de la capacité d'exhaure des pompes.

4. — Protection contre les venues d'eau.

Les serrements.

Pour protéger les travaux contre une inondation, on est amené à fermer les galeries donnant accès aux zones dangereuses au moyen de barrages soit définitifs, soit simplement préparés à l'avance et munis de portes étanches qu'on fermera si un coup d'eau oblige à abandonner le quartier ainsi isolé. De tels ouvrages portent le nom de serrements.

On choisit pour établir un serrement une roche étanche et où on travaillera à la pointerolle pour ne pas affaiblir le massif. La roche sera largement entaillée pour assurer un encastrement convenable. En cas de besoin, on pratiquera la cimentation pour assurer une bonne étanchéité.

Les serrements sont placés lorsqu'ils ont à supporter une pression relativement faible. Quand la pression est importante, on leur donne une forme de voûte dont la convexité est tournée vers la partie immergée.

L'assise du serrement contre le terrain peut se faire suivant un plan normal à l'axe de la galerie, mais cette disposition n'est possible que dans une roche très solide, sinon les angles vifs de cette assise seraient exposés à subir sous la pression exercée qu'ils exercent

sur le serrement, à raison de 1.000 kilogrammes par mètre carré et par mètre de hauteur d'eau.

Aussi adopte-t-on de préférence des plans d'assise obliques sur l'axe de la galerie.

La liaison du serrement et de son assise demande beaucoup de soin. Le serrement peut être exécuté soit en bois, soit en maçonnerie, soit en béton. Pour éviter pendant son exécution d'être gêné par les eaux, on construit en arrière un batardeau et on assure l'écoulement de l'eau au moyen d'un tuyau muni d'un robinet et traversant le serrement.

Pression inférieure à 100 mètres. — Dans ce cas, on construit fréquemment des serremments plans, soit en bois ou en maçonnerie.

SERREMENTS EN BOIS. — Ils se font en pièces de hêtre ou de chêne disposé horizontalement ou verticalement (fig. 119).

Les joints entre les pièces doivent être picotés avec soin au moyen de mousse et d'étoupe. On dispose à la base du serrement un tuyau de vidange et à la partie supérieure un petit tube aboutissant en haut de la cloche pour évacuer l'air qui pourrait se loger en arrière du barrage au moment de la mise en charge.

Quand ce tube donne de l'eau, on ferme le robinet et un manomètre monté sur un branchement à angle droit donne la pression; enfin on ménage un trou d'homme de 45 × 30 centimètres que l'on ferme au moyen d'un clapet.

On se limite pour les serremments en bois à 60, 70 mètres de hauteur d'eau.

SERREMENTS EN MAÇONNERIE. — L'épaisseur à donner aux serremments plans en maçonnerie est donnée par la formule suivante :

$$e \geq \frac{SdH}{PR}$$

P étant le périmètre de la galerie en mètres ;

S, la section de la galerie en mètres carrés ;

H, la hauteur d'eau exprimée en mètres ;

d, le poids spécifique d'un mètre cube d'eau exprimé en kilogrammes ;

R, la résistance de la maçonnerie au cisaillement exprimé en kilogrammes par mètre carré.

Pour une galerie de largeur a et de hauteur b :

$$S = ab, P = 2(a + b), d = 1.000,$$

La maçonnerie IRIS - LILLIAD Université Lille 1 prudent de prendre

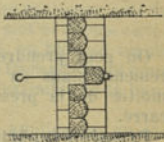


Fig. 119. — Serrement plan en bois (Coupe verticale).

$R = 10.000$ kilogrammes par mètre carré, on a donc :

$$e = \frac{ab}{2(a+b)} \times \frac{H}{10},$$

or $\frac{H}{10}$ représente la pression exprimée en kilogrammes par centimètre carré. En la désignant par p , la formule précédente devient :

$$e = \frac{p}{2} \frac{1}{\frac{1}{a} + \frac{1}{b}}$$

Pour $a = b = 2$.

$$e = \frac{p}{2}.$$

On peut prendre comme indication générale que pour les serremments plans en maçonnerie, l'épaisseur en mètres est égale à la moitié de la pression exprimée en kilogrammes par centimètre carré.

Pression supérieure à 100 mètres d'eau. — On donne aux serremments soit la forme sphérique qui fait travailler le serrement à la compression, soit la forme d'un cylindre à axe vertical.

SERREMENTS EN BOIS. — Ils sont constitués par des assises horizontales

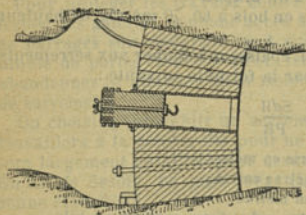


FIG. 120. — Serrement (coupe verticale).

tales (fig. 120) de pièces taillées en forme de prisme. La pièce de clef a un léger excédent de largeur et doit être enfoncée au moyen d'un mouton jusqu'à refus. L'ensemble du serrement a la forme d'une pyramide quadrangulaire et se loge dans une entaille de même forme pratiquée dans les parois de la galerie. On donne à cette entaille une longueur un peu plus grande pour tenir compte de ce que le serrement se

comprime et avance en général d'environ 0^m,50 sous l'influence de la pression.

On place à la surface du contact du serrement avec la roche des doubles toiles goudronnées en ayant soin de ne pas les enlever par frottement pendant la pose des voussoirs. On ménage un trou d'homme, un tuyau de vidange pour l'eau et pour l'air.

L'épaisseur à donner pour cet ouvrage est donnée par la formule de Combes :

$$e = r \left(\sqrt{\frac{q}{q - p}} - 1 \right),$$

e étant l'épaisseur en mètres ;

r , le rayon intérieur du serrement ;

q , la résistance du bois à l'écrasement, = 70 kg/cm² ;

p , la pression d'eau en kilogrammes par centimètre carré.

r est défini par la condition que l'angle, que fait avec le plan médian de la galerie les faces latérales de la pyramide limitant le serrement, ne soit pas trop grand et reste aux environs de 20 à 30°.

SERREMENTS EN MAÇONNERIE. — On donne aux serrements en maçonnerie la forme de voûte cylindrique à génératrice verticale ou sphérique.

On emploie généralement pour le calcul de leur épaisseur soit la formule de Combes pour les serrements en bois, soit celle des cuvelages en maçonnerie tirée des équations de Lamé, ou bien on vérifie leur stabilité au moyen des formules de Méry et de Durand-Claye pour les voûtes de ponts en les supposant chargées à l'extrados de la hauteur d'eau prévue.

En fait, ni ces formules, ni ces épures ne sont applicables au cas des serrements, ces dernières se rapportant exclusivement aux voûtes d'épaisseur faible, pour laquelle $\frac{e}{f} < \frac{1}{4}$, f étant la flèche.

En en basant sur les formules exactes de la résistance des matériaux se rapportant aux voûtes dont l'épaisseur e n'est pas petite, et en ne limitant pas la fatigue à imposer aux matériaux à la valeur correspondante à leur déformation élastique, mais à celle de leur déformation permanente, à condition que la zone de déformation permanente soit suffisamment détendue, M. Caquot donne pour e la valeur suivante :

$$e = \frac{pr}{t},$$

e , épaisseur de la voûte en mètres ;

r , rayon intérieur de la voûte en mètres ;

p , pression en kilogrammes par centimètre carré ;

t , une valeur de l'ordre de $\frac{2}{3}$ de la charge pratique que peuvent

supporter les matériaux employés et pour laquelle on prendra

$\frac{1}{10}$ de la charge de rupture à l'écrasement : 6 kilogrammes pour des briques ordinaires et 15 kilogrammes pour les briques de choix.

Dans le cas où l'angle du plan médian de la galerie avec les faces latérales de la pyramide limitant le serrement est de 30° (fig. 121).

$$r = l,$$

l étant la largeur de la galerie.

Si l'on donne au dispositif la possibilité de glisser sur son assise de $0^m,50$, r prendra la valeur suivante :

$$r = l + 0^m,50;$$

pour

$$l = 2^m,5 \text{ et } t = 9 \text{ (valeur moyenne), on aurait } e = \frac{p}{3};$$

pour

$$t = 15, \text{ on aurait } e = \frac{p}{5}.$$

On voit que l'épaisseur à donner à ces ouvrages sera d'environ 3 mètres par 100 mètres de hauteur d'eau.

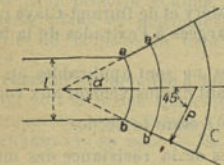


FIG. 121.

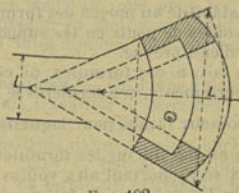


FIG. 122.

Dispositif à redent. — Pour éviter d'avoir à faire une excavation trop importante dans les parements de la galerie pour loger les assises, on construit le serrement en anneaux d'épaisseur $\frac{e}{n}$ pour chacun desquels la largeur l' sera :

$$l' = e \left[\frac{1}{n} + \frac{1}{t} \right].$$

Pour $e = 6$:

$$\frac{p}{e} = 2, \quad n = 3;$$

on trouve :

$$l' = 5 \text{ mètres.}$$

On obtient le dispositif à redent indiqué sur la figure 122 et qui permet d'améliorer le serrement au mur.

Le dispositif à redent s'oppose au déplacement élastique que la voûte pourrait prendre à la clef. On évite cet inconvénient en remplaçant la voûte cylindrique par une voûte sphérique dans laquelle le taux de compression est réduit de moitié.

Les surfaces d'appui sur les roches de la voûte sphérique seront les quatre faces d'une pyramide quadrangulaire régulière, ayant pour axe l'axe de la galerie, et inclinée sur le plan médian d'un angle de 30°.

SERREMENTS EN BÉTON. — La charge pratique de rupture à l'écrasement pour le béton ordinaire étant de 40 kilogrammes, le coefficient t est de l'ordre de 25 kilogrammes et de 50 kilogrammes pour le béton armé.

Dans ces conditions, l'épaisseur e à donner au serrement serait dans le premier cas de $\frac{p}{8,5}$ et de $\frac{p}{17}$ dans le second.

Pour un béton travaillant à 40 kilogrammes par centimètre carré, on prendra 800 litres de gravier, 400 litres de sable et 300 kilogrammes de ciment Portland. On assurera l'étanchéité de l'ouvrage dans le cas d'une maçonnerie en briques par l'intercalation de un ou deux rouleaux de 0^m,30 à 0^m,40 d'épaisseur de mortier de sable fin à haute teneur en ciment.

SERREMENTS MÉTALLIQUES. — Ils sont construits en prévision d'une invasion subite des eaux. On barre la section trapézoïdale de la galerie par un cadre en fonte qui se trouve relié à la paroi par un siège en maçonnerie ou en béton et ne laisse libre que le passage rectangulaire de la voie ferrée. Une porte est préparée et lui est assemblée à l'aide de gonds (fig. 123).

Plates cuves. — Ce sont des ouvrages que l'on établit dans les puits en dessous de la base du cuvelage. La méthode de construction est la même que celle des serremments ordinaires.

On peut utilement, pour assurer leur étanchéité, les surmonter, comme le montre la figure 124, d'une certaine épaisseur d'argile pilonnée ou de béton maigre, le tout surmonté d'un recouvrement de maçonnerie.

Méthodes de calcul des serremments (1). — 1° Les méthodes de

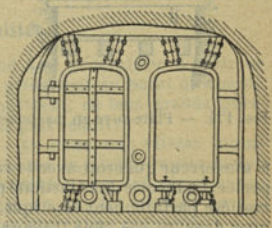


Fig. 123. — Serrement métallique.

(1) L. GLIKMANN. *Étude critique des méthodes de calcul des serremments.*

calcul des serremments basées sur les formules de la résistance des matériaux, supposent que la matière utilisée est parfaitement élastique.

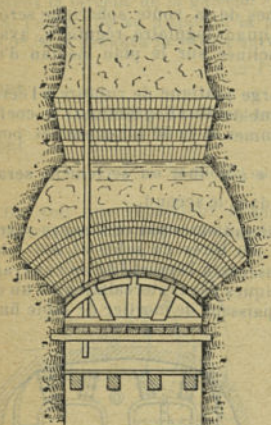


Fig. 124. — Plate-cuve en maçonnerie.

La seule méthode qui, à ce point de vue là, ne prête pas à critique, est celle de M. Caquot. Par contre, elle n'est applicable que pour des matériaux présentant une grande zone de déformation permanente.

2° Les méthodes de calcul des serremments basées sur la résistance des matériaux supposent implicitement que l'on a affaire à des poutres du type normalement utilisé dans la construction et présentant les caractéristiques suivantes :

Elles sont à section constante ou faiblement variable, leur longueur est très grande par rapport à leur épaisseur.

La courbure de la fibre neutre est petite par rapport à l'épaisseur de la poutre.

Lorsque l'une de ces conditions n'est plus remplie, l'application des formules de la résistance des matériaux conduit à une erreur qui croît avec le rapport de l'épaisseur de la poutre à sa portée. La théorie de l'élasticité permet, toujours dans l'hypothèse d'une matière parfaitement élastique, d'établir les formules exactes à appliquer dans ce cas. Les travaux de Lamé, de Caquot, d'Hægelen, de Chambaud, pour les voûtes, et de Mesnager et Bertrand de Fonviolant, pour les poutres, ont résolu cette question dans certains cas particuliers. Ils ont montré, par exemple, que l'erreur des formules de la résistance des matériaux appliquées aux poutres droites croît très rapidement avec l'épaisseur de la poutre. Il n'est donc pas prudent de se servir de ces formules pour des poutres aussi épaisses et aussi courtes que les serremments de mines.

3° Les études photo-élasticimétriques de Mesnager ont montré que les méthodes de la résistance des matériaux et de la théorie mathématique de l'élasticité ne sont pas applicables dans les zones de la poutre soumises directement à l'action des charges appliquées et des réactions d'appui. La perturbation s'étend généralement sur une longueur de la poutre égale environ à la hauteur de cette dernière. Une

poutre aussi courte relativement à son épaisseur qu'un serrement, est probablement située tout entière dans la zone perturbée due à la répartition inconnue et certainement non conforme aux hypothèses des réactions d'appui. Il est donc impossible de se baser avec certitude sur les formules habituelles résultant soit de la résistance des matériaux ou de la théorie mathématique de l'élasticité.

Conclusion. — La seule méthode vraiment sûre pour établir un serrement est de se baser sur des cas déjà réalisés et d'extrapoler avec précaution, en tenant compte des circonstances extérieures. L'expérience seule, en effet, peut indiquer si, en définitive, un serrement tiendra. Si l'on veut appliquer les formules ordinaires de calcul, il faut le faire avec des coefficients de sécurité très larges, vu le manque de bases rationnelles. On remarquera, d'ailleurs, qu'un serrement étant généralement un ouvrage d'un cube assez faible, un renforcement même très sérieux donne lieu à un supplément de dépenses relativement peu élevé.

II. — LES POMPES CENTRIFUGES

1. — Généralités.

L'emploi des pompes centrifuges tend à se généraliser de plus en plus, par suite des avantages qu'elles présentent au point de vue de la souplesse de fonctionnement, du rendement, de leur grande puissance, de leur encombrement et de leur prix réduit.

SOUPLESSE DE FONCTIONNEMENT. — 1° Pour une vitesse rigoureusement constante, la courbe de régime est telle qu'elle coupe précisément dans des conditions convenables tous les régimes que peut avoir une conduite de refoulement, ce qui lui permet de s'adapter automatiquement et sans à-coups au régime désirable.

2° Le régime d'une pompe centrifuge peut être encore modifié en agissant sur la vanne de refoulement. On peut réduire le débit dans n'importe quelle proportion. Il est bien entendu qu'une forte variation de débit entraînerait une réduction de rendement ; mais, lorsque ces variations sont relativement faibles, le rendement ne s'en ressent pour ainsi dire presque pas.

3° Une pompe centrifuge peut même fonctionner à vanne fermée, mais cette marche ne peut être prolongée parce que la pompe finalement s'échaufferait. Il est à remarquer qu'avec une pompe à piston, s'il se produit une fermeture intempestive d'une vanne, l'effort moteur

(1) LHEUREUX. *Les Pompes à eau (Science et Industrie, octobre et novembre 1928).* IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

croît rapidement et peut prendre de très grandes valeurs jusqu'à ce que quelque chose cède.

Le débit d'une pompe centrifuge étant très régulier et se modifiant à la demande du réseau, de manière à maintenir constamment certain équilibre, il ne se produit aucun coup de bélier.

Cette absence totale de coups de bélier permet non seulement la suppression d'un réservoir coûteux et encombrant, mais évite toute détérioration des joints des canalisations.

RENDEMENT. — La commande électrique des pompes centrifuges avec l'accouplement direct permet de diminuer les frais d'installation de la transmission, l'encombrement nécessaire à celle-ci et augmenter le rendement d'au moins 5 0/0. Un groupe peut donner un rendement d'ensemble variant de 63 à 75 0/0, suivant le type de pompe. Or une bonne pompe à piston, mue par un moteur électrique et transmission, peut donner 63 à 70 0/0 au maximum.

GRANDE PUISSANCE. — Les pompes à piston ne se font en série que pour des puissances ne dépassant guère 100 chevaux. La plus grande puissance obtenue par construction spéciale n'a pas dépassé 300 CV. Or les pompes centrifuges multi-cellulaires se construisent couramment pour des puissances de 1.000 CV et certaines pompes spéciales pour stations de récupération atteignent même 30.000 CV.

RÉDUCTION DE L'ENCOMBREMENT ET DU PRIX. — En ce qui concerne le poids et le prix des machines elles-mêmes (accessoires non compris), on trouvera dans le tableau ci-après quelques caractéristiques moyennes, ramenées aux bases du cheval et du kilogramme (1).

Prix du kilogramme de pompe :

20 à 30 francs pour les petites puissances ;
15 à 25 francs — grandes —

Poids et prix élémentaires des pompes centrifuges.

NATURE DES CARACTÉRISTIQUES des pompes centrifuges		PUISSANCE DES POMPES			
		1 cheval	10 CV	50 CV	500 CV
Poids par cheval	Grande vitesse....	30 kg.	7 kg.	2,5 kg.	"
	Vitesse moyenne..	40 kg.	10 kg.	3,5 kg.	1 kg.
	Petite vitesse....	"	"	10 kg.	2 kg.
Prix par cheval	Grande vitesse....	1.000 fr.	150 fr.	60 fr.	"
	Vitesse moyenne..	1.200 fr.	200 fr.	80 fr.	25 fr.
	Petite vitesse....	"	"	"	35 fr.

(1) Les prix figurant dans ce tableau se rapportent à l'année 1928 ; malgré les variations qu'ils subissent, ils méritent tout son intérêt.

2. — Description des principaux organes des pompes centrifuges.

Les pompes centrifuges comportent trois organes essentiels :

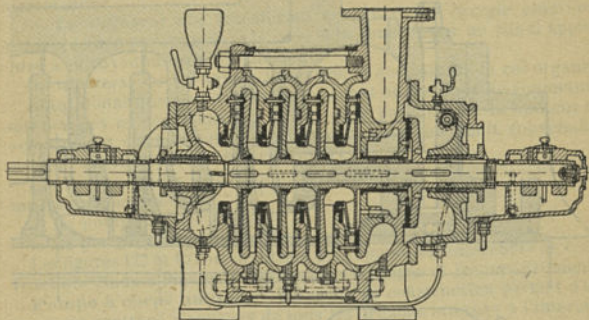


FIG. 125. — Pompe de mine Rateau.

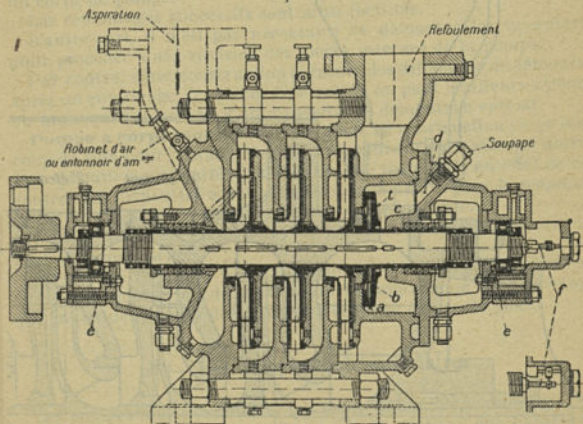


FIG. 126. — Pompe de mine S. M. I. M.

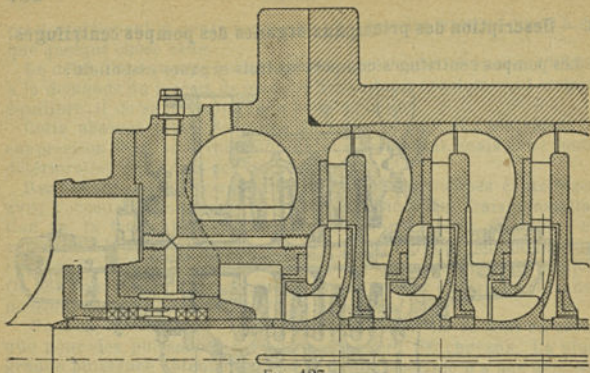


Fig. 127.

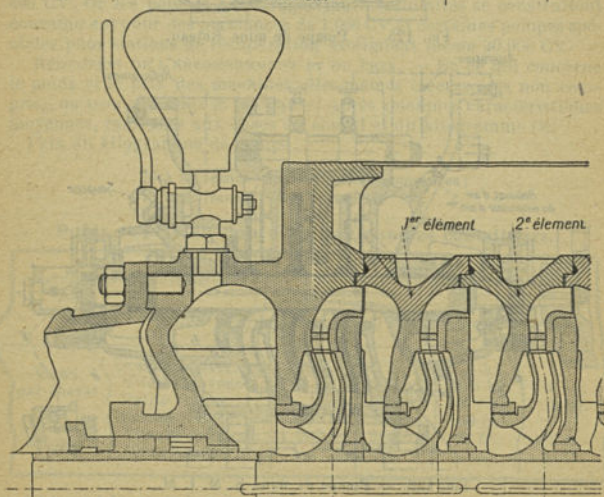


Fig. 127. bis.

nables l'eau du réservoir où elle est puisée jusqu'à l'entrée ou ouïe de la roue mobile;

2° La roue constituée par un moyeu muni de lèvres qui transmet à l'eau par augmentation de vitesse l'énergie reçue du moteur de commande;

3° Le diffuseur qui transforme en pression l'énergie cinétique emmagasinée par l'eau dans la roue et la conduit par un canal approprié à la tuyauterie de refoulement.

On trouvera, sur les figures 125 et 126, la disposition de ces organes.

Étant donné que les vitesses des moteurs électriques de commande des pompes ne dépassent pas 3.000 tours par minute, la hauteur de refoulement atteinte par une seule roue pour un débit convenable ne peut guère dépasser 180 à 200 mètres.

Les constructeurs ont adopté pour les pompes centrifuges deux modes de construction.

a) La pompe à corps unique;

b) La pompe à corps segmenté.

Les figures 127 et 127 bis montrent clairement les différences de construction. Nous allons en indiquer les avantages et les inconvénients.

Pompe à corps unique. — Ce mode de construction permet d'assurer un centrage rigoureux de tous les organes internes à l'intérieur du corps de pompe.

Les remontages successifs sont ainsi facilités.

D'autre part, il n'est pas nécessaire de démonter les tuyauteries pour procéder à une révision des pièces internes de la pompe.

Par contre, cette construction présente des difficultés de démontage après un entartrage des pièces internes qu'on peut d'ailleurs atténuer en munissant la pompe d'un dispositif de démontage spécial.

Pompe à corps segmenté. — Ce mode de construction exige beaucoup de soin pour l'usinage des faces d'appui des segments qui doivent être parfaitement traitées et rodées. On risquerait en effet de rencontrer des difficultés après plusieurs démontages pour le remontage des différentes pièces au point de vue de l'étanchéité.

D'autre part, le réglage doit être très minutieux pour assurer une parfaite ligne d'arbres.

Par contre, la pompe à corps segmenté est d'un prix moins élevé car elle est moins lourde, du fait de la suppression de l'enveloppe qui constitue le corps des pompes à corps en une seule pièce.

3. — Les pompes multi-cellulaires.

Les pompes multi-cellulaires qui comprennent dans un même corps de pompes plusieurs roues ont permis de réaliser des hauteurs de refoulement en rapport avec les besoins de l'exhaure.

Le caractère essentiel de la pompe multi-cellulaire réside dans le canal en forme de **U** réunissant la sortie d'une roue à l'ouïe de la roue suivante. Pour une très grande hauteur, on constitue couramment le groupe par deux pompes placées sur chaque côté du moteur de commande unique et mises en série par un tuyau extérieur. On peut avoir ainsi vingt roues en série.

Le problème de l'épuisement des puits en fonçage, ou avaleresse, présente un certain nombre de particularités qui exigent l'adoption de solutions différentes de celles qui conviennent à l'épuisement pendant l'exploitation souterraine.

Tout d'abord la hauteur de refoulement varie constamment au fur et à mesure des progrès du fonçage, il faut donc que les pompes puissent se déplacer facilement, car la hauteur d'aspiration peut dépasser quelques mètres. Il faut en outre que, malgré les modifications des régimes de marche, le rendement demeure satisfaisant.

Enfin, l'emplacement disponible étant faible pour loger les pompes, celles-ci devront présenter un encombrement aussi faible que possible dans leur section horizontale.

On établit pour cet épuisement des pompes centrifuges à axe vertical. Le groupe moto-pompe est monté sur un châssis en fer **U** et cornière, et suspendu à un treuil placé au jour. On le laisse descendre au fur et à mesure de l'épuisement du puits.

La figure 128 représente la coupe d'une pompe de dénoyage Sulzer de 400 CV tournant à 1.450 tours, chaque roue développent une pression manométrique de 5^k,4. Elle est capable de refouler

150 mètres cubes par heure à 375 mètres de hauteur de refoulement. Le rendement atteint 0,70 pour un débit de 189 mètres cubes par heure et une hauteur de 378 mètres.

Pour le dénoyage des houillères sinistrées, victimes de l'invasion, on a utilisé des pompes de ce type.

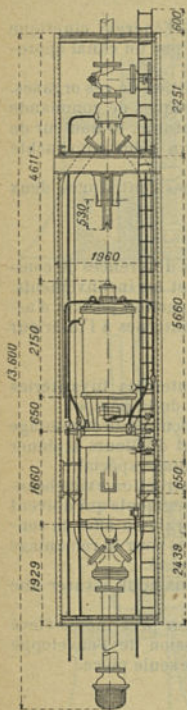


Fig. 128. — Pompe Sulzer septuple (moteur 400 HP).

Une de leurs caractéristiques essentielles réside dans la possibilité de faire travailler les roues de trois façons différentes, suivant la hauteur de refoulement réalisée :

- En parallèle ;
- En série parallèle deux à deux ;
- En série.

La liaison entre les étages est réalisée comme indiqué sur la figure 129.

Pompes Rateau Schémas de montage

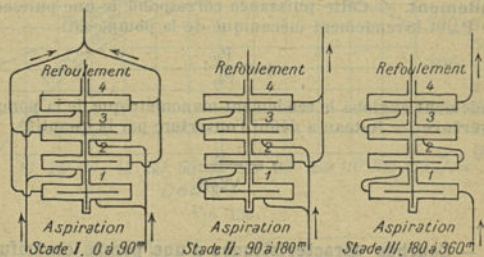


FIG. 129. — Pompe de dénoyage Rateau.

Augmentation de la hauteur limite du refoulement. — Il peut arriver que la base du puits à dénoyer se trouve à une vingtaine de mètres au-dessous de la profondeur limite que peuvent atteindre les pompes. Pour éviter les installations de reprise coûteuses, on augmente dans ce cas la hauteur de refoulement en émulsionnant l'eau au moyen d'air comprimé ajouté soit à haute pression à la base de la tuyauterie, soit à 6 kilogrammes dans les 50 derniers mètres de la colonne de refoulement.

4. — Notations et formules.

Rendement manométrique. — Si H représente la hauteur totale d'aspiration et de refoulement, ainsi que la perte de charge dans les analyses, la pression théorique H_0 que doit fournir la pompe, doit être égale à la pression H augmentée de la perte de charge dans la pompe.

On appelle rendement manométrique m le rapport :

$$m = \frac{H}{H_0}.$$

Travail utile. — Le travail utile fourni par une pompe est égal au débit du produit Q en litres par seconde par la hauteur manométrique totale H exprimée en mètres : $T_u = QH$, ce qui représente en puissance :

$$P_u = \frac{QH}{75} \text{ CV,} \quad \text{ou} \quad \frac{QH}{102} \text{ KW.}$$

Rendement. — Cette puissance correspond à une puissance absorbée P_m et le rendement mécanique de la pompe est :

$$\eta = \frac{P_u}{P_m};$$

ce rendement englobe le rendement manométrique de la pompe.

Ouverture. — Rateau a défini l'ouverture par la quantité :

$$O = \frac{Q}{\sqrt{2gH}}.$$

5. — Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge.

Influence de la vitesse. — Pour une ouverture donnée et en appelant ω la vitesse angulaire :

Le débit est proportionnel à ω ;

La hauteur de refoulement H est sensiblement proportionnelle à ω^2 ;

La puissance P_u varie à peu près comme ω^3 ;

Par contre le rendement reste sensiblement constant et ne dépend pas de ω .

Pour une pompe centrifuge tournant à une vitesse donnée à chaque valeur de O_u , correspondent des valeurs bien définies pour QH , P_m , η .

On donne généralement, comme caractéristiques d'une pompe centrifuge, les courbes en fonction du débit et de ses différentes vitesses de la pression de refoulement, de la puissance sur l'arbre et du rendement (fig. 130 et 131).

Utilisation des courbes caractéristiques. — Les courbes caractéristiques permettent de résoudre les problèmes relatifs au fonctionnement d'une pompe. Voici quelques exemples :

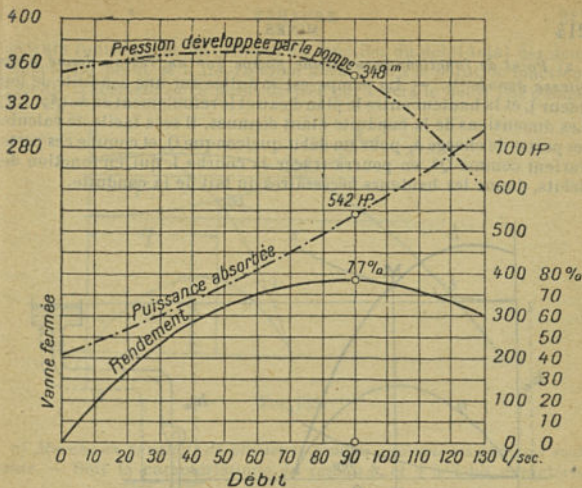
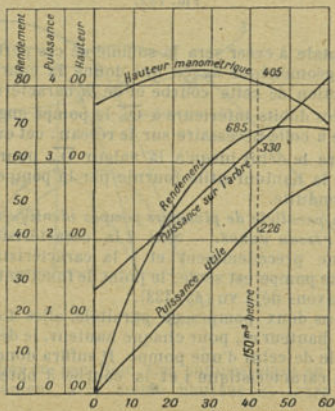


FIG. 130.



IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

FIG. 131. — Courbes caractéristiques d'une pompe de dénoyage Sulzer de 400 CV

a) *Point de fonctionnement d'une pompe sur un réseau donné à une vitesse donnée (1)*. — La pompe est installée sur une conduite de longueur L et la hauteur entre le plan d'eau et le refoulement en h_n (fig. 132). Les dimensions de la conduite étant connues, il sera facile de calculer les pertes de charge h_p pour un débit quelconque Q , et comme ces pertes varient comme Q^2 , on pourra tracer la courbe 1, qui, en fonction des débits, donne les hauteurs nécessaires du fait de la conduite.

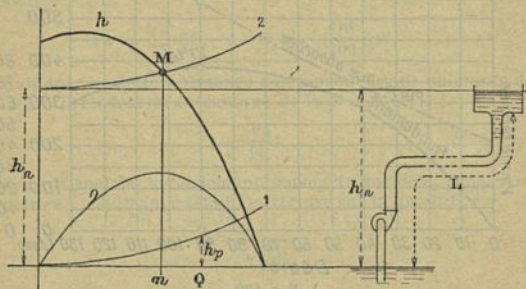


FIG. 132.

La hauteur totale à créer sera la somme de ces pertes de charge et de la hauteur géométrique h_n , ce qui donne la courbe 2. Soit M le point d'intersection de cette courbe et de la caractéristique. On voit que pour tous les débits inférieurs à \overline{Q}_m la pompe engendre une hauteur supérieure à celle nécessaire sur le réseau; cet excès de pression fera donc croître le débit jusqu'à la valeur \overline{Q}_m pour laquelle il y a équilibre entre la hauteur utile fournie par la pompe et celle nécessaire pour la conduite.

b) *Marche en parallèle de plusieurs pompes identiques à vitesse constante, sur un réseau donné.* — Soit 2 la caractéristique du réseau obtenue comme précédemment et 1 la caractéristique d'une des pompes. Si cette pompe est seule, le point de fonctionnement sera M_1 , comme nous l'avons déjà vu (fig. 133).

Si nous avons deux pompes en parallèle, elles fournissent forcément la même hauteur et, pour chaque hauteur, le débit dans la conduite est double de celui d'une pompe. Il suffira donc de doubler les abscisses de la caractéristique 1 et la courbe 3 obtenue donnera les

(1) Les machines hydrauliques de l'Université Lille 1, éditeur.

hauteurs fournies par les pompes en fonction du débit total des deux pompes. Le point M d'intersection avec 3 sera le point de fonctionnement. L'abscisse de ce point divisée par 2 sera le débit par pompe.

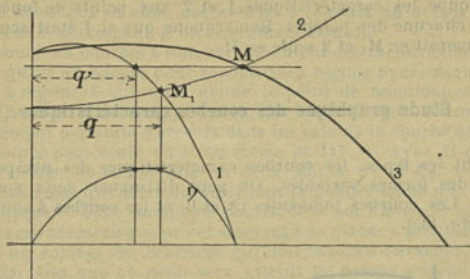


FIG. 133.

c) *Marche en parallèle de plusieurs pompes quelconques à vitesse constante.* — Soit la caractéristique du réseau 3, et 1 à 2 les caractéris-

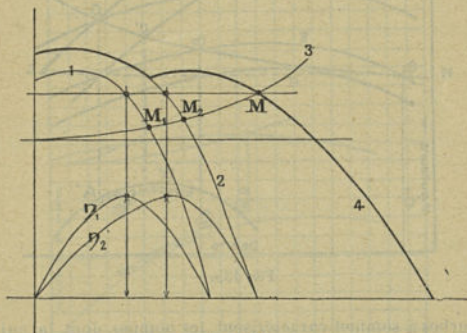


FIG. 134.

tiques des pompes en parallèle. Ces pompes étant en parallèle fonctionneront forcément à la même hauteur et leurs débits s'ajouteront (fig. 134).

En ajoutant donc les abscisses de 1 et 2 on trouvera une courbe 4 des hauteurs fournies par les deux pompes ensemble en fonction du débit total dans le réseau. Le point M d'intersection de 4 avec 3 est le point de fonctionnement cherché, l'horizontale passant par ce point coupe les caractéristiques 1 et 2 aux points de fonctionnement de chacune des pompes. Remarquons que si 1 était seule, elle fonctionnerait en M_1 et 2 seule en M_2 .

3. — Étude graphique des courbes caractéristiques (1).

Suivant les types, les courbes caractéristiques des pompes présentent des formes variables. On peut distinguer deux sortes de courbes. Les courbes tombantes (A et B) et les courbes à sommet I, II, III (fig. 135).

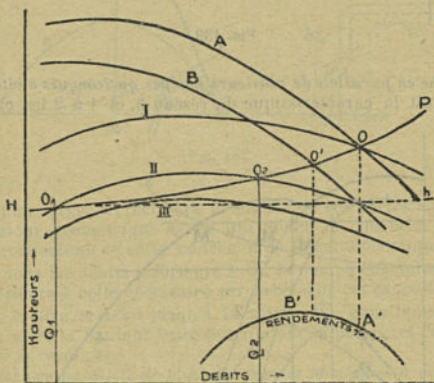


FIG. 135.

Les courbes à sommet caractérisent les pompes dont la puissance manométrique a été poussée à l'extrême par une disposition appropriée pour les angles.

(1) LEBEAUX. *Loc. cit.*

Ces pompes sont d'un prix moins élevé que celui d'une pompe à courbe tombante pour une même puissance manométrique (celle-ci poussée donnerait en effet une courbe à sommet au-dessus de celle considérée et correspond à un type plus puissant).¹

Les pompes à courbes à sommet présentent des inconvénients. Supposons qu'on ait adopté pour répondre au régime hydraulique HP la pompe à régime I qui nous donne le point de fonctionnement désiré O. Au bout d'un certain temps, par suite d'usure, ou même immédiatement par suite d'erreurs dans les calculs la courbe de régime de la pompe peut venir en II ou même en III. — Avec II elle coupera la courbe de la conduite en deux points, O_1 et O_2 . — On voit immédiatement que pour un débit nul, la pompe donne une hauteur géométrique h . Cette pompe ne pourra donc pas s'amorcer sans artifice. Il sera nécessaire pour cet amorçage de placer à proximité de la pompe un robinet de décharge qui soit capable d'évacuer un débit égal à Q_1 . Dès que ce débit sera atteint la pompe engendrera une hauteur supérieure à h et donnera Q_2 comme débit en fermant le robinet de décharge.

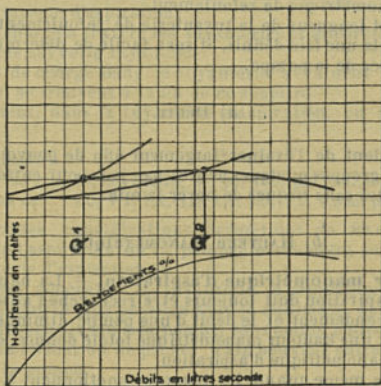


Fig. 136.

Si la courbe venait en III la pompe ne débiterait plus, elle tournerait dans son eau. Bien mieux, si nous voulions faire marcher en parallèle deux pompes, le débit obtenu pourrait être bien être infé-

rieur à celui d'une seule pompe et cela même si la courbe caractéristique était semblable à celle ci-contre, c'est-à-dire courbe à sommet dont la hauteur engendrée à vanne fermée est supérieure à la hauteur géométrique d'élévation (fig. 136).

III. — ÉTUDE D'UN PROJET D'INSTALLATION DE POMPE CENTRIFUGE

1. — Éléments pour l'étude du projet.

Les éléments à fixer pour réaliser une installation de pompe centrifuge sont :

- a) Le débit par seconde;
- b) La hauteur manométrique totale qui dépend des :
Hauteurs géométriques d'aspiration ;
Diamètre et longueur de la tuyauterie d'aspiration ;
Hauteur géométrique de refoulement ;
Diamètre et longueur de la tuyauterie de refoulement ;

Ces éléments une fois définis, il sera facile de déterminer la puissance absorbée de la pompe.

a) DÉBIT.

Il sera prudent de l'évaluer largement afin de pouvoir arrêter un ou plusieurs groupes quelques heures par jour pour entretien et révisions courantes sans risquer de noyer la mine.

b) HAUTEUR MANOMÉTRIQUE.

1° Hauteur manométrique d'aspiration. — La hauteur manométrique d'aspiration doit toujours être recherchée aussi faible que possible; le rendement et le débit d'une pompe diminuent en effet, lorsque, pour une hauteur manométrique totale donnée, on augmente la hauteur manométrique d'aspiration.

Il en est de même quand les pompes fonctionnent à de grandes altitudes (en tenant compte de la diminution de pression atmosphérique);

Voici les pressions barométriques aux diverses altitudes et les hauteurs théoriques maxima d'aspiration d'une pompe située aux mêmes altitudes.

ALTITUDES en mètres	PRESSIONS baro- métriques en centimètres de mercure	HAUTEURS théoriques d'aspiration en mètres	ALTITUDES en mètres	PRESSIONS baro- métriques en centimètres de mercure	HAUTEURS théoriques d'aspiration en mètres
21	760	10,33	1.269	650	8,84
127	750	10,20	1.393	640	8,70
234	740	10,06	1.519	630	8,57
342	730	9,63	1.647	620	8,43
453	720	9,79	1.777	610	8,30
564	710	9,65	1.909	600	8,16
678	700	9,52	2.043	590	8,02
793	690	9,38	2.180	580	7,89
909	680	9,25	2.318	570	7,75
1.027	670	9,10	2.460	560	7,61
1.147	660	8,97			

La hauteur manométrique d'aspiration se décompose en :

Hauteur statique d'aspiration ;

Pertes de charge à travers les tuyauteries et appareils (vannes ou clapets) placés sur cette tuyauterie.

Les pertes de charge dans la tuyauterie s'évaluent en utilisant les tables qui se trouvent à la fin de ce chapitre.

Pratiquement, dans la tuyauterie d'aspiration, on ne devra pas dépasser :

Pour un diamètre

intérieur de ... 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125 mm. et au-dessus ;

Des vitesses de.. 1,0, 1,1, 1,2, 1,3, 1,4, 1,5, 1,5, 1,5 m. par seconde.

Ces différentes considérations permettent de fixer le niveau maximum de l'aspiration de la pompe, le diamètre et la longueur de la tuyauterie d'aspiration.

D'une façon générale, la tuyauterie d'aspiration devra être choisie aussi courte que possible avec le minimum de joints, montant régulièrement jusqu'à la pompe, sans points hauts susceptibles de faciliter la formation de poches d'air pouvant entraîner le désamorçage de la pompe.

2° **Hauteur manométrique de refoulement.** — Elle se décompose en :

Hauteur statique de refoulement ;

Pertes de charge dans la tuyauterie de refoulement et appareils (vannes et clapets) placés sur cette tuyauterie.

La longueur de la tuyauterie de refoulement se déduit immédiatement de la lecture du plan d'installation, une fois qu'auront été fixées la longueur de la tuyauterie d'aspiration et sa position.

Le choix du diamètre de la tuyauterie de refoulement sera fait en tenant compte des données pratiques suivantes :

Pour un diamètre
intérieur de ... 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125 mm. et au-dessus ;
La vitesse de l'eau
dans la conduite
de refoulement
ne dépassera pas 1,2, 1,3, 1,4, 1,5, 1,6, 1,7, 1,8, 2 m. par seconde.

Pour les conduites de grande longueur, l'expérience montre que la vitesse la plus économique, compte tenu des frais d'installation de la pompe, de la tuyauterie, ainsi que des frais d'exploitation, est comprise entre 0^m,5 et 0^m,6 seconde.

La vitesse de l'eau et le diamètre de la tuyauterie étant fixés, le calcul des pertes de charge se fera comme pour la tuyauterie d'aspiration.

Ces différents éléments fixés, la hauteur manométrique totale à demander à la pompe s'obtiendra par l'addition :

De la hauteur géométrique de l'aspiration et du refoulement ;

Des pertes de charge à l'aspiration et au refoulement ;

De la charge $\frac{V^2}{2g}$ nécessaire pour imprimer à l'eau sa vitesse dans la tuyauterie de refoulement (généralement négligeable vis-à-vis de la hauteur géométrique).

La connaissance du débit d'une part, de la hauteur manométrique totale de l'autre, permet de préciser le type de la pompe et sa puissance.

2. — Calcul des pertes de charge.

On appelle pertes de charge la pression, généralement évaluée en mètres, nécessaire à l'amont d'une canalisation pour vaincre le frottement sur les parois du liquide en mouvement.

1° **Des pertes de charges dans une tuyauterie rectiligne.** — Différentes formules sont employées couramment pour la détermination des pertes de charge. Elles sont toutes de forme empirique et déduites de séries d'expériences.

Soient :

D = le diamètre intérieur du tuyau ;

h = la perte de charge par unité de longueur de conduite ;

v et u = la vitesse moyenne d'écoulement ;

α et β = les coefficients.

a) *Formule de Darcy* :

$$\frac{1}{4} Dh = \left(\alpha + \frac{\beta}{D} \right) v^2,$$

les coefficients α et β étant pour des tuyaux vieux et incrustés :

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,000507, \\ \beta &= 0,0000129, \end{aligned}$$

(prendre des valeurs moitié moindres pour des tuyaux neufs).

b) *Formule de Flamant* :

$$Dh = 0,00092 \sqrt[4]{\frac{v^7}{D}}.$$

Cette formule s'applique à des tuyaux depuis longtemps en service et particulièrement pour des tuyaux de petits diamètres.

c) *Formule de Prony* :

$$\begin{aligned} \frac{1}{4} Dh &= au + bu^2, \\ a &= 0,00001733, \\ b &= 0,0003483. \end{aligned}$$

Les tableaux qui se trouvent à la fin de ce chapitre indiquent les pertes de charges pour différents diamètres de tuyauteries et différentes vitesses d'écoulement calculées d'après la formule de Prony.

2° **Pertes de charge dues à des causes autres que le frottement sur les parois.** — a) *Coudes.* — S'ils sont bien établis et d'un rayon suffisant, leur influence n'est pas considérable. Saint-Venant donne la formule suivante, permettant de calculer la perte de charge supplémentaire h due à un changement de direction, soient :

$$\begin{aligned} v &= \text{vitesse moyenne d'écoulement en mètres;} \\ l &= \text{longueur développée du coude en mètres;} \\ r &= \text{rayon de courbure en mètres;} \\ d &= \text{diamètre du tuyau en mètres.} \end{aligned}$$

Perte de charge en mètres :

$$h = 0,005 \times l \frac{v^2}{r} \sqrt{\frac{d}{r}}.$$

En pratique on admet qu'un coude au quart équivaut à 10 mètres de tuyauterie droite.

Dans des installations importantes, il est nécessaire de tenir compte de la force centrifuge du liquide en mouvement pour le maintien en place de la tuyauterie.

b) *Élargissement brusque de section.* — La perte de charge est égale à

$$h = \frac{(v - v')^2}{2g}.$$

c) *Rétrécissement brusque de section.* — La même formule que précédemment est applicable, mais avec cette restriction que

$$h_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{v^2}{g}.$$

ce maximum correspond à la perte de charge à l'entrée d'un ajutage cylindrique, la vitesse à l'amont étant pratiquement nulle.

d) *Élargissement ou rétrécissement progressif de section.* — La perte de charge due au changement de la vitesse d'écoulement est négligeable lorsque le cône de raccordement est convenablement établi.

S'il s'agit d'un accroissement progressif de section, nous conseillons de donner au tronc de cône de raccord une longueur au moins égale à sept fois la différence des diamètres extrêmes.

Pour un rétrécissement progressif, cette longueur peut n'être que quatre fois environ la différence des diamètres, un décollement de la veine le long des parois n'étant plus à craindre comme précédemment.

e) *Pertes de charge à l'entrée et à la sortie de la tuyauterie.* — *Entrée.* — Si la tuyauterie part de la paroi d'un réservoir sans saillie intérieure, la perte de charge à l'entrée est égale à :

$$h = \frac{1}{2} \times \frac{v^2}{g}.$$

Si la tuyauterie part de l'intérieur du réservoir, la perte de charge à l'entrée est de :

$$h = \frac{v^2}{2g}.$$

A la sortie. — Toute la pression vive est évidemment perdue, en jet ou remous, soit :

$$h' = \frac{v^2}{2g}.$$

En admettant la même vitesse d'écoulement à l'entrée et à la sortie, la perte de charge totale aux deux extrémités sera donc comprise entre :

$$\frac{3}{2} \times \frac{v^2}{2g} \quad \text{et} \quad 2 \times \frac{v^2}{2g}.$$

On voit immédiatement l'intérêt que présente, pour une installation où la vitesse de l'eau est importante, l'adoption de cônes convergents à l'entrée et divergents à la sortie.

f) *Pertes de charge dans une vanne.* — Elle peut être assimilée à :

$$h = K \frac{v^2}{2g}$$

A titre indicatif, nous donnons le tableau suivant; les résultats qui en découlent doivent être considérés comme approximatifs.

Valeur de l'abaissement de l'opercule.	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{7}{8}$
Rapport des sections..	1	0,918	0,856	0,740	0,609	0,466	0,315	0,159
Valeur de K.....	0	0,007	0,26	0,81	2	5,5	17	98

On admet en pratique qu'une vanne ou un clapet créent une perte de charge de 0^m,50.

3^e **Considérations sur l'établissement d'un projet de tuyauterie.** — Le débit d'une conduite croît approximativement comme la racine carrée de la charge et comme $\sqrt{d^5}$, c'est-à-dire plus vite que le carré du diamètre.

Il en résulte que pour augmenter le débit d'une installation projetée, il sera généralement plus avantageux de prévoir une augmentation des diamètres des conduites plutôt qu'une élévation de la pression de refoulement.

Pour une installation existante, devenue insuffisante, il sera souvent préférable de remplacer la tuyauterie par une autre de plus grand diamètre plutôt que de doubler la conduite en service.

Connaissant le coût de la force motrice, les frais de pose et d'amortissement des conduites, il est facile de déterminer la solution la meilleure.

Tracé d'une installation. — La tuyauterie d'aspiration devra être aussi courte que possible et aller régulièrement en montant, afin de permettre le dégagement d'air lors du remplissage pour la mise en service.

Si la disposition des lieux exige une conduite en siphon, prévoir au point le plus élevé un robinet purgeur d'air; il peut cependant arriver que cette précaution soit insuffisante, l'air en suspension ou en dissolution dans l'eau étant susceptible de s'accumuler graduellement au sommet du siphon et de provoquer le désamorçage; il faut alors arrêter la pompe, faire le plein de la tuyauterie et remettre en

marche, ou bien installer une pompe à vide reliée au purgeur d'air et dont le fonctionnement sera continu ou intermittent selon les cas.

L'étanchéité de la conduite d'aspiration étant de première importance pour le bon fonctionnement d'une pompe centrifuge, il est recommandé d'adopter de préférence des tuyaux à brides qui permettent un contrôle facile des joints.

Le départ de la conduite devra toujours être à un minimum de 50 à 60 centimètres au-dessous du plan d'eau, afin d'éviter le désamorçage par la formation de poches d'air dues aux tourbillonnements dans le voisinage de l'aspiration.

Les coudes formant points hauts sont également à éviter sur la tuyauterie de refoulement; l'air qui s'y accumule diminue la section de passage et occasionne, de ce fait, une augmentation des pertes de charge ou d'une réduction de débit; il faudra donc, de toute nécessité, prévoir des ventouses ou des robinets purgeurs aux endroits convenables.

IV. — INSTALLATION DES POMPES CENTRIFUGES

1. — Généralités.

Toute installation des pompes centrifuges comporte :

1° *Un clapet de pied avec crépine.* — La crépine a pour objet d'empêcher les corps étrangers de pénétrer dans la pompe. Quant au clapet, il facilite l'amorçage en retenant l'eau dans la conduite d'aspiration et dans la pompe. Lorsque l'amorçage s'effectue sous pression en dérivant l'eau du refoulement, il y a intérêt à munir la boîte du clapet de pied d'une soupape de sûreté, pour éviter toute surpression dangereuse.

2° *Un robinet-vanne.* — On le dispose sur la tuyauterie de refoulement, soit directement sur la pompe, soit après le divergent qui permet de régler le débit de la pompe.

3° *Un clapet de retenue.* — Ce clapet a pour but d'empêcher le retour de l'eau contenue dans la conduite de refoulement en cas d'arrêt de la pompe. On le munit généralement d'un by-pass qui permet de remplir d'eau la tuyauterie d'aspiration pour l'amorçage.

2. — Mise en marche.

Voici les précautions à prendre pour la mise en route d'une pompe centrifuge. IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Nettoyer soigneusement les paliers de la pompe du moteuret les laver au pétrole ; les approvisionner en huile mouvement. Procéder au remplissage de la pompe par le robinet-entonnoir ou par le by-pass. Purger l'air. Le remplissage est terminé lorsque tous les purgeurs d'air donnent de l'eau. Vérifier la fermeture du robinet-vanne de réglage ainsi que le by-pass au clapet de retenue. Mettre le moteur en marche et, aussitôt que la vitesse normale est atteinte, ouvrir le robinet-vanne de réglage lentement en suivant les indications de charge fournies par l'ampèremètre monté sur le tableau, jusqu'à ce que le débit nécessaire soit atteint. Pour l'arrêt de la pompe, procéder en sens inverse.

3. — Principaux incidents pouvant survenir pendant la mise en marche.

Voici quelques-unes des difficultés que l'on rencontre à la mise en route des pompes :

Impossibilité d'opérer le remplissage du système d'aspiration à la première mise en marche :

Le clapet de pied fuit ; on vérifiera le portage des clapets sur le siège, Si le portage est bon, voir si le cuir ou le caoutchouc n'est pas trop sec. Dans ce cas, assouplir ces pièces en les plongeant dans de l'eau chaude.

A l'arrêt, la pompe ne reste pas amorcée :

Vérifier les clapets, se rendre compte qu'aucun corps étranger n'empêche la retombée du clapet sur son siège.

Désamorçage de la pompe après le démarrage :

Rentrée d'air à l'aspiration, vérifier les joints. Voir s'il n'y a pas de partie élevée formant poche d'air.

Hauteur d'aspiration exagérée :

La pompe resté amorcée, mais ne refoule pas. Vérifier le sens de rotation. Voir si la vanne de réglage est suffisamment ouverte, si le clapet de retenue se lève normalement. Vérifier si la hauteur d'élévation totale correspond bien à la valeur pour laquelle la vitesse a été calculée.

Insuffisance de débit :

Vérifier si la hauteur d'élévation n'est pas supérieure à celle prévue, si les diamètres des tuyauteries sont convenables surtout à l'aspiration, si la vanne est suffisamment ouverte, si la vitesse est suffisante, si la crépine n'est pas obstruée.

Trop grand débit :

Régler le robinet-vanne ou réduire la vitesse.

4. — Principaux incidents pouvant survenir dans la marche.

1° **Vibrations.** — Elles peuvent être d'origine mécanique ou d'origine hydraulique.

a) *D'origine mécanique.* — Elles se manifestent au toucher et, généralement, par un échauffement anormal des paliers.

Découpler pompe et moteur :

Si, tournant à vide, le moteur vibre, il y a défaut d'équilibrage ne pouvant être réparé que par l'électricien fournisseur.

Si, le moteur étant en ordre, la pompe persiste à vibrer, vérifier la ligne d'arbres à l'aide de règles placées parallèlement à la ligne d'arbres, sur l'accouplement, au-dessus, au-dessous et de chaque côté.

Rectifier, s'il y a lieu, la ligne d'arbres à l'aide de feuilles de clinquant sous les pattes de la pompe et du moteur ; vérifier auparavant que la plaque de fondation commune n'a pas été voilée, lors du montage, par un serrage intempestif des boulons d'ancrage sur un massif de béton mal dressé.

Si les vibrations persistent, vérifier l'équilibrage du rotor de la pompe et du manchon d'accouplement.

b) *D'origine hydraulique.* — Elles se manifestent également au toucher, mais aussi par un ronflement anormal de la pompe (se rapprochant parfois du bruit des cailloux dans une bétonnière).

Elles sont alors imputables à la présence d'air à l'intérieur de la pompe due :

Soit à une hauteur d'aspiration exagérée ;

Soit à une tuyauterie d'aspiration mal établie, présentant des points hauts provoquant la formation de poches d'air entraînées ensuite dans la pompe par le courant d'eau.

Soit enfin à des rentrées d'air par le presse-étoupe : vérifier, pour y parer, que le serrage du presse-étoupe est suffisant et que la tuyauterie de mise en charge du joint hydraulique n'est pas obstruée.

Un débit exagéré de la pompe provoque aussi du bruit et des vibrations.

Il tient souvent à une évaluation exagérée des pertes de charge et de la hauteur manométrique, lors de l'étude de l'installation.

La pompe rencontrant en réalité, au refoulement, une contre-pression inférieure aux prévisions a, du fait même de la forme de sa caractéristique, tendance à augmenter son débit, d'où exagération de la vitesse des filets liquides à l'intérieur de la pompe, bruit et vibration. En limitant le débit par une fermeture appropriée de la vanne de réglage, on réussit généralement à éliminer ces deux inconvénients.

2° **Usure des douilles en caoutchouc de l'accouplement élastique.** — Imputable à un mauvais réglage de la ligne d'arbres. La rectifier comme indiqué à l'article 1^{er}, paragraphe *a*.

3° **Bruit anormal de la pompe.** — Cet incident a déjà été traité à l'article, 1^{er} paragraphe *b*.

4° **Fonctionnement irrégulier.** — *Oscillations anormales dans le débit ou la hauteur manométrique.* — Sont généralement dues à la présence d'air s'éliminant par à-coups et provoquant des sautes brusques dans le débit ou dans les indications du manomètre ou de l'ampèremètre. Comme indiqué à l'article 1^{er}, paragraphe *b*, cet air peut provenir d'une tuyauterie d'aspiration mal établie ou d'une hauteur d'aspiration exagérée, ou, enfin, de rentrées d'air au presse-étoupe. Vérifier ces différents points et notamment la mise en charge du joint hydraulique du presse-étoupe.

Il arrive aussi que la présence de points hauts facilitant la formation de poches d'air dans la tuyauterie de refoulement provoque des coups de bélier. Pour y parer, il suffira de placer, au point haut de la tuyauterie, un robinet permettant, à chaque mise en route, l'expulsion de l'air qui a pu s'y accumuler.

5° **Insuffisance de la pression ou du débit.** — Peut être due :

a) Soit à la présence de corps étrangers formant obstacles à l'eau dans les roues ou les canaux internes.

b) Soit à une hauteur manométrique d'aspiration exagérée. Une hauteur manométrique d'aspiration exagérée entraîne en outre une usure anormale et rapide des organes internes, notamment des roues à aubes et diffuseurs. On peut s'en rendre compte à l'aide d'un manomètre placé sur la tuyauterie d'aspiration, à son raccord à la pompe. Vérifier alors l'état de la crépine qui peut être obstruée, l'état de la tuyauterie proprement dite et l'étanchéité des joints.

c) Soit à l'usure de pièces internes : roue à aubes, diffuseurs, anneaux d'étanchéité. Il faut alors remplacer les pièces usagées.

d) Soit à un déplacement du rotor par rapport au stator.

Dans les pompes comportant un palier à cannelures, ou plus simplement, sur l'arbre, une portée formant butée, le déplacement du rotor par rapport au stator ne peut se produire que par un glissement de la roue sur l'arbre, phénomène assez rare pouvant être, parfois, le résultat d'une poussée axiale anormale sur la roue. Il y a lieu, alors, de remettre la roue sur son arbre à la position convenable et de remplacer les anneaux d'étanchéité dont l'usure inégale peut entraîner une inégalité de pression sur les deux faces de la roue et une poussée axiale.

Dans les pompes à équilibrage hydraulique, le déplacement du rotor au stator est contrôlable à l'aide d'un trait de repère tracé sur l'arbre au droit du palier; il est généralement dû à l'usure du disque d'équilibrage facile à rattrapper par l'addition d'anneaux en tôle en

arrière des bagues de rattrapage ou, mieux encore, par le remplacement des anneaux de rattrapage.

Dans les pompes multicellulaires à disque d'équilibrage, l'insuffisance de débit et de pression peut aussi être due à l'usure des roues, diffuseurs et pièces d'étanchéité qui devront également être contrôlées et remplacées s'il y a lieu.

6° Échauffement des paliers. — Commence à devenir inquiétant quand la température tend à dépasser 60 à 65°.

Quand les pompes sont neuves, il arrive parfois que, au début, les paliers ont tendance à chauffer; mais, quand les coussinets sont rodés, la situation s'améliore.

S'il s'agit d'une pompe fonctionnant déjà depuis quelque temps, il faut vérifier d'abord que le graissage se fait normalement et que les bagues de graissage tournent régulièrement.

L'échauffement peut être dû aussi aux vibrations du rotor ayant les diverses origines indiquées à l'article 1^{er}.

Le plus souvent l'échauffement se manifeste dans les piliers formant butée et est imputable alors à une poussée axiale excessive pouvant avoir les diverses origines suivantes.

a) *Aspiration exagérée.* — Elle entraîne alors un déséquilibre des poussées sur les deux faces de la roue, d'ou effort axial. Vérifier la hauteur manométrique d'aspiration à l'aide d'un manomètre; améliorer la situation en contrôlant soigneusement l'état de la crépine et de l'ensemble de la tuyauterie d'aspiration, en diminuant si possible la hauteur statique d'aspiration et la longueur de la tuyauterie, faute de mieux, en diminuant le débit par action sur la vanne de refoulement.

b) *Déplacement du rotor par rapport au stator.* — Produisant comme ci-dessus un déséquilibre des poussées sur les deux faces de la roue.

c) *Usure inégale des anneaux ou douilles d'étanchéité.* — Ayant les mêmes conséquences.

Le remède à ces deux incidents a été traité à l'article 5 ci-dessus.

d) *Ligne d'arbre mal réglée.* — Le couple de torsion transmis par le moteur se décompose alors en un couple de torsion et un couple de flexion donnant naissance à son tour, sur l'arbre de la pompe, à une composante horizontale axiale.

On a indiqué, dans les précédents articles, les moyens de vérifier et de rectifier la ligne d'arbres.

Dans les pompes à équilibrage hydraulique, veiller soigneusement à ce que l'écoulement du tuyau de décharge du disque d'équilibre se fasse régulièrement et avec continuité. Une obturation volontaire ou accidentelle de ce tuyau a pour effet d'annihiler le fonctionnement de l'équilibrage hydraulique et peut avoir les plus graves conséquences allant jusqu'à

Si l'écoulement du disque d'équilibrage paraît exagéré ou a tendance à augmenter, c'est que les bagues de rattrapage de ce fourreau sont déjà fortement usées. Il y aura lieu, alors, de remettre en place le trait de repère, soit en ajoutant des anneaux de tôle en arrière des anneaux de rattrapage. Si l'exagération du débit provient de l'usure du fourreau, il faudra le remplacer pour ramener les jeux à leur valeur normale.

5. — Commande électrique des pompes d'exhaure (1).

On a adopté en général pour la commande des pompes des moteurs électriques à vitesse constante. Le moteur triphasé asynchrone a un rendement qui reste entre les trois quarts de charge et la pleine charge sensiblement constant et égal à sa valeur maximum.

Le type habituellement choisi est le moteur triphasé à bagues avec dispositif de mise en court-circuit. Ces moteurs sont de type ouvert, et travaillent dans de bonnes conditions de refroidissement par ventilation. Le moteur est du type horizontal; il entraîne la pompe à l'aide des accouplements de préférence semi-élastiques, et les deux machines sont montées sur un socle commun en fonte.

On adopte pour le moteur une puissance supérieure de 10 0/0 à celle calculée.

Pour la commande électrique des pompes de fonçage, le moteur est presque toujours du type hermétiquement clos et souvent avec refroidissement par circulation d'eau. Dans ce cas, le moteur est à double enveloppe. Il est du type asynchrone avec rotor en court-circuit, car c'est le type de moteur le plus simple et nécessitant le minimum d'entretien. Il est le plus souvent à haute tension.

Le démarrage s'opère à l'aide d'un auto-transformateur et de l'appareillage nécessaire (commutateur, ampèremètre, etc...).

L'alimentation se fait par câble armé enroulé sur un tambour de treuil et se déroule à mesure que le fonçage avance.

La Société Rateau a construit un moteur spécial où le rotor et le stator baignent dans l'huile. Bien que le rendement soit inférieur de plusieurs points à un moteur ordinaire, le groupe de fonçage, moteur compris, présente le très grand avantage de pouvoir fonctionner entièrement noyé.

(1) D'après Rateau, *L'électricité dans les mines*.

V. — ESSAIS D'UNE POMPE CENTRIFUGE

1. — Conduite des essais.

On se placera dans des conditions pour lesquelles la pompe a été établie, c'est-à-dire on réalisera un débit voisin du débit normal à l'aide d'une vanne placée sur la conduite de refoulement.

Le régime doit rester invariable pendant la durée de l'essai, lequel pourra être limité à quelques minutes.

L'énergie absorbée par le moteur sera enregistrée par un compteur préalablement étalonné par la méthode des deux wattmètres.

La détermination du travail utile fourni par la pompe comporte la mesure de la pression manométrique totale H , et d'autre part celle des volumes d'eau débitée. La durée de l'essai sera relevée de seconde en seconde.

1° Mesure des débits. — a) *Par déversoir* (voir plus haut).

b) *Par la tuyère calibrée.* — Dans le cas de la tuyère convergente à orifice noyé, on mesure la pression h , différence entre la pression totale à l'amont et la pression statique à l'aval de la tuyère. Le débit est donné par la formule :

$$Q = KS \sqrt{2gh}$$

h est mesuré au moyen de manomètres différentiels reliés à l'amont à un tube de Pitot et à l'aval à un tube droit.

La valeur du coefficient K est 0,96 d'après les essais de M. Rousselot.

2° Mesure des pressions. — La pression totale manométrique H , nécessaire pour une élévation d'eau, est la somme de trois hauteurs bien distinctes :

h représentant la distance verticale entre le plan d'eau d'aspiration et le niveau de l'orifice de refoulement ;

h' , hauteur représentative des pertes de charges ;

h'' , hauteur représentative de la pression vive du liquide en mouvement.

On a :

$$h'' = \frac{v^2}{2g}$$

La pression totale H peut se mesurer d l'aide de manomètres.

En général, la pression H est la somme de H_1 = hauteur totale de refoulement de la pompe, et H_2 = hauteur totale d'aspiration.

a) *Mesure de H_1* . — Un manomètre ordinaire placé au refoulement nous donnera H_1 par lecture directe moins la hauteur $h_1 = \frac{v^2}{2g}$, celle-ci peut être calculée en déterminant la vitesse dans la section transversale du tuyau considéré à l'endroit de la prise du manomètre.

Si le manomètre est prolongé à l'intérieur de la tuyauterie par un tube de Pitot, la pression indiquée par l'aiguille donnera H_1 total avec une approximation suffisante.

Il est cependant nécessaire que la pression soit prise en un point suffisamment éloigné des coudes et de la robinetterie pour qu'on puisse admettre l'absence de remous dans l'écoulement à l'endroit considéré.

La vitesse de l'eau dans un tuyau n'est pas la même en tous les points d'une section transversale, elle est minimum contre les parois et maximum au centre : les filets qui sont animés de la vitesse moyenne se trouvent à une distance du centre comprise entre les deux tiers et 0,71 du rayon. Ces indications permettent de déterminer approximativement la position du tube de Pitot par rapport à l'axe de la conduite.

b) *Mesure de H_2* . — Elle peut être faite par un manomètre indicateur de vide. Pour obtenir le maximum d'exactitude, il faudrait que cet indicateur fût également muni d'un tube de Pitot ; mais comme, en général, la vitesse à l'aspiration est faible, l'erreur qui en résulte est minime ; ainsi, pour une vitesse de 1^m,40 à la seconde, $\frac{v^2}{2g} = 0^m,14$.

Lorsqu'on totalisera H_1 et H_2 , il faudra y ajouter éventuellement la distance verticale entre les cadrans des deux manomètres.

2. — Calcul des essais.

Les essais fournissent les éléments nécessaires au calcul des quantités indiquées plus haut, et permettent de déterminer les courbes pratiques qui s'en déduisent immédiatement.

Exemple I. — Voici à titre d'exemple les courbes caractéristiques (fig. 137, p. 232) résultant des essais d'une pompe d'exhaure Sulzer installée dans une mine de fer de l'Est et répondant aux garanties suivantes :

Débit.....	200-210 l/seconde
Hauteur manométrique.....	240-245 mètres
Vitesse.....	1.840 tours/minute
Puissance.....	850-875 CV

Reproduit par IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

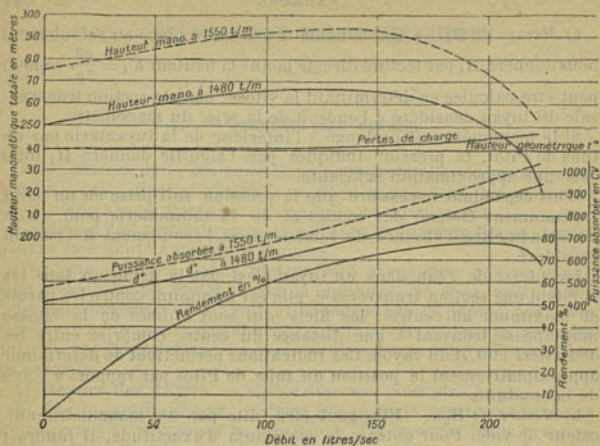
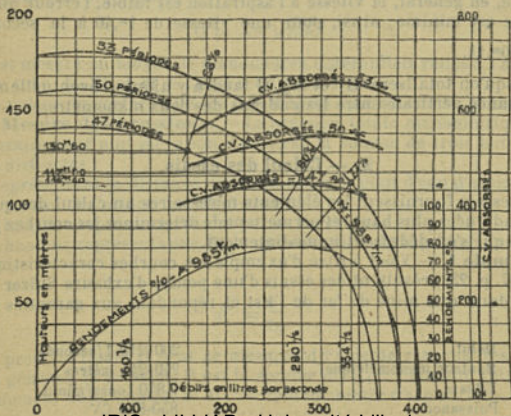


Fig. 137.



Exemple II. — Les courbes de la figure 138 (p. 232) se rapportent aux pompes S. M. I. M. en service dans une mine de fer de l'Est.

Chaque pompe dans les conditions normales d'exhaure doit répondre aux caractéristiques suivantes :

Débit	280 l/seconde
Hauteur manométrique.....	117 ^m ,80
Vitesse.....	985 tours/minute
Rendement	0,80
Fréquence du courant.....	50 périodes

Le débit est garanti pour les cas extrêmes suivants :

Fréquence	47	53
Hauteur manométrique.....	130 ^m ,80	114 mètres

La tolérance sur ce rendement est de 2 0/0.

Sur le diagramme de la figure sont portées les courbes déduites des essais. Les courbes débits pression sont très tombantes.

Table de Prony donnant le débit en litres par seconde et la charge correspondant à un diamètre et à une vitesse moyenne donnés.

Vitesses moyennes	Diamètre de la conduite 0 ^m ,040 Section de la conduite 0 ^m ,001257		Diamètre de la conduite 0 ^m ,050 Section de la conduite 0 ^m ,0019635		Diamètre de la conduite 0 ^m ,060 Section de la conduite 0 ^m ,00282744	
	Débit	Charges	Débit	Charges	Débit	Charges
	0 ^m ,01	0,0125	0,000 017	0,0196	0,000 016	0,0283
0,05	0,0628	0,000 173	0,0982	0,000 138	0,1414	0,000 115
0,10	0,1256	0,000 521	0,1963	0,000 417	0,2827	0,000 347
0,15	0,1884	0,001 042	0,2945	0,000 834	0,4241	0,000 695
0,20	0,2513	0,001 738	0,3927	0,001 391	0,5655	0,001 159
0,25	0,3140	0,002 607	0,4909	0,002 087	0,7069	0,001 739
0,30	0,3769	0,003 651	0,5890	0,002 923	0,8482	0,002 436
0,35	0,4396	0,004 868	0,6872	0,003 898	0,9896	0,003 248
0,40	0,5024	0,006 260	0,7854	0,005 012	1,1310	0,004 176
0,45	0,5652	0,007 825	0,8836	0,006 265	1,2723	0,005 221
0,50	0,6280	0,009 565	0,9817	0,007 658	1,4187	0,006 332
0,55	0,6908	0,011 478	1,0799	0,009 190	1,5551	0,007 658
0,60	0,7536	0,013 566	1,1781	0,010 861	1,6965	0,009 051
0,65	0,8164	0,015 827	1,2763	0,012 672	1,8378	0,010 560
0,70	0,8792	0,018 263	1,3744	0,014 622	1,9792	0,012 185
0,75	0,9420	0,020 372	1,4726	0,016 711	2,1206	0,013 926
0,80	1,0048	0,023 656	1,5708	0,018 940	2,2619	0,015 783
0,85	1,0676	0,026 613	1,6690	0,021 307	2,4033	0,017 756
0,90	1,1304	0,029 745	1,7671	0,023 815	2,5447	0,019 845
0,95	1,1932	0,033 050	1,8653	0,026 461	2,6861	0,022 051
1,00	1,2560	0,036 530	1,9635	0,029 247	2,8274	0,024 872
1,05	1,3194	0,040 183	2,0617	0,032 172	2,9688	0,026 810
1,10	1,3822	0,044 011	2,1598	0,035 236	3,1102	0,029 363
1,15	1,4451	0,048 012	2,2580	0,038 440	3,2516	0,032 033
1,20	1,5079	0,052 188	2,3562	0,041 783	3,3929	0,034 819
1,25	1,5707	0,056 537	2,4544	0,045 265	3,5343	0,037 721
1,30	1,6335	0,061 061	2,5525	0,048 887	3,6757	0,040 739
1,35	1,6963	0,065 758	2,6507	0,052 647	3,8170	0,043 873
1,40	1,7592	0,070 630	2,7489	0,056 548	3,9584	0,047 123
1,45	1,8220	0,075 675	2,8471	0,060 587	4,0998	0,050 489
1,50	1,8846	0,080 895	2,9452	0,064 766	4,2412	0,053 971
1,55	1,9474	0,086 288	3,0434	0,069 084	4,3825	0,057 570
1,60	2,0105	0,091 856	3,1416	0,073 541	4,5239	0,061 284
1,65	2,0733	0,097 597	3,2397	0,078 138	4,6653	0,065 115
1,70	2,1362	0,103 513	3,3379	0,082 874	4,8066	0,069 062
1,75	2,1990	0,109 602	3,4361	0,087 749	4,9480	0,073 124
1,80	2,2608	0,115 866	3,5343	0,092 764	5,0894	0,077 303
1,85	2,3236	0,122 303	3,6324	0,097 918	5,2308	0,081 598
1,90	2,3864	0,128 915	3,7306	0,103 211	5,3721	0,086 009
1,95	2,4499	0,135 700	3,8288	0,108 644	5,5135	0,090 536
2,00	2,5132	0,142 660	3,9270	0,114 215	5,6549	0,095 179
2,05	2,5760	0,149 793	4,0251	0,119 927	5,7963	0,099 939
2,10	2,6388	0,157 101	4,1233	0,125 777	5,9376	0,104 814
2,15	2,7016	0,164 582	4,2215	0,131 767	6,0790	0,109 805
2,20	2,7645	0,172 238	4,3197	0,137 896	6,2204	0,114 913
2,25	2,8273	0,180 967	4,4179	0,144 164	6,3617	0,120 137
2,30	2,8888	0,188 071	4,5160	0,150 572	6,5031	0,125 476
2,35	2,9516	0,196 248	4,6142	0,157 119	6,6445	0,130 932
2,40	3,0158	0,204 600	4,7124	0,163 805	6,7859	0,136 504
2,45	3,0786	0,213 125	4,8106	0,170 630	6,9272	0,142 192
2,50	3,1412	0,221 825	4,9087	0,177 593	7,0686	0,147 996

Vitesses moyennes	Diamètre de la conduite 0 ^m ,070 Section de la conduite 0 ^m ,00334846		Diamètre de la conduite 0 ^m ,080 Section de la conduite 0 ^m ,00502656		Diamètre de la conduite 0 ^m ,090 Section de la conduite 0 ^m ,00636174	
	Débit	Charges	Débit	Charges	Débit	Charges
	0 ^m ,01	0,0385	0,000 011	0,0503	0,000 010	0,0636
0,05	0,1924	0,000 099	0,2513	0,000 086	0,3181	0,000 077
0,10	0,3848	0,000 298	0,5027	0,000 260	0,6362	0,000 231
0,15	0,5773	0,000 596	0,7540	0,000 521	0,9543	0,000 463
0,20	0,7697	0,000 994	1,0053	0,000 869	1,2723	0,000 773
0,25	0,9621	0,001 491	1,2566	0,001 304	1,5904	0,001 159
0,30	1,1545	0,002 088	1,5080	0,001 827	1,9085	0,001 624
0,35	1,3470	0,002 784	1,7593	0,002 436	2,2266	0,002 165
0,40	1,5394	0,003 580	2,0106	0,003 132	2,5447	0,002 784
0,45	1,7318	0,004 475	2,2620	0,003 916	2,8628	0,003 480
0,50	1,9242	0,005 470	2,5138	0,004 786	3,1809	0,004 254
0,55	2,1166	0,006 564	2,7646	0,005 744	3,4989	0,005 105
0,60	2,3091	0,007 758	3,0159	0,006 788	3,8170	0,006 034
0,65	2,5015	0,009 051	3,2672	0,007 920	4,1351	0,007 040
0,70	2,6939	0,010 444	3,5186	0,009 138	4,4532	0,008 123
0,75	2,8863	0,011 936	3,7699	0,010 444	4,7713	0,009 284
0,80	3,0788	0,013 528	4,0212	0,011 837	5,0894	0,010 522
0,85	3,2712	0,015 219	4,2726	0,013 317	5,4075	0,011 837
0,90	3,4636	0,017 010	4,5239	0,014 884	5,7255	0,013 230
0,95	3,6560	0,018 901	4,7752	0,016 538	6,0436	0,014 700
1,00	3,8484	0,020 890	5,0266	0,018 279	6,3617	0,016 248
1,05	4,0409	0,022 980	5,2779	0,020 107	6,6798	0,017 873
1,10	4,2333	0,025 169	5,5292	0,022 022	6,9979	0,019 575
1,15	4,4257	0,027 457	5,7805	0,024 025	7,3160	0,021 355
1,20	4,6181	0,029 845	6,0319	0,026 114	7,6341	0,023 212
1,25	4,8105	0,032 332	6,2832	0,028 290	7,9522	0,025 147
1,30	5,0030	0,034 919	6,5345	0,030 554	8,2702	0,027 159
1,35	5,1954	0,037 605	6,7858	0,032 904	8,5883	0,029 248
1,40	5,3878	0,040 391	7,0372	0,035 342	8,9064	0,031 415
1,45	5,5803	0,043 276	7,2885	0,037 867	9,2245	0,033 659
1,50	5,7727	0,046 261	7,5398	0,040 478	9,5426	0,035 981
1,55	5,9651	0,049 346	7,7911	0,043 177	9,8607	0,038 380
1,60	6,1575	0,052 529	8,0425	0,045 963	10,1788	0,040 856
1,65	6,3499	0,055 813	8,2937	0,048 836	10,4968	0,043 410
1,70	6,5424	0,059 196	8,5451	0,051 796	10,8149	0,046 041
1,75	6,7348	0,062 678	8,7965	0,054 843	11,1330	0,048 749
1,80	6,9272	0,066 260	9,0478	0,057 977	11,4511	0,051 535
1,85	7,1196	0,069 941	9,2991	0,061 198	11,7692	0,054 399
1,90	7,3120	0,073 722	9,5505	0,064 507	12,0873	0,057 339
1,95	7,5045	0,077 602	9,8018	0,067 902	12,4053	0,060 357
2,00	7,6969	0,081 582	10,0531	0,071 384	12,7234	0,063 458
2,05	7,8893	0,085 662	10,3044	0,074 954	13,0415	0,066 626
2,10	8,0817	0,089 841	10,5558	0,078 610	13,3596	0,069 876
2,15	8,2741	0,094 119	10,8071	0,082 354	13,6777	0,073 203
2,20	8,4666	0,098 497	11,0584	0,086 185	13,9958	0,076 609
2,25	8,6590	0,102 974	11,3097	0,090 102	14,3139	0,080 091
2,30	8,8514	0,107 551	11,5610	0,094 107	14,6320	0,083 651
2,35	9,0438	0,112 227	11,8124	0,098 199	14,9501	0,087 288
2,40	9,2362	0,117 003	12,0637	0,102 378	15,2682	0,091 002
2,45	9,4287	0,121 879	12,3150	0,106 644	15,5862	0,094 794
2,50	9,6211	0,126 854	12,5664	0,110 997	15,9043	0,098 664

Vitesses moyennes	Diamètre de la conduite 0 ^m ,100 Section de la conduite 0 ^m ,007854		Diamètre de la conduite 0 ^m ,110 Section de la conduite 0 ^m ,00950334		Diamètre de la conduite 0 ^m ,125 Section de la conduite 0 ^m ,0122719	
	Débit	Charges	Débit	Charges	Débit	Charges
0 ^m ,01	0,0785	0,000 008	0,0950	0,000 007	0,1227	0,000 0055
0,05	0,3927	0,000 069	0,4752	0,000 063	0,6136	0,000 0552
0,10	0,7854	0,000 208	0,9503	0,000 189	1,2272	0,000 1667
0,15	1,1781	0,000 417	1,4255	0,000 379	1,8408	0,000 3336
0,20	1,5708	0,000 695	1,9007	0,000 632	2,4544	0,000 5561
0,25	1,9635	0,001 048	2,3758	0,000 949	3,0680	0,000 8344
0,30	2,3562	0,001 461	2,8510	0,001 328	3,6816	0,001 1683
0,35	2,7489	0,001 949	3,3262	0,001 771	4,2952	0,001 5579
0,40	3,1416	0,002 506	3,8013	0,002 278	4,9088	0,002 0032
0,45	3,5343	0,003 132	4,2765	0,002 848	5,5224	0,002 5041
0,50	3,9270	0,003 329	4,7517	0,003 481	6,1360	0,003 0608
0,55	4,3197	0,004 595	5,2268	0,004 177	6,7496	0,003 6731
0,60	4,7124	0,005 430	5,7020	0,004 937	7,3632	0,004 3411
0,65	5,1051	0,006 336	6,1772	0,005 760	7,9768	0,005 0648
0,70	5,4978	0,007 311	6,6523	0,006 646	8,5904	0,005 8441
0,75	5,8905	0,008 355	7,1275	0,007 596	9,2040	0,006 6792
0,80	6,2832	0,009 470	7,6027	0,008 609	9,8176	0,007 5699
0,85	6,6759	0,010 653	8,0778	0,009 685	10,4312	0,008 5163
0,90	7,0686	0,011 907	8,5530	0,010 825	11,0448	0,009 5184
0,95	7,4613	0,013 230	9,0282	0,012 027	11,6584	0,010 5761
1,00	7,8540	0,014 628	9,5033	0,013 294	12,2720	0,011 6896
1,05	8,2467	0,016 086	9,9785	0,014 023	12,8856	0,012 8587
1,10	8,6394	0,017 618	10,4537	0,016 016	13,4992	0,014 0835
1,15	9,0321	0,019 220	10,9288	0,017 472	14,1128	0,015 3640
1,20	9,4248	0,020 891	11,4040	0,018 992	14,7264	0,016 7001
1,25	9,8175	0,022 632	11,8792	0,020 575	15,3400	0,018 0916
1,30	10,2102	0,024 443	12,3543	0,022 221	15,9536	0,019 5395
1,35	10,6029	0,026 323	12,8295	0,023 930	16,5672	0,021 0427
1,40	10,9956	0,028 274	13,3047	0,025 703	17,1808	0,022 6016
1,45	11,3883	0,030 293	13,7798	0,027 539	17,7944	0,024 2161
1,50	11,7810	0,032 383	14,2550	0,029 439	18,4080	0,025 8800
1,55	12,1737	0,034 542	14,7302	0,031 402	19,0216	0,027 6123
1,60	12,5664	0,036 770	15,2053	0,033 428	19,6352	0,029 3939
1,65	12,9591	0,039 069	15,6805	0,035 517	20,2488	0,031 2312
1,70	13,3518	0,041 437	16,1557	0,037 670	20,8624	0,033 1241
1,75	13,7445	0,043 874	16,6308	0,039 886	21,4760	0,035 0728
1,80	14,1372	0,046 382	17,1060	0,042 165	22,0896	0,037 0771
1,85	14,5299	0,048 959	17,5812	0,044 508	22,7032	0,039 1371
1,90	14,9226	0,051 605	18,0563	0,046 914	23,3168	0,041 2528
1,95	15,3153	0,054 322	18,5315	0,049 383	23,9304	0,043 4241
2,00	15,7081	0,057 107	19,0067	0,051 916	24,5440	0,045 6512
2,05	16,1007	0,059 963	19,4818	0,054 512	25,1576	0,047 9339
2,10	16,4934	0,062 888	19,9570	0,057 171	25,7712	0,050 2728
2,15	16,8861	0,065 883	20,4322	0,059 894	26,3848	0,052 6664
2,20	17,2788	0,068 948	20,9073	0,062 680	26,9984	0,055 1161
2,25	17,6715	0,072 032	21,3825	0,065 529	27,6120	0,057 6227
2,30	18,0642	0,075 286	21,8577	0,068 441	28,2256	0,060 1827
2,35	18,4569	0,078 559	22,3328	0,071 417	28,8392	0,062 7995
2,40	18,8496	0,081 902	22,8080	0,074 456	29,4528	0,065 4720
2,45	19,2423	0,085 315	23,2832	0,077 559	30,0664	0,068 2001
2,50	19,6350	0,088 797	23,7583	0,080 725	30,6800	0,070 9840

Vitesses moyennes	Diamètre de la conduite 0 ^m ,150 Section de la conduite 0 ^m ,0176715		Diamètre de la conduite 0 ^m ,175 Section de la conduite 0 ^m ,024053		Diamètre de la conduite 0 ^m ,200 Section de la conduite 0 ^m ,031416	
	Débit	Charges	Débit	Charges	Débit	Charges
	0 ^m ,01	0,1767	0,000 005	0,2405	0,000 003	0,3142
0,05	0,8836	0,000 046	1,2026	0,000 039	1,5708	0,000 034
0,10	1,7671	0,000 139	2,4053	0,000 119	3,1416	0,000 104
0,15	2,6507	0,000 278	3,6079	0,000 238	4,7124	0,000 208
0,20	3,5343	0,000 463	4,8106	0,000 397	6,2832	0,000 347
0,25	4,4179	0,000 695	6,9132	0,000 595	7,8540	0,000 521
0,30	5,3014	0,000 974	7,2159	0,000 834	9,4248	0,000 730
0,35	6,1850	0,001 299	8,4185	0,001 112	10,9956	0,000 974
0,40	7,0686	0,001 670	9,6212	0,001 430	12,5664	0,001 253
0,45	7,9522	0,002 088	10,8238	0,001 788	14,1372	0,001 566
0,50	8,8357	0,002 552	12,0265	0,002 185	15,7080	0,001 914
0,55	9,7193	0,003 063	13,2291	0,002 622	17,2788	0,002 297
0,60	10,6029	0,003 620	14,4318	0,003 099	18,8496	0,002 715
0,65	11,4865	0,004 224	15,6344	0,003 616	20,4204	0,003 168
0,70	12,3700	0,004 874	16,8371	0,004 173	21,9912	0,003 655
0,75	13,2536	0,005 570	18,0397	0,004 769	23,5620	0,004 177
0,80	14,1372	0,006 313	19,2424	0,005 405	25,1328	0,004 735
0,85	15,0208	0,007 102	20,4450	0,006 081	26,7036	0,005 326
0,90	15,9043	0,007 938	21,6477	0,006 796	28,2744	0,005 953
0,95	16,7879	0,008 820	22,8503	0,007 552	29,8452	0,006 615
1,00	17,6715	0,009 749	24,0530	0,008 347	31,4160	0,007 311
1,05	18,5550	0,010 724	25,2556	0,009 181	32,9868	0,008 043
1,10	19,4386	0,011 745	26,4583	0,010 056	34,5576	0,008 809
1,15	20,3222	0,012 813	27,6609	0,010 970	36,1284	0,009 610
1,20	21,2058	0,013 927	28,8636	0,011 924	37,6992	0,010 445
1,25	22,0893	0,015 088	30,0662	0,012 918	39,2700	0,011 316
1,30	22,9729	0,016 295	31,2689	0,013 952	40,8408	0,012 221
1,35	23,8565	0,017 549	32,4715	0,015 025	42,4116	0,013 161
1,40	24,7401	0,018 849	33,6742	0,016 138	43,9824	0,014 137
1,45	25,6237	0,020 195	34,8768	0,017 291	45,5532	0,015 146
1,50	26,5072	0,021 588	36,0795	0,018 533	47,1240	0,016 191
1,55	27,3908	0,023 028	37,2821	0,019 716	48,6948	0,017 271
1,60	28,2744	0,024 513	38,4848	0,020 989	50,2656	0,018 385
1,65	29,1580	0,026 046	39,6874	0,022 301	51,8364	0,019 534
1,70	30,0415	0,027 624	40,8901	0,023 652	53,4072	0,020 718
1,75	30,9251	0,029 249	42,0927	0,025 044	54,9780	0,021 937
1,80	31,8087	0,030 921	43,2954	0,026 475	56,5488	0,023 191
1,85	32,6922	0,032 639	44,4980	0,027 946	58,1196	0,024 479
1,90	33,5758	0,034 403	45,7007	0,029 457	59,6904	0,025 802
1,95	34,4594	0,036 214	46,9033	0,031 007	61,2612	0,027 161
2,00	35,3430	0,038 071	48,1060	0,032 597	62,8320	0,028 553
2,05	36,2265	0,039 975	49,3086	0,034 227	64,4028	0,029 981
2,10	37,1101	0,041 925	50,5113	0,035 897	65,9736	0,031 444
2,15	37,9937	0,043 922	51,7139	0,037 607	67,5444	0,032 941
2,20	38,8772	0,045 965	52,9166	0,039 356	69,1152	0,034 474
2,25	39,7608	0,048 054	54,1192	0,041 145	70,6860	0,036 041
2,30	40,6444	0,050 190	55,3219	0,042 974	72,2568	0,037 643
2,35	41,5279	0,052 373	56,5245	0,044 842	73,8276	0,039 279
2,40	42,4115	0,054 601	57,7272	0,046 723	75,3984	0,040 951
2,45	43,2951	0,056 876	58,9298	0,048 699	76,9692	0,042 657
2,50	44,1787	0,059 193	60,1325	0,050 687	78,5400	0,044 398

Vitesses moyennes	Diamètre de la conduite 0 ^m ,225 Section de la conduite 0 ^m ,039761		Diamètre de la conduite 0 ^m ,250 Section de la conduite 0 ^m ,0490875		Diamètre de la conduite 0 ^m ,300 Section de la conduite 0 ^m ,070586	
	Débit	Charges	Débit	Charges	Débit	Charges
	0 ^m ,01	0,3976	0,000 020	0,4909	0,000 003	0,7069
0,05	1,9880	0,000 030	2,4544	0,000 027	3,5343	0,000 023
0,10	3,9761	0,000 092	4,9087	0,000 083	7,0686	0,000 069
0,15	5,9641	0,000 185	7,3631	0,000 166	10,6029	0,000 139
0,20	7,9522	0,000 308	9,8175	0,000 278	14,1372	0,000 231
0,25	9,9492	0,000 463	12,2719	0,000 417	17,6715	0,000 347
0,30	11,9283	0,000 648	14,7262	0,000 584	21,2058	0,000 487
0,35	13,9163	0,000 865	17,1806	0,000 779	24,7401	0,000 649
0,40	15,9044	0,001 112	19,6350	0,001 002	28,2744	0,000 835
0,45	17,8924	0,001 390	22,0894	0,001 253	31,8087	0,001 044
0,50	19,8805	0,001 699	24,5437	0,001 531	35,8430	0,001 276
0,55	21,8685	0,002 039	26,9981	0,001 838	38,8773	0,001 531
0,60	23,8566	0,002 410	29,4525	0,002 172	42,4116	0,001 810
0,65	25,8446	0,002 812	31,9069	0,002 534	45,9459	0,002 112
0,70	27,8327	0,003 245	34,3612	0,002 924	49,4802	0,002 437
0,75	29,8207	0,003 709	36,8156	0,003 342	53,0145	0,002 785
0,80	31,8088	0,004 203	39,2700	0,003 788	56,5488	0,003 156
0,85	33,7968	0,004 729	41,7244	0,004 261	60,0831	0,003 551
0,90	35,7849	0,005 285	44,1787	0,004 763	63,6174	0,003 969
0,95	37,7729	0,005 873	46,6331	0,005 292	67,1517	0,004 410
1,00	39,7610	0,006 491	49,0875	0,005 849	70,6860	0,004 874
1,05	41,7490	0,007 118	51,5418	0,006 434	74,2203	0,005 362
1,10	43,7371	0,007 820	53,9962	0,007 047	77,7546	0,005 872
1,15	45,7251	0,008 531	56,4506	0,007 688	81,2889	0,006 406
1,20	47,7132	0,009 273	58,9050	0,008 356	84,8232	0,006 963
1,25	49,7012	0,010 046	61,3593	0,009 053	88,3575	0,007 544
1,30	51,6893	0,010 850	63,8137	0,009 777	91,8918	0,008 147
1,35	53,6773	0,011 685	66,2681	0,010 529	95,4261	0,008 774
1,40	55,6654	0,012 550	68,7225	0,011 309	98,9604	0,009 424
1,45	57,6534	0,013 447	71,1769	0,012 117	102,4947	0,010 097
1,50	59,6415	0,014 375	73,6312	0,012 953	106,0290	0,010 794
1,55	61,6295	0,015 333	76,0856	0,013 816	109,5633	0,011 514
1,60	63,6176	0,016 312	78,5400	0,014 708	113,0976	0,012 256
1,65	65,6056	0,017 343	80,9944	0,015 627	116,6319	0,013 023
1,70	67,5937	0,018 394	83,4487	0,016 574	120,1662	0,013 812
1,75	69,5817	0,019 476	85,9031	0,017 549	123,7005	0,014 624
1,80	71,5698	0,020 589	88,3575	0,018 552	127,2348	0,015 460
1,85	73,5578	0,021 733	90,8118	0,019 583	130,7691	0,016 319
1,90	75,5459	0,022 908	93,2662	0,020 642	134,3034	0,017 201
1,95	77,5339	0,024 113	95,7206	0,021 728	137,8377	0,018 107
2,00	79,5220	0,025 350	98,1750	0,022 843	141,3720	0,019 035
2,05	81,5100	0,026 618	100,6293	0,023 985	144,9063	0,019 987
2,10	83,4981	0,027 916	103,0837	0,025 155	148,4406	0,020 962
2,15	85,4861	0,029 246	105,5381	0,026 353	151,9749	0,021 961
2,20	87,4742	0,030 606	107,9924	0,027 579	155,5092	0,022 982
2,25	89,4622	0,031 997	110,4468	0,028 832	159,0435	0,024 027
2,30	91,4503	0,033 420	112,9012	0,030 114	162,5778	0,025 095
2,35	93,4383	0,034 873	115,3555	0,031 423	166,1121	0,026 186
2,40	95,4264	0,036 357	117,8099	0,032 761	169,6464	0,027 300
2,45	97,4144	0,037 872	120,2643	0,034 126	173,1807	0,028 438
2,50	99,4025	0,039 418	122,7187	0,035 519	176,7150	0,029 599

Vitesses moyennes	Diamètre de la conduite 0 ^m ,350 Section de la conduite 0 ^m ,0962115		Diamètre de la conduite 0 ^m ,400 Section de la conduite 0 ^m ,125664		Diamètre de la conduite 0 ^m ,450 Section de la conduite 0 ^m ,1590435	
	Débit	Charges	Débit	Charges	Débit	Charges
0 ^m ,01	0,9621	0,000 002	1,2566	0,000 002	1,5904	0,000 001
0,05	4,8106	0,000 019	6,2832	0,000 017	7,9522	0,000 015
0,10	9,6211	0,000 059	12,5664	0,000 052	15,9043	0,000 046
0,15	14,4317	0,000 119	18,8496	0,000 104	23,8565	0,000 092
0,20	19,2423	0,000 198	25,1328	0,000 173	31,8087	0,000 154
0,25	24,0529	0,000 298	31,4160	0,000 260	39,7609	0,000 231
0,30	28,8634	0,000 417	37,6992	0,000 365	47,7130	0,000 324
0,35	33,6740	0,000 556	43,9824	0,000 487	55,6652	0,000 433
0,40	38,4846	0,000 716	50,2656	0,000 626	63,6174	0,000 556
0,45	43,2952	0,000 895	56,5488	0,000 783	71,5696	0,000 696
0,50	48,1057	0,001 094	62,8320	0,000 957	79,5217	0,000 850
0,55	52,9163	0,001 312	69,1152	0,001 148	87,4739	0,001 021
0,60	57,7269	0,001 551	75,3984	0,001 357	95,4261	0,001 206
0,65	62,5375	0,001 810	81,6816	0,001 584	103,3783	0,001 408
0,70	67,3480	0,002 088	87,9648	0,001 827	111,3304	0,001 624
0,75	72,1586	0,002 387	94,2480	0,002 038	119,2826	0,001 856
0,80	76,9692	0,002 705	100,5312	0,002 367	127,2348	0,002 104
0,85	81,7798	0,003 043	106,8144	0,002 663	135,1870	0,002 367
0,90	86,5903	0,003 402	113,0976	0,002 976	143,1391	0,002 646
0,95	91,4009	0,003 780	119,3808	0,003 307	151,0913	0,002 940
1,00	96,2115	0,004 178	125,6640	0,003 685	159,0435	0,003 249
1,05	101,0221	0,004 596	131,9472	0,004 021	166,9957	0,003 574
1,10	105,8326	0,005 033	138,2304	0,004 404	174,9478	0,003 915
1,15	110,6432	0,005 491	144,5136	0,004 805	182,9000	0,004 271
1,20	115,4538	0,005 969	150,7968	0,005 222	190,8522	0,004 642
1,25	120,2644	0,006 486	157,0800	0,005 658	198,8044	0,005 029
1,30	125,0749	0,006 983	163,3632	0,006 110	206,7565	0,005 431
1,35	129,8855	0,007 521	169,6464	0,006 581	214,7087	0,005 849
1,40	134,6961	0,008 078	175,9296	0,007 068	222,6609	0,006 283
1,45	139,5067	0,008 655	182,2128	0,007 573	230,6131	0,006 731
1,50	144,3172	0,009 252	188,4960	0,008 095	238,5652	0,007 196
1,55	149,1280	0,009 869	194,7792	0,008 635	246,5174	0,007 676
1,60	153,9384	0,010 505	201,0624	0,009 192	254,4696	0,008 171
1,65	158,7490	0,011 162	207,3456	0,009 767	262,4218	0,008 682
1,70	163,5595	0,011 839	213,6288	0,010 359	270,3739	0,009 208
1,75	168,3701	0,012 535	219,9120	0,010 968	278,3261	0,009 749
1,80	173,1807	0,013 252	226,1952	0,011 595	286,2783	0,010 307
1,85	177,9913	0,013 988	232,4784	0,012 239	294,2305	0,010 879
1,90	182,8018	0,014 744	238,7616	0,012 901	302,1826	0,011 467
1,95	187,6124	0,015 520	245,0448	0,013 580	310,1348	0,012 071
2,00	192,4230	0,016 316	251,3280	0,014 276	318,0870	0,012 690
2,05	197,2336	0,017 132	257,6112	0,014 990	326,0392	0,013 325
2,10	202,0441	0,017 968	263,8944	0,015 722	333,9913	0,013 975
2,15	206,8547	0,018 823	269,1776	0,016 470	341,9435	0,014 640
2,20	211,6653	0,019 699	276,4608	0,017 237	349,8957	0,015 321
2,25	216,4759	0,020 594	282,7440	0,018 020	357,8479	0,016 018
2,30	221,2864	0,021 510	289,0272	0,018 821	365,8000	0,016 730
2,35	226,0970	0,022 445	295,3104	0,019 639	373,7522	0,017 457
2,40	230,9076	0,023 400	301,5936	0,020 475	381,7044	0,018 200
2,45	235,7182	0,024 375	307,8768	0,021 328	389,6566	0,018 958
2,50	240,5237	0,025 370	314,1600	0,022 199	397,6037	0,019 782

Vitesses moyennes	Diamètre de la conduite 0 ^m ,500 Section de la conduite 0 ^m ,19635		Diamètre de la conduite 0 ^m ,600 Section de la conduite 0 ^m ,282744		Diamètre de la conduite 0 ^m ,700 Section de la conduite 0 ^m ,384846	
	Débit	Charges	Débit	Charges	Débit	Charges
	0 ^m ,01	1,9635	0,000 001	12,8274	0,000 001	3,8484
0,05	9,8175	0,000 013	14,1372	0,000 011	19,2423	0,000 009
0,10	19,6350	0,000 041	28,2744	0,000 034	38,4846	0,000 029
0,15	29,4525	0,000 083	42,4116	0,000 069	57,7269	0,000 059
0,20	39,2700	0,000 139	56,5488	0,000 115	76,9692	0,000 099
0,25	49,0875	0,000 208	70,6860	0,000 173	96,2115	0,000 149
0,30	58,9050	0,000 292	84,8232	0,000 243	115,4538	0,000 208
0,35	68,7225	0,000 389	98,9604	0,000 324	134,6961	0,000 278
0,40	78,5400	0,000 501	113,0976	0,000 417	153,9384	0,000 358
0,45	88,3575	0,000 626	127,2348	0,000 522	173,1807	0,000 447
0,50	98,1750	0,000 765	141,3720	0,000 638	192,4230	0,000 546
0,55	107,9925	0,000 919	155,5092	0,000 765	211,6653	0,000 656
0,60	117,8100	0,001 086	169,6464	0,000 905	230,9076	0,000 776
0,65	127,6275	0,001 267	183,7836	0,001 056	250,1499	0,000 905
0,70	137,4450	0,001 462	197,9208	0,001 218	269,3922	0,001 044
0,75	147,2625	0,001 671	212,0580	0,001 392	288,6345	0,001 193
0,80	157,0800	0,001 894	226,1952	0,001 578	307,8768	0,001 353
0,85	166,8975	0,002 130	240,3324	0,001 775	327,1191	0,001 521
0,90	176,7150	0,002 381	254,4696	0,001 984	346,3614	0,001 701
0,95	186,5325	0,002 646	268,6068	0,002 205	365,6037	0,001 890
1,00	196,3500	0,002 924	282,7440	0,002 437	384,8460	0,020 089
1,05	206,1675	0,003 217	296,8812	0,002 681	404,0883	0,002 298
1,10	215,9850	0,003 523	311,0184	0,002 936	423,3306	0,002 517
1,15	225,8025	0,003 844	325,1556	0,003 203	442,5729	0,002 745
1,20	235,6200	0,004 178	339,2928	0,003 481	461,8152	0,002 984
1,25	245,4375	0,004 526	353,4300	0,003 772	481,0575	0,003 233
1,30	255,2550	0,004 888	367,5672	0,004 073	500,2998	0,003 492
1,35	265,0725	0,005 264	381,7044	0,004 387	519,5421	0,003 760
1,40	274,8900	0,005 654	395,8416	0,004 712	538,7844	0,004 039
1,45	284,7075	0,006 058	409,9788	0,005 048	558,0267	0,004 327
1,50	294,5250	0,006 476	424,1160	0,005 397	577,2690	0,004 626
1,55	304,3425	0,006 908	438,2532	0,005 757	596,5113	0,004 934
1,60	314,1600	0,007 354	452,3904	0,006 128	615,7536	0,005 253
1,65	323,9775	0,007 813	466,5276	0,006 511	634,9959	0,005 581
1,70	333,7950	0,008 287	480,6648	0,006 906	654,2382	0,005 919
1,75	343,6125	0,008 774	494,8020	0,007 312	673,4805	0,006 268
1,80	353,4300	0,009 276	508,9392	0,007 730	692,7228	0,006 626
1,85	363,2475	0,009 791	523,0764	0,008 159	711,9651	0,006 994
1,90	373,0650	0,010 321	537,2136	0,008 600	731,2074	0,007 372
1,95	382,8825	0,010 864	551,3508	0,009 053	750,4497	0,007 760
2,00	392,7000	0,011 421	565,4880	0,009 517	769,6920	0,008 158
2,05	402,5175	0,011 992	579,6252	0,009 993	788,9343	0,008 566
2,10	412,3350	0,012 577	593,7624	0,010 481	808,1766	0,008 984
2,15	422,1525	0,013 176	607,8996	0,010 980	827,4189	0,009 412
2,20	431,9700	0,013 789	622,0368	0,011 491	846,6612	0,009 849
2,25	441,7875	0,014 416	636,1740	0,012 013	865,9035	0,010 297
2,30	451,6050	0,015 057	650,3112	0,012 547	885,1458	0,010 755
2,35	461,4225	0,015 711	664,4484	0,013 093	904,3881	0,011 222
2,40	471,2400	0,016 380	678,5856	0,013 650	923,6304	0,011 700
2,45	481,0575	0,017 063	692,7228	0,014 219	942,8727	0,012 188
2,50	490,8750	0,017 759	706,8600	0,014 799	962,1150	0,012 685

Vitesses moyennes	Diamètre de la conduite 0 ^m ,800 Section de la conduite 0 ^m ,502656		Diamètre de la conduite 0 ^m ,900 Section de la conduite 0 ^m ,636174		Diamètre de la conduite 1 ^m ,000 Section de la conduite 0 ^m ,785398	
	Débit	Charges	Débit	Charges	Débit	Charges
0 ^m ,01	5,0265	0,000 001	6,3617	0,000 000	7,8539	0,000 000
0,05	25,1328	0,000 008	31,8087	0,000 007	39,2694	0,000 006
0,10	50,2656	0,000 026	63,6174	0,000 023	78,5389	0,000 020
0,15	75,3984	0,000 052	95,4261	0,000 046	117,8083	0,000 041
0,20	100,5312	0,000 087	127,2348	0,000 077	157,0778	0,000 069
0,25	125,6640	0,000 130	159,0435	0,000 116	196,3472	0,000 104
0,30	150,7968	0,000 182	190,8522	0,000 162	235,6167	0,000 146
0,35	175,9296	0,000 243	222,6609	0,000 216	274,8861	0,000 194
0,40	201,0624	0,000 313	254,4696	0,000 278	314,1556	0,000 250
0,45	226,1952	0,000 391	286,2783	0,000 348	353,4250	0,000 313
0,50	251,3280	0,000 478	318,0870	0,000 425	392,6945	0,000 382
0,55	276,4608	0,000 574	349,8957	0,000 510	431,9639	0,000 459
0,60	301,5936	0,000 679	381,7044	0,000 603	471,2334	0,000 543
0,65	326,7264	0,000 792	413,5131	0,000 704	510,5028	0,000 633
0,70	351,8592	0,000 914	445,3218	0,000 812	549,7723	0,000 731
0,75	376,9920	0,001 044	477,1305	0,000 928	589,0417	0,000 835
0,80	402,1248	0,001 184	508,9392	0,001 052	628,3112	0,000 947
0,85	427,2576	0,001 331	540,7479	0,001 183	667,5806	0,001 065
0,90	452,3904	0,001 488	572,5566	0,001 323	706,8501	0,001 190
0,95	477,5232	0,001 654	604,3653	0,001 470	746,1195	0,001 323
1,00	502,6560	0,001 828	636,1740	0,001 622	785,3890	0,001 460
1,05	527,7888	0,002 011	667,9827	0,001 787	824,6584	0,001 608
1,10	552,9216	0,002 202	699,7914	0,001 957	863,9279	0,001 762
1,15	578,0544	0,002 402	731,6001	0,002 135	903,1973	0,001 922
1,20	603,1872	0,002 611	763,4088	0,002 321	942,4668	0,002 089
1,25	628,3200	0,002 829	795,2175	0,002 514	971,7362	0,002 263
1,30	653,4528	0,003 055	827,0262	0,002 716	1021,0057	0,002 444
1,35	678,5856	0,003 290	858,8349	0,002 924	1050,2751	0,002 632
1,40	703,7184	0,003 534	890,6436	0,003 141	1099,5446	0,002 827
1,45	728,8512	0,003 786	922,4523	0,003 365	1138,8140	0,003 029
1,50	753,9840	0,004 048	954,2610	0,003 598	1178,0835	0,003 238
1,55	779,1168	0,004 318	986,0697	0,003 838	1217,3529	0,003 454
1,60	804,2496	0,004 596	1017,8784	0,004 085	1256,6224	0,003 677
1,65	829,3824	0,004 883	1049,6871	0,004 340	1295,8918	0,003 906
1,70	854,5152	0,005 179	1081,4958	0,004 604	1335,1613	0,004 143
1,75	879,6480	0,005 484	1113,3045	0,004 875	1374,4307	0,004 387
1,80	904,7808	0,005 798	1145,1132	0,005 153	1413,7002	0,004 638
1,85	929,9136	0,006 120	1176,9219	0,005 440	1452,9696	0,004 896
1,90	955,0464	0,006 450	1208,7306	0,005 733	1492,2381	0,005 160
1,95	980,1792	0,006 790	1240,5393	0,006 036	1531,5075	0,005 432
2,00	1005,3120	0,007 138	1272,3480	0,006 345	1570,7770	0,005 610
2,05	1030,4448	0,007 495	1304,1567	0,006 662	1610,0474	0,005 996
2,10	1055,5776	0,007 861	1335,9654	0,006 987	1649,3169	0,006 288
2,15	1080,7104	0,008 235	1367,7741	0,007 320	1688,5863	0,006 588
2,20	1105,8432	0,008 618	1399,5828	0,007 660	1727,8558	0,006 894
2,25	1130,9760	0,009 010	1431,3915	0,008 009	1767,1252	0,007 208
2,30	1156,1088	0,009 411	1463,2002	0,008 365	1806,3947	0,007 528
2,35	1181,2416	0,009 820	1495,0089	0,008 728	1845,6641	0,007 856
2,40	1206,3744	0,010 238	1526,8176	0,009 100	1884,9336	0,008 190
2,45	1231,5072	0,010 664	1558,6263	0,009 479	1924,2030	0,008 531
2,50	1256,6400	0,011 099	1590,4350	0,009 866	1963,4725	0,008 879

Vitesses moyennes	Diamètre de la conduite 1 ^m ,100 Section de la conduite 0 ^m ,950334		Diamètre de la conduite 1 ^m ,250 Section de la conduite 1 ^m ,22719		Diamètre de la conduite 1 ^m ,500 Section de la conduite 1 ^m ,76715	
	Débit	Charges	Débit	Charges	Débit	Charges
0 ^m ,01	9,5033	0,000 000	12,271	0,000 000	17,671	0,000 000
0,05	47,5167	0,000 006	61,357	0,000 005	88,355	0,000 004
0,10	95,0334	0,000 018	122,715	0,000 016	176,710	0,000 013
0,15	142,5501	0,000 037	184,072	0,000 033	265,065	0,000 027
0,20	190,0668	0,000 063	245,430	0,000 055	353,420	0,000 046
0,25	237,5835	0,000 094	306,787	0,000 083	441,775	0,000 069
0,30	285,1002	0,000 132	368,145	0,000 116	530,130	0,000 097
0,35	332,6169	0,000 177	429,502	0,000 155	618,485	0,000 129
0,40	380,1336	0,000 228	490,860	0,000 200	706,840	0,000 166
0,45	427,6503	0,000 284	552,217	0,000 250	795,195	0,000 208
0,50	475,1670	0,000 343	613,575	0,000 306	883,550	0,000 254
0,55	522,6837	0,000 417	674,932	0,000 367	971,905	0,000 305
0,60	570,2004	0,000 493	736,290	0,000 434	1060,260	0,000 360
0,65	617,7171	0,000 576	797,647	0,000 506	1148,615	0,000 421
0,70	665,2338	0,000 664	859,005	0,000 584	1236,970	0,000 485
0,75	712,7505	0,000 759	920,362	0,000 667	1325,325	0,000 555
0,80	760,2672	0,000 861	981,720	0,000 756	1413,680	0,000 629
0,85	807,7839	0,000 968	1043,077	0,000 851	1502,035	0,000 707
0,90	855,3006	0,001 082	1104,435	0,000 951	1590,390	0,000 791
0,95	902,8173	0,001 202	1165,792	0,001 057	1678,745	0,000 879
1,00	950,3340	0,001 329	1227,150	0,001 168	1767,150	0,000 971
1,05	997,8507	0,001 462	1288,507	0,001 285	1855,455	0,001 068
1,10	1045,3674	0,001 601	1349,865	0,001 408	1943,810	0,001 170
1,15	1092,8841	0,001 747	1411,222	0,001 536	2032,165	0,001 277
1,20	1140,4008	0,001 899	1472,580	0,001 670	2120,520	0,001 388
1,25	1187,9175	0,002 057	1533,937	0,001 809	2208,875	0,001 503
1,30	1235,4342	0,002 222	1595,295	0,001 953	2297,230	0,001 624
1,35	1282,9509	0,002 393	1656,652	0,002 104	2385,585	0,001 743
1,40	1330,4676	0,002 570	1718,010	0,002 260	2473,940	0,001 878
1,45	1377,9843	0,002 753	1779,367	0,002 421	2562,295	0,002 012
1,50	1425,5010	0,002 944	1840,725	0,002 586	2650,650	0,002 151
1,55	1473,0177	0,003 140	1902,082	0,002 761	2739,005	0,002 295
1,60	1520,5344	0,003 342	1963,440	0,002 939	2827,360	0,002 443
1,65	1568,0521	0,003 551	2024,797	0,003 123	2915,715	0,002 596
1,70	1615,5678	0,003 766	2086,155	0,003 312	3004,070	0,002 753
1,75	1663,0845	0,003 988	2147,512	0,003 507	3092,425	0,002 915
1,80	1710,6012	0,004 216	2208,870	0,003 707	3180,780	0,003 082
1,85	1758,1179	0,004 450	2270,227	0,003 913	3269,135	0,003 253
1,90	1805,6346	0,004 691	2331,585	0,004 125	3357,490	0,003 429
1,95	1853,1513	0,004 938	2392,942	0,004 342	3445,845	0,003 609
2,00	1900,6680	0,005 191	2454,300	0,004 565	3534,200	0,003 794
2,05	1948,1847	0,005 451	2515,657	0,004 793	3622,555	0,003 984
2,10	1995,7014	0,005 716	2577,015	0,005 027	3710,910	0,004 178
2,15	2043,2181	0,005 989	2638,372	0,005 266	3799,265	0,004 377
2,20	2090,7348	0,006 268	2699,730	0,005 511	3887,620	0,004 581
2,25	2138,2515	0,006 553	2761,087	0,005 762	3975,975	0,004 789
2,30	2185,7682	0,006 844	2822,445	0,006 018	4064,330	0,005 002
2,35	2233,2849	0,007 141	2883,802	0,006 279	4152,685	0,005 220
2,40	2280,8016	0,007 445	2945,160	0,006 547	4241,040	0,005 442
2,45	2328,3183	0,007 756	3006,517	0,006 820	4329,395	0,005 669
2,50	2375,8350	0,008 072	3067,875	0,007 109	4417,750	0,005 909

CINQUIÈME PARTIE

AIR COMPRIMÉ

GÉNÉRALITÉS. — I. Avant-projet pour l'établissement d'une centrale d'air comprimé : Choix du matériel. — Facteurs intervenant dans le calcul de la centrale.

II. Distribution de l'air comprimé : Rendement théorique de l'air comprimé. — Calcul des pertes de charge dans les conduites. — Les bifurcations. — Pertes de charge dans les appareils accessoires. — Constitution des réseaux. — Surveillance des centrales de compression et des réseaux de distribution.

III. Le matériel de compression : Les compresseurs à pistons — Construction et fonctionnement des compresseurs à pistons. — Commande électrique des compresseurs à pistons. — Incidents de marche des compresseurs à pistons. — Contrôle du fonctionnement des compresseurs à pistons. — Les méthodes d'essais. — Exemples d'essais. — Emploi de diagrammes pour simplifier les calculs. — Les compresseurs centrifuges : Construction et fonctionnement des compresseurs centrifuges. — Utilisation et zone d'emploi des compresseurs centrifuges. — Essais des compresseurs centrifuges.

Généralités.

Une distribution d'énergie par l'air comprimé comprend trois parties : les engins de compression, les canalisations, les appareils de réception.

Nous allons étudier successivement la question de production de l'air comprimé et de sa distribution : son utilisation étant étudiée ailleurs.

I. — AVANT-PROJET POUR L'ÉTABLISSEMENT D'UNE CENTRALE DE COMPRESSION

Choix du matériel. — On utilise pour la production de l'air comprimé les compresseurs à pistons et les turbo-compresseurs commandés par la vapeur ou électriquement.

Au point de vue du rendement, le compresseur à piston est supérieur au turbo-compresseur, mais le second est mieux adapté pour une production importante d'air comprimé (150 à 200 mètres cubes-minute) en raison de son plus faible encombrement.

Les compresseurs à commande électrique se prêtent facilement à une installation dans le voisinage du lieu d'utilisation d'air comprimé, à condition toutefois de disposer d'une alimentation convenable en eau exempte d'impuretés, dans une atmosphère non poussiéreuse.

Facteurs intervenant dans le calcul de la centrale (1). — L'importance de la centrale de compression alimentant un siège d'extraction dépend essentiellement de l'allure du gisement, de la production journalière, de la proportion de charbon abattu mécaniquement, de la nature et du nombre des appareils pneumatiques utilisés, c'est-à-dire de la dépense moyenne d'air comprimé par tonne extraite et des variations horaires des besoins du fond.

Consommation d'air comprimé par tonne de charbon. — La consommation d'air comprimé par tonne de charbon extraite varie dans les houillères françaises du Nord, suivant le degré de mécanisation de l'abatage et de l'allure du gisement. Mesurées à la pression atmosphérique, ces consommations évaluées en mètres cubes-minute ont été les suivantes dans quatre cas : 165 mètres cubes ; 128 mètres cubes ; 130 mètres cubes ; 160 mètres cubes. Cette consommation est évaluée en plateau à 150-170 mètres cubes et à 120-130 mètres cubes en gîte incliné.

Sur 20 à 26 kilowatts-heures dépensés par tonne de charbon, la majeure partie est absorbée par la commande des compresseurs (35 à 60 0/0).

Variation de la consommation d'air comprimé pendant la journée. — Les besoins en air comprimé d'un siège d'extraction sont essentiellement variables d'une heure à l'autre de la journée. Il semble cependant qu'il existe une certaine proportionnalité dans l'amplitude de ces variations. Par exemple, pour des puits de bassins très différents, travaillant à deux postes, on constate que la consommation horaire maxima du matin atteint 140 à 160 0/0 de la dépense moyenne, tandis que la pointe d'après-midi ne dépasse pas 120, 150 0/0 et que la nuit on tombe à 50 ou 80 0/0.

Importance de la centrale de compression. — Ce qui précède permet de déterminer la capacité des compresseurs d'un siège.

Considérons, par exemple, un puits dont l'extraction journalière en deux postes doit atteindre 1.500 tonnes et ceci avec une consomma-

(1) *Production et distribution de l'air comprimé*, par LA HOUSSAYE, R. I. M., 15 décembre 1927.

tion d'air comprimé de l'ordre de 125 mètres cubes aspirés par tonne. Cette mine aura approximativement les besoins suivants :

RÉGIMES	CONSOMMATION EN AIR ASPIRÉ	
	par heure	par minute
	mètres cubes	mètres cubes
Consommation moyenne.....	7.500	125
— maxima du matin.....	12.000	200
— — de l'après-midi...	10.800	180
— de nuit.....	4.800	80

Le service pourra, par exemple, être assuré par quatre compresseurs de 55 mètres cubes avec une ou deux unités de réserve.

Remarquons que si l'on désigne par :

a , la dépense d'air comprimé par tonne;

A , la dépense maxima en mètres cubes par minute au poste du matin pour une production journalière de 1.000 tonnes la consommation moyenne, d'après les indications précédentes, est de l'ordre de

$$A \times \frac{100}{150} \text{ mètres cubes par minute,}$$

et par suite on peut écrire :

$$1.000a = A \times \frac{100}{150} \times 60 \times 24$$

ou $1.000 a = 1.008 A$, c'est-à-dire approximativement $a = A$.

Le débit maximum par minute demandé aux compresseurs pour une extraction journalière de 1.000 tonnes de charbon représente donc approximativement la consommation d'air comprimé par tonne. Il y a là une indication fort intéressante pour l'étude des centrales de compression.

Coût de l'air comprimé. — Le coût de l'air comprimé est reporté dans les mines à 1.000 mètres cubes aspirés. Il comprend, d'une part, la dépense d'énergie et, d'autre part, les frais de graissage, de surveillance, d'amortissement et d'entretien du matériel. Ces derniers facteurs sont variables d'une mine à l'autre. Il semble cependant que, sans grande erreur, on puisse les chiffrer comme suit:

Graissage.....	0,15 à 0,25	pour 1.000 mètres cubes aspirés
Surveillance.....	0,40 à 0,70	—
Entretien et amortissement.	1,35 à 1,65	—
Total.....	1,90 à 2,60	—

Cette somme est assez faible si on la compare à la dépense d'énergie correspondante. En effet, la compression à 7 kilogrammes effectifs de 1.000 mètres cubes à l'heure d'air pris à la pression atmosphérique nécessite environ 100 kilowatts-heures, c'est-à-dire 25 à 30 francs.

De ceci il résulte qu'avec une consommation de 120 à 130 mètres cubes par tonne, l'air comprimé entre finalement dans le prix de revient de la mine pour une somme de 3 à 4 francs par tonne, chiffre relativement important qui montre la nécessité d'une utilisation rationnelle du fluide moteur.

II. — DISTRIBUTION DE L'AIR COMPRIMÉ

Entre la centrale d'air comprimé et les appareils d'utilisation se trouve nécessairement interposé un faisceau de canalisations, toujours très développé dans les mines du fait de la multiplicité des outils pneumatiques et de leur dissémination sur une grande étendue.

Rendement théorique de l'air comprimé. — D'après les résultats relatifs aux essais des compresseurs électriques, il est possible d'admettre que pratiquement, pour un compresseur électrique d'environ 50 mètres cubes-minute, le rendement isothermique de l'appareil est de 0,66 à 0,68 environ, tandis que celui du moteur atteint 0,91.

Dans les outils pneumatiques utilisés par les mines, l'air travaille sans échange appréciable de chaleur avec l'extérieur, c'est-à-dire que son mode d'action se trouve constamment compris entre deux cycles extrêmes, qui sont la marche sans détente et la détente adiabatique.

Pratiquement, les appareils envisagés ont une détente à peu près nulle et, par conséquent, on peut dire sans grande erreur que l'énergie utilisable dans un kilogramme d'air comprimé est très sensiblement celle qui correspond au travail à pleine pression.

Il faut d'ailleurs noter qu'il s'agit là simplement d'énergie récupérable, c'est-à-dire qu'il n'est pas tenu compte du rendement propre de l'outil. Le rendement théorique de l'air comprimé, tel que nous l'avons précédemment défini, a pour valeur, suivant la pression de refoulement :

PRESSION DE L'AIR COMPRIMÉ		RENDMENT
effective	absolue	
1	2	0,440
2	3	0,370
3	4	0,330
4	5	0,303
5	6	0,284
6	7	0,268
7	8	0,257

Mais ces chiffres, si faibles qu'ils puissent paraître, ne sont en réalité que des maxima auxquels on n'est en droit de prétendre que si les appareils d'utilisation se trouvent au voisinage immédiat du compresseur. Les canalisations, par suite des pertes de charge et des fuites, diminuent toujours dans une certaine mesure l'énergie disponible en fin de conduite.

Calcul des pertes de charge. — Différentes formules ont été proposées pour le calcul des pertes de charge dans les tuyauteries. Les voici :

Formule de Fritsche :

$$\Delta p = 0,10464T \times \frac{61,852}{D^5} \times \frac{l}{P_m}$$

ou :

Δp = perte de charge en kilogrammes par centimètre carré ;

G = débit de la conduite en kilogrammes par heure ;

D = diamètre des tuyaux en millimètres ;

l = longueur de la canalisation en mètres ;

P_m = pression absolue moyenne en kilogrammes par centimètre carré.

Formule de Ledoux

$$P^2 = P_0^2 \left[1 - \frac{1,012}{407} \frac{Q_0^2 TL}{T_0^2 D^5} \right];$$

P_0 et P = sont les pressions absolues initiales et finales en kilogrammes par centimètre carré.

Q_0 = le volume d'air débité en mètres cubes par seconde ;

T_0 et T = les températures absolues à l'entrée et à la sortie de la conduite ;

L et D = la longueur et le diamètre de la tuyauterie en mètres.

Une autre formule de la perte de charge dans les tuyaux d'air comprimé est due à Lorenz.

$$\Delta p = \frac{0,52}{D^{1,36933}} \times P_m \frac{T_0}{T} LU^2 ;$$

P_m = pression moyenne absolue en kilogrammes par centimètre carré ;

L = longueur de la tuyauterie en kilomètres ;

D = diamètre de la conduite en millimètres ;

T = température absolue de l'air comprimé ;

$T_0 = 273^\circ$;

U = vitesse du fluide gazeux en mètres par seconde.

Si on envisage le cas particulier d'une conduite horizontale rectiligne de 100 millimètres de diamètre et de 1.000 mètres de longueur dans laquelle on fait circuler de l'air comprimé à 6 kilogrammes absolus et 15° C. ($T = 288^\circ \text{ C.}$), les trois formules précédentes donnent :

DÉBIT MESURÉ en mètres cubes par minute à la pression atmosphérique	VITESSE de l'air en mètres par seconde	PERTE DE CHARGE en kilogrammes par centimètre carré d'après		
		Fritsche	Ledoux	Lorenz
10	3,52	0,10	0,09	0,08
20	7,05	0,36	0,35	0,35
30	10,58	0,78	0,78	0,79
40	14,71	1,33	1,47	1,42
50	17,64	2,05	2,58	2,21
60	21,16	2,82	4,95	3,19
70	24,69	3,76	"	4,34

On voit que pour des vitesses inférieures à 10 ou 15 mètres par seconde, chiffres qu'il convient de ne pas dépasser dans les réseaux d'air comprimé, les trois modes de calcul ci-dessus conduisent à des valeurs identiques de Δp .

Représentation graphique de la perte de charge. — Le calcul de la perte de charge peut être considérablement simplifié par l'usage d'abaques.

Le diagramme ci-contre (*fig. 139*) a été construit d'après la formule de Fritsche pour de l'air à 15° C.

Trois parties sont à distinguer dans ce diagramme :

1^o La zone de droite correspond au cas particulier de $l = 10$ mètres et $p_m = 7$ kilogrammes absolus. Elle donne la variation de la perte de

charge en fonction du débit pour tous les diamètres de tuyaux compris entre 20 et 300 millimètres ;

2° La partie centrale permet de connaître l'accroissement de la perte de charge quand la longueur de la canalisation varie de 10 à 1.000 mètres ;

3° La zone de gauche a pour objet de ramener la perte de charge à sa valeur réelle lorsque la pression moyenne absolue dans la conduite a une valeur différente de 7 kilogrammes.

Utilisation du graphique. — Il y a lieu tout d'abord de noter que dans certains cas la pression moyenne p_m ne sera pas connue *a priori*. On la remplacera par la pression d'amont p_1 . L'erreur ainsi commise sur la perte de charge est proportionnellement assez faible. Elle atteint approximativement :

0,2 0/0 de p	pour une perte de charge de l'ordre de	5 0/0 de p .
0,7 0/0 —	—	10 0/0 —
1,5 0/0 —	—	15 0/0 —
2,4 0/0 —	—	20 0/0 —
4,0 0/0 —	—	25 0/0 —

EXEMPLE I. — Déterminer la perte de charge due à une conduite de 1.000 mètres de longueur et 150 millimètres de diamètre, dans laquelle règne une pression moyenne de 3 kilogrammes absolus et dont le débit par minute représente 40 mètres cubes d'air à la pression atmosphérique.

Le débit de 40 mètres cubes à 7 kilogrammes absolus dans une conduite de 150 millimètres et 10 mètres de longueur donne une perte de charge représentée par A ($\Delta p = 0,00150$), point que l'on rappelle en B sur l'axe des ordonnées. Par B on mène ensuite une oblique parallèle à l'axe des longueurs l jusqu'à sa rencontre avec la verticale $l = 1.000$. Le point C ainsi obtenu ($\Delta p = 0,1504$) est rappelé en D. Par ce dernier, on trace une parallèle à l'axe des pressions jusqu'à l'abscisse $p = 3$, ce qui donne finalement un point E correspondant à la perte de charge cherchée ($\Delta p = 0^{kg,351}$).

EXEMPLE II. — A quelle distance peut-on transporter, par un tuyau de 60 millimètres à la pression moyenne de 5 kilogrammes absolus, un volume d'air comprimé représentant 40 mètres cubes par minute à la pression atmosphérique, sans que la perte de charge dépasse 3 kilogrammes ?

Une perte de charge de 3 kilogrammes donne pour $p_m = 5$ un point G qui correspond à H sur la verticale $p = 7$, le point représentatif de la longueur cherchée se trouvera sur l'horizontale HX.

D'autre part, le débit de 40 mètres cubes par un tuyau de 60 millimètres de diamètre fournit, pour $p = 7$ et $l = 10$, une perte de charge K se projetant en M; le point R cherché sera alors sur MY parallèle à l'axe des IRIS LILLIAD Université Lille 1 mètres.

EXEMPLE III. — Diamètre à donner à une conduite de 700 mètres de longueur dans laquelle on refoule à 8 kilogrammes absolus un volume de 50 mètres cubes par minute, mesurés à la pression atmosphérique, pour que la perte de charge ne dépasse pas 1 kilogramme.

On a $p_m = 7.5$. Le diagramme utilisé de gauche à droite donne successivement :

Perte de charge à 7 ^{kg} ,5 et 700 mètres.....	1 ^{kg} ,00
— 7 kg. 700 —	1 ^{kg} ,071
— 7 kg. 10 —	0 ^{kg} ,0153

Cette dernière ordonnée, reportée sur la verticale $V = 50$ mètres cubes, conduit au diamètre cherché $D = 102$ millimètres.

EXEMPLE IV. — Volume d'air pouvant circuler à la pression moyenne de 5 kilogrammes absolus dans une conduite de 50 millimètres et 200 mètres de longueur sans que la perte de charge dépasse 0^{kg},2.

En suivant le diagramme de gauche à droite, on lit :

Perte de charge à 5 kilogrammes et 200 mètres.....	0 ^{kg} ,2
— 7 — 200 —	0 ^{kg} ,143
— 7 — 10 —	0 ^{kg} ,00715

Cette dernière ordonnée, reportée sur la droite représentant la variation de la perte de charge pour $D = 50$ millimètres, donne comme volume par minute à la pression atmosphérique $V = 4^m3,7$.

Les bifurcations. — L'abaque permet de calculer la perte de charge dans une conduite unique.

Un problème plus compliqué se pose lorsqu'il s'agit de calculer le diamètre à réaliser dans les dérivations, de façon à l'limiter en un point donné la perte de charge à une valeur que l'on s'est fixée d'avance.

M. Motreul (1) indique la méthode de calcul suivante pour la détermination des diamètres des conduites dérivées.

Soit Δp la perte de charge maxima admissible à la distance l .

La perte de charge linéaire est :

$$\delta p = \frac{\Delta p}{l}$$

Soit Q , le débit du compresseur.

A la première bifurcation rencontrée, il s'agira de déterminer les diamètres D' et D'' des deux conduites de manière à ce que la perte de charge linéaire δp reste celle que nous nous sommes fixée.

(1) *Étude du prix de revient de l'air comprimé*, R. I. M. Mémoires, 1931.

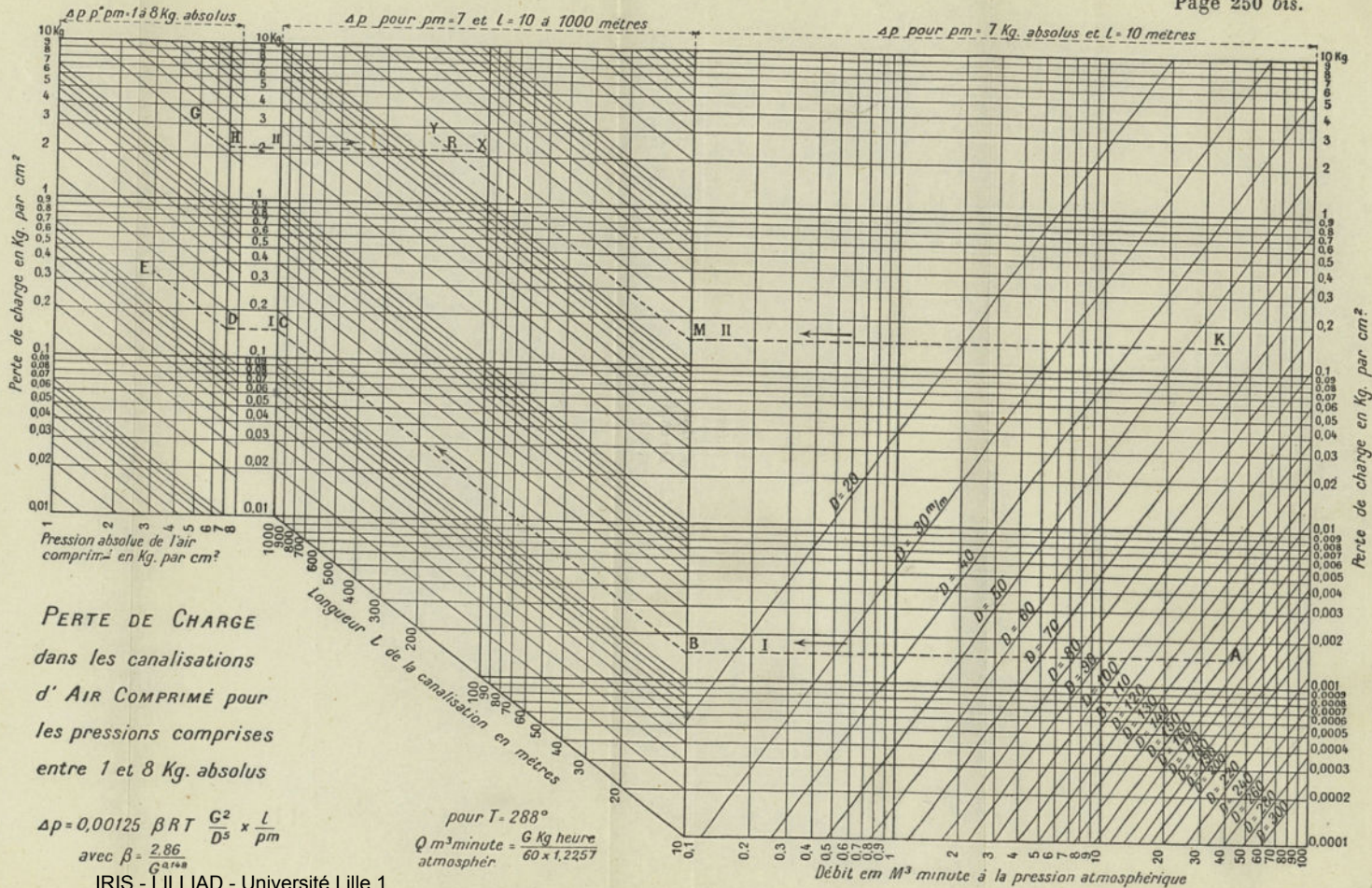
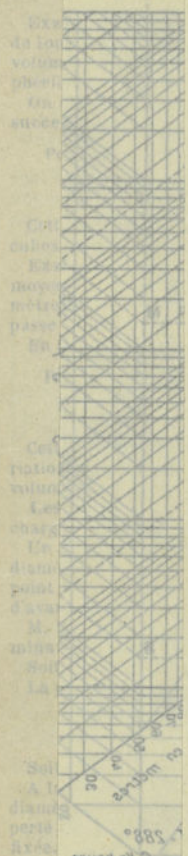


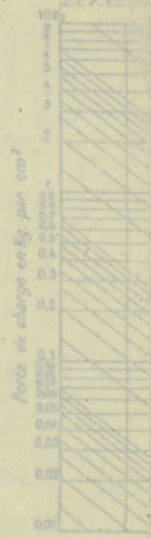
FIG. 139.

250 am-0001 à 01 -



$$c = \frac{60 \times 1.257}{255}$$

APP'É



Pression absolue comprimée en kg/cm²

PERTE
dans les
d' Air C
les press
entre 1 et

ap = 0.0012
avec f

La formule de Hinz donne pour Δp la valeur suivante :

$$\Delta p = 0,00125 \times B \times RT \times \frac{Q^2}{D^5} \times \frac{l}{P_m}$$

Dans cette formule :

$$B = \frac{2,86}{0,0148}$$

$$RT = 29,27T,$$

$$T = 303^\circ \text{ C.}$$

$P_m = 5$ kilogrammes effectifs.

Il résulte de cette formule que $\frac{\Delta p}{l}$ est très sensiblement proportionnel à $\frac{Q^2}{D^5}$, la température T et la pression P_m variant peu.

Soit Q' et Q'' , le débit d'air dans les conduites D' et D'' .

On peut poser :

$$\Delta p = K \frac{Q^2}{D^5} = K \frac{Q'^2}{D'^5} = K \frac{Q''^2}{D''^5}$$

et

$$Q = Q' + Q'',$$

Posant

$$a' = \left(\frac{D'}{D}\right)^{\frac{5}{2}}, \quad \text{et} \quad a'' = \left(\frac{D''}{D}\right)^{\frac{5}{2}},$$

il vient

$$Q' = a'Q,$$

$$Q'' = a''Q,$$

d'où :

$$a'' = 1 - a'.$$

De ces équations on tire :

$$(1) \quad \frac{D''}{D} = (1 - a')^{\frac{2}{5}}.$$

En développant le deuxième terme de cette équation, par la formule du binôme, on a :

$$(1 - a')^{\frac{2}{5}} = 1 - \frac{2}{5} a' - 0,012 a'^2.$$

Le troisième terme étant négligeable vis-à-vis des deux premiers, on peut le supprimer en première approximation :

$$(1 - a')^{\frac{2}{5}} = 1 - \frac{2}{5} a'.$$

En portant cette valeur dans (1), on a $\frac{D^*}{D} = 1 - \frac{2}{5} a'$, d'où :

$$D^* = (1 - 0,4a') D,$$

$$D' = (1 - 0,4a'') D.$$

EXEMPLE NUMÉRIQUE. — Considérons une tuyauterie aboutissant à une bifurcation où le débit Q est réparti à raison de 20 0/0 dans une des tuyauteries, et 80 0/0 dans l'autre. Quels devront être leurs diamètres respectifs ?

$$a' = 0,2,$$

$$a'' = 0,8,$$

$$D' = (1 - 0,4 \times 0,8) D = 0,68D,$$

$$D^* = (1 - 0,4 \times 0,2) D = 0,92D.$$

Il est intéressant de remarquer que D^* , qui ne débite que 80 0/0 du débit, aura un diamètre très voisin de celui de la tuyauterie D .

Pertes de charge dues aux appareils accessoires installés sur les tuyauteries d'air comprimé (1). — Les pertes [de charge telles que nous venons de les évaluer s'appliquent uniquement à des canalisations rectilignes. Or les réseaux comportent de multiples accessoires tels que soupapes, vannes, tés, coudes, manchettes, créant des résistances supplémentaires dont il y a lieu de tenir compte dans les calculs.

Pour plus de simplicité, on les évalue en mètres de conduite rectiligne, c'est-à-dire que dans chaque cas on les remplace par une longueur de tuyauterie offrant la même résistance au passage du fluide gazeux.

Voici, à titre indicatif, quelques chiffres couramment adoptés pour des vitesses moyennes de l'air comprimé.

DIAMÈTRE DE LA CANALISATION en millimètres	25	50	75	100	150	200	250	300
Soupape droite.....	6	15	25	35	60	85	110	140
Soupape à équerre.....	3	7	11	15	25	35	50	60
Vanne à passage direct.....	0,3	0,7	1,1	1,5	2,5	3,5	5	6
Coude à 90°.....	0,2	0,4	0,7	1	1,7	2,4	3,2	4
Té à équerre.....	2	4	7	10	17	24	32	40
Manchette de réduction.....	0,5	1	1,7	2,5	4	6	8	10

(1) LA HOUE (Journ. R. U. M. 45, 16, 1927).

Il n'est pas également sans intérêt de mettre en évidence l'importance des pertes de charge dans les connexions des marteaux pneumatiques (1). — Voici à titre d'exemple les pertes de charge dans les connexions d'après les essais effectués aux charbonnages de Sarre et Moselle.

Les connexions comprennent le flexible, le raccord express et le robinet.

DIAMÈTRE du flexible en millimètres	DÉBIT EN LITRES	PRESSION d'alimentation en kilogrammes effectifs	PERTES DE CHARGE
13	1.120	4,0	1,100
18	1.150	4,0	0,525
25	1.270	3,7	0,280

Le diamètre de 18 millimètres paraît convenable et donne lieu, d'après ce tableau, à une perte de charge de l'ordre de 0^{ks},500, dont il faudra tenir compte dans l'établissement d'un projet.

Constitution des réseaux. — Ce qui importe avant tout dans l'installation d'un réseau d'air comprimé, c'est d'assurer aux points les plus éloignés de la mine une pression suffisante pour obtenir une marche économique des outils pneumatiques.

Des essais récents effectués en vue de déterminer l'influence de la pression du fluide moteur sur le coût de certains travaux, ont montré les variations importantes qui apparaissent lorsque la pression effective passe de 3 à 5 kilogrammes en amont du flexible.

Section des tuyauteries. — Chaque tronçon de canalisation demande une étude minutieuse des besoins auxquels il a à faire face. Le diamètre à adopter pour chacun d'eux est fonction du débit instantané de la conduite.

Voici, à titre d'exemple, quelques chiffres relatifs à la consommation en air comprimé de divers engins.

Consommation d'un marteau perforateur travaillant dans un terrain déterminé et homogène :

Poids du marteau au rocher	16 kilogrammes
— — charbon.....	13 —

(1) *Distribution et utilisation de l'air comprimé dans les mines.* Note technique n° 47, mai 1927, du Comité des Houillères.

PRESSION DISTRIBUTION en kilogrammes	CONSOMMATION EN LITRES D'AIR aspirés par minute
2	600
3	950
4	1.200
5	1.500

Consommation d'air aspiré d'une haveuse percutante :

PRESSION DISTRIBUTION en kilogrammes	CONSOMMATION EN LITRES D'AIR aspirés par minute
2,4	2.700
2,9	2.900
3,4	3.250

A 5 kilogrammes, la consommation dépasserait 4.000 litres.

La consommation moyenne d'un treuil de 50 chevaux est estimée à 20 mètres cubes.

La consommation moyenne d'un petit treuil de traînage de 5 chevaux à 4 kilogrammes effectifs est en moyenne de 4.000 litres.

Les turbo-ventilateurs de 500 millimètres de diamètre absorbent environ 3.000 litres pour une pression effective de 2^{kg},5 à l'entrée du ventilateur.

Pour les grosses haveuses ripantes de 2,50, la consommation à 3 kilogrammes effectifs serait de l'ordre de 20 mètres cubes.

Les pompes et les ventilateurs doivent être considérés comme ayant une marche continue ; les moteurs de couloirs ont, durant le poste, un coefficient d'utilisation de l'ordre de 0,5, alors que ce facteur ne dépasse pas en général 0,3 pour les treuils et les marteaux.

Fuites. — Indépendamment des consommations propres des divers appareils il est nécessaire de tenir compte des fuites dans le débit des tuyauteries. Or celles-ci atteignent facilement 25 0/0 de la dépense totale durant les heures d'extraction, et ne peuvent être réduites à moins de 20 0/0 que par une surveillance et un entretien minutieux des joints et des soupapes.

Des essais ont montré que les fuites se répartissent sensiblement comme suit :

Colonnes du puits.....	1 0/0 au maximum
Tuyauteries des travers-bancs et des voies principales.	25 à 35 0/0
Tuyauteries des quartiers.....	65 à 75 0/0

D'ailleurs l'importance des fuites dépend de la pression :

Pour les faibles valeurs de la pression de refoulement, les fuites ont bien moins d'importance au point de vue du rendement que les pertes de charge, tandis qu'aux plus fortes pressions l'influence des fuites est prépondérante.

Le renversement des conclusions a lieu sensiblement pour une pression au compresseur de 5 kilogrammes effectifs. Au-dessous de cette valeur de la pression, il faut surtout se préoccuper de la perte de charge ; au-dessus, il est particulièrement nécessaire d'utiliser des canalisations étanches.

Compte tenu des fuites, il n'est pas douteux que pour les conduites des tailles, alimentant chacune un petit nombre d'appareils, il faille considérer comme débit de la canalisation le total des consommations de tous les outils qui ont à fonctionner simultanément. Généralement le diamètre de 50 millimètres est suffisant.

Pour les tuyauteries des plans et des galeries, ce raisonnement conduirait à des diamètres trop importants. Si on se basait sur les coefficients d'utilisation, on arriverait à une solution matérielle plus économique, mais on risquerait d'avoir à certains moments des vitesses d'air trop élevées déterminant d'importantes pertes de charge. La vraie solution est entre les deux et dépend du cas particulier en face duquel on se trouve.

D'une manière générale, on ne peut chercher à réduire outre mesure les pertes de charge, car une telle solution entraînerait une dépense de matériel hors de proportion avec l'économie que l'on peut en tirer au point de vue de la consommation d'énergie au compresseur. Il y a lieu cependant de prévoir assez largement le diamètre des conduites principales pour parer à tout changement qui ne manquerait pas de se produire dans la répartition de l'air entre divers quartiers.

En pratique une perte de charge de 1 à 1^k,2 est un maximum à ne pas dépasser. On admet également qu'il ne faut pas avoir dans les canalisations une vitesse supérieure à 10 mètres par seconde.

Cette seconde condition permet de déterminer le débit et la perte de charge dans une tuyauterie de diamètre donné. Le tableau ci-dessous indique la valeur des débits et des pertes de charges pour des tuyauteries dont le diamètre varie de 30 à 300 m/m.

DIAMÈTRE du tuyau en millimètres	SECTION du tuyau en mètres carrés	VITESSE de l'air en mètres par seconde	PRESSION absolue de l'air	DÉBIT CALCULÉ en mètres cubes par minute à la pression atmosphérique	PERTE de charge pour 100 mètres de tuyaux
30	0,000706	10	7	2,96	0,400
40	0,001256	"	"	5,25	0,270
50	0,001963	"	"	8,23	0,200
60	0,002827	"	"	11,84	0,160
70	0,003848	"	"	16,12	0,130
80	0,005026	"	"	21,08	0,110
90	0,006361	"	"	26,71	0,095
100	0,007854	"	"	32,97	0,083
120	0,011309	"	"	47,50	0,065
140	0,015394	"	"	64,63	0,053
160	0,020106	"	"	84,42	0,045
180	0,025447	"	"	106,84	0,037
200	0,031416	"	"	131,92	0,032
220	0,038013	"	"	159,64	0,029
240	0,045239	"	"	190,00	0,026
260	0,053093	"	"	222,97	0,024
280	0,061575	"	"	258,60	0,021
300	0,070686	"	"	296,85	0,019

Réservoirs. — Entre les canalisations de distribution et les compresseurs il est nécessaire d'intercaler une batterie de réservoirs qui non seulement permettent au fluide gazeux de se refroidir en abandonnant l'eau et l'huile entraînées, mais encore forment volant-régulateur et stabilisent la pression tout en amortissant les pulsations.

Parmi diverses formules qui ont été proposées pour leur calcul, celle qui paraît la plus judicieuse donne, comme contenance, le volume d'air comprimé débité en une minute. Elle conduit aux chiffres suivants pour une pression de refoulement de 7 kilogrammes effectifs :

VOLUME ASPIRÉ par les compresseurs durant une minute en mètres cubes	CAPACITÉ DES RÉSERVOIRS en mètres cubes
50	6,25
100	12,50
150	18,75
200	25,00
250	31,25
300	37,50
350	43,75
400	50,00

Disposition d'ensemble des tuyauteries. — Au point de vue de la sécurité de marche, il est très important de relier la centrale de compression aux galeries du fond par plusieurs colonnes de tuyaux de gros diamètre. Certains sièges à deux puits en possèdent quatre.

Il est avantageux d'assurer entre les diverses tuyauteries, soit des jonctions à l'abord des puits, soit des bouclages par les travaux.

Lorsque plusieurs puits sont voisins, comme cela se produit dans certains bassins, on réalise avantageusement le bouclage de leurs réseaux de tuyauteries par des canalisations superficielles. Ceci permet non seulement d'alimenter deux ou trois fosses avec une seule machine durant les heures creuses, mais encore d'assurer le service d'une exploitation avec l'appoint des compresseurs d'une autre centrale trop peu chargée.

Matériel. — Les dimensions des tuyaux et du matériel accessoire dépendent en général de multiples conditions locales qui en expliquent la grande diversité. En ce qui concerne les joints pour tuyauteries, les essais comparatifs exécutés sur des joints de différentes qualités ont montré d'une façon très nette que la matière donnant les joints les plus étanches était le caoutchouc pur sans insertion de toile.

Les rondelles en carton cuit dans un bain de vernis ont donné des résultats intéressants, mais elles sont très fragiles et demandent certaines précautions, non seulement pour leur préparation, mais encore pour leur utilisation. Il faut notamment avoir soin de serrer les boulons très régulièrement, de façon à maintenir le parallélisme des brides.

Surveillance des centrales de compression et de leurs réseaux de distribution. — *Défaut d'étanchéité des tuyauteries et de leurs accessoires.* — Dans les puits, les bowettes, les voies principales, les bures et autres, que possible dans les galeries de quartier, on ne

doit entendre aucune fuite d'air. Ces fuites peuvent être importantes et atteignent très facilement 1 mètre cube par minute et tous les efforts de la surveillance doivent tendre à leur suppression immédiate.

Il semble que, pour un réseau relativement développé, comme celui d'une mine, les fuites, toutes vannes d'extrémité fermées, peuvent être abaissées à 16 ou 20 0/0 de la consommation maxima de la journée.

Quelle que soit d'ailleurs la valeur d'une bonne étanchéité, celle-ci ne sera maintenue que par un contrôle fréquent effectué sur l'ensemble de l'installation et, si possible, sur les différentes parties des tuyauteries. Pour cette vérification, qui naturellement exige que tous les appareils pneumatiques soient arrêtés, plusieurs procédés sont applicables.

a) Lorsque les compresseurs sont entraînés par des machines à vapeur ou par des moteurs électriques à vitesse variable, on règle leur marche de façon à maintenir constante la pression du refoulement. Les fuites se déduisent alors immédiatement du nombre de tours effectués par les appareils;

b) Si les machines sont à vitesse constante et à régulateurs par tout ou rien, on aura une évaluation des pertes par la durée de fonctionnement en charge des compresseurs;

c) Pour les installations où l'un ou l'autre de ces procédés n'est pas applicable, on se bornera à isoler les machines génératrices du réseau et à mesurer la rapidité avec laquelle la pression baisse dans les canalisations;

d) On intercalera, dans les conduites principales, des tuyères dont on évaluera le débit au moyen de manomètres à eau après avoir fermé les vannes des bouclages.

Il est à remarquer que la combinaison de cette dernière méthode avec l'une quelconque des deux premières permettra de réaliser une vérification des résultats obtenus.

Les fuites anormales seront dues à des joints ouverts par la pression des terrains, à des tuyaux crevés et surtout aux vannes et robinets d'extrémité dont il importe tout particulièrement d'éprouver l'étanchéité, surtout s'ils ont fait l'objet de réparations.

Mais, durant les heures de travail, le réseau des canalisations rigides se trouve accru de tous les raccords en caoutchouc et accessoires le reliant aux appareils d'utilisation. Or, ce matériel, qu'il soit plus ou moins détérioré ou neuf, est fréquemment le siège de fuites notables dont on se préoccupe rarement et qui viennent s'ajouter à celles des conduites. On ne saurait trop recommander d'éprouver fréquemment ces raccords au jour en les plongeant simplement sous pression dans un récipient plein d'eau.

Mauvais état des appareils d'utilisation. — Tout l'outillage du fond est soumis à

défavorables, et il en résulte avec le temps un accroissement très important de la consommation du fluide moteur. Il est recommandé d'effectuer un contrôle systématique de tout l'outillage pneumatique dans un petit laboratoire aménagé à cet effet. Chaque appareil possède sa fiche sur laquelle sont portés les dates des épreuves, le détail des réparations ainsi que l'importance de la consommation d'air avant et après la remise en état.

Pertes de charge. — Du fait des variations continuelles de l'exploitation (augmentation de la production d'un quartier, installation de nouvelles machines, attaque de travaux au rocher) telle conduite, qui, à un moment donné, était largement suffisante, devient un jour nettement trop petite.

Pour éviter de tels faits, ou tout au moins pour en supprimer le plus rapidement possible les conséquences désastreuses, il y a lieu de suivre périodiquement les variations de la pression dans les divers tronçons du réseau. Ceci se réalise facilement en intercalant dans les colonnes de tubes, en des points convenablement choisis, des prises d'air automatiques sur lesquelles viennent se visser des manomètres à cadran. Des lectures faites simultanément à des heures déterminées et reportées sur des schémas de canalisations permettront de déceler les imperfections des tuyauteries.

Dans tous les cas, il est extrêmement utile pour l'ingénieur d'une fosse de posséder un plan, au 5/1000 par exemple, de son réseau d'air comprimé. Sur ce plan, les tuyauteries des divers diamètres seront figurées par des couleurs différentes et les emplacements de tout le matériel accessoire (vannes, soupapes, robinets, manomètres, etc.) indiqués par des signes conventionnels.

De tels plans, mis à jour périodiquement, renseigneront d'une façon très simple l'ingénieur de la fosse sur l'état de son réseau et lui feront voir tout de suite les modifications à y apporter.

Dépôt d'eau dans les tuyauteries. — L'eau de condensation, qui se rassemble dans les conduites, réduit la section de passage de l'air et augmente les pertes de charge. On remédie à cet inconvénient en disposant, au fond, des réservoirs de purge, principalement dans les régions froides des étages.

Contrôle de la consommation d'air comprimé. — Il importe au premier chef de connaître la dépense d'air comprimé pour la marche de l'exploitation. Le débit de la centrale de compression peut être obtenu d'une façon simple et relativement précise au moyen d'appareils enregistreurs de toutes natures, intercalés sur les conduites de départ ou sur les tuyauteries d'aspiration, s'il s'agit de compresseurs centrifuges.

Les diagrammes fournis par ces indicateurs donnent non seulement les variations instantanées de la consommation, ce qui est un précieux renseignement pour le contrôle de l'exploitation, mais

permet de déterminer la consommation par tonne extraite qu'il est du plus haut intérêt de reporter sur un graphique en même temps que l'extraction correspondante.

III. — LE MATÉRIEL DE COMPRESSION

Les compresseurs à pistons ⁽¹⁾.

Construction et fonctionnement des compresseurs à pistons. — Sans vouloir entrer dans le détail de la construction des compresseurs à piston bi-étagés, nous allons examiner successivement les dispositions essentielles des appareils modernes et leur mode de conduite.

1° *Disposition des cylindres.* — Les cylindres sont disposés horizontalement ou verticalement. La disposition verticale est intéressante à cause de l'encombrement horizontal minimum, de la suppression de l'ovalisation, etc...

C'est à ce dernier type qu'appartiennent les compresseurs Dujardin, Leflaive, Rateau-Bellis.

Les compresseurs Ingersoll-Rand sont à cylindres horizontaux.

Une solution intermédiaire a été adoptée par la Compagnie Sullivan. Les deux cylindres (*fig. 140*) sont disposés en équerre, le cylindre BP est horizontal, le cylindre HP vertical, et les deux bielles sont montées côte à côte sur le maneton unique du vilebrequin.

Cette disposition permet d'équilibrer les forces d'inertie appliquées à la soie du vilebrequin et de réduire les vibrations.

2° *Clapets.* — La pratique a montré que les soupapes commandées n'étaient pas à retenir pour les compresseurs de mines, et que d'une façon générale les clapets automatiques donnaient de meilleurs résultats. Toutefois ces derniers présentent une inertie qu'il importe de réduire au strict minimum pour diminuer les chutes de pression plus ou moins importantes.

3° *Refroidissement.* — Il est obtenu par une circulation d'eau extérieure. Dans les compresseurs bi-étagés, le réservoir intermédiaire est transformé en réfrigérant à tubes d'eau. Pour un compresseur de

(1) *Les compresseurs à pistons*, par LAHOUSSEY, R. I. M., 15 septembre 1926. IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

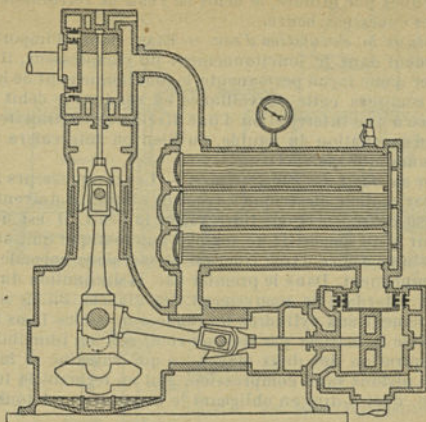


FIG. 140. — Schéma d'un compresseur biétagé, équerre Sullivan.

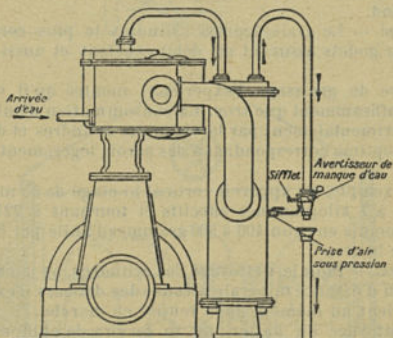


FIG. 141. — Schéma de la circulation d'eau d'un compresseur à piston Rateau, muni d'un avertisseur automatique Monitor.

55 mètres cubes par minute, le débit de l'eau de refroidissement est de 13 mètres cubes par heure.

4° *Contrôle de la circulation d'eau.* — Étant donné l'importance du refroidissement dans le fonctionnement du compresseur, il importe de surveiller d'une façon permanente le fonctionnement de la réfrigération. On réalisera cette surveillance en rendant le débit de l'eau visible, grâce à une interruption d'une dizaine de centimètres dans la tuyauterie d'évacuation du liquide, ou bien on intercalera un avertisseur automatique (fig. 141).

5° *Réglage du débit des compresseurs.* — Les compresseurs à pistons entraînés par moteur électrique à courant alternatif doivent tourner à une vitesse constante. Pour faire varier le débit, il est nécessaire de les munir d'un dispositif de réglage automatique qui, au besoin, réduit le volume aspiré d'une fraction de sa valeur normale, ou bien l'annule simplement. Dans le premier cas, la diminution du débit est obtenue en retardant le mouvement des clapets, ou en adjoignant automatiquement aux cylindres les espaces nuisibles. Dans le second cas, on réalise la marche par tout ou rien, soit en immobilisant les clapets d'aspiration des deux étages, ce qui entraîne à faire fonctionner les pistons sans compression, soit en fermant la tuyauterie d'aspiration, c'est-à-dire en obligeant le compresseur à tourner sans air.

Dans ce cas on prévoit un dispositif permettant de mettre le cylindre HP en communication avec l'atmosphère. Ce mode de réglage a été adopté sur les compresseurs Rateau-Bellis, Sullivan, Dujardin, Ingersoll-Rand.

6° *Graissage.* — Le graissage des cylindres le plus correct est le graissage par godets assurant un débit constant et aussi réduit que possible.

En matière de graissage, l'expérience montre qu'il vaut mieux graisser insuffisamment que trop. La consommation d'huile se déterminera expérimentalement par la visite des cylindres et des clapets; le graissage optima correspondant à des parois légèrement grasses des cylindres.

A titre d'exemple, un appareil vertical bi-étagé de 55 mètres cubes comprimant à 7 kilogrammes effectifs et tournant à 224 tours par minute consomme environ 400 à 500 grammes d'huile par cylindre par vingt-quatre heures.

7° *Entretien.* — Pour le nettoyage des cylindres, ne jamais se servir de pétrole ou d'essence minérale à cause des dangers d'explosion qui en résulteraient au moment de la remise en marche.

Pour le nettoyage du carter, on se servira de chiffons et non de déchets de coton susceptibles d'abandonner des fils qui viendraient ensuite obstruer les clapets.

8° *Installation des compresseurs.* — Les fondations doivent déborder

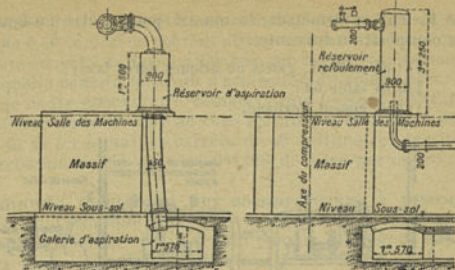
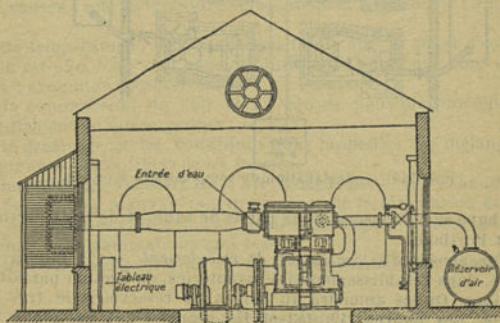


FIG. 142. — Installation d'un compresseur à piston de 55 mètres par minute.



IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

FIG. 143. — Plan-type d'une installation de compresseurs à piston.

le socle de 15 à 20 centimètres; le massif pourra être en béton présentant la composition suivante :

- 1/3 de cailloux, galets ou briques dures lavés ;
- 1/3 de sable fin ;
- 1/3 de ciment Portland.

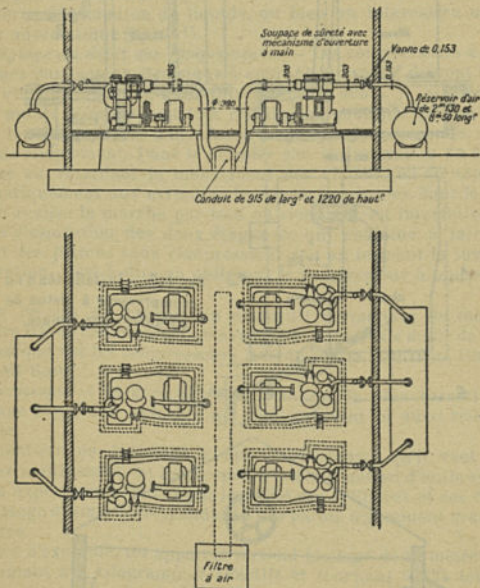


FIG. 144. — Installation de compresseurs à piston.

La chape se composera d'une partie de sable et de trois parties de ciment Portland.

9° *Tuyauteries d'aspiration et de refoulement.* — Il faudra tenir compte, dans l'établissement des tuyauteries, de l'action parasite des pulsations. On les amortira au moyen de réservoirs de très large capacité. Les figures 142, 143 et 144 représentent des plans types d'installation de compression.

10° *Filtres à air.* — Le filtre est constitué par un certain nombre de cadres de $0,40 \times 0,60$ de section utile, assemblés par boulons sur une charpente en bois, de façon à former une caisse entièrement fermée, dans laquelle pénètre le tuyau d'aspiration du compresseur.

Chaque cadre élémentaire comporte une surface filtrante, constituée par une natte en fibre de coco maintenue bien plane par un grillage en fil de fer à mailles carrées de 40 millimètres de côté.

On recommande de prendre $0^m^2,068$ de filtre par mètre cube d'air aspiré.

Commande électrique des compresseurs à pistons. — La Commission Technique du Comité des Houillères, après étude des diverses solutions proposées, a retenu pour la commande des compresseurs les deux dispositions suivantes :

Moteurs synchrones à entrefer d'au moins $1^m^m,5$. Ceux-ci s'accompagnent d'un groupe compensateur de siège constitués par un moteur synchrone tournant à vide démarrant par cages d'écureuil et muni d'un régulateur Thury, Brown-Boveri ou Tirril pour le réglage de l'excitation. Le facteur de puissance est de l'ordre de 0,8.

Moteurs asynchrones surexcités ou non, démarrant par cages d'écureuil et auto-transformateur.

Incidents de marche des compresseurs à pistons (1). — Pour que l'explosion d'un compresseur du type sec ait lieu, il faut qu'il se forme un mélange détonant en un point quelconque de l'appareil.

L'huile de graissage peut seule produire les éléments combustibles essentiels. Il faut que le mélange se trouve porté soit directement par la compression, soit indirectement par l'oxydation de l'huile au contact de l'air comprimé très chaud, soit simultanément par ces deux causes à une température suffisante pour déterminer l'inflammation.

Cette température est d'autant plus faible que le point d'éclair de l'huile est plus bas ; ceci nous conduit pour l'étude que nous envisageons à examiner successivement :

— la compression de l'air et les causes pouvant provoquer un échauffement du fluide gazeux ;

— le graissage et les conditions dans lesquelles les mélanges détonants sont susceptibles de s'y former.

Échauffement excessif de l'air comprimé. — Cet échauffement peut provenir de mauvais fonctionnement de la circulation de l'eau, de la température élevée de l'air aspiré, de clapets défectueux, de la marche à vide automatique mal établie.

1° *Mauvais fonctionnement de la circulation de l'eau.* — La com-

(1) *Les explosions des compresseurs d'air à pistons*, par LAHOUSSAY R. I. M., 15 jan 1937

pression dans un cylindre d'une masse gazeuse de l'état P_1V_1 à l'état P_2V_2 a lieu suivant la loi $P_1V_1^n = P_2V_2^n$.

$1 < n < 1,41$, les deux valeurs limites de n correspondant, l'une à la compression isothermique, l'autre à la compression adiabatique.

En pratique, dans les appareils à grande vitesse, le refroidissement par circulation d'eau autour des cylindres, n , est compris entre 1,25 et 1,35.

Considérons un compresseur sec bi-étagé, refoulant à 8 kilogrammes absolus de l'air aspiré à la pression atmosphérique et à 15° C. Admettons que dans cet appareil, on a $n = 1,3$ et que le réfrigérant intermédiaire ramène normalement le fluide gazeux à la température initiale de 15° C., suivant le fonctionnement à la circulation d'eau, on obtiendra dans le cylindre HP les températures suivantes au refoulement.

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT	TEMPÉRATURE CENTIGRADE au refoulement HP
Circulation d'eau normale dans le réfrigérant et autour des cylindres.....	92°
Suppression dans la circulation d'eau autour du cylindre HP.....	116°
Circulation d'eau autour des cylindres, pas de refroidissement au réfrigérant.....	191°
Refroidissement du cylindre BP seulement.....	220°
Arrêt total de la circulation d'eau.....	255°

2° *Élévation de la température de l'air aspiré.*

3° *Élévation du rapport de compression.* — La température finale de l'air est considérablement influencée par la modification quelconque du rapport de compression. Cette élévation du rapport de compression peut provenir :

— du mauvais fonctionnement de la vanne de réglage de l'aspiration ;

— des canalisations d'aspiration défectueuses ;

— de l'excès de vitesse de l'air dans les clapets par suite de ressorts trop forts ou d'encrassement d'orifices de passage.

4° *Clapets défectueux.* — Quand un ou plusieurs clapets d'aspiration BP viennent à se rompre, il se produit une réduction de débit de l'appareil, et suivant la consommation du réseau, la pression de refoulement HP diminue ou se maintient constante.

Dans le premier cas, le rapport de compression s'abaisse et par suite aucune élévation de température n'est à redouter.

Dans le second cas, le compresseur se trouve déséquilibré et un échauffement assez important peut se produire dans le cylindre HP. Le mécanicien en est d'ailleurs averti par le manomètre du réservoir intermédiaire.

Si le bris de clapet a lieu à l'aspiration du cylindre HP, la pression s'élève dans le réfrigérant, la compression s'effectue en majeure partie dans le premier étage dont la température s'élève; on est immédiatement prévenu par le manomètre et la soupape de sûreté montés entre les deux phases. La rupture d'un clapet de refoulement sur le cylindre HP a une grande importance, car, dans ce cas, il se produit entre la tubulure de refoulement et le compresseur un battement d'air chaud introduisant dans l'appareil des calories supplémentaires. La température en fin de compression s'élève progressivement et acquiert un maximum plus ou moins dangereux.

Un thermomètre placé sur le refoulement peut seul en avertir le machiniste.

Influence du graissage sur les explosions du compresseur.

— L'huile qui convient le mieux au graissage sera purement minérale, parfaitement filtrée et épurée, et aura un point d'éclair au moins égal à 180-200° et ne laissera à la distillation qu'une très faible quantité de carbone résiduel.

Voici à titre d'exemple les caractéristiques de trois huiles répondant à cette spécification et employées couramment pour le graissage des compresseurs :

CARACTÉRISTIQUES	1	2	3
Densité	0,930	0,905	0,915
Point d'éclair	193°	205°	196°
Température de combustion	210°	230°	225°
— de congélation	-15°	—	-7°
Viscosité Engler 50°	10	5,7	4,1
— 100°	1,75	1,7-1,9	1,5

Conclusions. — Il est recommandé :

D'utiliser une huile purement minérale;

De réduire la consommation au strict minimum ;

De filtrer l'air aspiré par le compresseur de façon à éviter l'introduction dans les cylindres de toutes particules combustibles ou non contenues dans l'air ;

De procéder périodiquement à des nettoyages des cylindres, clapets et tubulures de refoulement.

Le compresseur devra être muni d'un dispositif de marche à vide bien étudié et il présentera toutes garanties pour que l'huile du carter ne puisse pénétrer dans les cylindres.

Contrôle du fonctionnement des compresseurs à pistons. — Les marchés des compresseurs d'air comportent en général un certain nombre de garanties :

Débit en mètres cubes aspirés par minute pour des vitesses déterminées ;

Pression de refoulement ;

Débit horaire de l'eau de refroidissement ;

Puissance sur l'arbre de la machine aux différents régimes prévus ;

Élévation de la température de l'air pendant sa compression ;

Élévation de température de l'eau de refroidissement ;

Rendement volumétrique, mécanique, interne et isothermique du compresseur ;

Le contrôle de ces garanties a lieu uniquement après montage, lorsque la machine a assuré au moins une marche industrielle d'environ deux mois, de façon à éviter des pertes d'énergie résultant du manque de rodage des surfaces frottantes.

Les essais de réception au moment de la mise en service du compresseur permettent de connaître très exactement ce que l'on est en droit d'obtenir de cette machine, dans les conditions optima.

Mais, par suite d'usure, du mauvais fonctionnement des clapets et des divers organes, par suite également d'insuffisance dans le refroidissement, ces facteurs se modifient au cours de la marche de l'appareil. Ceci se traduit naturellement par une diminution du débit et une augmentation plus ou moins importante de l'énergie consommée par mètre cube aspiré.

Il est donc du plus grand intérêt de vérifier fréquemment et rapidement les conditions pratiques de marche d'un compresseur d'air, et nous allons indiquer quels sont les éléments nécessaires à ce contrôle :

Différents rendements d'un groupe compresseur d'air. — Indépendamment du rendement mécanique du moteur, on distingue pour le compresseur d'air quatre rendements différents :

1° Rendement volumétrique, c'est-à-dire le rapport entre le volume d'air V réellement aspiré par l'appareil et le volume V' engendré par le piston du premier étage :

$$R_v = \frac{V}{V'} ;$$

2° Rendement mécanique à pleine charge défini comme le rapport entre le travail T_u réellement utilisé pour la compression du volume V d'air (voir les diagrammes) et

le travail T_r fourni à l'arbre du compresseur :

$$R_m = \frac{T_u}{T_r};$$

3° Rendement interne ou rendement indiqué; celui-ci étant le rapport entre le travail théorique T_i nécessaire pour la compression isothermique du volume V et le travail réel de compression T_u mesuré à l'indicateur :

$$R_i = \frac{T_i}{T_u};$$

4° Rendement global par rapport à l'isotherme; ce rendement est le rapport entre le travail théorique de compression isothermique du volume V et le travail fourni à l'arbre de compresseur :

$$R_g = \frac{T_i}{T_r}.$$

On voit d'ailleurs que $R_g = R_i \times R_m$.

Les essais sont un peu différents suivant que l'on opère sur un compresseur à piston ou sur un appareil centrifuge.

Nous examinerons tout d'abord le premier cas et nous indiquerons ensuite quelles modifications il convient d'apporter aux méthodes pour les appliquer au second type de machine.

Méthodes d'essai de compresseurs à pistons. — Les essais de compresseurs à pistons s'effectuent à vitesse constante sur différents débits indiqués par la machine. On les complète par une mesure de consommation d'énergie en marche à vide.

Pour contrôler les différentes garanties données par le constructeur, il est nécessaire de relever au cours de chaque expérience le nombre de tours du compresseur, le débit, la pression d'aspiration, la pression de refoulement, la température d'aspiration, la température de refoulement, la puissance fournie aux bornes du moteur, les diagrammes de compression.

De ces mesures on déduit la valeur de T_i , T_u , T_r et des différents rendements.

On complète d'autre part ces renseignements par les lectures suivantes :

- Température de l'air à l'entrée et à la sortie de chaque cylindre;
- Température de l'eau de refroidissement à l'entrée et à la sortie de chaque circuit;
- Consommation d'eau de chacun de ces circuits;
- Consommation d'huile de graissage.

Conditions d'exécution des essais et exécution des différentes mesures. — Pour que les essais aient une réelle valeur, il faut que l'ap-

pareil soit placé dans les conditions de marche prévues au contrat lorsqu'il s'agit de sa réception.

Voyons maintenant de quelle façon se font les différentes mesures :

Vitesse du compresseur. — Cette lecture s'effectue au moyen d'un tachymètre.

Débit. — Il est préférable de relever le débit au refoulement. Dans ce cas, et quelle que soit la méthode adoptée, il faut intercaler entre le compresseur et les appareils de mesure un réservoir important qui régularise l'écoulement du fluide, et permet à l'air d'abandonner l'eau et l'huile entraînées.

Quelle que soit la solution adoptée, le débit se mesure soit au moyen d'un compteur, soit par la méthode des réservoirs, soit par celle de la tuyère,

a) *Procédé du compteur.* — Le compteur volumétrique à turbine est seul à retenir; mais sa capacité est très limitée, et pour le débit de 50 à 60 mètres cubes par minute, il faut avoir recours à une batterie d'appareils, ce qui multiplie les causes d'erreurs.

b) *Méthode des réservoirs.* — Cette méthode, qui donne la valeur moyenne du débit pendant une certaine période, consiste à mesurer le temps mis par le compresseur pour remplir, à la pression de refoulement, une capacité connue.

Le dispositif adopté est le suivant :

On prend deux réservoirs R_1 et R_2 (fig. 145) montés en série et munis de trois vannes a , b , c , ainsi que d'un robinet de décharge d .

R_1 peut être de faible capacité.

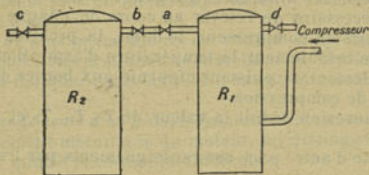


FIG. 145. — Mesure du débit par la méthode des deux réservoirs.

La vanne a étant complètement ouverte, on règle b de façon qu'en pleine-charge la pression R_1 reste celle du refoulement, tandis qu'en R_2 elle est maintenue à une valeur intermédiaire au moyen de c .

Le réglage terminé, on ouvre c et d et on ferme a pour établir les conditions atmosphériques dans R_2 .

On obture ensuite c et d .

Dès que R_1 est à la pression de refoulement, on ouvre complètement a , on note le temps nécessaire pour porter R_2 à la même pression.

On relève en même temps la vitesse de la machine et la température de l'enceinte R_2 ; on en déduit le débit.

La méthode des réservoirs n'est applicable qu'à des compresseurs de débit relativement faible, parce qu'il est nécessaire que le temps mis pour le remplissage de R_2 soit assez élevé, c'est-à-dire de deux à trois minutes. L'expérience montre également que la détermination du temps du remplissage est extrêmement délicate et que, d'autre part, la température du fluide gazeux varie dans d'assez grandes limites entre les différentes régions du réservoir.

c) *Méthode de la tuyère intercalée dans un conduit.* — La vitesse de l'air au col d'une tuyère intercalée dans un conduit est fonction de la différence entre la pression totale d'amont et la pression statique d'aval.

La tuyère Rateau (fig. 146) est munie d'un simple manomètre différentiel à mercure. La tuyère proprement dite, s'intercalant entre

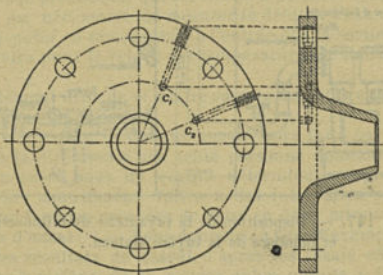


FIG. 146. — Tuyère Rateau.

deux brides de la canalisation, possède deux canaux débouchant sur l'une et l'autre faces. L'orifice amont est orienté de manière à fonctionner en tube de Pitot contre courant, c'est-à-dire à donner la somme de la pression dynamique et de la pression statique. La branche aval, au contraire, n'indique que la pression statique. La dénivellation du manomètre différentiel est ainsi proportionnelle à $\frac{V^2}{2g}$.

La Société Rateau a établi pour cette tuyère la formule suivante,

permettant de calculer le débit horaire en poids :

$$W \text{ kgs} = 2,940 \varphi S \sqrt{\frac{Ph}{T}} \left(1 - 0,036 \frac{h}{P} \right).$$

S = section au col de la tuyère en centimètres carrés ;

φ = coefficient de débit de la tuyère, voisin de 0,99 ;

h = différence entre la pression totale d'amont et la pression statique d'aval en kilogrammes par centimètre carré ;

T = température absolue à l'amont de la tuyère ;

P = pression absolue à l'aval de la tuyère en kilogrammes par centimètre carré.

Le montage des appareils de mesure est alors celui de la figure 147. h est mesuré par un manomètre différentiel à mercure.

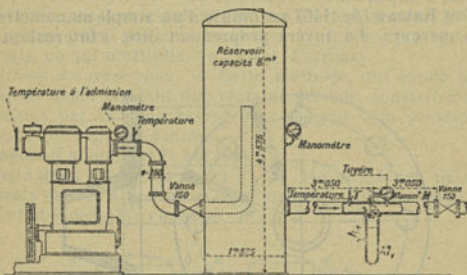


FIG. 147. — Disposition de la tuyauterie de refoulement et montage de la tuyère Rateau.

A condition de conserver à h une valeur assez faible, c'est-à-dire de dimensionner convenablement la tuyère par rapport au débit à mesurer, la méthode donne des résultats suffisamment précis, dont les erreurs ne dépassent pas 1 à 2 0/0. C'est le procédé normalement adopté par les Services Techniques du Comité des houillères pour les essais de compresseurs. Il est actuellement question de normaliser le type de tuyère pour la mesure de débit. La tuyère envisagée serait la tuyère allemande V. D. I.

Pression. — La pression d'aspiration est relevée au moyen d'un baromètre à mercure placé au voisinage de l'aspiration.

La pression de refoulement est donnée par un manomètre métallique étalonné par le réservoir de l'appareil.

Température de l'air. — Il y a lieu de mesurer simultanément au moyen de thermomètres à mercure :

1° La température de l'air extérieur au voisinage de l'aspiration du compresseur ;

2° La température de l'air comprimé en amont de la tuyère ;

3° La température de l'air à l'entrée et à la sortie de chaque cylindre.

Ces derniers thermomètres doivent être placés au voisinage immédiat des clapets d'aspiration et de refoulement.

Puissance fournie au moteur et au compresseur. — Il est bien entendu nécessaire de déterminer le rendement du moteur pour les différentes charges. Durant ces essais, on relève la puissance absorbée au moyen de wattmètres. On note également la tension, l'intensité et la fréquence du courant.

Diagrammes de compression. — En même temps que les mesures précédentes, on relève simultanément des diagrammes sur tous les cylindres.

Consommation d'eau et d'huile de graissage. — Pour compléter les renseignements précédents qui serviront à calculer les différents rendements, il est nécessaire de mesurer le débit de l'eau de refroidissement et de noter sa température à l'entrée et à la sortie de l'appareil.

On se servira pour le relevé des températures de thermomètres très sensibles.

Il est également utile de se rendre compte des différentes consommations des huiles de graissage.

Conduite des essais. — Chaque mesure sera faite par un opérateur spécial sous la direction d'une seule personne donnant le signal des lectures. Un essai, sous un régime déterminé, comprend une série d'observations simultanées, faites à des intervalles réguliers : par exemple cinq lectures espacées de deux en deux minutes.

Exemple d'essai (1). — Nous donnons, à titre d'exemple, les chiffres relevés et les résultats de calcul d'après les essais effectués sur un compresseur à pistons, de 55 mètres cubes-minute à 7 kilogrammes effectifs, accouplé directement à un moteur asynchrone triphasé.

1° *Essai à pleine charge : a) Lectures* (chiffres moyens de cinq séries de lectures).

Moteur :

Tension.....	3.149
Intensité	68,25
Kilowatts.....	306,8
Nombre de tours par minute = N.....	219,8

(1) *Les essais de compresseurs d'air à basse pression*, par LAHOUSSEY, R. I. M., 15 juillet 1927.

Compresseur :

Température de l'air à l'aspiration BP.....	° C	14
— — au refoulement BP.....	° C	114,4
— — à l'aspiration HP.....	° C	24
— — au refoulement HP.....	° C	117,6
— de l'eau de refroidissement, entrée.	° C	11,7
— de l'eau de refroidissement, sortie.	° C	19,6
— de l'air à l'amont à la tuyère.....	° C	79,4
Pression atmosphérique en millimètres de mercure = H.....		749,2
Pression effective de l'air au refoulement BP..	kg	1,92
— — — — — HP..	kg	7
— — — — — à l'aval de la tuyère.	kg	6,6
Différence de pression au manomètre différentiel en millimètres de mercure.....		147,5
Débit d'eau par heure	m ³	18

b) Calculs.

Températ. absolue de l'air à l'aspiration = T ₀		287
— — — — — à l'amont de la tuyère = T ₁ .		352,4
Pression atmosphérique = P ₁	kg	1,018
— absolue au refoulement HP = P ₂	kg	8,018
Différence de pression à la tuyère = h.....	kg	0,2004
Pression absolue à l'aval de la tuyère = P....	kg	7,618

Débit

$Q \text{ kg/h} = 2.940 \times \varphi S \times \sqrt{\frac{Ph}{T_1}} \left(1 - 0,036 \frac{h}{P}\right)$		
Diamètre de la tuyère.....	mm	51,2
Section de la tuyère = S.....	cm ²	20,6
Coefficient de contraction φ		0,99
$2.940 \times \varphi \times S$		59.960
$\frac{Ph}{T_1}$		0,004332
$\sqrt{\frac{Ph}{T_1}}$		0,06581
$1 - 0,036 \frac{h}{P}$		0,999
Q kilogramme par heure		3.942
Q _m kilogramme par minute.....		65,7

Poids spécifique de l'air :

$d = 1,2932 \times \frac{273}{T_0} \times \frac{H}{760}$	1,212
Volume d'air aspiré à N tours.....	m ³ 54,2
Vol. d'air aspiré à 224 tours (garantie du contrat)	m ³ 55,23
Volume engendré par le piston HP à 224 tours.	m ³ 71,9
Rendement volumétrique.....	0,768

Travail de compression isothermique :

$RT_0 \times 2,3026 \log \frac{P_2}{P_1}$	*
$\frac{P_2}{P_1}$	7,876
$\log \frac{P_2}{P_1}$	0,8963
T_0	287
Travail de compression isothermique d'un kilogramme d'air.....	kgm 17.337
Puissance isothermique par kilogramme d'air par seconde.....	CV 231,2

Travail indiqué par les diagrammes :

Travail indiqué cylindre BP avant.....	kgm 1.971,8
— — BP arrière.....	— 2.136,1
— — HP avant.....	— 1.759,9
— — HP arrière.....	— 1.473,2
— total par tour.....	— 7.341,0
Puissance indiquée par tour par seconde....	ch 97,88

Puissances totales :

Puissance aux bornes du moteur.....	kw 306,8
Rendement du moteur.....	0,91
Puissance sur l'arbre du compresseur..	{ kw 279,2
— indiquée totale P_i	{ ch = P_R 379,3
— isothermique totale P_i	ch 358,3
	253,1

Rendements :

Rendement volumétrique.....	0,768
— interne = $\frac{P_i}{P_u}$	0,706
— mécanique = $\frac{P_M}{P_R}$	0,945
— global par rapport à l'isotherme = $\frac{P_i}{P_r}$.	0,667
— total du groupe (moteur et compresseur).	0,607
Consommation en watts par heure par mètre cube par heure aspiré.....	94,3

2° Essai à vide :

Volts	3.136
Ampères.....	21
Kilowatts.....	31,2
Nombre de tours.....	226

Emploi de diagrammes. — Pour faciliter les calculs, les diagrammes (fig. 148 et 149) permettent de calculer rapidement le travail nécessaire à la compression isothermique d'un kilo d'air, ainsi que le poids du mètre cube d'air.

Pour un kilogramme d'air comprimé entre les pressions absolues P_0 et P_1 , le travail de compression isothermique à la température absolue :

$$T_0 = t + 273$$

et donné par la relation

$$W = RT_0 \log_e \frac{P_1}{P_0} \text{ kilogrammètres}$$

ou :

$$W = RT_0 \times 2,3026 \log_{10} \frac{P_1}{P_0}$$

avec :

$$R = 29,27.$$

Le graphique de la figure 146 donne les différentes valeurs de l'énergie W exprimée en kilogrammètres pour les températures centigrades t comprises entre -30° et $+50^\circ$ et pour des rapports de compression $\frac{P_1}{P_2}$ variant de 4 à 8. Il est nécessaire également, pour effectuer le calcul du rendement global de l'appareil, de transformer en kilogrammes le débit du compresseur, c'est-à-dire de connaître le poids du mètre cube d'air pour une pression à une température déterminée. Ce poids q du mètre cube d'air pour la température t et la pression H en millimètres de mercure est donné par la relation :

$$q = 1,2932 \times \frac{273}{273 + t} \times \frac{H}{760}$$

Le graphique de la figure 149 fournit toutes les valeurs de q , pour les températures comprises entre -20° et $+30^\circ$ lorsque H varie de 725 à 800 millimètres de mercure.

Application pratique des diagrammes. — Considérons le cas d'un

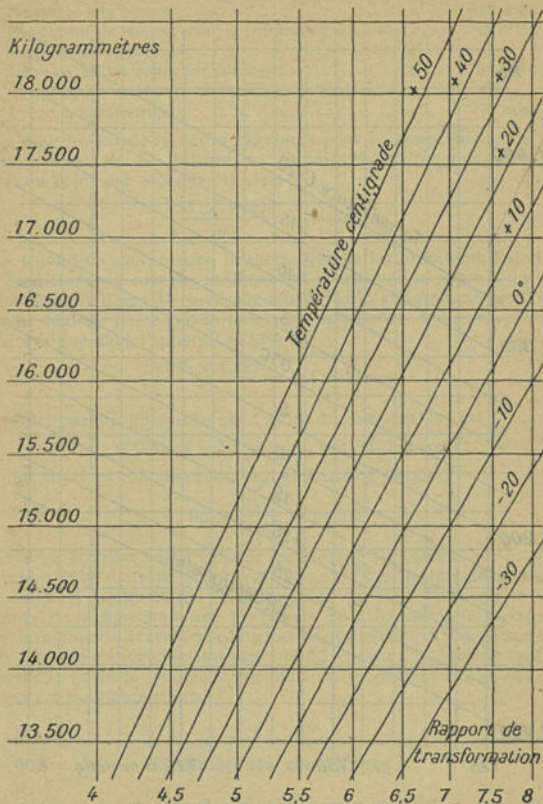


FIG. 148. — Travail de compression isothermique pour un kilogramme d'air

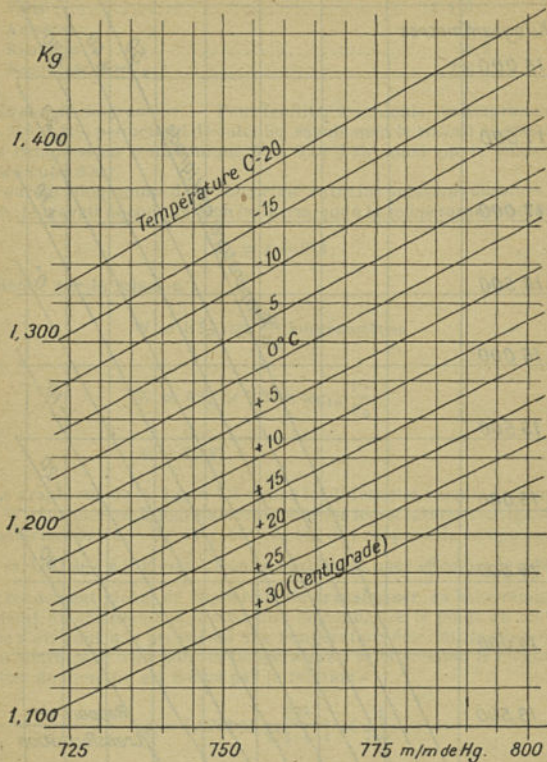


FIG. 149. — Poids du mètre cube d'air en fonction de la température et de la pression.

compresseur travaillant dans les conditions suivantes :

Puissance aux bornes.....	310 kw.
Rendement du moteur pour la puissance précédente.....	0,91
Rapport de compression.....	7
Débit en mètres cubes par minute.....	54 m ³
Température extérieure au voisinage de l'aspiration.....	20°
Pression barométrique.....	770 mm.

Le diagramme de la figure 149 donne pour la température de 20°, et la pression de 770 millimètres un point A tel que $q = 1,2205$: le débit en poids par seconde est alors :

$$\frac{54 \times 1,2205}{60} = 1^{\text{kg}},098.$$

Le travail de compression isothermique de 1 kilogramme d'air dans les conditions de marche indiquée est fourni par le point B du diagramme de la figure 10 correspondant à 16,675 kilogrammètres (exactement 16,688). De ce fait la puissance nécessaire à la compression isothermique dans l'appareil s'élève à :

$$\frac{16,675 \times 1,098}{75} = 244,1 \text{ chevaux.}$$

D'autre part la puissance sur l'arbre du compresseur est

$$310 \times 0,91 = 282,1 \text{ kilowatt, soit } 383,2 \text{ chevaux;}$$

on obtient alors comme rendement global de l'appareil

$$R_g = \frac{244,1}{383,2} = 0,637.$$

Avec les échelles adoptées pour les graphiques l'erreur sur le poids du mètre cube d'air ne peut porter que sur la troisième décimale et par suite est insignifiante. En admettant que l'on fasse sur le diagramme de la figure 10 une erreur de 56 kilogrammètres dans la détermination du travail de compression isothermique, ceci donnerait pour l'exemple précédent un écart de 0,7 chevaux, modifiant tout au plus d'une unité la troisième décimale du rendement global obtenu, ce qui est sans importance.

Compresseurs centrifuges.

Construction et fonctionnement des compresseurs centrifuges. — Lorsque, dans une centrale de compression d'air, le volume d'air aspiré pendant les heures de travail dépasse 150 mètres cubes

par minute, il peut être avantageux d'utiliser des compresseurs centrifuges au lieu de compresseurs à pistons.

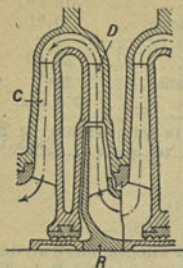


FIG. 150.

comporte une roue R, un diffuseur D et un canal de retour R' ramenant le fluide gazeux au centre de la cellule suivante (fig. 150):

Étages des compressions. — Pour éviter au métal du mobile de supporter des tensions trop élevées, du fait des forces centrifuges, on se limite en général pour des roues de compresseurs de mine à des vitesses périphériques de l'ordre de 175 mètres par seconde.

Dans ces conditions, le rapport de compression de chaque étage est de 1,28, ce qui conduit à neuf cellules au minimum pour des appareils refoulant à 7 kilogrammes effectifs:

Les roues ont un diamètre décroissant en raison de la compression de l'air.

Les compresseurs centrifuges sont constitués par une série de roues à aubes calées sur un même arbre et dans chacune desquelles le fluide gazeux, du fait de la force centrifuge, subit une certaine compression tout en prenant une grande vitesse linéaire. L'énergie est ainsi fournie au gaz, d'une part, sous forme d'énergie potentielle ou statique, d'autre part, sous forme d'énergie cinétique qu'il importe de transformer en pression par chute de vitesse dans un diffuseur.

De ceci il résulte que les compresseurs rotatifs sont des machines multicellulaires. Chaque élément de l'appareil

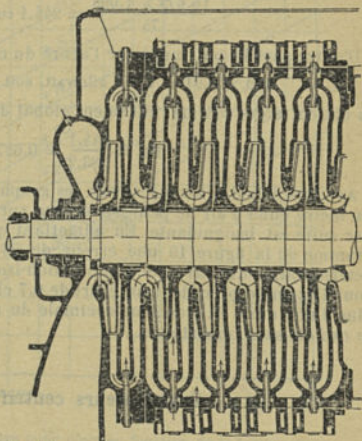


FIG. 151. — Coupe d'un turbo-compresseur Rateau.

L'équilibrage de la poussée axiale

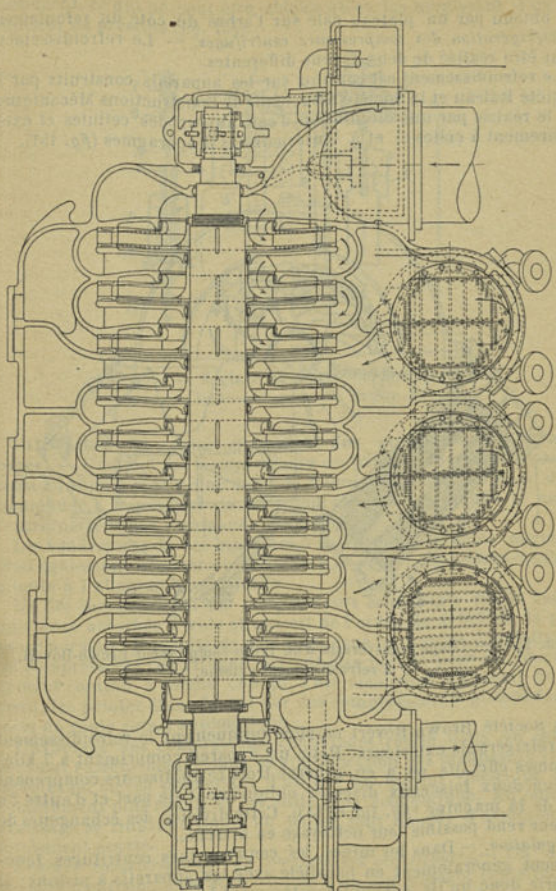


Fig. 132. — Coupe longitudinale d'un turbo-compresseur Brown-Boveri.

est obtenu par un plateau calé sur l'arbre du côté du refoulement
Réfrigération des compresseurs centrifuges. — Le refroidissement peut être réalisé de deux façons différentes.

Le refroidissement est continu sur les appareils construits par la Société Rateau et la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques. On le réalise par une circulation d'eau autour des cellules et extérieurement à celles-ci et à l'intérieur des diaphragmes (*fig. 151*).

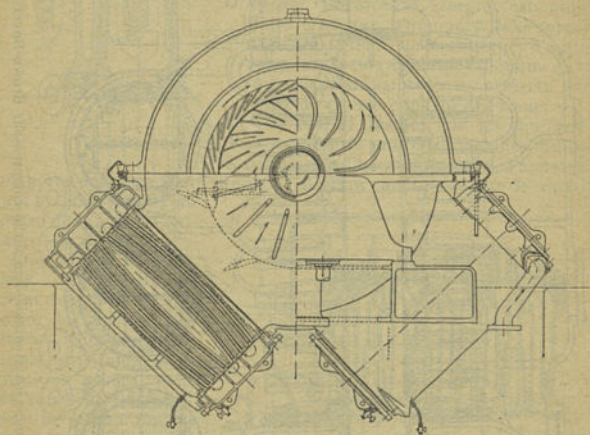


FIG. 153. — Coupe transversale d'un turbo-compresseur Brown-Boveri, à refroidissement externe.

La Société Brown-Boveri emploie uniquement le refroidissement par réfrigérants extérieurs. Pour un appareil comprimant à 7 kilogrammes effectifs on a en général trois refroidisseurs comprenant chacun deux faisceaux disposés obliquement de part et d'autre du bâti de la machine (*fig. 152 et 153*). Cette division des échangeurs de chaleur rend possible leur nettoyage en marche.

Régulation. — Dans les mines, les compresseurs centrifuges fonctionnent généralement en parallèle avec les appareils à pistons; il importe donc qu'ils donnent constamment et à la même pression de re-

foulement, ce qui ne peut être obtenu qu'en les munissant d'un régulateur de pression (*fig. 154*).

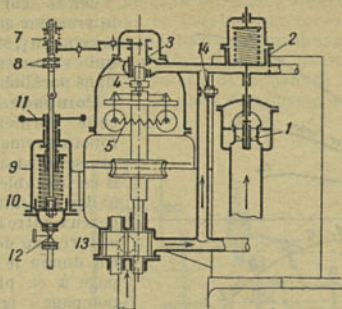


FIG. 154. — Réglage de la pression de refoulement dans des turbo-compresseurs Brown-Boveri.

Utilisation et zone d'emploi des compresseurs centrifuges. — L'emploi des compresseurs centrifuges devrait être pris en considération à partir d'un débit de 150 mètres cubes, s'il s'agit d'une commande à vapeur, et de 180 à 200 mètres cubes dans le cas de l'entraînement par commande électrique.

Les rendements de ces machines à mesure que le débit augmente croît également et pourrait atteindre 0,70 pour 1.000 mètres cubes par minute à 7 kilogrammes effectifs.

Un des inconvénients des compresseurs centrifuges réside dans la puissance absorbée à vide et qui est de l'ordre de 40/0 de la puissance normale. Il résulte de cela que, dans les projets d'installation, les compresseurs centrifuges devront être prévus pour un fonctionnement continu à pleine charge, l'air comprimé d'appoint au moment des pointes étant fourni par des compresseurs à pistons dont la mise en route serait automatique.

L'avantage des compresseurs centrifuges réside dans un encombrement extrêmement réduit, la simplification des organes, la vitesse de rotation élevée permettant d'utiliser un moteur électrique d'encombrement plus réduit et par suite plus économique. En outre, le graissage se trouvant limité au palier, tout danger d'explosion est totalement écarté.

Courbes caractéristiques de compresseurs centrifuges. — On donne généralement comme caractéristiques d'un compresseur centrifuge les

courbes en fonction du débit et sous différentes vitesses de la pression de refoulement, de la puissance sur l'arbre et du rendement.

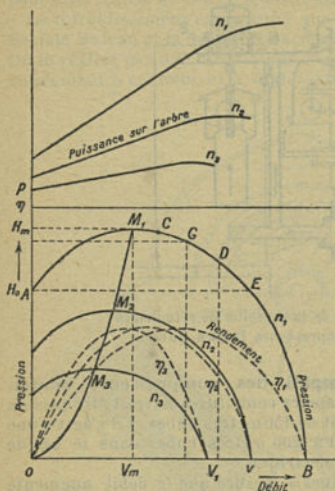


FIG. 155. — Courbes caractéristiques d'un turbo-compresseur sous différentes vitesses.

tion est V_1 . Pour n_1 tours, la courbe de pression en fonction du débit est AM_1B (fig. 155). Celle-ci présente un maximum M_1 , correspondant à un volume aspiré V_m . Soit D le point figuratif de fonctionnement de l'appareil débitant V_1 . Lorsque la consommation en air comprimé du réseau prend une valeur $v \leq V_1$, le compresseur refoule plus de fluide gazeux qu'il ne lui en est demandé et la pression dans le réservoir et les tuyauteries s'élève. Le point D se déplace alors sur la courbe AM_1B dans le sens DM_1A . Si $v \geq V_m$, l'appareil se stabilise de lui-même en G correspondant à V .

Si $v \leq V_m$, D atteint tout d'abord M_1 , mais à ce moment le débit est encore plus élevé que la consommation, la pression monte dans le réservoir et devient très rapidement supérieure à H_m . Le compresseur, ne pouvant plus vaincre la résistance qui lui est proposée, cesse

Celles correspondant à la pression présentent des maxima M_1, M_2, M_3 (fig. 155), qui s'inscrivent sur une ligne parabolique O, M_1, M_3 .

Pompage. — A droite de cette dernière courbe, le fonctionnement du compresseur est stable, à gauche il est instable et donne lieu à des pulsations du fluide gazeux entre le compresseur et le réseau de canalisation. On donne le nom de pompage à ce phénomène. Le pompage présente entre autres inconvénients de modifier brusquement la poussée axiale des roues et de produire des variations très rapides de la puissance absorbée par le moteur.

Pour expliquer le phénomène du pompage, considérons un compresseur centrifuge tournant à la vitesse n_1 et refoulant par l'intermédiaire d'un réservoir dans un réseau de tuyauteries dont la consommation

de débiter et son point figuratif vient en A où la pression de refoulement est $H_0 \leq H_m$. L'écart $H_m - H_0$ produit un écoulement de fluide gazeux vers la machine et la puissance absorbée tombe brusquement. Dans ces conditions, la pression du réservoir prend une valeur inférieure à H_0 , car les canalisations continuent de débiter. Le compresseur peut de nouveau refouler et son point figuratif saute brusquement de A en E où la puissance demandée est notablement plus élevée qu'en M. Le débit est alors de nouveau supérieur à v , le

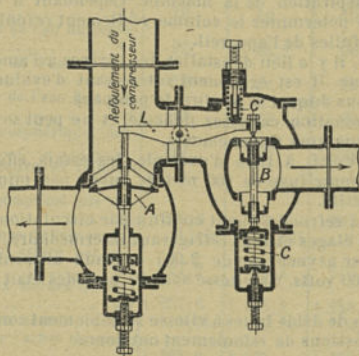


Fig. 156. — Clapet de retenue et soupape automatique de décharge, système Rateau.

- A, Clapet de retenue ;
- B, Soupape automatique de décharge ;
- CC', Ressort de réglage.

point de fonctionnement de l'appareil se déplace vers M_1 , tandis que la puissance diminue progressivement et les phénomènes précédents constituant le pompage se reproduisent dans le même ordre.

On évite le pompage :

Par le réglage du diffuseur ;

Par l'intercalation sur la tuyauterie de refoulement d'une soupape de décharge (fig. 156) qui permet d'évacuer dans l'atmosphère une quantité d'air égale à la différence entre le débit pour lequel commence le pompage et le volume réellement aspiré par le réseau.

Par étranglement de l'aspiration que provoque une baisse de pression du fluide gazeux à l'entrée des roues ;

Par réglage par tout ou rien qui permet d'isoler le compresseur du réseau.

Dans le cas où le compresseur est commandé par une turbine à vapeur, il suffit, ce qui est très aisé à réaliser, de faire varier la vitesse de régime.

Essai d'un compresseur centrifuge. — La mesure de débit d'un compresseur centrifuge se fait en général au moyen d'une tuyère placée sur l'aspiration de la machine. Cependant il est également intéressant de déterminer le volume réellement refoulé, de façon à connaître les fuites de l'appareil.

Dans ce cas, il y a lieu d'installer des tuyères à l'amont et à l'aval du compresseur. Il est également intéressant d'évaluer le débit limite au-dessous duquel se produit le pompage.

Cette détermination est assez délicate et ne peut se faire que par essais, après quelques tâtonnements.

ESSAIS. — Voici, à titre d'exemple, les essais effectués sur un compresseur centrifuge de 200 mètres cubes par minute à 7 kilogrammes effectifs.

L'appareil, à refroidissement continu par circulation d'eau autour des différents étages et sans réfrigérant intermédiaire, était entraîné par un moteur asynchrone de 2.000 chevaux alimenté en courant triphasé à 5.000 volts. Sa vitesse sous 50 périodes était de 2.950 tours par minute.

Les mesures de débit faites à vitesse sensiblement constante et sous différentes pressions de refoulement ont donné

ESSAIS	a	b	c	d
Tension aux bornes du moteur.	5.215	5.250	5.250	5.250
Intensité	153,6	138	155,6	154
Puissance	1.237,6	1.103,2	1.248,8	1.282,4
Cos φ	0,892	0,880	0,882	0,918
Vitesse en tours par minute ..	3.043	3,045	3.046	3,048
Température de l'air à l'aspiration	19	19	19	19
Température de l'air au refoulement	92	85,2	90,8	91
Température de l'eau à l'entrée	22	22	22,5	22,5
Température de l'eau à la sortie	29	29	29	29
Pression atmosphérique (mm. de Hg)	749	749	749	749
Pression effective au refoulement	7	7,45	6,1	5,1
Poids d'air comprimé par minute	270,6	212,5	292,8	321,5
Poids spécifique de l'air aspiré.	1,191	1,191	1,191	1,191
Volume d'air aspiré par minute	227,2	178,4	245,8	270,0
Puissance aux bornes du moteur	1.237,6	1.103,2	1.248,8	1.282,4
Rendement du moteur	0,94	0,94	0,94	0,94
Puissance sur l'arbre du compresseur	1.163,3	1.037	1.173,8	1.205,4
Puissance isothermique .. kw	779,6	628,7	795,1	805,2
Rendement isothermique du compresseur	0,67	0,606	0,678	0,669
Rendement du groupe	0,63	0,570	0,637	0,628
Consommation en watts par heure par mètre cube aspiré.	90,78	103,07	84,67	79,16

Ces résultats reportés sur un graphique dont les abscisses sont proportionnelles aux volumes aspirés, conduisent aux courbes caractéristiques de la figure 157.

Le débit, qui atteint 270 mètres cubes par minute sous $5^{\text{kg}},1$, baisse progressivement lorsque la pression augmente et tombe à $178^{\text{mm}},4$ par minute pour $7^{\text{kg}},45$. Le rendement maximum dépasse 0,67. Il est obtenu pour environ 260 mètres cubes par minute comprimés à $5^{\text{kg}},5$ et correspond à un rendement global du groupe de 0,63.

A vide, vanne de refoulement fermée, l'appareil consomme environ 275 kilowatts.

Rappelons à ce propos que des compresseurs verticaux à deux cylindres de 55 mètres cubes par minute et 7 kilogrammes effectifs

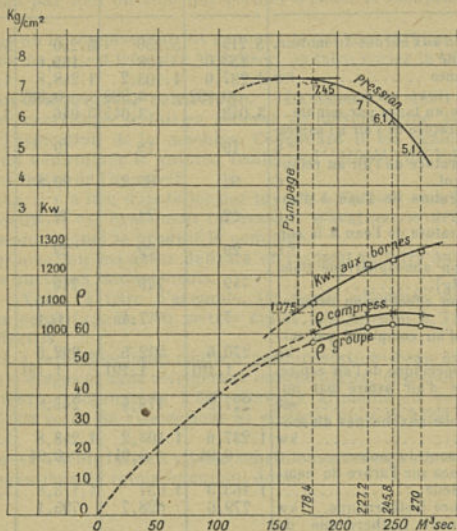


FIG. 157. — Courbe caractéristique d'un turbo-compresseur de 200 mètres cubes par minute.

accouplés directement à des moteurs asynchrones triphasés donnent :

Pression effective au refoulement.....	7 kg.
Rendement du moteur.....	0 ^{kg} ,91
— interne.....	0 ,706
— mécanique.....	0 ,945
— global isothermique.....	0 ,667
— total du groupe.....	0 ,607
Consommation en waits-heures par mètre cube aspiré....	94 ,3

BIBLIOGRAPHIE

- La compression et la détente de l'air*, par LAHOUSSAY (*Revue de l'Industrie Minérale*, 15 juin 1926).
- Production et distribution de l'air comprimé*, par LAHOUSSAY (*Revue de l'Industrie Minérale*, 15 décembre 1927).
- Étude du prix de revient de l'air comprimé*, par MOTREUL (*Revue de l'Industrie Minérale*, 1931).
- Les compresseurs d'air à pistons*, par LAHOUSSAY (*Revue de l'Industrie Minérale*, 1926).
- Les explosions des compresseurs d'air à pistons*, par LAHOUSSAY (*Revue de l'Industrie Minérale*, 15 janvier 1927).
- Les essais de compresseur d'air à basse pression*, par LAHOUSSAY (*Revue de l'Industrie Minérale*, 15 juillet 1927).
- Essais des compresseurs à pistons* (Note technique du Comité des Houillères, n° 15, 1927).
- Les compresseurs centrifuges*, par LAHOUSSAY (*Revue de l'Industrie Minérale*, 15 avril 1927).
- Essai d'un compresseur centrifuge* (Note technique du Comité des Houillères, n° 62, 1928).
- Centrales de production d'air comprimé*, par VASSART (Congrès de Liège 1930, section « Mines »).
-

**Classement des combustibles minéraux solides
d'après le calibrage (1).**

Pulvérulents.....	Ce qui traverse le tamis à mailles carrées présentant 3 millimètres de vide entre fils (2).
Fines ou menus de zéro à N millimètres..	Ce qui traverse le crible à trous ronds de N millimètres de diamètre (3).
Criblés à N millimètres	Le refus du même crible.
Calibrés de N à N'.....	Refus du crible de N millimètres traversant le crible de N' millimètres.
Tout-venant à X pour cent de gros	Mélanges des différentes catégories après épierrage. — On entendra par gros, sauf indication contraire, le refus du crible de 50 millimètres (4).

N. B. — Pour les fines et pour les calibrés, spécifier s'ils sont lavés ou bruts.

(1) D'après la Commission interministérielle d'utilisation du combustible (*Annales des Mines*, 13^e série, T. I, 3^e livraison 1932. Bulletin).

(2) Soit environ 0,12 inches.

(3) Soit environ 0,04 N inches.

(4) Soit environ 2 inches.

Classement des houilles et anthracites d'après leur nature ⁽¹⁾

(adopté à titre provisoire).

Teneur en matières volatiles sur charbon sec et cendres déduites ; caractéristiques du résidu solide obtenu dans l'essai pour matières volatiles.

NATURE	TENEUR APPROXIMATIVE en matières volatiles, déterminée à 950°	RÉSIDU SOLIDE DE L'ESSAI pour matières volatiles
	0/0	
Anthracites	0 à 8	Résidu pulvérulent.
Maigres anthraciteux ..	8 à 11	id.
Quart-gras	11 à 13	Résidu légèrement agglutiné mais s'écrasant sous le doigt.
Demi-gras	13 à 18	Coke de faible dureté.
Gras à courte flamme ..	18 à 26	Coke bien aggloméré et dense.
Gras	26 à 32	Coke bien aggloméré et léger.
Gras à longue flamme ..	Au-dessus de 32	Coke boursoufflé.
Sees à longue flamme ou fléus	Au-dessus de 32	Résidu pulvérulent ou légèrement agglutiné.

N. B. — Les dénominations de la première colonne ne s'appliquent, sans autre commentaire, que dans les cas où il y a concordance entre le critérium tiré de la teneur en matières volatiles et celui tiré de l'aspect du résidu solide de l'essai.

(1) D'après la Commission interministérielle d'utilisation du combustible (*Annales des Mines*, 13^e série, t. I, 5^e livraison 1932. Bulletin).

Changement des boîtes et entranche d'après leur nature

Tableau 1

Les données relatives à la composition chimique des boîtes et entranche sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les valeurs sont exprimées en pourcentage de la masse totale.

Boîte	Entranche	Boîte	Entranche
1	1	2	2
3	3	4	4
5	5	6	6
7	7	8	8
9	9	10	10
11	11	12	12
13	13	14	14
15	15	16	16
17	17	18	18
19	19	20	20
21	21	22	22
23	23	24	24
25	25	26	26
27	27	28	28
29	29	30	30
31	31	32	32
33	33	34	34
35	35	36	36
37	37	38	38
39	39	40	40
41	41	42	42
43	43	44	44
45	45	46	46
47	47	48	48
49	49	50	50
51	51	52	52
53	53	54	54
55	55	56	56
57	57	58	58
59	59	60	60
61	61	62	62
63	63	64	64
65	65	66	66
67	67	68	68
69	69	70	70
71	71	72	72
73	73	74	74
75	75	76	76
77	77	78	78
79	79	80	80
81	81	82	82
83	83	84	84
85	85	86	86
87	87	88	88
89	89	90	90
91	91	92	92
93	93	94	94
95	95	96	96
97	97	98	98
99	99	100	100

ÉTUDE (1) SUR LA SPÉCIALISATION DU TRAVAIL D'ABATAGE ET LE FOUDROYAGE DIRIGÉ DANS UNE MINE DE FER DU BASSIN LORRAIN

Nous allons exposer dans la présente communication :

1° Le principe d'une nouvelle méthode d'abatage dans le cadre de l'exploitation habituelle du gisement ferrifère lorrain ;

2° Le principe d'une nouvelle méthode d'exploitation par dépilage à front aligné ;

3° Les résultats obtenus au point de vue de l'économie par l'application de ces méthodes.

Ces méthodes ont été mises au point aux mines de fer d'Angevil-lers en couche grise, dans le courant de l'année 1931-1932.

I. — LE TRAVAIL D'ABATAGE

Organisation habituelle du travail d'abatage.

La méthode d'abatage, couramment utilisée dans le bassin lorrain, consiste à confier à une équipe comprenant deux ou trois ouvriers, l'abatage et le chargement du minerai dans les chantiers.

Chaque équipe comprend un mineur, qui est chargé de forer les trous, de constituer les charges d'explosifs, de bourrer les trous et de tirer les mines. Il est également chargé de purger le toit du chantier pour en assurer la sécurité.

Le mineur est assisté par un ou deux manœuvres, dont le travail consiste à charger le minerai en berlines. Dans certains cas, il est

(1) Cette étude a fait l'objet d'une communication au district de l'est de la Société de l'Industrie minière à Nancy le 11 juin 1933. (Compte rendu public dans la *Mine* du 17 octobre 1933.)

fréquent que le mineur donne la main au manœuvre pour le chargement du minerai.

Le mineur et les manœuvres sont tenus à poser la voie dans le chantier et à exécuter éventuellement les travaux de boisage lorsque l'équipe est occupée dans un chantier à dépiler.

L'examen de cette méthode d'abatage révèle un certain nombre d'inconvénients, dont voici les principaux :

1° Étant donné que le mineur tire habituellement par volée de deux et, plus rarement, de trois coups, l'équipe des manœuvres est appelée à quitter très fréquemment le chantier pour le tir, et il en résulte une perte de temps pour le chargement ;

2° Au moment du purgeage, qui peut être parfois assez long après le tir, les manœuvres ne chargent pas et donnent la main au mineur ;

3° La pose des voies et le boisage dans le chantier réduisent également le temps de chargement et d'abatage ;

4° Lorsque le mineur donne la main aux manœuvres pour le chargement, tout le temps qu'il passe à ce travail est perdu pour l'abatage du minerai proprement dit ;

5° Lorsqu'un coup est raté, le chantier est consigné pendant une heure, qui est perdue pour toute l'équipe.

Nous nous sommes préoccupés de rechercher une autre méthode de travail, qui nous eût permis d'atténuer, dans une certaine mesure, les inconvénients que nous venons d'énumérer. Voici en quoi elle consiste.

Organisation du travail d'abatage par équipes spécialisées.

Le principe de cette méthode consiste à décomposer le travail d'abatage et de chargement en travaux élémentaires bien définis, à confier à des ouvriers spécialisés l'exécution de ces travaux élémentaires et à grouper ces ouvriers en équipes homogènes. Il consiste, en outre, à confier à une telle équipe l'exécution du travail d'abatage et de chargement de plusieurs points d'attaque.

Nous avons décomposé le travail du mineur en travaux élémentaires suivants :

1° Chargement du minerai abattu confié aux manœuvres ;

2° Forage des trous de mine confié aux ouvriers que nous désignerons sous le nom de foreurs ;

3° Tir des mines et surveillance des toits.

Ces fonctions sont remplies par un ouvrier éprouvé, qui est le chef d'équipe.

Il reste ensuite à réaliser des conditions telles que chacun de ces travaux élémentaires puisse être exécuté avec le rendement maximum.

Parmi ces conditions, la plus importante est la condition de con-

tinuité. Il s'agira, par exemple, de prendre des dispositions qui permettront aux équipes proposées au chargement du minerai, de travailler sans être dérangées pour les besoins du tir le plus longtemps possible.

Pour réaliser cette condition, il est nécessaire d'établir un équilibre entre la capacité d'abatage et la capacité de chargement de l'équipe. Cet équilibre sera obtenu quand le stock de minerai abattu, qui reste en réserve dans les chantiers à fin de poste, deviendra constant.

Nous allons indiquer la composition des équipes qui nous ont permis d'atteindre cet équilibre, suivant la nature des travaux : traçage des chantiers, traçage des galeries, dépilage.

Traçage de chantiers.

Pour le traçage de cinq chantiers ou galeries d'abatage, de 5 mètres de largeur et 3^m,50 de hauteur, branchés sur une tertiaire, l'équipe qui a donné les meilleurs résultats comprenait :

- 1 chef de chantier,
- 2 foreurs,
- 8 chargeurs, répartis en quatre équipes,

soit au total 11 hommes

Voici le mode de travail de l'équipe :

Au début du poste, les foreurs et le chef de chantier s'assurent que les toits sont en ordre; puis les foreurs occupent deux chantiers et commencent à forer les trous de mine; les chargeurs procèdent au chargement du minerai provenant du poste de la veille. Le chef de chantier prépare l'explosif, tire une volée forée à la fin du poste précédent, et purge le toit.

Ceci posé, nous allons exposer les observations que nous avons pu faire au sujet de cette méthode de travail. Ces observations présentent un caractère général et s'appliquent au traçage des galeries et aux dépilages.

1° Répartition du personnel. — Nous n'avons pu éviter que les manœuvres procèdent au chargement du minerai dans les chantiers, où les foreurs travaillent. Néanmoins, sur les quatre équipes de manœuvres, il y en a deux, et par moment trois, qui travaillent seules dans les chantiers; d'ailleurs, dans les chantiers où le chargement a lieu en même temps que le forage, cet inconvénient est atténué.

En effet, au lieu de forer deux ou trois trous, le foreur en fore quatre, nombre correspondant au maximum de coups, autorisés par

le règlement pour le tir à la mèche des volées; ce travail demande une heure environ. L'équipe préposée au chargement peut donc travailler, sans être dérangée, sur cet intervalle de temps. Quand elle devra quitter le chantier au moment du tir, pour se rendre dans un autre où elle trouvera du minerai abattu, le déplacement prévu ne pourra être considéré comme préjudiciable au rendement: il est indispensable.

2° Roulage. — Pour accroître la capacité de chargement de nos équipes, nous nous sommes préoccupés de perfectionner le roulage au chantier même.

A cet effet, les chantiers ou galeries d'abatage ont été équipés à double voie, avec bretelles, constituant des gares. Ces gares se trouvent à 15 mètres du point de chargement. Dans ces conditions, au lieu que le roulage se fasse depuis le point de chargement jusqu'à la gare de tertiaire, sur une distance pouvant atteindre 100 mètres, le roulage n'a lieu que sur un parcours de 15 mètres. Quant au roulage secondaire, depuis la gare du chantier jusqu'à la gare de la tertiaire, il est assuré pour l'ensemble des cinq chantiers par un rouleur.

Nous avons pu accroître au maximum, en supprimant le roulage, la capacité de chargement des manœuvres, mais l'avantage essentiel a résidé dans l'unification du travail de chargement, dont la difficulté peut varier dans la méthode habituelle suivant l'importance du roulage.

Cette unification nous a permis de déterminer d'une façon précise le tonnage de minerai que peut charger un manœuvre dans un temps donné, et de fixer ainsi son prix de tâche.

3° Pose de voies. — La pose de voies et de gares dans les chantiers est exécutée, non par l'équipe d'abatage, mais par l'équipe de poseurs du quartier. Cette façon de procéder évite une perte de temps préjudiciable au travail d'abatage; la pose de voies étant confiée à des ouvriers spécialisés et exécutée d'une façon plus soignée et dans un temps plus réduit.

Dans chaque chantier se trouvent des coupons de voie de 2 mètres de longueur, que le chargeur pose en quelques minutes, lorsque la voie du chantier n'arrive plus au tas de minerai.

Observations. — Il semblera au premier abord que la suppression pour les ouvriers de l'abatage, du roulage et de la pose des voies ait eu pour effet d'accroître artificiellement leur rendement. C'est en partie exact; cependant même en incorporant les postes d'ouvriers préposés à ces opérations, le rendement obtenu est supérieur à celui que l'on obtient avec l'organisation habituelle du travail en chantier.

Cependant, il ne faut pas perdre de vue que le rendement ne peut constituer un critère pour l'évaluation du prix de revient qu'à

la condition que tous les ouvriers reçoivent le même salaire journalier. Or, il n'en est pas ainsi : le salaire d'un rouleur est de 60 0/0 environ de celui du piqueur.

Il est donc indispensable d'introduire la notion du salaire réduit, qui permet de chiffrer les dépenses à la tonne avec plus d'exactitude.

Nous avons fait une évaluation des salaires dépensés par tonne en tenant compte de la pose de voies et du roulage dans la note annexée à la présente communication.

Il résulte de cette évaluation que le coût de ces opérations ramené à la tonne est inférieur à ce qu'il serait dans l'ancienne, dans laquelle ces opérations sont effectuées par le mineur et ses manœuvres par suite de la différence importante existant entre les salaires payés aux ouvriers qui travaillent en régie et à la tâche.

Le tonnage chargé par une pareille équipe varie entre 130 et 140 tonnes de minerai par poste.

1° D'après la composition de cette équipe, il ressort que pour trois mineurs, il y a huit manœuvres, ce qui correspond à 2,65 manœuvres par mineur. Il est à remarquer que dans l'organisation habituelle, le nombre de manœuvres par mineur, travaillant en traçage de chantier, ne dépasse pas deux, et que très souvent le mineur travaille avec un seul manœuvre.

2° Pour produire ce tonnage, les deux foreurs utilisent deux marteaux ; par conséquent, le tonnage de minerai abattu par marteau est de 65 à 70 tonnes environ alors qu'une équipe travaillant dans les conditions habituelles abat 30 tonnes de minerai. Par suite, le nombre de marteaux nécessaires pour réaliser le même tonnage, est réduit de plus de 50 0/0. Il en est de même des flexibles et des jeux de mèches.

3° Le chef de chantier étant appelé à tirer un très grand nombre de volées acquiert une grande pratique dans la préparation des mines, d'où réduction du nombre de coups ratés. Si, éventuellement, un coup raté a lieu, on consigne le chantier, mais étant donné qu'il y a cinq points d'attaque pour quatre équipes de chargement, l'arrêt d'un chantier pendant une heure n'aura pas de répercussion sur le chargement. En outre, le fait de confier le tir à un boute-feu diminue les risques d'accidents et donne plus de certitude sur l'observation stricte des consignes.

4° **Forage.** — Les ouvriers foreurs, étant donné leur petit nombre, sont sélectionnés et atteignent des rendements élevés.

5° **Surveillance.** — La surveillance d'un groupe de chantiers est beaucoup plus aisée que dans le cas où les cinq chantiers seraient individuellement occupés par des équipes ordinaires :

a) Les effectifs sont plus concentrés, à tonnage égal ;

b) Le chef de chantier est toujours au courant de ce qui se passe dans chacun des points d'attaque. Il est donc responsable de la sécurité,

aussi bien du tir que de la tenue du toit et, par suite, le porion se trouve dans des conditions excellentes pour exercer la surveillance.

Traçage de galeries.

La même méthode a été appliquée au traçage de galeries de 3^m,30 de hauteur, sur 4 mètres de largeur. Le groupe en traçage comprend, d'une façon générale, trois galeries (une tertiaire, sur laquelle est branchée une secondaire, que l'on pousse de part et d'autre de la tertiaire).

L'équipe, travaillant en traçage de galerie, comprend :

- 1 chef de chantier,
- 2 foreurs,
- 6 manœuvres,

soit au total 9 hommes.

Le travail est conduit dans les mêmes conditions qu'en traçage de chantiers. La production moyenne du groupe atteint 90 tonnes par poste, ce qui correspond à un avancement de l'ordre de 3 mètres.

A ce groupe de galerie, est adjoint un traçage de réserve, qui n'est utilisé qu'en cas d'un incident de tir.

Résultats d'exploitation.

a) **Traçage de chantiers.** — Nous avons groupé dans le tableau n° I, les résultats d'exploitation obtenus sur une période de sept mois, dans le traçage d'un groupe de cinq chantiers.

L'examen de ce tableau suggère un certain nombre d'observations. La variation de tonnage mensuel résulte, d'une part, du nombre de jours ouvrables, qui a varié d'un mois à l'autre, pour des raisons d'ordre commercial et, d'autre part, de la modification que nous avons apportée à la composition de l'équipe aux mois d'avril, mai et juin.

Les compositions successives de ces équipes ont été les suivantes :

- 1 chef de chantier,
- 2 foreurs,
- 8 manœuvres,

soit au total 11 hommes, et

- 1 chef de chantier,
- 3 foreurs,
- 11 manœuvres,

soit au total 15 hommes.

Bien que les rendements obtenus aient été équivalents, nous avons constaté que le chef de chantier présentait des signes manifestes de surmenage, à la suite de quoi nous avons décidé de ramener l'équipe à sa composition primitive.

La consommation d'air liquide par tonne figure dans la dernière colonne du tableau. Cette consommation, qui a été relativement élevée au début de l'année, a déchu progressivement, bien que les traçages aient rencontré de nombreuses cassures, ainsi que de petites failles.

L'accroissement de la consommation d'air liquide, en juin, résulte de ce qu'un nouveau groupe de chantiers a été mis en traçage, avec entrée des chantiers réduite à 3^m,50 de largeur, sur 8 mètres de longueur.

b) **Traçage de galeries.** — Nous avons consigné dans le tableau n° II les résultats d'exploitation obtenus dans le traçage de trois galeries tracées à 4 mètres de largeur sur 3^m,30 de hauteur, en couche grise.

Chantiers à dépilage.

A la suite des résultats obtenus en spécialisant le travail d'abatage en traçage de chantier et de galerie, nous avons été amenés à tenter l'application de cette méthode dans le travail de dépilage.

Le problème se posait d'une façon différente, par suite de la nature particulière du travail imposé aux mineurs. Il fallait avant tout faire travailler l'équipe dans des conditions de sécurité analogues, sinon supérieures, à celles qui étaient réalisées pour les équipes ordinaires, comprenant un mineur et deux manœuvres et travaillant individuellement au dépilage d'un pilier. Avant d'aller plus loin, nous allons décrire brièvement la région en cours de dépilage.

Allure du gisement. — Dans cette région, la couche grise, dont le pendage est de 5 0/0 environ, présente une puissance variant de 3^m,80 à 4^m,40. La teneur moyenne du minerai en fer est de 30 0/0 environ.

Elle est surmontée d'un banc de calcaire coquillé, assez dur, de 0^m,40 à 0^m,60 d'épaisseur, capable de constituer un toit solide. Au-dessus se trouve un banc de minerai (couche jaune) dont l'épaisseur varie de 0^m,30 à 1 mètre.

Allure des traçages. — Le champ d'exploitation est découpé en massifs rectangulaires par galeries secondaires et tertiaires, dont l'orientation dépend du pendage et, quelquefois, du fil de mine. Ces massifs sont à leur tour découpés par des galeries d'abatage, ou chantiers parallèles entre eux, et branchés sur la tertiaire. Quand ce

TABLEAU I

Tracé d'un groupe de cinq chantiers de la mine Guillaume.

Largeur 5 mètres. — Hauteur 3^m, 30.

MOIS	TONNAGE total abattu	TONNAGE abattu par foreur et par poste	TONNAGE moyen chargé par chargeur et par poste	RENDMENT du groupe	DÉPENSE d'explosifs par tonne	DÉCOMPOSITION			POIDS d'air liquide par tonne
						Air liquide	Cartouches	Mèches Papier	
1932									
Janvier..	3 987	10,40	48,6	13,20	francs 4,545	francs 0,838	francs 0,699	kg. 0,338	
Février..	2,365	60,65	16,55	11,52	4,586	0,9,3	0,095	0,324	
Mars....	2,914	69,40	17,40	12,61	1,581	0,916	0,110	0,308	
Avril....	3,899	64,77	16,40	12,48	1,640	0,940	0,097	0,335	
Mai....	4,464	62,32	17,50	12,70	1,545	0,870	0,092	0,324	
Juin....	4,426	55,48	15,60	11,36	1,685	0,932	0,104	0,361	
Juillet..	2,759	67,70	17,00	12,56	1,559	0,886	0,088	0,325	

TABLEAU II

Traçage d'un groupe de trois galeries de la mine Guillaume.

Largeur 4 mètres. — Hauteur 3^m,30.

MOIS	TONNAGE total abattu	TONNAGE abattu par foreur et par poste	TONNAGE moyen chargé par chargeur et par poste	RENDEMENT du groupe	DÉPENSE d'explosifs par tonne	DÉCOMPOSITION			POIDS d'air liquide par tonne
						Air liquide	Cartouches	Mèches Papier	
1932						francs	francs	francs	kg.
Février...	1.688	44,44	14,9	9,91	1,871	0,700	1,044	0,127	0,389
Mars...	2.031	48,37	16,1	10,74	1,916	0,671	1,116	0,129	0,373
Avril...	1.624	45,43	14,8	9,94	1,875	0,748	0,974	0,153	0,355
Mai...	2.263	46,66	15,7	10,45	1,908	0,725	1,065	0,118	0,403
Juin...	2.352	46,15	15,2	10,25	1,748	0,664	0,967	0,117	0,369
Juillet...	1.599	43,51	14,5	9,67	1,669	0,676	0,877	0,116	0,376
Août...	2.556	47,44	15,9	10,61	1,659	0,601	0,954	0,104	0,331

traçage est achevé, on dépèce les piliers en rabattant vers la tertiaire ou dans la direction d'une galerie principale de roulage.

Dans la région qui nous intéresse, le traçage des chantiers avait été exécuté sept ans auparavant d'une façon assez irrégulière. Certains chantiers atteignent 6 à 7 mètres de largeur et les piliers, compris entre les chantiers, présentent des épaisseurs qui, sur un même pilier, varient de 13 à 5 mètres.

Mais l'inconvénient le plus grave a résidé dans la hauteur des chantiers qui avaient été tracés à 5 mètres et même à 6^m,50 de hauteur, au lieu de 3^m,50. Cette hauteur exagérée a été la cause de réelles difficultés au moment de la phase de dépilage proprement dite, par suite de la mauvaise tenue du toit.

Ceci posé, nous allons faire l'exposé de la nouvelle méthode de travail appliquée au dépilage.

Constitution de l'équipe. — L'équipe normale, travaillant dans les chantiers à dépilage, comprend :

- 1 chef de chantier,
- 2 foreurs,
- 8 manœuvres (le nombre des manœuvres est couramment porté à 10 et 11).

Les attributions des différents membres de l'équipe sont les suivantes :

Chef de chantier. — Il est chargé du tir et de la sécurité : A ce titre, il prépare l'explosif et procède au tir des coups de mine.

Après le tir, il vérifie le toit, exécute le travail de purgeage et de boisage.

Le nombre de volées à tirer par poste de six heures trente effectif au chantier étant de 10 environ, et la durée du tir d'une volée étant de vingt minutes, le chef de chantier consacre au tir : $10 \times 20' = 200$ minutes par poste, soit trois heures 30 environ. Les trois heures restantes sont uniquement consacrées au travail de purgeage et de boisage.

Foreurs. — Ces ouvriers ont une double fonction : ils forent les trous de mine et aident le chef de chantier au purgeage et au boisage du toit. En dépilage, la durée du forage d'une volée est de quarante-cinq à cinquante minutes : la préparation de 10 volées exige cinq cents minutes, soit huit heures environ. Les deux foreurs ayant chacun six heures trente de présence au chantier, ils disposent de $13 - 8 = 5$ heures pour aider le chef de chantier.

En résumé, on peut tabler sur huit heures effectives consacrées au travail de purgeage et de boisage.

Manœuvres. — Les manœuvres procèdent au chargement du minéral. En principe, ils n'aident pas le chef de chantier et les foreurs dans leur travail de purgeage.

Une équipe ainsi constituée a été occupée à dépiler quatre piliers. Le nombre de manœuvres par pilier était de deux. Le front de taille de chaque pilier était orienté à 45° sur la direction de la galerie et chaque pilier était décalé, par rapport au précédent, d'une dizaine de mètres.

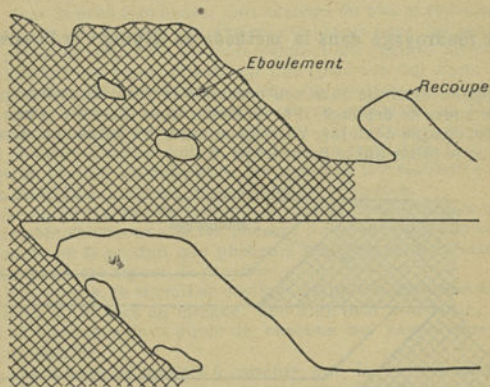


FIG. 1. — Échelle 1 : 500.

Le défilage était exécuté suivant la méthode des recoupes (fig. 1). Cette méthode consiste à tracer une recoupe parallèle au front de taille jusqu'à ce qu'elle perce dans les éboulis du défilage amont, en abandonnant une planche de minerai de 50 centimètres à 1 mètre pour se protéger contre ces éboulis. On élargit ensuite cette recoupe, en abandonnant des piles de minerai, du côté des éboulis et on bat au large par enlevures successives, jusqu'à ce que le toit devienne trop dangereux. On entreprend alors le percement d'une nouvelle recoupe et le même cycle d'opérations recommence.

Cette méthode est appliquée à un groupe de piliers, qui constitue à proprement parler le front de défilage.

Quant au foudroyage en arrière du front, il se produit dans des conditions assez complexes, dont nous allons essayer de donner un aperçu.

II. — LE FOUDROYAGE DIRIGÉ

Le foudroyage dans la méthode de défilage ordinaire.

Lorsqu'on examine dans son ensemble le front de taille d'une région en cours de défilage, il se présente sous l'aspect d'une ligne dentelée, chaque dentelure correspondant à un pilier, en décrochement sur le pilier qui le précède (*fig. 2*).

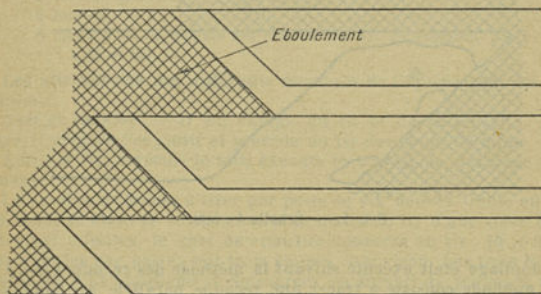


FIG. 2. — Échelle 1 : 1.000.

Il résulte de cette disposition que le toit de la couche repose dans le voisinage immédiat du front de taille sur une suite de promontoires de minerai qui supportent une charge considérable, et subissent les effets de pression importants.

Examinons la façon dont, en cours de défilage, se comporte le toit d'un pilier quelconque, entre deux promoteurs successifs, lorsque la pression commence à se manifester.

On constate, en premier lieu, que le toit, qui rendait un son clair, rend un son creux à certaines places. Le toit bombe et nécessite une vérification méthodique. Au début, il est difficile de faire tomber à la pince les placages là où le toit bombe et fréquemment on se con-

tente, par suite de la difficulté que l'on éprouve à les faire tomber, de les soutenir, par mesure de sécurité, avec des étançons.

Puis vient une seconde phase, durant laquelle le toit donne un son creux, tout au long du front de taille. Les plaçages sont abattus à la pince avec facilité. Parfois, ils tombent seuls.

On constate en même temps que les placages, qui n'avaient pu être abattus dans la première phase, sont décollés du toit et reposent entièrement sur les étançons qui avaient été placés pour les soutenir.

Cette phase correspond à un accroissement des effets de pression et au décollement des bancs du toit, sur une épaisseur qui varie entre 1^m,50 et 2 mètres au-dessus de la couche. On constate en outre que des étançons, qui avaient pu être placés au préalable, se brisent. De plus, ils arrivent qu'une cassure apparaît sur plusieurs mètres, le long du chantier d'accès, dans le voisinage du front de taille.

Lorsqu'on procède au déboisage, les bancs du toit tombent sur une hauteur de 1^m,50 à 2 mètres. Puis l'éboulement a lieu.

Une des particularités du foudroyage réside dans la durée extrêmement variable de chacune de ses phases ; il arrive fréquemment que l'éboulement ne se produit que plusieurs semaines après la manifestation des premiers signes de pression.

Pour ces raisons, le travail de dépilage est particulièrement délicat et nécessite, de la part du mineur, une vigilance constante, étant donné son ignorance de la durée de chacune des phases que nous venons de décrire.

Nous avons donc été amenés à conclure que la spécialisation du travail d'abatage ne pourrait donner de bons résultats que dans la mesure où l'on arriverait à régulariser le processus du foudroyage, de façon à maintenir constant le nombre de points d'attaque. Il est évident, en effet, que si le toit devenant menaçant, on se trouve dans l'obligation d'abandonner brusquement le dépilage d'un pilier, au milieu du poste, la désorganisation de l'équipe qui en résulte abaisse son rendement.

Règles à suivre pour réaliser le foudroyage dirigé.

Des observations que nous avons faites au sujet du foudroyage, nous avons tiré un certain nombre de conclusions, qui nous ont permis, dans une certaine mesure, de régulariser le phénomène.

Nous avons constaté, pendant la phase de dépilage d'un pilier, que le toit était d'autant plus solide et le restait d'autant plus longtemps que l'éboulement en arrière du front de taille avait été plus complet. Le problème à résoudre revenait donc à provoquer un foudroyage complet.

Les conditions qui paraissent être nécessaires pour le réaliser sont les suivantes :

1° **Ne laisser dans la région défilée aucun élément de pilier susceptible de s'opposer ultérieurement à l'éboulement en masse du toit.** — Ceci conduit à un défilage presque intégral et à miner les petits piliers de minerai, qui ont dû être abandonnés pour des raisons d'exploitation.

2° **Supprimer le décalage d'un pilier à l'autre.** — En alignant le front de défilage sur une assez grande longueur, on crée une ligne de rupture du toit, le long de laquelle l'éboulement se produit d'une façon complète et dans un délai très réduit, dépassant rarement 24 heures après le déboisage.

La longueur du front d'éboulement joue un rôle essentiel et évident *a priori*. Plus cette longueur sera grande, dans certaines limites à déterminer, plus on sera sûr de réaliser un éboulement complet dans le minimum de temps. Le foudroyage ainsi obtenu est caractérisé par l'importance des blocs de marne constituant les éboulis.

Toutefois, avant d'aller plus loin, une remarque s'impose. N'arrive-t-il jamais que le foudroyage, déjouant les prévisions, se produise pendant le poste d'abatage ? Ce fait, quoique très rare, a pu être observé. L'éboulement toutefois n'a pas eu un caractère intempestif, il a été précédé de signes précurseurs très nets. Les élançons ont été mis brusquement en pression et ont fait entendre un bruit caractéristique. L'équipe a abandonné le travail immédiatement. L'éboulement complet du toit a eu lieu une heure plus tard.

Sur une période de trois mois, le foudroyage inopiné s'est produit deux fois, et dans des conditions analogues.

Défilage par fronts alignés (Méthode Stalinski) (1).

Nous allons décrire la façon, dont nous avons appliqué les règles énoncées plus haut.

La figure 3 représente schématiquement le dispositif.

Avant d'aller plus loin, nous indiquerons au préalable la solution qu'a reçue un problème analogue dans les houillères où l'on exploite les veines par foudroyage systématique sans remblai complet. Elle consiste à provoquer la cassure du toit suivant une ligne droite, le plus près possible du front de taille. Cette ligne, en bordure de la-

(1) Cette méthode a reçu l'approbation du Service des Mines. (Rapport du Service des Mines sur la situation de l'industrie minière du département de la Moselle du 1^{er} janvier au 31 décembre 1932, pages 190 et 191.)

quelle la cassure a lieu, est matérialisée par une série de piliers de soutien, constitués par un empilage de traverses en bois.

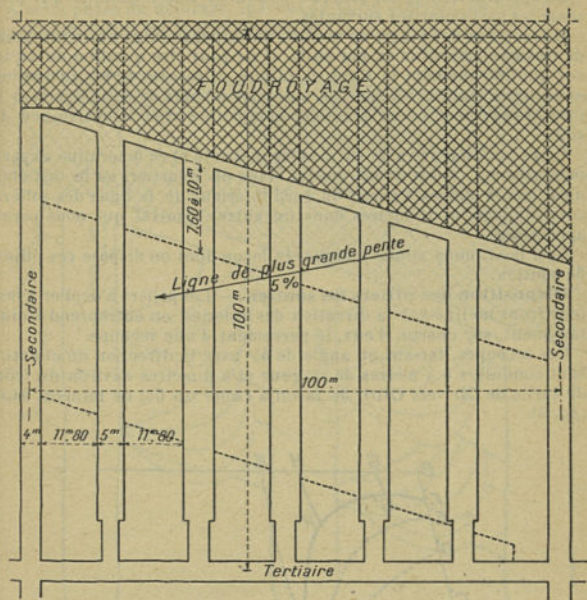


FIG. 3.

Nous n'avons pas envisagé en couche grise l'emploi des piliers de soutien en bois, pour les raisons suivantes :

1° La construction de ces piliers aurait entraîné une dépense de matériaux et de main-d'œuvre considérable, par suite de leur hauteur pouvant atteindre, dans le cas envisagé, 4^m,50 environ, et cette dépense ne pouvait se justifier, étant donné la faible valeur marchande du minerai comparé au charbon ;

2° L'abatage du minerai à l'explosif n'aurait pas manqué à chaque volée de détruire ces empilages.

Pour ces raisons, il ne nous restait qu'à substituer aux piliers en bois, des piliers de soutien au minerai.

La construction de ces piliers a conduit à une technique qui présente les particularités suivantes.

L'exécution des piliers de soutien au minerai exige plusieurs jours de travail consécutifs et, par suite, il ne peut être question de déplacer quotidiennement la ligne de piliers. Il résulte de là, qu'une fois cette ligne établie, on cherche à dépiler à l'abri de cette ligne sur la plus grande profondeur possible, compatible avec la résistance du toit.

Cette profondeur varie suivant les districts et se détermine expérimentalement. Nous avons trouvé dans un quartier, où le toit était médiocre, 6 mètres à partir du bord intérieur de la ligne des piliers, côté dépilage, et 10 mètres dans un autre, résultat qui nous paraît appréciable.

Ceci posé, nous allons indiquer la façon dont on dispose ces piliers de soutien.

Disposition des piliers de soutien. — Les piliers à dépiler ayant leur front incliné sur la direction des galeries, on entreprend simultanément, sur chacun d'eux, le percement d'une recoupe.

Ces recoupes, faisant un angle de 45° avec la direction du chantier sont conduites à 4 mètres de largeur et à 6 mètres environ du front de taille de CD vers C⁴D⁴, de façon à isoler un flot de minerai ACC' (fig. 4).

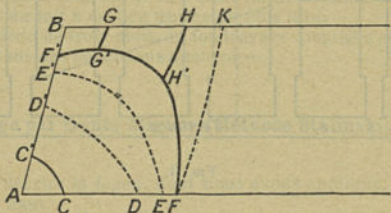


FIG. 4. — Échelle 1 : 500.

Lorsque ces recoupes sont terminées, on dépile en prenant des tranches sensiblement concentriques, telles que EE'FF', les ilots ACC' étant pris comme centres de cercle.

En même temps, on attaque une recoupe de 4 mètres de largeur en GH, dirigée vers la zone de dépilage FF'. Cette recoupe isole les ilots, tels que BCF'G'.

Il ne reste plus qu'à ramener la ligne sinueuse FHH' à la ligne droite FK.

A cette phase du défilage, le front de taille présente un aspect caractéristique, qui est le suivant (fig. 5) :

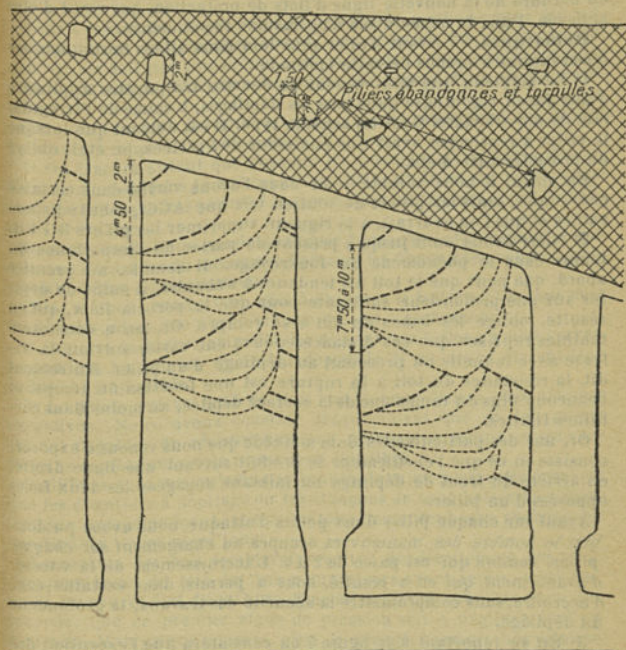


FIG. 5. — Échelle 1 : 500.

Chaque pilier est protégé par des ilots, distants d'une dizaine de mètres, et l'ensemble des ilots constitue une ligne de protection pour l'ensemble du front de taille.

A partir de ce moment, on recommence à tracer des recoupes, telles que CDC'D'. Lorsqu'elles sont terminées et que les îlots tels que ACC' ont été déterminés, on déboise la travée précédente et on mine la première ligne d'îlots, dont il vient d'être question.

Le toit, ne se trouvant plus soutenu sur toute la longueur du front et sur une profondeur de 7 à 10 mètres, se rompt tout d'une pièce, en bordure de la nouvelle ligne d'îlots de protection, qui vient d'être achevée. Puis, le même cycle d'opérations recommence.

Remarques. — Avant d'aller plus loin nous allons faire quelques observations à propos de cette méthode :

1° La méthode que nous venons de décrire n'a pu être appliquée d'une façon rigoureuse dans tous les dépilages, à cause de l'irrégularité de nos traçages. C'est un schéma type. Il est évident que lorsque le pilier à reprendre avait une épaisseur de 5 mètres, on était obligé de procéder autrement.

En outre, il nous semble — et nous l'avons vérifié dans certains cas — que, seuls les piliers de soutien tels que ACC', sont indispensables et que l'on pourrait, à la rigueur, supprimer les piliers BG'FB.

2° Nous avons omis jusqu'à présent de parler de l'importance du temps dans le phénomène du foudroyage. Il semble, au premier abord, que pour que le toit ait tendance à s'ébouler, il suffit de dépiler sur une profondeur suffisante pour que le porte à faux, qui en résulte, oblige les bancs du toit à se rompre. Or, on a constaté à maintes reprises que ces distances pouvaient varier suivant la vitesse avec laquelle on procédait au dépilage d'un pilier. Autrement dit, la résistance du toit à la rupture est une fonction du temps, et beaucoup plus du temps que de la surface dépilée, au moins dans certaines limites.

Or, une des particularités de la méthode que nous venons d'exposer, consiste en ce que l'éboulement se produit suivant une ligne droite, en arrière du front de dépilage en laissant dégagées les deux faces opposées d'un pilier.

Ayant sur chaque pilier deux points d'attaque, nous avons pu doubler le nombre des manœuvres occupés au chargement sur chaque pilier, nombre qui est passé de 2 à 4. L'accroissement de la vitesse d'avancement qui en a résulté, nous a permis, dans certains cas, d'accroître, sans compromettre la sécurité des travaux, la profondeur du dépilage.

3° En se reportant à la figure 4 on constatera que l'exécution des recoupes est plus aisée que dans la méthode ordinaire :

a) Elles sont plus courtes, à tonnage égal, par suite de l'inclinaison du front du pilier sur la direction de la galerie et de leur orientation propre ;

b) Elles se tracent dans la direction d'une face libre AB voisine de CD et, par suite, leur exécution demande moins d'explosifs.

La technique de la construction des piliers de soutien.

Nous avons dans ce qui précède indiqué la méthode qui a été suivie aux mines d'Angevillers pour la construction des piliers de soutien. On ne doit pas considérer cette méthode comme exclusive et on peut en envisager d'autres susceptibles de donner d'excellents résultats.

Quoi qu'il en soit, les indications qui vont suivre pourront guider utilement le chef d'exploitation.

1° On tracera autant que possible les recoupes d'isolement des piliers de soutien dans le voisinage immédiat du front de taille à une distance telle que ces piliers acquièrent par ce traçage leurs dimensions définitives.

Nous ne conseillons pas de pratiquer le traçage préliminaire à une distance s'écartant du minima et d'obtenir les dimensions voulues pour ces piliers par amaigrissement.

Cette méthode conduit en effet à ébranler le toit en avançant vers les éboulis, alors que c'est l'inverse qui est à rechercher.

Il importe de donner au pilier des dimensions telles qu'elles correspondent au service qu'on lui demande. Il ne devra être ni trop faible, ni trop solide.

2° Le pilier qui se fend ne doit pas donner lieu à des alarmes excessives. Nous avons constaté fréquemment que de tels piliers étaient capables de résister pendant un certain temps et que les terrains semblaient avoir repris leur équilibre.

D'ailleurs nous ne croyons pas inutile de rappeler à cette occasion que les chantiers à dépilage où les étançons se sont brisés ne s'éboulaient pas immédiatement, et que les toits demeurent sans changement pendant un temps assez long.

La rupture des bois semblerait résulter du décollement des tout premiers bancs du toit, les bancs supérieurs ayant repris, après détente, un nouvel état d'équilibre. Il ne faudrait pas conclure de ce qui précède, que ce premier signe de pression soit à négliger, tout au contraire. Mais ce qui importe, c'est de dégager l'importance relative de ces diverses manifestations de la pression, la question de sécurité étant mise à part.

3° Un des éléments essentiels de cette méthode d'exploitation réside dans la connaissance exacte de la distance dont on peut reculer le front de dépilage à partir de la ligne de piliers. Nous estimons que 10 mètres représentent une distance normale.

Au début, on se contentera, pour acquérir la connaissance du toit, de reculer sur une faible profondeur. Après un premier foudroyage,

on accroîtra cette profondeur d'un mètre et suivant l'état du toit, on déterminera la limite optima à ne pas dépasser, pour éviter l'éboulement prématuré du front.

4° L'exploitation par foudroyage s'effectue suivant un cycle et il importe donc que le *personnel de surveillance* et le *personnel ouvrier* suivent très strictement les instructions qui leur seront données, de façon à ce que le cycle puisse s'achever sans incident.

Nous entendons par cycle le percement des recoupes isolant les piliers de soutien le recul du front à partir de la ligne de piliers sur la profondeur déterminée, comme il a été dit plus haut, et le minage de la ligne des piliers antérieurs.

Il importe en effet que ces piliers soient déterminés avant que l'accès de la ligne des piliers antérieurs ne soit rendu impossible par les décollements locaux des premiers bancs du toit. On ne pourrait plus miner cette ligne de piliers, et tout le bénéfice résultant du foudroyage systématique serait anéanti.

5° En ce qui concerne le boisage, rien de particulier à signaler.

Nous ne pensons pas que le boisage systématique, en couche grise du moins, soit indispensable. Les étançons ne servent, comme il a été dit précédemment, qu'à soutenir certains blocs décollés du toit, leur destination principale étant de constituer des indicateurs de pressions.

6° Minage des piliers de soutien. — Le minage de ces piliers, en vue d'obtenir le foudroyage, devra être exécuté sous la surveillance du porion du quartier et du chef de chantier.

Cette opération demande une très grande prudence et une connaissance exacte des lieux. On procède au préalable au déboisage du toit, en prenant les précautions habituelles; une restriction s'impose toutefois. On ne devra pas déboiser indifféremment tous les étançons qui se prêteraient à cette opération. Il est évidemment délicat de donner des conseils précis en la matière, car la conduite de cette opération constitue dans le voisinage de chaque pilier de soutien un cas d'espèce. Le plus simple c'est d'exposer notre façon de voir par quelques exemples.

Il arrive que certains piliers soient demeurés pendant toute leur existence dans un état de conservation satisfaisant. Dans ce cas aucune difficulté: on déboise.

Si, à la suite de cette opération, un bloc décollé se détache du toit, moyennant certaines précautions, rien ne s'opposera au minage du pilier lui-même.

D'autres piliers au contraire sont fissurés ou fendus; les étançons qui se trouvent à proximité sont rompus. Là encore, la chose est simple. On ne touchera pas au boisage, ni au pilier; on admettra que la destruction des autres piliers entraînerait le culbutage du pilier fissuré.

Reste le cas intermédiaire. Le pilier est relativement solide. Bien que le toit à son voisinage soit en pression comme le montre l'état des étaçons ; il est peu probable que le pilier puisse culbuter sans minage.

Il vaut mieux dans ce cas ne pas toucher à tous les étaçons pour se réserver la possibilité de provoquer le minage correct du pilier dans les meilleures conditions de sécurité.

Il ne faudrait pas conclure de là que l'on gaspille le bois ; l'expérience prouve le contraire, et nous avons réalisé des mois durant une consommation n'excédant pas $1^m^3,25$ par 1.000 tonnes extraites en défilage, ce qui correspond, en tablant sur *Fr. 125* comme prix du mètre cube de bois, à une dépense de l'ordre de 0,15 par tonne, dans des chantiers à défilage de $4^m,50$ de hauteur moyenne.

7° Le déboisage qui constitue en somme l'opération la plus délicate une fois terminé, il ne reste plus qu'à miner les piliers qui nécessitent ce traitement.

On utilise comme explosif la cheddite ; les cartouches sont introduites dans les trous qui ont été forés à l'avance au moment de l'établissement de la ligne des piliers.

Si, au cours d'un foudroyage précédent, le toit s'était montré particulièrement résistant, il ne faudrait pas hésiter à placer quelques coups de mine dans le toit pour faciliter le foudroyage.

8° En ce qui concerne l'orientation du front de défilage, nous pensons qu'il est judicieux de l'incliner sur la direction de la tertiaire ; si le front était au contraire orienté parallèlement à la tertiaire, on risquerait de rencontrer au moment où il arriverait sur la tertiaire des difficultés assez sérieuses pour la traverser, les piliers étant peu à peu réduits sur toute la longueur de la tertiaire à des épaisseurs infiniment minces.

Un moyen de tourner la difficulté consisterait à passer la tertiaire pilier par pilier. Cette façon de faire entraînerait un ralentissement sérieux dans l'exploitation. Il vaut mieux, à notre avis, l'incliner sur la direction de la tertiaire, malgré les difficultés que cette orientation pourrait éventuellement provoquer pour la construction des piliers de soutien, s'il était nécessaire d'établir deux piliers de soutien, par pilier en cours de défilage.

D'ailleurs, rien ne s'opposerait en adoptant cette orientation à donner au pilier en cours de défilage une forme quelque peu incurvée lorsqu'on arrive à la profondeur limite, de façon à faciliter la construction de ces piliers de soutien.

Nous avons dans certains cas eu recours à cette pratique, qui n'a donné lieu à aucune difficulté d'application.

Avantages et inconvénients de la méthode.

Avant d'énumérer les avantages que présente la méthode de dépilage par fronts alignés, examinons les inconvénients auxquels son application donne lieu.

Inconvénients. — La méthode de dépilage par fronts alignés présente un inconvénient assez sérieux au point de vue de l'organisation du tir.

Lorsque la construction de la ligne des piliers de soutien est terminée, le front de dépilage est constitué durant un certain intervalle de temps par une allée s'étendant sur toute la relevée du panneau comprise entre les deux secondaires en direction.

Cet état de chose oblige, lorsqu'on procède au tir, à faire évacuer la totalité du chantier par le personnel. Il en résulte une perte de temps pour le chargement.

Nous ne pensons pas qu'il soit possible de supprimer radicalement cet inconvénient ; mais on pourrait moyennant certaines précautions en atténuer les effets.

Nous avons vu que le tir d'une volée de quatre coups par le chef de chantier prend une vingtaine de minutes. Si l'on adjoint au chef de chantier un de ses foreurs pour le bourrage des coups de mine, on pourra réduire notablement la durée de sa préparation.

On améliorera la situation en groupant les tirs aux heures du biquet des chargeurs et à la fin du poste.

D'autres solutions pourraient être également envisagées, mais elles correspondraient à une modification beaucoup plus profonde de l'organisation du travail.

Avantages. — 1° *Concentration des effectifs.* — Le nombre des manœuvres chargeant le minerai par pilier étant passé de 2 à 4, ce qui correspond à une concentration du personnel, dont les avantages sont évidents ;

2° *Amélioration de la tenue des toits.* — Par l'application du foudroyage systématique ;

3° *Consommation de bois réduite.* — A titre indicatif, la consommation de bois dans le dépilage, dont la hauteur varie de 3^m,30 à 4^m,50, est de l'ordre de 1^m3,250 par mille tonnes extraites en dépilage.

D'ailleurs la consommation des bois n'est pas proportionnelle au tonnage produit ; elle dépend principalement du temps. Plus le dépilage sera conduit lentement et plus la consommation de bois sera élevée et nous considérons que le dépilage sur deux postes permettrait de réduire cette consommation.

4° *Taux de défrèvement élevé.* — Étant donné que l'on abandonne des ilots de minerai très réduits et dont les dimensions sont déter-

minées par avance. On arrive facilement à détruire 95 0/0 du gîte total y compris les piliers de protection des galeries tertiaires et et secondaire.

5° *Réduction de la consommation d'explosifs.* — La longueur des recoupes exécutées dans le défilage influe considérablement sur la dépense d'explosifs par tonne de minéral.

La réduction de la longueur des recoupes, qui a été rendue possible, grâce à la nouvelle disposition du front de taille, a permis de réaliser des économies sensibles sur ce chapitre de dépenses d'abatage.

Dans cet ordre d'idée, une caractéristique de défilage est l'indice

$$R = \frac{\text{mètres de recoupes}}{\text{par mille tonnes extraites}}$$

6° *Facilité de surveillance.* — La surveillance d'un groupe de défilage est beaucoup plus aisée et beaucoup plus efficace, en raison de la présence d'un chef de chantier responsable. En outre, par suite de la concentration, le nombre d'ouvriers travaillant sur un front donné est accru, d'où réduction des frais de surveillance ;

7° *Simplification d'un certain nombre de questions*, telles que la distribution et le transport de l'air liquide, l'entretien des marteaux, etc... ;

8° *Travail à deux postes.* — Dans certaines exploitations, on considère qu'un chantier à défilage ne doit être occupé que huit heures sur vingt-quatre ; cet état de chose est dû, à notre avis, à la répugnance qu'éprouve le mineur à partager son chantier avec un camarade travaillant sur le second poste. Il se produit généralement des discussions entre mineurs, sur la valeur professionnelle respective et sur l'équité, quant aux salaires, discussions préjudiciables à la bonne marche de l'exploitation.

Cet argument tombe de lui-même quand on groupe le personnel en équipes importantes, étroitement surveillées.

En travaillant à deux postes dans le même chantier de défilage, il serait possible de bénéficier d'un avantage très important que nous croyons utile à souligner.

Au début du poste du matin, quand l'équipe occupe un groupe de chantiers à défilage, le travail le plus pénible et le plus délicat consiste dans le sondage, le purgeage et le boisage préalable des toits pour l'ensemble des points d'attaque.

Quand ce travail de vérification est achevé, il ne reste plus qu'à maintenir les choses en état, ce qui nécessite beaucoup moins d'efforts. Pour cette raison, nous estimons qu'une équipe travaillant au second poste et bénéficiant du travail de purgeage du premier poste, serait capable de produire un tonnage supérieur de minéral. A cet avantage s'en ajouteraient d'autres :

1° Réduction de la consommation de bois,

2° Réduction de longueur de front de défilage de moitié, pour une production donnée;

3° Exécution plus rapide des piliers de soutien et possibilité de dépiler à front ouvert, sur une plus grande profondeur, par l'accroissement de la vitesse de défilage.

Résultats d'exploitation.

Dans les tableaux nos III et IV ci-joints figurent les résultats d'exploitation pour une période de sept mois réalisés en défilage.

Nous avons choisi exprès deux défilages très différents d'allure comme types extrêmes, de ce que nous avons rencontré dans la pratique.

TABLEAU III

 Groupe de défilage. — Hauteur 3^m, 30.

Mois 1932	TONNAGE total abattu	TONNAGE abattu par foreur et par poste	TONNAGE moyen chargé par chargeur et par poste	RENDEMENT du groupe	DÉPENSE d'explosif par tonne	DÉCOMPOSITION			POIDS d'air liquide par tonne	LON- GUEUR de recoupe par 1.000 t.
						Air liquide	Car- touche	Mèches papier		
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	francs	francs	francs	francs	kg.	mètres
Février.....	2.096	55,1	45,4	40,94	1.249	0,570	0,540	0,431	0,317	17,5
Mars.....	2.239	76,9	45	41,26	1.207	0,486	0,591	0,430	0,270	37,2
Avril.....	2.675	71,59	46,4	42,08	1.000	0,399	0,511	0,091	0,222	27
Mai.....	2.435	62,05	45,7	41,46	1.171	0,498	0,590	0,063	0,277	29,5
Juin.....	3.127	64,35	45,69	41,45	0,884	0,437	0,390	0,057	0,243	13
Juillet.....	2.897	60,68	45,5	41,41	0,517	0,379	0,471	0,067	0,211	22
Août.....	4.165	58,55	45,36	41,32	1,004	0,396	0,538	0,070	0,220	58,5
Septembre...	3.008	64,69	45,82	41,72	0,898	0,360	0,450	0,088	0,205	58,5

TABLEAU IV
Groupe de défilage. — Hauteur 4^m,40.

mois 1932	TONNAGE total abattu	TONNAGE abattu par foreur et par poste	TONNAGE moyen chargé par chargeur et par poste	RENDMENT du groupe	DÉPENSE d'explosif par tonne	DÉCOMPOSITION			POIDS d'air liquide par tonne	LON- GUEUR de recoupe	LON- GUEUR de recoupe 1.000 t.
						Air liquide	Car- touche	Mèches papier			
Février.....	4.683	60,13	15,65	11,24	francs 0,774	francs 0,405	francs 0,071	kg. 0,166	mètres 20	mètres 1,19	
Mars.....	3.022	71,97	16,4	12,23	0,540	0,273	0,069	0,110	16	5,29	
Avril.....	3.190	89,99	17,9	13,62	0,516	0,236	0,082	0,110	2	0,62	
Mai.....	3.915	83,01	18	13,57	0,619	0,301	0,074	0,136	13,5	3,42	
Juin.....	3.661	72,15	17,92	13,06	0,658	0,343	0,069	0,137	27,7	7,5	
Juillet.....	3.052	75,81	17	12,78	0,594	0,294	0,074	0,137	11,20	4	
Août.....	4.515	86,58	17,9	13,64	0,589	0,288	0,062	0,133	21,50	5,75	
Septembre..	3.337	81,40	16,46	12,63	0,558	0,260	0,066	0,129	16,10	4,83	

III. — LA RÉMUNÉRATION DU TRAVAIL D'ABATAGE

Principe de la méthode habituelle.

Pour compléter cette étude, nous indiquerons dans leurs grandes lignes les règles que nous avons suivies pour établir le prix de tâche. Nous indiquerons auparavant la méthode de rétribution du travail, actuellement en vigueur dans les mines du bassin.

Une équipe comprenant un mineur et deux manœuvres reçoit, par tonne de minerai, une somme déterminée, que nous appellerons le gain brut.

Le gain net est représenté par la différence entre le gain brut et les frais d'explosifs.

Ce gain net par tonne est partagé entre le mineur et ses manœuvres, suivant un pourcentage, qui est généralement le suivant :

100 0/0	pour le mineur,
85 0/0	pour les manœuvres.

Cette méthode, qui a l'avantage de la simplicité, présente toutefois quelques inconvénients.

Nous estimons, en effet, qu'il est possible de classer les travaux de mine par ordre de difficultés techniques décroissantes de la façon suivante.

- 1° Purgeage, boisage, tir de mine et forage des trous de mine;
- 2° Chargement du minerai;
- 3° Travaux de régie, comme la pose de conduites d'air comprimé, de voies, etc.

En attribuant à chacun de ces travaux une rémunération déterminée, le but de l'exploitant est de faire produire à chaque ouvrier le maximum de travail spécialisé par poste.

Pour citer un exemple, il est d'une pratique constante de confier à un mineur, gagnant 40 francs par poste, le travail de pose de voie, dans son chantier, travail qui pourrait être confié à un ouvrier poseur payé à raison de 25 francs par poste.

D'autre part, avec cette méthode de rémunération du travail, l'économie d'explosif que peut réaliser un mineur pour l'abatage du minerai est partagée entre le mineur et ses manœuvres. Or, il est évident que l'habileté du mineur est indépendante du travail fourni

par les manœuvres, mais, néanmoins, le bénéfice réalisé, grâce à l'habileté professionnelle de l'un, est partagé par les autres.

Principe de la nouvelle méthode.

Pour rémunérer le travail, nous avons établi un système de prix de tâche tenant compte de la spécialisation des ouvriers.

La rémunération du travail de chargement, par exemple, est complètement indépendante de celle du travail de l'abatage proprement dit.

Le manœuvre reçoit, par tonne chargée, un salaire déterminé, et ne participe à aucun frais d'explosif ou autre, ne se rapportant pas directement à son travail.

La détermination des tâches que peut réaliser un ouvrier par poste est aisée à établir par des chronométrages et l'importance de ces tâches une fois déterminée, on en déduit facilement un barème de prix convenable. Cela revient à rechercher, non pas le rendement d'un groupe, mais le rendement individuel.

IV. — ÉCONOMIES RÉALISÉES

Pour se faire une idée plus précise de la valeur de la nouvelle méthode, au point de vue économique, nous avons groupé, dans le tableau suivant, les chiffres relatifs aux salaires journaliers moyens des piqueurs et manœuvres, la dépense de salaires par tonne de minerai (charges sociales et frais généraux exclus) et le rendement abatage :

MOIS	SALAIRE JOURNALIER	RENDEMENT	DÉPENSE
	moyen mineur et manœuvre	abatage	de main- d'œuvre par tonne
	francs	tonnes	francs
1931 Août.....	38,23	9,23	4,14
Septembre.....	40,37	9,74	4,14
Octobre.....	42,40	9,97	4,25
Novembre.....	43,46	11,39	3,85
Décembre.....	41,42	11,51	3,61
1932 Janvier.....	40,98	11,69	3,50
Février.....	38,40	12,01	3,19
Mars.....	37,33	12,33	3,02
Avril.....	38,84	12,61	3,08
Mai.....	37,24	12,57	3,01
Juin.....	35,39	12,09	2,92
Juillet.....	35,07	12,29	2,85
Août.....	35,60	12,43	2,86

Les salaires payés en octobre et novembre 1931 sont plus élevés que ceux qui furent payés en septembre et août. Nous avons été obligés de procéder ainsi pour faciliter l'introduction du nouveau système de prix de tâche et des nouvelles méthodes de travail dans l'exploitation ; ces mois sont donc exceptionnels.

La moyenne des salaires journaliers pour août et septembre 1931 est de : 39 fr. 90 et pour le mois d'août 1932 35 fr. 60.

La réduction du salaire journalier s'établit à 3 fr. 70 soit 9,5 0/0.

Quant aux dépenses de salaires d'abatage par tonne, elles sont passées de

4 fr. 14 en août et septembre 1931 à

2 fr. 86 en août 1932.

La réduction de dépense abatage par tonne est de 31 0/0 environ.

Il n'est pas sans intérêt de souligner que la dépense de main-d'œuvre par tonne a été réduite de 31 0/0, alors que les salaires journaliers pour la même période n'ont fléchi que de 9,5 0/0.

En résumé, les modifications que nous avons apportées à l'exploitation des mines de fer d'Angevillers ont été les suivantes :

1° Spécialisation du travail d'abatage ;

2° Conduite de chantiers à dépilage par fronts alignés avec foudroyage dirigé.

Ces méthodes ont permis d'obtenir les améliorations suivantes :

- Possibilité de régulariser le foudroyage par alignement du front de taille de chaque pilier avec les suivants;
- Taux de défrèvement plus élevé;
- Amélioration des conditions de sécurité, en particulier dans les zones tracées irrégulièrement.
- Réduction du prix de revient.

ANNEXE

Comparaison de la dépense des salaires par tonne abattue
dans le cas de la nouvelle organisation
du travail et dans l'ancienne.

L'abatage de 140 tonnes de minerai par poste en cinq chantiers de 3^m,30 de hauteur et 5 mètres de largeur, nécessite dans la nouvelle organisation du travail les effectifs suivants, et si l'on désigne par S le salaire du foreur pris comme salaire de base, on aura :

1 chef de chantier.....	à 1,10 S
2 foreurs.....	à 1 S
8 chargeurs.....	à 0,75 S
1 rouleur.....	à 0,60 S

En ce qui concerne la pose des voies, l'avancement moyen par chantier donnant 42 tonnes de minerai par mètre d'avancement pour une production de 140 tonnes par poste pour l'ensemble de 5 chantiers est de

$$\frac{140}{5 \times 42} = 0^m,66.$$

En trois postes d'abatage on avancera de 2 mètres par chantier.

La pose de 2 mètres \times 5 = 10 mètres de voie nécessite deux postes de poseurs pour trois fois 140 tonnes. La dépense de main-d'œuvre de pose par poste d'abatage, en admettant pour le poseur un salaire de 0,60 S sera de :

$$\frac{2 \times 0,60 \text{ S}}{3} = 0,4 \text{ S.}$$

La dépense de salaires par tonne (abatage, pose de voies et roulage) est :

$$d = \frac{1,1 S + 2 S + 8 \times 0,75 S + 0,60 S + 0,4 S}{140} = \frac{10,10 S}{140}$$

L'abatage de 140 tonnes de minerai en chantier dans le cadre de l'organisation habituelle avec un rendement de 10 tonnes par ouvrier nécessiterait quatorze hommes, se répartissant comme suit :

5 mineurs	à 1 S
9 manœuvres	à 0,85 S

La dépense de salaire par tonne s'élèverait dans ce cas à :

$$d' = \frac{5 S + 0,85 \times 9 S}{140} = \frac{12,65 S}{140}$$

Il y aurait lieu en outre de majorer d' de la prime allouée pour un long roulage et qui varie de 0 fr. 05 à 0 fr. 10 par tonne.

En admettant un salaire S de 40 francs par jour, il vient :

$$d = 3 \text{ fr. } 61$$

$$d' = 2 \text{ fr. } 88$$

soit un écart de 0 fr. 73 par tonne, frais généraux exclus.

D'ailleurs, en admettant que les salaires des manœuvres représentent dans la nouvelle organisation 0 fr. 85 du salaire du foreur (au lieu de 0 fr. 75 en réalité), on trouverait :

$$d' = \frac{10,90 S}{140} = 3 \text{ fr. } 11,$$

soit encore un écart de 0 fr. 50 par tonne, frais généraux exclus.

ÉTUDE SUR LA SÉRIALISATION DU TRAVAIL D'ARTISAN 323

La détermination des salaires par tâche est faite de la façon suivante :

$$S = \frac{1.12 + 2.2 + 8 \times 0.75 + 4.0 \times 0.44}{1.10} = 10.10$$

Écartage de 100 tonnes de minerai de charbon dans le sens de l'organisation habituelle avec un rendement de 10 tonnes par ouvrier

La répartition des salaires par tâche s'établirait dans ce cas :

3 ouvriers	31.8
9 machines	81.0
	112.8

Il y aurait lieu en outre de majorer α de la prime allouée pour un rendement supérieur de 0.20 à 0.25 par tonne.

$$\alpha = \frac{1.10}{1.10} = 1.00$$

soit un écart de 0 fr. 75 par tonne, frais généraux exclus. L'application admettant que les salaires des machines soient réglés dans la même organisation (0 fr. 80 de salaire par heure) les frais de 75 en réalité, on trouverait :

$$\alpha = \frac{10.30}{11.00} = 0.94$$

soit encore un écart de 0 fr. 50 par tonne, frais généraux exclus.

Il y a lieu de remarquer que l'application de ces principes à un autre cas de travail d'artisan, tel que la fabrication de pièces de machines, donnerait des résultats très différents.

En résumé, on voit que la détermination des salaires par tâche est une opération délicate qui nécessite une étude approfondie de la situation de travail et des conditions de production.

PARTIE COMMERCIALE

Liste, par spécialités, des principaux fournisseurs des Mines.
(Voir les annonces aux pages indiquées).

Pages.

Accessoires pour chaudières et machines à vapeur.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boul. Richard-Lenoir, Paris-XI^e. Téléph. Roquette 56-65..... 2

Allumeurs de sûreté.

DAVEY, BICKFORD, SMITH ET C^{ie}, 6, r. Stanislas-Girardin, à Rouen. 10
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES MUNITIONS DE CHASSE, DE TIR ET DE
GUERRE, 50, rue Ampère, Paris-XVII^e..... 12

Amorces.

DAVEY, BICKFORD, SMITH ET C^{ie}, 6, r. Stanislas-Girardin, à Rouen. 10
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES MUNITIONS DE CHASSE, DE TIR ET DE
GUERRE, 50, rue Ampère, Paris-XVII^e..... 12

Appareils pour descenderies.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône..... 3

Appareils électriques.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e). garde III

Appareils enregistreurs.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boul. Richard-Lenoir, Paris-XI^e. Téléph. Roquette 56-65..... 2

PARTIE COMMERCIALE
Appareils hydrauliques.

ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, Faubourg Poissonnière, Paris-X ^e	6
--	---

Appareils de levage.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon- sur-Saône.....	3
--	---

Arrache-étais.

COMPAGNIE MÉCO, 28, rue Faubourg Saint-Honoré, Paris.....	11
---	----

Bateaux.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon- sur-Saône.....	3
--	---

Bâtiments industriels.

DOUCE ET MOULIN, 64, rue Petit, Paris-XIX ^e	1
G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon- sur-Saône.....	3

Bois de mines.

SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS ARMAND BEAUMARTIN, 33, rue Saint-Genès, à Bordeaux (Gironde).....	ouvert. 2
---	-----------

Broyeurs et concasseurs.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon- sur-Saône.....	3
SOCIÉTÉ DORR-OLIVER, 26, rue de la Pépinière, Paris-VIII ^e	9

Câbles électriques.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de).— Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e). garde III	1
--	---

Câbles et cordages métalliques.

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION DE VOIES AÉRIENNES. Service *Transporteurs Aériens*, 54, rue Blanche, Paris-IX^e..... garde IV

Cages d'extraction.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône 3

Cartouches pour mines.

DAVEY, BICKFORD, SMITH ET C^{ie}, 6, r. Stanislas-Girardin, à Rouen. 10
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES MUNITIONS DE CHASSE, DE TIR ET DE GUERRE, 50, rue Ampère, Paris-XVII^e..... 12

Casse-coke et casse-charbon.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône..... 3

Chaînes et chaînes à godets.

MARCEL SEBIN ET C^{ie}, chaînes, 79, rue d'Angoulême, Paris-XI^e..... 8
G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône..... 3

Charpentes en fer.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône)..... 3

Chaudières.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de) et Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e)..... garde III
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, 1, rue Richard-Lenoir, Paris-XI^e. Téléph. Roquette 56-65..... 2

Chaudronnerie.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boul. Richard-Lenoir, Paris-XI ^e . Téléph. Roquette 56-65.....	2
G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône.....	3

Chevalements.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône.....	3
--	---

Classeurs à secousses.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône.....	3
--	---

Compresseurs.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e). garde III	5
FLOTTMANN, 1 bis, boulevard de Magenta, Paris-X ^e	5

Compresseurs d'air.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e). garde II	11
--	----

Conduites d'eau.

ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, faubourg Poissonnière, Paris-X ^e	6
---	---

Conservation des bois.

SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS ARMAND BEAUMARTIN, 33, rue Saint-Genès, à Bordeaux (Gironde).....	couvert. 2
--	------------

Constructions métalliques.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône.. IRIS. - LILLIAD. - Université Lille 1.....	3
--	---

Cribles.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône.....	3
--	---

Cribles et jigs à compartiments.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône.....	3
--	---

Cordeau détonant.

DAVEY, BICKFORD, SMITH ET C ^{ie} , 6, r. Stanislas-Girardin, à Rouen.	10
--	----

Criqs.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffentaden (Bas-Rhin).—Maison à Paris, 32, r. de Lisbonne (VIII ^e). garde III	
---	--

Détonateurs.

DAVEY, BICKFORD, SMITH ET C ^{ie} , 6, r. Stanislas-Girardin, à Rouen..	10
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES MUNITIONS DE CHASSE, DE TIR ET DE GUERRE, 50, rue Ampère, Paris-XVII ^e	12

Distributeurs de charbons et minerais.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône.....	3
--	---

Draisines.

CAMPAGNE, 21, rue de la Voûte, Paris-XII ^e	garde I
---	---------

Dragues et excavateurs pour alluvions.

MARCEL SEBIN ET C ^{ie} , chaînes, 79, rue d'Angoulême, Paris-XI ^e	8
---	---

Dynamite.

DAVEY, BICKFORD, SMITH ET C ^{ie} , 6, r. Stanislas-Girardin, à Rouen..	10
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES MUNITIONS DE CHASSE, DE TIR ET DE GUERRE, 50, rue Ampère, Paris-XVII ^e	12

Écoles spéciales.

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL ET DE NAVIGATION, 19, rue Viète, Paris-XVII ^e	couvert. 1
--	------------

Électricité (Matériel électrique).

ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, faubourg Poissonnière, Paris-X ^e	6
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e). garde III	

Élévateurs.

MARCEL SEBIN ET C ^{ie} , 79, rue d'Angoulême, Paris-XI ^e	8
SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boul. Richard-Lenoir, Paris-XI ^e . Téléph. Roquette, 56-65	2
G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône	3

Épuisement (matériel d').

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône	3
---	---

Étais de mines.

SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS ARMAND BEAUMARTIN, 33, rue Saint-Genès, à Bordeaux (Gironde)	couvert. 2
---	------------

Explosifs.

DAVEY, BICKFORD SMITH ET C ^{ie} , 6, r. Stanislas-Girardin, à Rouen ..	10
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES MUNITIONS DE CHASSE, DE TIR ET DE GUERRE, 50, rue Ampère, Paris-XVII ^e	12

Fonderies.

ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, faubourg Poissonnière, Paris-X ^e	6
---	---

Galleries et tunnels.

HULSTER (DE), FAIBIE ET C ^{ie} , 30, boulevard Haussmann, Paris-IX ^e ..	7
---	---

Hydro-Classeurs.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône	3
---	---

Instruments de dessin.

DARNAY (F.), 7, rue Coypel, Paris-XIII ^e	garde I
H. MORIN, 11, IRIS D'OR, Université Lille 1	garde I

Pages.

Lampes à acétylène.

SOCIÉTÉ ANONYME D'ÉCLAIRAGE ET D'APPLICATIONS ÉLECTRIQUES
dite « SOCIÉTÉ ARRAS », 16, 18 et 20, rue Soleillet, Paris-XX^e. cart. 1

Lampes de sûreté pour mineurs.

SOCIÉTÉ ANONYME D'ÉCLAIRAGE ET D'APPLICATIONS ÉLECTRIQUES
dite « SOCIÉTÉ ARRAS », 16, 18 et 20, rue Soleillet, Paris-XX^e. cart. 1

Lavage des minerais.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalonsur-Saône..... 3

Lavoirs à charbon.

MARCEL SEBIN ET C^{ie}, chaînes, 79, rue d'Angoulême, Paris-XI^e. 8

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalonsur-Saône 3

Locomotives de mines.

MARCEL SEBIN ET C^{ie}, chaînes, 79, rue d'Angoulême, Paris-XI^e..... 8

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de) et Graffenstaden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e)..... garde III

Locotracteurs.

CAMPAGNE, 21, rue de la Voûte, Paris-XII^e..... garde I

Machines à vapeur.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de) et Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e)..... garde III

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boul. Richard-Lenoir, Paris-XI^e. Téléph. Roquette 56-65..... 2

Machines d'extraction.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de) et Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e)..... garde III

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalonsur-Saône..... 3

Machines-outils.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffenstaden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, r. de Lisbonne (VIII^e). garde III

Malaxeurs.

- SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e). garde III
 G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône..... 3

Marteaux Brise-Béton.

- FORGES ET ATELIERS DE MEUDON, 175 à 189, avenue de Verdun, Meudon (Seine-et-Oise)..... garde II

Marteaux-perforateurs.

- FORGES ET ATELIERS DE MEUDON, 175 à 189, avenue de Verdun, Meudon (Seine-et-Oise)..... garde II

Marteaux-pneumatiques.

- FORGES ET ATELIERS DE MEUDON, 175 à 189, avenue de Verdun, Meudon (Seine-et-Oise)..... garde II

Marteaux piqueurs.

- FORGES ET ATELIERS DE MEUDON, 175 à 189, avenue de Verdun, Meudon (Seine-et-Oise)..... garde II

Matériel téléphonique.

- LE MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE, 46, quai de Boulogne, Boulogne-Billancourt..... carton II

Mèches de mines.

- DAVEY, BICKFORD, SMITH ET C^{ie}, 6, r. Stanislas-Girardin, à Rouen. 10
 SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES MUNITIONS DE CHASSE, DE TIR ET DE GUERRE, 50, rue Ampère, Paris-XVII^e..... 12

Meubles à plans.

- DARNAY (E.), 7, rue Coypel, Paris-XIII^e..... garde I

Moteurs divers.

- SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de) et Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e)..... garde III

Moteurs à gaz.

- SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e). garde III

Péniches.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône.....	3
--	---

Pompes.

FLOTTMANN, 1 bis, boulevard de Magenta, Paris-x°.....	5
SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boul. Richard-Lenoir, Paris-XI°. Téléph. Roquette, 56-65.....	2

Pompes à air.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône.....	3
--	---

Pompes à liquide.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône.....	3
SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boul. Richard-Lenoir, Paris-XI°. Téléph. Roquette, 56-65.....	2

Poteaux de mines.

SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS ARMAND BEAUMARTIN, 33, rue Saint-Genès, à Bordeaux (Gironde).....	couvert. 2
--	------------

Poudres pour mines.

DAVEY, BICKFORD, SMITH ET C ^{ie} , 6, r. Stanislas-Girardin, à Rouen.	10
--	----

Poullies.

SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURRENNE, 26, faubourg Poissonnière, Paris-x°.....	6
---	---

Préparation mécanique des minerais.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône.....	3
--	---

Presses hydrauliques.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boul. Richard-Lenoir, Paris-XI°. Téléph. Roquette, 56-65.....	2
--	---

Sondages.

HULSTER (DE), FAIBIE ET C ^{ie} , 30, boulevard Haussmann, Paris-IX°.	7
---	---

Tables à secousses.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalon-sur-Saône.....	3
--	---

Taquets.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalonsur-Saône.....	3
---	---

Tracteurs.

CAMPAGNE, 21, rue de la Voûte, Paris-XII ^e	garde 1
---	---------

Trainage.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalonsur-Saône.....	3
---	---

Transporteurs.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalonsur-Saône.....	3
MARCEL SEBIN ET C ^{ie} , chaînes, 79, rue d'Angoulême, Paris-XI ^e	8

Transporteurs aériens.

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION DE VOIES AÉRIENNES. Service <i>Transporteurs Aériens</i> , 54, rue Blanche, Paris-IX ^e	garde IV
---	----------

Travaux miniers.

HULSTER (DE), FAIBIE ET C ^{ie} , 30, boulevard Haussmann, Paris-IX ^e	7
--	---

Trémies.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalonsur-Saône.....	3
---	---

Treuil.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalonsur-Saône.....	3
SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION DE VOIES AÉRIENNES. Service <i>Transporteurs Aériens</i> , 54, rue Blanche, Paris-IX ^e	garde IV

Trommels.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalonsur-Saône.....	3
---	---

Tubes imperméables pour charges de mines.

DAVEY, BICKFORD, SMITH ET C ^{ie} , 6, r. Stanislas-Girardin, à Rouen..	10
---	----

Tubes rivés ou vissés.

HULSTER (DE), FAIBIE ET C ^{ie} , 30, boulevard Haussmann, Paris-IX ^e	7
--	---

Tuyaux d'aérage.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalonsur-Saône.....	3
---	---

Tuyaux pour conduites d'eau.

ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, faubourg Poissonnière, Paris-X ^e	6
---	---

Tuyères.

ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, faubourg Poissonnière, Paris-X ^e	6
---	---

Ventilateurs.

G. PINETTE (SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS), Chalonsur-Saône.....	3
---	---

Vérins.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffentaden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, r. de Lisbonne (VIII ^e). garde III	
---	--

Wagons et wagonnets.

SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS ARMAND BEAUMARTIN, 33, rue Saint-Genès, à Bordeaux (Gironde).....	couvert. 2
--	------------

Pages

Tuyaux d'échappement

FINETTES (Société Anonyme des Réalisations) (Clermont-Ferrand)..... 103

Tuyaux pour condenseurs d'eau

ÉTABLISSEMENT MÉTALLURGIQUE A. BURNIERE, 27, Boulevard de Valenciennes, Paris-X^e..... 5

Tuyaux

ÉTABLISSEMENT MÉTALLURGIQUE A. BURNIERE, 27, Boulevard de Valenciennes, Paris-X^e..... 5

Vanilliers

FINETTES (Société Anonyme des Réalisations) (Clermont-Ferrand)..... 103

Véhicules

SOCIÉTÉ ALÉMANNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES A. KAMMERLINGER (Société Anonyme) (Paris) - Maison Fondéeur, 22, rue de Valenciennes (VII^e) (Paris)..... 103

Wagons et wagonnets

SOCIÉTÉ ANONYME DES RÉALISATIONS A. BURNIERE, 27, Boulevard de Valenciennes, Paris-X^e..... 5

Autres

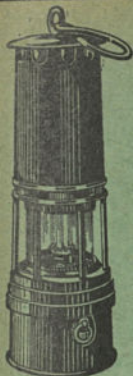
ÉTABLISSEMENT MÉTALLURGIQUE A. BURNIERE, 27, Boulevard de Valenciennes, Paris-X^e..... 5

Autres

ÉTABLISSEMENT MÉTALLURGIQUE A. BURNIERE, 27, Boulevard de Valenciennes, Paris-X^e..... 5

*toutes les
lampes pour
les mines* /
accumulateurs

acétylène
essence
huile



essence.
STANDARD



ronde
ERG



acétylène



électrique
LD 10

FORTIN PUBLICITÉ

ARRAS

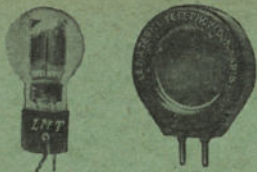
STÉ ANME D'ÉCLAIRAGE
ET D'APPLICATIONS
ÉLECTRIQUES

Société Anonyme du Capital de 3.000.000 de fr.
20 RUE SOLEILLET-PARIS-20^e

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

ADR. TELE.
LAMPARRAS-LD - PARIS
ROQUETTE 53-51
ROQUETTE 81-78

Qualité d'abord!



CELLULES PHOTO-ÉLECTRIQUES

pour toutes applications
Signalisation, commande d'éclairage, photométrie

COMMANDE ET CONTRÔLE À DISTANCE

Nombreuses applications sur les réseaux ferrés et
Fluviaux, sur les réseaux de distribution d'énergie
électrique, dans les Ministères de la Défense Nationale

PROTECTION CONTRE L'INCENDIE

Détection et extinction
Installations fixes
Appareils portatifs

POSTES TÉLÉPHONIQUES T. M.

Appareils d'écoute, postes de repérage

Le Matériel Téléphonique

Pour tous renseignements et références s'adresser

46-47 Quai de Boulogne
BOULOGNE-BILLANCOURT

Téléphone Auteuil 00 00 (4 lignes)
Télégraphe Microphone 11 11 15

Jeux de 200 000 000
Jouets IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Fournisseur des Ministères des P. T. T., de la Défense Nationale,
et des Grandes Administrations

ARITHMÉTIQUE.

Proportions.

$$a : b :: c : d, \frac{a}{b} = \frac{c}{d}, a = \frac{b \times c}{d}, ad = bc, \frac{a \pm b}{b} = \frac{c \pm d}{d},$$

$$\frac{a \pm c}{b \pm d} = \frac{a}{b} = \frac{c}{d}, \frac{a^n}{b^n} = \frac{c^n}{d^n}, \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}} = \frac{\sqrt{c}}{\sqrt{d}}.$$

Progressions.

Progression arithmétique ou par différence. — La différence au terme quelconque avec le précédent est constante; cette différence prend nom de *raison*. Soient a le premier terme; r , la raison; n , le nombre termes.

Ou a : $a . a + r . a + 2r . a + 3r \dots a + (n - 1)r$
la valeur du dernier terme est : $t = a + (n - 1)r$,

$$\text{la somme des } n \text{ premiers termes, } s = \frac{a + t}{2} n$$

raison de la progression formée en insérant m moyennes entre a et t :

$$r = \frac{t - a}{m + 1}.$$

Progression géométrique ou par quotient. — Le rapport d'un terme quelconque au précédent est constant; ce rapport prend le nom de *raison*. Soient a le premier terme; q , la raison; n , le nombre de termes.

Ou a :

$$a \quad aq \quad aq^2 \quad aq^3 \dots aq^{n-1}$$

la valeur du dernier terme est $t = aq^{n-1}$

$$\text{la somme des } n \text{ premiers termes, } s = a \frac{q^n - 1}{q - 1}$$

la progression est croissante, et

$$s = a \frac{1 - q^n}{1 - q} \text{ si la progression est décroissante;}$$

raison de la progression formée en insérant m moyenne entre a et t ,

$$q = \sqrt[m+1]{\frac{t}{a}}.$$

Sommes de quelques progressions. — La somme des n premiers nombres de 1 à n .

$$1 + 2 + 3 + 4 + \dots + (n - 1) + n = \frac{(1 + n) n}{2}.$$

La somme des n premiers nombres impairs de 1 à $(2n - 1)$,

$$1 + 3 + 5 + 7 + \dots + (2n - 3) + (2n - 1) = n^2$$

La somme des n premiers nombres pairs jusqu'à $2n$,

$$2 + 4 + 6 + 8 + \dots (2n - 2) + 2n = (1 + n) n,$$

La somme des carrés des n premiers nombres,

$$1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + \dots (n - 1)^2 + n^2 = \frac{n(n + 1)(2n + 1)}{6}.$$

(C'est la formule qui permet de calculer les piles de boulets en forme de pyramide à base quadrangulaire.)

TRIGONOMETRIE

FORMULES GÉNÉRALES

$$\sin^2 a + \cos^2 a = 1.$$

$$\operatorname{tg} a = \frac{\sin a}{\cos a}$$

$$\operatorname{cotg} a = \frac{\cos a}{\sin a}$$

$$\sin(a+b) = \sin a \cos b + \sin b \cos a$$

$$\sin(a-b) = \sin a \cos b - \sin b \cos a$$

$$\cos(a+b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$$

$$\cos(a-b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$$

$$\operatorname{tg}(a+b) = \frac{\operatorname{tg} a + \operatorname{tg} b}{1 - \operatorname{tg} a \operatorname{tg} b}$$

$$\cos a + \cos b = 2 \cos \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2},$$

$$\sin a + \sin b = 2 \sin \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2},$$

$$\operatorname{tg}(a-b) = \frac{\operatorname{tg} a - \operatorname{tg} b}{1 + \operatorname{tg} a \operatorname{tg} b}$$

$$\sin 2a = 2 \sin a \cos a$$

$$\cos 2a = \cos^2 a - \sin^2 a$$

$$\operatorname{tg} 2a = \frac{2 \operatorname{tg} a}{1 - \operatorname{tg}^2 a}$$

$$\sin \frac{a}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos a}{2}}$$

$$\cos \frac{a}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos a}{2}}$$

$$\cos a - \cos b = -2 \sin \frac{a+b}{2} \sin \frac{a-b}{2},$$

$$\sin a - \sin b = 2 \cos \frac{a+b}{2} \sin \frac{a-b}{2}$$

RÉSOLUTION DES TRIANGLES

Triangles rectangles

$$A = 90^\circ$$

$$b = a \sin B, \quad c = a \sin C$$

$$a = \sqrt{b^2 + c^2}$$

$$\log b = \log a + \operatorname{og} \sin B$$

$$\log c = \log a + \operatorname{og} \sin C$$

$$B = 90^\circ - C$$

Triangles obliquangles

$$a = \frac{b \sin A}{\sin B} = \frac{c \sin A}{\sin C}, \quad b = \frac{a \sin B}{\sin A} = \frac{c \sin B}{\sin C}, \quad c = \frac{a \sin C}{\sin A} = \frac{b \sin C}{\sin B}$$

Premier cas. — On donne a, B et A .

$$C = 180 - (A + B) \quad \log c = \log a + \log \sin C - \log \sin A.$$

$$\log b = \log a + \log \sin B - \log \sin A$$

Deuxième cas. — On donne a, b et C : $\frac{A+B}{2} = 90^\circ - \frac{C}{2}$

$$\log \operatorname{tg} \frac{(A-B)}{2} = \log(a-b) + \log \cot \frac{C}{2} - \log(a+b)$$

$$\log c = \log a + \log \sin C - \log \sin A.$$

Troisième cas. — On donne a, b et c [$a + b + c = 2p$]

$$\log \operatorname{tg} \frac{A}{2} = \frac{1}{2} [\log(p-b) + \log(p-c) - \log p - \log(p-a)]$$

$$\log \operatorname{tg} \frac{B}{2} = \frac{1}{2} [\log(p-a) + \log(p-c) - \log p - \log(p-b)]$$

$$\log \operatorname{tg} \frac{C}{2} = \frac{1}{2} [\log(p-a) + \log(p-b) - \log p - \log(p-c)]$$

Facteurs usuels

e = base des logarithmes népériens.

$$Lx = \frac{\log x}{\log e}$$

$e = 2,718282,$	$\log e = 0,43429,$	$\frac{1}{e} = 0,367879,$	$\frac{1}{\log e} = 2,30259$
$\pi = 3,141592$	$\log \pi = 0,49715$	$\frac{1}{\pi} = 0,318310$	$\log \frac{1}{\pi} = \bar{1},50285$
$\pi^2 = 9,869604$	$\log \pi^2 = 0,99430$	$\frac{1}{\pi^2} = 0,101321$	$\log \frac{1}{\pi^2} = \bar{1},00570$
$\pi^3 = 31,006276$	$\log \pi^3 = 1,49145$	$\frac{1}{\pi^3} = 0,032252$	$\log \frac{1}{\pi^3} = \bar{2},50855$
$\sqrt{\pi} = 1,772454$	$\log \sqrt{\pi} = 0,24857$	$\sqrt[3]{\pi} = 1,464592$	$\log \sqrt[3]{\pi} = 0,16572$
$\frac{2}{\pi} = 0,636620$	$\frac{\pi}{2} = 1,570796$	$\frac{3}{\pi} = 0,954929$	$\frac{\pi}{3} = 1,047197$

g , accélération d'un corps qui tombe dans le vide.

Valeur de g à Paris 9,80896 ou plus simplement 9,809 ; au pôle, 9,831 ; à l'équateur, 9,781 ; à Rome, 9,803.

$g = 9,80896$	$\log g = 0,99162$	$g^2 = 96,21569$	$\log g^2 = 1,98324$
$\frac{1}{g} = 0,10194$	$\log \frac{1}{g} = 1,00838$	$\frac{1}{g^2} = 0,01039$	$\log \frac{1}{g^2} = \bar{2},01675$
$2g = 19,61792$	$\log 2g = 1,29265$	$\sqrt{g} = 3,13193$	$\log \sqrt{g} = 0,4981$
$\frac{1}{2g} = 0,05097$	$\log \frac{1}{2g} = \bar{2},70735$	$\frac{1}{\sqrt{g}} = 0,31929$	$\log \frac{1}{\sqrt{g}} = \bar{1},50419$
$2\sqrt{g} = 6,26386$	$\log 2\sqrt{g} = 0,79684$	$\sqrt{2g} = 4,42921$	$\log \sqrt{2g} = 0,6463$

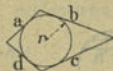
GÉOMÉTRIE

SURFACES



$$\sqrt{(p-a)(p-b)(p-c)(p-d)}$$

$$p = \frac{a+b+c+d}{2}$$



$$pr$$

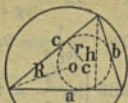


$$\frac{1}{2} mn \sin \alpha$$



Ellipse
 πab

SURFACES (suite)



Triangle

$$1^\circ \frac{ah}{2} \quad 2^\circ \frac{abc}{4R} \quad 3^\circ p^2$$

$$p = \frac{\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}}{2}$$

$$p = \left(\frac{a+b+c}{2} \right)$$



Cercle, $\pi R^2 = \frac{\pi D^2}{4} = 0.785 D^2$

Secteur circulaire:
 $\frac{\text{arc } ACB \times R}{2}$ ou $\frac{\pi R^2 \alpha}{360}$

α = nombre de degrés de l'arc ABC

Segment circulaire:

$$\frac{\pi R^2 \beta}{360} - \frac{c}{2} (R-f)$$

β = nombre de degrés de l'arc DGF

Polygones réguliers.



c , côtés; R , rayon du cercle circonscrit; n , nombre de côtés;
 r , rayon du cercle inscrit; S , surface du polygone.
 Somme des angles d'un polygone: $2(n-2)$ droits.

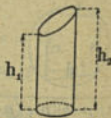
POLYGONES	R	r	c	S
Triangle.....	0.577 c	0.289 c	1.732 R ou 3.463 r	0.433 c ² ou 1.299 R ²
Carré.....	0.707 c	0.300 c	1.414 R » 2.000 r	1.000 c ² » 2.000 R ²
Pentagone....	0.851 c	0.688 c	1.176 R » 1.453 r	1.721 c ² » 2.378 R ²
Hexagone....	1.000 c	0.866 c	1.000 R » 1.155 r	2.598 c ² » 2.598 R ²
Heptagone....	1.152 c	1.038 c	0.868 R » 0.963 r	3.634 c ² » 2.736 R ²
Octogone....	1.307 c	1.207 c	0.765 R » 0.828 r	4.828 c ² » 2.828 R ²
Ennéagone....	1.462 c	1.374 c	0.684 R » 0.728 r	6.182 c ² » 2.892 R ²
Décagone....	1.618 c	1.53 c	0.618 R » 0.649 r	7.694 c ² » 2.939 R ²
Endécagone....	1.775 c	1.710 c	0.563 R » 0.587 r	9.366 c ² » 2.973 R ²
Dodécagone...	1.93 c	1.866 c	0.518 R » 0.536 r	11.19 c ² » 3.000 R ²



Aire latérale = $2\pi R h$
 Aire totale = $2\pi R (R+h)$



Sphère $\frac{4}{3}\pi R^3 = \pi D^3$
 Zone sphérique = $2\pi R h$



$\pi R (h_1 + h_2)$ = Aire latérale

SURFACES (suite)



$S = Ch$
 $C =$ Circonférence de la section droite
 $h =$ Longueur des génératrices



Aire latérale =
 $\pi l (R+r)$



Aire latérale = $\pi R l$
 Aire totale = $\pi R (R+l)$

VOLUMES



Onget cylindrique

$$V = \frac{2}{3} R^2 h$$



Cône

$$V = \frac{\pi R^2 H}{3}$$

Tronc de cône

$$V = \frac{\pi H}{3} (R^2 + r^2 + Rr)$$



Tronc de pyramide à bases parallèles

$$1^{\circ} V = \frac{1}{3} H (B + b + \sqrt{Bb})$$

$$2^{\circ} V = \frac{BH}{3} (1 + k + k^2)$$

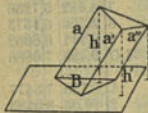


Tronc de cône de seconde espèce

$$V = \frac{\pi H}{3} (R^2 + r^2 - Rr)$$

$$\text{Sphère} = \frac{4}{3} \pi R^3 = 4,189 R^3$$

$$\text{Sphère creuse} V = \frac{\pi}{3} (R^3 - r^3)$$



Tronc de prisme triangulaire

$$1^{\circ} V = \frac{B}{3} (h + h' + h'')$$

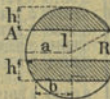
$$2^{\circ} V = S \left(\frac{a + a' + a''}{3} \right) Sz$$

$S,$ section droite
 $z,$ droite joignant les centres de gravité des deux bases



Secteur sphérique

$$V = \frac{2}{3} \pi R^2 h$$



Segment sphérique à une base de rayon AI

$$1^{\circ} V = \frac{1}{6} \pi h (h^2 + 3AI^2)$$

$$2^{\circ} V = \frac{1}{3} \pi h^2 (3R - h)$$

Segment sphérique à deux bases de rayons a et b

$$V = \frac{1}{6} \pi h (3a^2 + 3b^2 + h^2)$$

**Carrés, Cubes, Racines carrées, Racines cubiques
Inverses et Logarithmes des nombres de 1 à 1000
Circonférences et Surfaces des cercles de diamètre de 0,1 à 100.**

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
0	0	0	0,0000	0,0000	∞	$-\infty$	0,0	0,000	0,0000
1	1	1	1,0000	1,0000	1,00000	0,0000	0,1	0,314	0,0079
2	4	8	1,4142	1,2599	0,50000	0,3010	2	0,628	0,0314
3	9	27	1,7321	1,4422	0,33333	0,4771	3	0,942	0,0707
4	16	64	2,0000	1,5874	0,25000	0,6021	4	1,257	0,1257
5	25	125	2,2361	1,7100	0,20000	0,6989	5	1,571	0,1964
6	36	216	2,4495	1,8171	0,16667	0,7781	6	1,885	0,2827
7	49	343	2,6458	1,9129	0,14286	0,8451	7	2,199	0,3848
8	64	512	2,8284	2,0000	0,12500	0,9031	8	2,513	0,5026
9	81	729	3,0000	2,0801	0,11111	0,9542	9	2,827	0,6362
10	100	1000	3,1623	2,1544	0,10000	0,1000	1,0	3,142	0,7854
11	121	1331	3,3166	2,2240	0,09091	1,0444	1	3,456	0,9503
12	144	1728	3,4641	2,2894	0,08333	1,0792	2	3,770	1,1310
13	169	2197	3,6056	2,3513	0,07692	1,1139	3	4,084	1,3273
14	196	2744	3,7417	2,4101	0,07143	1,1461	4	4,398	1,5394
15	225	3375	3,8730	2,4662	0,06667	1,1761	5	4,712	1,7671
16	256	4096	4,0000	2,5198	0,06250	1,2041	6	5,027	2,0106
17	289	4913	4,1231	2,5713	0,05882	1,2304	7	5,341	2,2698
18	324	5832	4,2426	2,6207	0,05556	1,2553	8	5,655	2,5447
19	361	6859	4,3389	2,6684	0,05263	1,2788	9	5,969	2,8353
20	400	8000	4,4721	2,7144	0,05000	1,3010	2,0	6,283	3,1416
21	441	9261	4,5826	2,7589	0,04762	1,3222	1	6,597	3,4636
22	484	10648	4,6904	2,8020	0,04545	1,3424	2	6,912	3,8013
23	529	12167	4,7958	2,8439	0,04348	1,3617	3	7,226	4,1548
24	576	13824	4,8990	2,8845	0,04167	1,3802	4	7,540	4,5239
25	625	15625	5,0000	2,9240	0,04000	1,3979	5	7,854	4,9087
26	676	17576	5,0990	2,9623	0,03846	1,4149	6	8,168	5,3093
27	729	19683	5,1962	3,0000	0,03704	1,4314	7	8,482	5,7266
28	784	21952	5,2915	3,0366	0,03571	1,4472	8	8,796	6,1575
29	841	24389	5,3852	3,0723	0,03448	1,4624	9	9,111	6,6032
30	900	27000	5,4772	3,1072	0,03333	1,4771	3,0	9,425	7,0686
31	961	29791	5,5678	3,1414	0,03226	1,4914	1	9,739	7,5477
32	1024	32768	5,6569	3,1748	0,03125	1,5051	2	10,05	8,0425
33	1089	35937	5,7446	3,2073	0,03030	1,5185	3	10,37	8,5530
34	1156	39304	5,8310	3,2396	0,02941	1,5315	4	10,68	9,0792
35	1225	42875	5,9161	3,2711	0,02857	1,5441	5	11,00	9,6211
36	1296	46656	6,0000	3,3019	0,02778	1,5563	6	11,31	10,1790
37	1369	50653	6,0828	3,3322	0,02703	1,5682	7	11,62	10,752
38	1444	54872	6,1644	3,3620	0,02632	1,5798	8	11,94	11,341
39	1521	59319	6,2450	3,3912	0,02564	1,5911	9	12,25	11,946
40	1600	64000	6,3246	3,4200	0,02500	1,6021	4,0	12,57	12,566

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0.1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
41	1681	68921	6,4031	3,4482	0,02439	1,6128	1	12,88	13,203
42	1764	74088	6,4807	3,4760	0,02381	1,6232	2	13,19	13,854
43	1849	79507	6,5574	3,5034	0,02326	1,6335	3	13,51	14,522
44	1936	85184	6,6332	3,5303	0,02273	1,6434	4	13,82	15,205
45	2025	91125	6,7082	3,5569	0,02222	1,6532	5	14,14	15,904
46	2116	97336	6,7823	3,5830	0,02174	1,6628	6	14,45	16,619
47	2209	103823	6,8557	3,6088	0,02128	1,6721	7	14,77	17,349
48	2304	110592	6,9282	3,6342	0,02083	1,6812	8	15,08	18,096
49	2401	117649	7,0000	3,6593	0,02041	1,6902	9	15,39	18,857
50	2500	125000	7,0711	3,6840	0,02000	1,6990	5,0	15,71	19,635
51	2601	132651	7,1414	3,7084	0,01961	1,7070	1	16,02	20,428
52	2704	140608	7,2111	3,7325	0,01923	1,7160	2	16,34	21,237
53	2809	148877	7,2801	3,7563	0,01887	1,7243	3	16,65	22,062
54	2916	157464	7,3485	3,7798	0,01852	1,7324	4	16,96	22,902
55	3025	166375	7,4162	3,8030	0,01818	1,7404	5	17,28	23,758
56	3136	175616	7,4833	3,8259	0,01786	1,7482	6	17,59	24,630
57	3249	185193	7,5498	3,8485	0,01754	1,7559	7	17,91	25,518
58	3364	195112	7,6158	3,8709	0,01724	1,7634	8	18,22	26,421
59	3481	205379	7,6811	3,8930	0,01695	1,7708	9	18,54	27,340
60	3600	216000	7,7460	3,9149	0,01667	1,7781	6,0	18,85	28,274
61	3721	226981	7,8102	3,9365	0,01639	1,7853	1	19,16	29,225
62	3844	238328	7,8740	3,9579	0,01613	1,7924	2	19,48	30,191
63	3969	250047	7,9373	3,9791	0,01587	1,7993	3	19,79	31,172
64	4096	262144	8,0000	4,0000	0,01563	1,8062	4	20,11	32,170
65	4225	274625	8,0623	4,0207	0,01538	1,8129	5	20,42	33,183
66	4356	287496	8,1240	4,0412	0,01515	1,8195	6	20,73	34,212
67	4489	300763	8,1854	4,0615	0,01493	1,8261	7	21,05	35,257
68	4624	314432	8,2462	4,0817	0,01471	1,8326	8	21,36	36,317
69	4761	328509	8,3066	4,1016	0,01449	1,8388	9	21,68	37,393
70	4900	343000	8,3666	4,1213	0,01429	1,8451	7,0	21,99	38,485
71	5041	357911	8,4261	4,1408	0,01408	1,8512	1	22,31	39,592
72	5184	373248	8,4853	4,1602	0,01389	1,8573	2	22,62	40,715
73	5329	389017	8,5440	4,1793	0,01370	1,8633	3	22,93	41,854
74	5476	405224	8,6023	4,1983	0,01351	1,8692	4	23,25	43,008
75	5625	421875	8,6603	4,2172	0,01333	1,8751	5	23,56	44,179
76	5776	438976	8,7178	4,2358	0,01316	1,8808	6	23,88	45,365
77	5929	456533	8,7750	4,2543	0,01299	1,8865	7	24,19	46,566
78	6084	474552	8,8318	4,2727	0,01282	1,8921	8	24,50	47,784
79	6241	493039	8,8882	4,2908	0,01266	1,8976	9	24,82	49,017
80	6400	512000	8,9443	4,3089	0,01250	1,9031	8,0	25,13	50,265
81	6561	531441	9,0000	4,3267	0,01235	1,9085	1	25,45	51,530
82	6724	551368	9,0554	4,3445	0,01220	1,9138	2	25,76	52,810
83	6889	571787	9,1104	4,3621	0,01205	1,9191	3	26,08	54,106
84	7056	592704	9,1652	4,3795	0,01190	1,9243	4	26,39	55,418
85	7225	614125	9,2195	4,3968	0,01176	1,9294	5	26,70	56,745

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0.1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
86	7396	636056	9,2736	4,4140	0,01163	1,9345	6	27,02	58,088
87	7569	688503	9,3274	4,4310	0,01149	1,9395	7	27,33	59,447
88	7744	681472	9,3808	4,4480	0,01136	1,9445	8	27,65	60,821
89	7921	704969	9,4340	4,4647	0,01124	1,9494	9	27,96	62,214
90	8100	729000	9,4868	4,4814	0,01111	1,9542	9,0	28,27	63,617
91	8281	753574	9,5394	4,4979	0,01099	1,9590	1	28,59	65,039
92	8464	778688	9,5917	4,5144	0,01087	1,9638	2	28,90	66,476
93	8649	804387	9,6437	4,5307	0,01075	1,9685	3	29,22	67,929
94	8836	830584	9,6954	4,5468	0,01064	1,9731	4	29,53	69,398
95	9025	857375	9,7468	4,5629	0,01053	1,9777	5	29,85	70,882
96	9216	884736	9,7980	4,5789	0,01042	1,9823	6	30,16	72,382
97	9409	912673	9,8489	4,5947	0,01031	1,9868	7	30,47	73,898
98	9604	941192	9,8995	4,6104	0,01020	1,9912	8	30,79	75,430
99	9801	970299	9,9499	4,6261	0,01010	1,9956	9	31,10	76,977
100	10000	1000000	10,0000	4,6416	0,01000	2,0000	10,0	31,42	78,540
101	10201	1030301	10,0499	4,6570	0,00990	2,0043	1	31,73	80,118
102	10404	1061208	10,0995	4,6723	0,00980	2,0086	2	32,04	81,713
103	10609	1092727	10,1489	4,6875	0,00971	2,0128	3	32,36	83,323
104	10816	1124864	10,1980	4,7027	0,00962	2,0170	4	32,67	84,949
105	11025	1157625	10,2470	4,7177	0,00952	2,0212	5	32,99	86,590
106	11236	1191016	10,2956	4,7326	0,00943	2,0253	6	33,30	88,247
107	11449	1225043	10,3441	4,7475	0,00935	2,0294	7	33,62	89,920
108	11664	1259712	10,3923	4,7622	0,00926	2,0334	8	33,93	91,609
109	11881	1295029	10,4403	4,7769	0,00917	2,0374	9	34,24	93,313
110	12100	1331000	10,4881	4,7914	0,00909	2,0414	11,0	34,56	95,033
111	12321	1367631	10,5357	4,8059	0,00901	2,0453	1	34,87	96,769
112	12544	1404928	10,5830	4,8203	0,00893	2,0492	2	35,19	98,520
113	12769	1442897	10,6301	4,8346	0,00885	2,0531	3	35,50	100,287
114	12996	1481544	10,6771	4,8488	0,00877	2,0569	4	35,81	102,070
115	13225	1520875	10,7238	4,8629	0,00870	2,0607	5	36,13	103,869
116	13456	1560896	10,7703	4,8770	0,00862	2,0645	6	36,44	105,683
117	13689	1601613	10,8167	4,8910	0,00855	2,0682	7	36,76	107,513
118	13924	1643032	10,8628	4,9049	0,00847	2,0719	8	37,07	109,359
119	14161	1685159	10,9087	4,9187	0,00840	2,0755	9	37,38	111,220
120	14400	1728000	10,9545	4,9324	0,00833	2,0792	12,0	37,70	113,097
121	14641	1771561	11,0000	4,9461	0,00826	2,0828	1	38,01	114,990
122	14884	1815848	11,0454	4,9597	0,00820	2,0864	2	38,33	116,899
123	15129	1860867	11,0905	4,9732	0,00813	2,0899	3	38,64	118,823
124	15376	1906624	11,1355	4,9866	0,00806	2,0934	4	38,96	120,763
125	15625	1953125	11,1803	5,0000	0,00800	2,0969	5	39,27	122,719
126	15876	2000376	11,2250	5,0133	0,00794	2,1004	6	39,58	124,690
127	16129	2048383	11,2694	5,0265	0,00787	2,1038	7	39,90	126,677
128	16384	2097182	11,3137	5,0397	0,00781	2,1072	8	40,21	128,680
129	16641	2146689	11,3578	5,0528	0,00775	2,1106	9	40,53	130,698
130	16900	2197000	11,4018	5,0658	0,00769	2,1139	13,0	40,84	132,733

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
131	17161	2248091	11,4455	5,0788	0,00763	2,1173	1	41,15	134,782
132	17424	2299968	11,4891	5,0916	0,00758	2,1206	2	41,47	136,848
133	17689	2352637	11,5326	5,1045	0,00752	2,1238	3	41,78	138,929
134	17956	2406104	11,5758	5,1172	0,00746	2,1271	4	42,10	141,026
135	18225	2460375	11,6190	5,1299	0,00741	2,1303	5	42,41	143,139
136	18496	2515456	11,6619	5,1426	0,00735	2,1335	6	42,73	145,267
137	18769	2571353	11,7047	5,1551	0,00730	2,1367	7	43,04	147,412
138	19044	2628072	11,7473	5,1676	0,00725	2,1399	8	43,35	149,572
139	19321	2685619	11,7898	5,1801	0,00719	2,1430	9	43,67	151,747
140	19600	2744000	11,8322	5,1925	0,00714	2,1461	14,0	43,98	153,938
141	19881	2803221	11,8743	5,2048	0,00709	2,1492	1	44,30	156,145
142	20164	2863288	11,9164	5,2171	0,00704	2,1523	2	44,61	158,368
143	20449	2924207	11,9583	5,2293	0,00699	2,1553	3	44,92	160,606
144	20736	2985984	12,0000	5,2415	0,00694	2,1584	4	45,24	162,861
145	21025	3048625	12,0416	5,2536	0,00690	2,1614	5	45,55	165,130
146	21316	3112136	12,0830	5,2656	0,00685	2,1643	6	45,87	167,415
147	21609	3176523	12,1244	5,2776	0,00680	2,1673	7	46,18	169,717
148	21904	3241792	12,1655	5,2896	0,00676	2,1703	8	46,50	172,034
149	22201	3307949	12,2066	5,3015	0,00671	2,1732	9	46,81	174,367
150	22500	3375000	12,2474	5,3133	0,00667	2,1761	15,0	47,12	176,715
151	22801	3442951	12,2882	5,3251	0,00662	2,1790	1	47,44	179,079
152	23104	3511808	12,3288	5,3368	0,00658	2,1818	2	47,75	181,459
153	23409	3581577	12,3693	5,3485	0,00654	2,1847	3	48,07	183,854
154	23716	3652264	12,4097	5,3601	0,00649	2,1875	4	48,38	186,265
155	24025	3723875	12,4499	5,3717	0,00645	2,1903	5	48,69	188,692
156	24336	3796416	12,4900	5,3832	0,00641	2,1931	6	49,01	191,13
157	24649	3869893	12,5300	5,3947	0,00637	2,1959	7	49,32	193,59
158	24964	3944312	12,5698	5,4061	0,00633	2,1987	8	49,64	196,07
159	25281	4019679	12,6095	5,4175	0,00629	2,2014	9	49,95	198,56
160	25600	4096000	12,6491	5,4288	0,00625	2,2041	16,0	50,27	201,06
161	25921	4173281	12,6886	5,4401	0,00621	2,2068	1	50,58	203,58
162	26244	4251528	12,7279	5,4514	0,00617	2,2095	2	50,89	206,12
163	26569	4330747	12,7671	5,4626	0,00613	2,2122	3	51,21	208,67
164	26896	4410944	12,8062	5,4737	0,00610	2,2148	4	51,52	211,24
165	27225	4492125	12,8452	5,4848	0,00606	2,2175	5	51,84	213,82
166	27556	4574296	12,8841	5,4959	0,00602	2,2201	6	52,15	216,42
167	27889	4657473	12,9228	5,5069	0,00599	2,2227	7	52,46	219,04
168	28224	4741632	12,9615	5,5178	0,00595	2,2253	8	52,78	221,67
169	28561	4826809	13,0000	5,5288	0,00592	2,2279	9	53,09	224,32
170	28900	4913000	13,0384	5,5397	0,00588	2,2304	17,0	53,41	226,98
171	29241	5000211	13,0767	5,5505	0,00585	2,2330	1	53,72	229,66
172	29584	5088448	13,1149	5,5613	0,00581	2,2355	2	54,04	232,35
173	29929	5177717	13,1529	5,5721	0,00578	2,2380	3	54,35	235,06
174	30276	5268024	13,1909	5,5828	0,00575	2,2405	4	54,66	237,79
175	30625	5359375	13,2288	5,5934	0,00571	2,2430	5	54,98	240,53

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0.1n}$	$\pi \cdot d$	$\frac{1}{4} \pi \cdot d^2$
176	30976	5451776	13,2603	5,0041	0,00568	2,2455	6	53,29	243,28
177	31329	5545233	13,3041	5,0147	0,00565	2,2480	7	55,61	246,06
178	31684	5639732	13,3417	5,0252	0,00562	2,2504	8	55,92	248,85
179	32041	5735339	13,3791	5,0357	0,00559	2,2528	9	56,23	251,65
180	32400	5832000	13,4164	5,0462	0,00556	2,2553	18,0	56,55	254,47
181	32761	5929741	13,4536	5,0567	0,00552	2,2577	1	56,86	257,30
182	33124	6028568	13,4907	5,0671	0,00549	2,2601	2	57,18	260,16
183	33489	6128487	13,5277	5,0774	0,00546	2,2624	3	57,49	263,02
184	33856	6229504	13,5647	5,0877	0,00543	2,2648	4	57,81	265,90
185	34225	6331625	13,6015	5,0980	0,00541	2,2672	5	58,12	268,80
186	34596	6434856	13,6382	5,1083	0,00538	2,2695	6	58,43	271,72
187	34969	6539203	13,6748	5,1185	0,00535	2,2718	7	58,75	274,65
188	35344	6644672	13,7113	5,1287	0,00532	2,2742	8	59,06	277,59
189	35721	6751269	13,7477	5,1388	0,00529	2,2765	9	59,38	280,55
190	36100	6859000	13,7840	5,1489	0,00526	2,2787	19,0	59,69	283,53
191	36481	6967871	13,8203	5,1590	0,00524	2,2810	1	60,00	286,52
192	36864	7077888	13,8564	5,1690	0,00521	2,2833	2	60,32	289,53
193	37249	7189057	13,8924	5,1790	0,00518	2,2856	3	60,63	292,55
194	37636	7301384	13,9284	5,1890	0,00515	2,2878	4	60,95	295,59
195	38025	7414873	13,9642	5,1989	0,00513	2,2900	5	61,26	298,63
196	38416	7529536	14,0000	5,2088	0,00510	2,2923	6	61,58	301,72
197	38809	7645373	14,0357	5,2186	0,00508	2,2945	7	61,89	304,81
198	39204	7762392	14,0712	5,2285	0,00505	2,2967	8	62,20	307,91
199	39601	7880599	14,1067	5,2383	0,00503	2,2989	9	62,52	311,03
200	40000	8000000	14,1421	5,2480	0,00500	2,3010	20,0	62,83	314,16
201	40401	8120601	14,1774	5,2578	0,00498	2,3032	1	63,15	317,31
202	40804	8243408	14,2127	5,2675	0,00495	2,3053	2	63,46	320,47
203	41209	8368427	14,2478	5,2771	0,00493	2,3075	3	63,77	323,65
204	41616	8495664	14,2829	5,2868	0,00490	2,3096	4	64,09	326,85
205	42025	8615125	14,3178	5,2964	0,00488	2,3117	5	64,40	330,06
206	42436	8741816	14,3527	5,3059	0,00485	2,3139	6	64,72	333,29
207	42849	8869743	14,3875	5,3155	0,00483	2,3160	7	65,03	336,54
208	43264	8998912	14,4222	5,3250	0,00481	2,3181	8	65,35	339,79
209	43681	9129329	14,4568	5,3345	0,00478	2,3202	9	65,66	343,07
210	44100	9261000	14,4914	5,3439	0,00476	2,3222	21,0	65,97	346,36
211	44521	9393931	14,5268	5,3533	0,00474	2,3243	1	66,29	349,67
212	44944	9528128	14,5602	5,3627	0,00472	2,3263	2	66,60	352,99
213	45369	9663597	14,5945	5,3721	0,00469	2,3284	3	66,92	356,33
214	45796	9800344	14,6287	5,3814	0,00467	2,3304	4	67,23	359,68
215	46225	9938373	14,6629	5,3907	0,00465	2,3324	5	67,54	363,05
216	46656	10077696	14,6969	6,0000	0,00463	2,3344	6	67,86	366,44
217	47089	10218313	14,7309	6,0092	0,00461	2,3365	7	68,17	369,84
218	47524	10360232	14,7648	6,0185	0,00459	2,3385	8	68,49	373,25
219	47961	10503459	14,7986	6,0277	0,00457	2,3404	9	68,80	376,68
220	48400	10648000	14,8324	6,0368	0,00455	2,3424	22,0	69,12	380,13

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	$\log n$	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
221	48841	10793861	14,8661	6,0459	0,00452	2,3444	1	69,43	383,60
222	49284	10941048	14,8997	6,0350	0,00450	2,3464	2	69,74	387,08
223	49729	11089567	14,9332	6,0641	0,00448	2,3483	3	70,06	390,57
224	50176	11239424	14,9666	6,0732	0,00446	2,3502	4	70,37	394,08
225	50625	11390625	15,0000	6,0822	0,00444	2,3522	5	70,69	397,61
226	51076	11543176	15,0333	6,0912	0,00442	2,3541	6	71,00	401,15
227	51529	11697083	15,0665	6,1002	0,00441	2,3560	7	71,31	404,71
228	51984	11852332	15,0997	6,1091	0,00439	2,3579	8	71,63	408,28
229	52441	12008989	15,1327	6,1180	0,00437	2,3598	9	71,94	411,87
230	52900	12167000	15,1658	6,1269	0,00435	2,3617	23,0	72,26	415,48
231	53361	12326391	15,1987	6,1358	0,00433	2,3636	1	72,57	419,10
232	53824	12487168	15,2315	6,1446	0,00431	2,3655	2	72,88	422,73
233	54289	12649337	15,2643	6,1534	0,00429	2,3674	3	73,20	426,38
234	54756	12812904	15,2971	6,1622	0,00427	2,3692	4	73,51	430,05
235	55225	12977875	15,3297	6,1710	0,00426	2,3711	5	73,83	433,74
236	55696	13144256	15,3623	6,1797	0,00424	2,3729	6	74,14	437,44
237	56169	13312053	15,3948	6,1885	0,00422	2,3748	7	74,46	441,15
238	56644	13481272	15,4272	6,1972	0,00420	2,3766	8	74,77	444,88
239	57121	13651919	15,4596	6,2058	0,00418	2,3784	9	75,08	448,63
240	57600	13824000	15,4919	6,2145	0,00417	2,3802	24,0	75,40	452,39
241	58081	13997521	15,5242	6,2231	0,00415	2,3820	1	75,71	456,17
242	58564	14172488	15,5563	6,2317	0,00413	2,3838	2	76,03	459,96
243	59049	14348907	15,5885	6,2403	0,00412	2,3856	3	76,34	463,77
244	59536	14526784	15,6205	6,2488	0,00410	2,3874	4	76,65	467,59
245	60025	14706125	15,6525	6,2573	0,00408	2,3892	5	76,97	471,44
246	60516	14886936	15,6844	6,2658	0,00407	2,3909	6	77,28	475,29
247	61009	15069223	15,7162	6,2743	0,00405	2,3927	7	77,60	479,16
248	61504	15252992	15,7480	6,2828	0,00403	2,3945	8	77,91	483,05
249	62001	15438249	15,7797	6,2912	0,00402	2,3962	9	78,23	486,95
250	62500	15625000	15,8114	6,2996	0,00400	2,3979	25,0	78,54	490,87
251	63001	15813251	15,8430	6,3080	0,00398	2,3997	1	78,85	494,81
252	63504	16003008	15,8745	6,3164	0,00397	2,4014	2	79,17	498,76
253	64009	16194277	15,9060	6,3247	0,00395	2,4031	3	79,48	502,73
254	64516	16387064	15,9374	6,3330	0,00394	2,4048	4	79,80	506,71
255	65025	16581375	15,9687	6,3413	0,00392	2,4065	5	80,11	510,71
256	65536	16777216	16,0000	6,3496	0,00391	2,4082	6	80,42	514,72
257	66049	16974593	16,0312	6,3579	0,00389	2,4099	7	80,74	518,75
258	66564	17173512	16,0624	6,3661	0,00388	2,4116	8	81,05	522,79
259	67081	17373979	16,0935	6,3743	0,00386	2,4133	9	81,37	526,85
260	67600	17576000	16,1245	6,3825	0,00385	2,4150	26,0	81,68	530,93
261	68121	17779581	16,1555	6,3907	0,00383	2,4166	1	82,00	535,02
262	68644	17984728	16,1864	6,3988	0,00382	2,4183	2	82,31	539,13
263	69169	18191447	16,2173	6,4070	0,00380	2,4200	3	82,62	543,25
264	69696	18399744	16,2481	6,4151	0,00379	2,4216	4	82,94	547,39
265	70225	18609625	16,2788	6,4232	0,00377	2,4233	5	83,25	551,55

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0.1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
266	70756	18821096	16,3095	6,4312	0,00376	2,4249	6	83,87	535,72
267	71289	19034163	16,3401	6,4393	0,00375	2,4265	7	83,88	539,90
268	71824	19248832	16,3707	6,4473	0,00373	2,4281	8	84,19	564,10
269	72361	19465109	16,4012	6,4553	0,00372	2,4298	9	84,51	588,32
270	72900	19683000	16,4317	6,4633	0,00370	2,4314	27.0	84,82	572,56
271	73441	19902311	16,4621	6,4713	0,00369	2,4330	1	85,14	576,80
272	73984	20123648	16,4924	6,4792	0,00368	2,4346	2	85,45	581,07
273	74529	20346417	16,5227	6,4872	0,00366	2,4362	3	85,77	585,35
274	75076	20570824	16,5529	6,4951	0,00365	2,4378	4	86,08	589,65
275	75625	20796875	16,5831	6,5030	0,00364	2,4393	27.0	86,39	593,96
276	76176	21024576	16,6132	6,5108	0,00362	2,4409	6	86,71	598,28
277	76729	21253933	16,6433	6,5187	0,00361	2,4425	7	87,02	602,63
278	77284	21484952	16,6733	6,5265	0,00360	2,4440	8	87,34	606,99
279	77841	21717639	16,7033	6,5343	0,00358	2,4456	9	87,65	611,36
280	78400	21952000	16,7332	6,5421	0,00357	2,4472	28.0	87,96	615,75
281	78961	22188041	16,7631	6,5499	0,00356	2,4487	1	88,28	620,16
282	79524	22425768	16,7929	6,5577	0,00355	2,4503	2	88,59	624,58
283	80089	22665187	16,8226	6,5654	0,00353	2,4518	3	88,91	629,02
284	80656	22906304	16,8523	6,5731	0,00352	2,4533	4	89,22	633,47
285	81225	23149125	16,8819	6,5808	0,00351	2,4548	28.0	89,54	637,94
286	81796	23393656	16,9115	6,5885	0,00350	2,4564	6	89,85	642,42
287	82369	23639903	16,9411	6,5962	0,00348	2,4579	7	90,16	646,92
288	82944	23887872	16,9706	6,6039	0,00347	2,4594	8	90,48	651,44
289	83521	24137569	17,0000	6,6115	0,00346	2,4609	9	90,79	655,97
290	84100	24389000	17,0294	6,6191	0,00345	2,4624	29.0	91,11	660,52
291	84681	24642171	17,0587	6,6267	0,00344	2,4639	1	91,42	665,08
292	85264	24897088	17,0880	6,6343	0,00342	2,4654	2	91,73	669,66
293	85849	25153757	17,1172	6,6419	0,00341	2,4669	3	92,05	674,26
294	86436	25412184	17,1464	6,6494	0,00340	2,4684	4	92,36	678,87
295	87025	25672375	17,1756	6,6569	0,00339	2,4698	29.0	92,68	683,49
296	87616	25934336	17,2047	6,6644	0,00338	2,4713	6	92,99	688,13
297	88209	26198073	17,2337	6,6719	0,00337	2,4728	7	93,31	692,79
298	88804	26463592	17,2627	6,6794	0,00336	2,4742	8	93,62	697,46
299	89401	26730899	17,2916	6,6869	0,00334	2,4757	9	93,93	702,15
300	90000	27000000	17,3205	6,6943	0,00333	2,4771	30.0	94,25	706,86
301	90601	27270901	17,3494	6,7018	0,00332	2,4786	1	94,56	711,58
302	91204	27543608	17,3781	6,7092	0,00331	2,4800	2	94,88	716,31
303	91809	27818127	17,4069	6,7166	0,00330	2,4814	3	95,19	721,07
304	92416	28094464	17,4356	6,7240	0,00329	2,4829	4	95,50	725,83
305	93025	28372625	17,4642	6,7313	0,00328	2,4843	30.0	95,82	730,62
306	93636	28652616	17,4929	6,7387	0,00327	2,4857	6	96,13	735,42
307	94249	28934443	17,5214	6,7460	0,00326	2,4871	7	96,45	740,23
308	94864	29218112	17,5499	6,7533	0,00325	2,4886	8	96,76	745,06
309	95481	29503629	17,5784	6,7606	0,00324	2,4900	9	97,08	749,91
310	96100	29791000	17,6068	6,7679	0,00323	2,4914	31.0	97,39	754,77

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
311	96721	30080231	17,6352	6,7752	0,00322	2,4928	1	97,70	759,64
312	97344	30371328	17,6635	6,7824	0,00321	2,4942	2	98,02	764,54
313	97969	30664297	17,6918	6,7897	0,00319	2,4955	3	98,33	769,45
314	98596	30959144	17,7200	6,7969	0,00318	2,4969	4	98,65	774,37
315	99225	31255875	17,7482	6,8041	0,00317	2,4983	5	98,96	779,31
316	99856	31554496	17,7764	6,8113	0,00316	2,4997	6	99,27	784,27
317	100489	31855013	17,8045	6,8185	0,00315	2,5011	7	99,59	789,24
318	101124	32157432	17,8326	6,8256	0,00314	2,5024	8	99,90	794,23
319	101761	32461759	17,8606	6,8328	0,00313	2,5038	9	100,22	799,23
320	102400	32768000	17,8885	6,8399	0,00313	2,5052	32,0	100,53	804,25
321	103041	33076161	17,9165	6,8470	0,00312	2,5065	1	100,8	809,28
322	103684	33386248	17,9444	6,8541	0,00311	2,5079	2	101,2	814,33
323	104329	33698267	17,9722	6,8612	0,00310	2,5092	3	101,5	819,40
324	104976	34012224	18,0000	6,8683	0,00309	2,5106	4	101,8	824,48
325	105625	34328125	18,0278	6,8753	0,00308	2,5119	5	102,1	829,58
326	106276	34645976	18,0555	6,8824	0,00307	2,5132	6	102,4	834,69
327	106929	34965783	18,0831	6,8894	0,00306	2,5145	7	102,7	839,82
328	107584	35287552	18,1108	6,8964	0,00305	2,5159	8	103,0	844,96
329	108241	35611289	18,1384	6,9034	0,00304	2,5172	9	103,4	850,12
330	108900	35937000	18,1659	6,9104	0,00303	2,5185	33,0	103,7	855,30
331	109561	36264691	18,1934	6,9174	0,00302	2,5198	1	104,0	860,49
332	110224	36594368	18,2209	6,9244	0,00301	2,5211	2	104,3	865,70
333	110889	36926037	18,2483	6,9313	0,00300	2,5224	3	104,6	870,92
334	111556	37259704	18,2757	6,9382	0,00299	2,5238	4	104,9	876,16
335	112225	37595375	18,3030	6,9451	0,00299	2,5250	5	105,2	881,41
336	112896	37933056	18,3303	6,9521	0,00298	2,5263	6	105,5	886,68
337	113569	38272753	18,3576	6,9589	0,00297	2,5276	7	105,9	891,97
338	114244	38614472	18,3848	6,9658	0,00296	2,5289	8	106,2	897,27
339	114921	38958219	18,4120	6,9727	0,00295	2,5302	9	106,5	902,59
340	115600	39304000	18,4391	6,9795	0,00294	2,5315	34,0	106,8	907,92
341	116281	39651821	18,4662	6,9864	0,00293	2,5328	1	107,1	913,27
342	116964	40001688	18,4932	6,9932	0,00292	2,5340	2	107,4	918,63
343	117649	40353607	18,5203	7,0000	0,00292	2,5353	3	107,8	924,01
344	118336	40707584	18,5472	7,0068	0,00291	2,5366	4	108,1	929,41
345	119025	41063625	18,5742	7,0136	0,00290	2,5378	5	108,4	934,82
346	119716	41421736	18,6011	7,0203	0,00289	2,5391	6	108,7	940,25
347	120409	41781923	18,6279	7,0271	0,00288	2,5403	7	109,0	945,69
348	121104	42144192	18,6548	7,0338	0,00287	2,5416	8	109,3	951,15
349	121801	42508549	18,6815	7,0406	0,00287	2,5428	9	109,6	956,62
350	122500	42875000	18,7083	7,0473	0,00286	2,5441	35,0	110,0	962,11
351	123201	43243551	18,7350	7,0540	0,00285	2,5453	1	110,3	967,62
352	123904	43614208	18,7617	7,0607	0,00284	2,5465	2	110,6	973,14
353	124609	43986977	18,7883	7,0674	0,00283	2,5478	3	110,9	978,68
354	125316	44361864	18,8149	7,0740	0,00282	2,5490	4	111,2	984,23
355	126025	44738875	18,8414	7,0807	0,00282	2,5502	5	111,5	989,80

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	$\log n$	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
356	126736	45118016	18,8680	7,0873	0,00281	2,5515	6	111,8	993,38
357	127449	45499293	18,8944	7,0940	0,00280	2,5527	7	112,2	1000,98
358	128164	45882712	18,9209	7,1006	0,00279	2,5539	8	112,5	1006,60
359	128881	46268279	18,9473	7,1072	0,00279	2,5551	9	112,8	1012,23
360	129600	46656000	18,9737	7,1138	0,00278	2,5563	36,0	113,1	1017,87
361	130321	47045881	19,0000	7,1204	0,00277	2,5575	1	113,4	1023,54
362	131044	47437928	19,0263	7,1269	0,00276	2,5587	2	113,7	1029,21
363	131769	47832147	19,0526	7,1335	0,00275	2,5599	3	114,0	1034,91
364	132496	48228544	19,0788	7,1400	0,00275	2,5611	4	114,4	1040,62
365	133225	48627125	19,1050	7,1466	0,00274	2,5623	5	114,7	1046,35
366	133956	49027896	19,1311	7,1531	0,00273	2,5635	6	115,0	1052,09
367	134689	49430863	19,1572	7,1596	0,00272	2,5647	7	115,3	1057,84
368	135424	49836032	19,1833	7,1661	0,00272	2,5659	8	115,6	1063,62
369	136161	50243409	19,2094	7,1726	0,00271	2,5670	9	115,9	1069,40
370	136900	50653000	19,2354	7,1791	0,00270	2,5682	37,0	116,2	1075,21
371	137641	51064811	19,2614	7,1855	0,00270	2,5694	1	116,6	1081,03
372	138384	51478848	19,2873	7,1920	0,00269	2,5705	2	116,9	1086,87
373	139129	51895117	19,3132	7,1984	0,00268	2,5717	3	117,2	1092,71
374	139876	52313624	19,3391	7,2048	0,00267	2,5729	4	117,5	1098,58
375	140625	52734375	19,3649	7,2112	0,00267	2,5740	5	117,8	1104,46
376	141376	53157376	19,3907	7,2177	0,00266	2,5752	6	118,1	1110,4
377	142129	53582633	19,4165	7,2240	0,00265	2,5763	7	118,4	1116,3
378	142884	54010152	19,4422	7,2304	0,00265	2,5775	8	118,8	1122,2
379	143641	54439939	19,4679	7,2368	0,00264	2,5786	9	119,1	1128,1
380	144400	54872000	19,4936	7,2432	0,00263	2,5798	38,0	119,4	1134,1
381	145161	55306341	19,5192	7,2495	0,00262	2,5809	1	119,7	1140,1
382	145924	55742968	19,5448	7,2558	0,00262	2,5821	2	120,0	1146,1
383	146689	56181887	19,5704	7,2622	0,00261	2,5832	3	120,3	1152,1
384	147456	56623104	19,5959	7,2685	0,00260	2,5843	4	120,6	1158,1
385	148225	57066625	19,6214	7,2748	0,00260	2,5855	5	121,0	1164,2
386	148996	57512456	19,6469	7,2811	0,00259	2,5866	6	121,3	1170,2
387	149769	57960603	19,6723	7,2874	0,00258	2,5877	7	121,6	1176,3
388	150544	58411072	19,6977	7,2936	0,00258	2,5888	8	121,9	1182,4
389	151321	58863869	19,7231	7,2999	0,00257	2,5899	9	122,2	1188,5
390	152100	59319000	19,7484	7,3061	0,00256	2,5911	39,0	122,5	1194,6
391	152881	59776471	19,7737	7,3124	0,00256	2,5922	1	122,8	1200,7
392	153664	60236288	19,7990	7,3186	0,00255	2,5933	2	123,2	1206,9
393	154449	60698437	19,8242	7,3248	0,00254	2,5944	3	123,5	1213,0
394	155236	61162984	19,8494	7,3310	0,00254	2,5955	4	123,8	1219,2
395	156025	61629875	19,8746	7,3372	0,00253	2,5966	5	124,1	1225,4
396	156816	62099136	19,8997	7,3434	0,00253	2,5977	6	124,4	1231,6
397	157609	62570773	19,9249	7,3496	0,00252	2,5988	7	124,7	1237,9
398	158404	63044792	19,9499	7,3558	0,00251	2,5999	8	125,0	1244,1
399	159201	63521199	19,9750	7,3619	0,00251	2,6010	9	125,3	1250,4
400	160000	64000000	19,9999	7,3679	0,00250	2,6021	40,0	125,7	1256,6

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0.1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
401	160801	64481201	20,0250	7,3742	0,00249	2,6031	1	126,0	1262,9
402	161604	64964808	20,0499	7,3803	0,00249	2,6042	2	126,3	1269,2
403	162409	65450827	20,0749	7,3864	0,00248	2,6053	3	126,6	1275,6
404	163216	65939264	20,0998	7,3925	0,00248	2,6064	4	126,9	1281,9
405	164025	66430125	20,1246	7,3986	0,00247	2,6075	5	127,2	1288,2
406	164836	66923416	20,1494	7,4047	0,00246	2,6085	6	127,5	1294,6
407	165649	67419143	20,1742	7,4108	0,00246	2,6096	7	127,9	1301,0
408	166464	67917312	20,1990	7,4169	0,06245	2,6107	8	128,2	1307,4
409	167281	68417929	20,2237	7,4229	0,00244	2,6117	9	128,5	1313,8
410	168100	68921000	20,2485	7,4290	0,00244	2,6128	41,0	128,8	1320,3
411	168921	69426531	20,2731	7,4350	0,00243	2,6138	1	129,1	1326,7
412	169744	69934528	20,2978	7,4410	0,00243	2,6149	2	129,4	1333,2
413	170569	70444997	20,3224	7,4470	0,00242	2,6160	3	129,7	1339,6
414	171396	70957944	20,3470	7,4530	0,00242	2,6170	4	130,1	1346,1
415	172225	71473375	20,3718	7,4590	0,00241	2,6181	5	130,4	1352,7
416	173056	71991296	20,3961	7,4650	0,00240	2,6191	6	130,7	1359,2
417	173889	72511713	20,4206	7,4710	0,00240	2,6201	7	131,0	1365,7
418	174724	73034632	20,4450	7,4770	0,00239	2,6212	8	131,3	1372,3
419	175561	73560039	20,4695	7,4829	0,00239	2,6222	9	131,6	1378,9
420	176400	74088000	20,4939	7,4889	0,00238	2,6233	42,0	131,9	1385,4
421	177241	74618461	20,5183	7,4948	0,00238	2,6243	1	132,3	1392,0
422	178084	75151448	20,5426	7,5007	0,00237	2,6253	2	132,6	1398,7
423	178929	75686967	20,5670	7,5067	0,00236	2,6263	3	132,9	1405,3
424	179776	76225024	20,5913	7,5126	0,00236	2,6274	4	133,2	1412,0
425	180625	76765625	20,6155	7,5185	0,00235	2,6284	5	133,5	1418,6
426	181476	77308776	20,6398	7,5244	0,00235	2,6294	6	133,8	1425,3
427	182329	77854483	20,6640	7,5302	0,00234	2,6304	7	134,1	1432,0
428	183184	78402752	20,6882	7,5361	0,00234	2,6314	8	134,5	1438,7
429	184041	78953589	20,7123	7,5420	0,00233	2,6325	9	134,8	1445,5
430	184900	79507000	20,7364	7,5478	0,00233	2,6335	43,0	135,1	1452,2
431	185761	80062991	20,7605	7,5537	0,00232	2,6345	1	135,4	1459,0
432	186624	80621568	20,7846	7,5595	0,00231	2,6355	2	135,7	1465,7
433	187489	81182737	20,8087	7,5654	0,00231	2,6365	3	136,0	1472,5
434	188356	81746504	20,8327	7,5712	0,00230	2,6375	4	136,3	1479,3
435	189225	82312875	20,8567	7,5770	0,00230	2,6385	5	136,7	1486,2
436	190096	82881856	20,8806	7,5828	0,00229	2,6395	6	137,0	1493,0
437	190969	83453433	20,9045	7,5886	0,00229	2,6405	7	137,3	1499,9
438	191844	84027672	20,9284	7,5944	0,00228	2,6415	8	137,6	1506,7
439	192721	84604519	20,9523	7,6001	0,00228	2,6425	9	137,9	1513,6
440	193600	85184000	20,9762	7,6059	0,00227	2,6435	44,0	138,2	1520,5
441	194481	85766121	21,0000	7,6117	0,00227	2,6444	1	138,5	1527,5
442	195364	86350888	21,0238	7,6174	0,00226	2,6454	2	138,9	1534,4
443	196249	86938307	21,0476	7,6232	0,00226	2,6464	3	139,2	1541,3
444	197136	87528384	21,0713	7,6289	0,00225	2,6474	4	139,5	1548,3
445	198025	88121125	21,0950	7,6346	0,00225	2,6484	5	139,8	1555,3

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
446	198916	88716536	21,1187	7,6403	0,00224	2,6493	6	140,4	1562,3
447	199809	89314623	21,1424	7,6460	0,00224	2,6503	7	140,4	1569,3
448	200704	89915392	21,1660	7,6517	0,00223	2,6513	8	140,7	1576,3
449	201601	90518849	21,1896	7,6574	0,00223	2,6523	9	141,1	1583,4
450	202500	91125000	21,2132	7,6631	0,00222	2,6532	45,0	141,4	1590,4
451	203401	91733851	21,2368	7,6688	0,00222	2,6542	1	141,7	1597,5
452	204304	92345408	21,2603	7,6744	0,00221	2,6551	2	142,0	1604,6
453	205209	92959677	21,2838	7,6801	0,00221	2,6561	3	142,3	1611,7
454	206116	93576664	21,3073	7,6857	0,00220	2,6571	4	142,6	1618,8
455	207025	94196375	21,3307	7,6914	0,00220	2,6580	5	142,9	1626,0
456	207936	94818816	21,3542	7,6970	0,00219	2,6590	6	143,3	1633,1
457	208849	95443993	21,3776	7,7026	0,00219	2,6599	7	143,6	1640,3
458	209764	96071912	21,4009	7,7082	0,00218	2,6609	8	143,9	1647,5
459	210681	96702579	21,4243	7,7138	0,00218	2,6618	9	144,2	1654,7
460	211600	97336000	21,4476	7,7194	0,00217	2,6628	46,0	144,5	1661,9
461	212521	97972181	21,4709	7,7250	0,00217	2,6637	1	144,8	1669,1
462	213444	98611128	21,4942	7,7306	0,00216	2,6646	2	145,1	1676,4
463	214369	99252847	21,5174	7,7362	0,00216	2,6656	3	145,5	1683,7
464	215296	99897344	21,5407	7,7418	0,00216	2,6665	4	145,8	1690,9
465	216223	100544625	21,5639	7,7473	0,00215	2,6675	5	146,1	1698,2
466	217156	101194696	21,5870	7,7529	0,00215	2,6684	6	146,4	1705,5
467	218099	101847863	21,6102	7,7584	0,00214	2,6693	7	146,7	1712,9
468	219024	102503232	21,6333	7,7639	0,00214	2,6703	8	147,0	1720,3
469	219961	103161709	21,6564	7,7693	0,00213	2,6712	9	147,3	1727,6
470	220900	103823000	21,6795	7,7750	0,00213	2,6721	47,0	147,7	1734,9
471	221841	104487111	21,7025	7,7805	0,00212	2,6730	1	148,0	1742,3
472	222784	105154048	21,7256	7,7860	0,00212	2,6739	2	148,3	1749,7
473	223729	105823817	21,7486	7,7915	0,00211	2,6749	3	148,6	1757,2
474	224676	106496424	21,7715	7,7970	0,00211	2,6758	4	148,9	1764,6
475	225625	107171875	21,7945	7,8025	0,00211	2,6767	5	149,2	1772,1
476	226576	107850176	21,8174	7,8079	0,00210	2,6776	6	149,5	1779,5
477	227529	108531333	21,8403	7,8134	0,00210	2,6785	7	149,9	1787,0
478	228484	109215332	21,8632	7,8188	0,00209	2,6794	8	150,2	1794,5
479	229441	109902239	21,8861	7,8243	0,00209	2,6803	9	150,5	1802,0
480	230400	110592000	21,9089	7,8297	0,00208	2,6812	48,0	150,8	1809,6
481	231361	111284641	21,9317	7,8352	0,00208	2,6822	1	151,1	1817,1
482	232324	111980168	21,9545	7,8406	0,00207	2,6831	2	151,4	1824,7
483	233289	112678387	21,9773	7,8460	0,00207	2,6840	3	151,7	1832,2
484	234256	113379904	22,0000	7,8514	0,00207	2,6849	4	152,1	1839,8
485	235225	114084125	22,0227	7,8568	0,00206	2,6857	5	152,4	1847,5
486	236196	114791256	22,0454	7,8622	0,00206	2,6866	6	152,7	1855,1
487	237169	115501303	22,0681	7,8676	0,00205	2,6875	7	153,0	1862,7
488	238144	116214272	22,0907	7,8730	0,00205	2,6884	8	153,3	1870,4
489	239121	116930169	22,1133	7,8784	0,00204	2,6893	9	153,6	1878,1
490	240100	117649000	22,1359	7,8837	0,00204	2,6902	49,0	153,9	1885,7

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	$\log n$	$\frac{d}{0.1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
491	241081	118370771	22,1585	7,8891	0,00204	2,6911	1	154,3	1893,4
492	242064	119095488	22,1811	7,8944	0,00203	2,6920	2	154,6	1901,2
493	243049	119833157	22,2036	7,8998	0,00203	2,6929	3	154,9	1908,9
494	244036	120553784	22,2261	7,9051	0,00202	2,6937	4	155,2	1916,7
495	245025	121287375	22,2486	7,9105	0,00202	2,6946	5	155,5	1924,4
496	246016	122023936	22,2711	7,9158	0,00202	2,6955	6	155,8	1932,2
497	247009	122763473	22,2935	7,9211	0,00201	2,6964	7	156,1	1940,0
498	248004	123505992	22,3159	7,9264	0,00201	2,6972	8	156,5	1947,8
499	249001	124251499	22,3383	7,9317	0,00200	2,6981	9	156,8	1955,6
500	250000	125000000	22,3607	7,9370	0,00200	2,6990	50,0	157,1	1963,5
501	251001	125751501	22,3830	7,9423	0,00200	2,6998	1	157,4	1971,4
502	252004	126506008	22,4054	7,9476	0,00199	2,7007	2	157,7	1979,2
503	253009	127263527	22,4277	7,9528	0,00199	2,7016	3	158,0	1987,1
504	254016	128024064	22,4499	7,9581	0,00199	2,7024	4	158,3	1995,0
505	255025	128787625	22,4722	7,9634	0,00198	2,7033	5	158,7	2003,0
506	256036	129554216	22,4944	7,9686	0,00198	2,7042	6	159,0	2010,9
507	257049	130323843	22,5167	7,9739	0,00197	2,7050	7	159,3	2018,9
508	258064	131096512	22,5389	7,9791	0,00197	2,7059	8	159,6	2026,8
509	259081	131872229	22,5610	7,9843	0,00196	2,7067	9	159,9	2034,8
510	260100	132651000	22,5832	7,9896	0,00196	2,7076	51,0	160,2	2042,8
511	261121	133432831	22,6053	7,9948	0,00196	2,7084	1	160,5	2050,8
512	262144	134217728	22,6274	8,0000	0,00195	2,7093	2	160,8	2058,9
513	263169	135005697	22,6493	8,0052	0,00195	2,7101	3	161,2	2066,9
514	264196	135796744	22,6716	8,0104	0,00195	2,7110	4	161,5	2075,0
515	265225	136590875	22,6936	8,0156	0,00194	2,7118	5	161,8	2083,1
516	266256	137388096	22,7156	8,0208	0,00194	2,7127	6	162,1	2091,2
517	267289	138188413	22,7376	8,0260	0,00193	2,7135	7	162,4	2099,3
518	268324	138991832	22,7596	8,0311	0,00193	2,7143	8	162,7	2107,4
519	269361	139798359	22,7816	8,0363	0,00193	2,7152	9	163,0	2115,6
520	270400	140608000	22,8035	8,0415	0,00192	2,7160	52,0	163,4	2123,7
521	271441	141420761	22,8254	8,0466	0,00192	2,7168	1	163,7	2131,9
522	272484	142236648	22,8473	8,0517	0,00192	2,7177	2	164,0	2140,1
523	273529	143055667	22,8692	8,0569	0,00191	2,7185	3	164,3	2148,3
524	274576	143877824	22,8910	8,0620	0,00191	2,7193	4	164,6	2156,5
525	275625	144703125	22,9129	8,0671	0,00190	2,7202	5	164,9	2164,8
526	276676	145531576	22,9347	8,0723	0,00190	2,7210	6	165,2	2173,0
527	277729	146363183	22,9565	8,0774	0,00190	2,7218	7	165,6	2181,3
528	278784	147197952	22,9783	8,0825	0,00189	2,7226	8	165,9	2189,6
529	279841	148035889	23,0000	8,0876	0,00189	2,7235	9	166,2	2197,9
530	280900	148877000	23,0217	8,0927	0,00189	2,7243	53,0	166,5	2206,2
531	281961	149721291	23,0434	8,0978	0,00188	2,7251	1	166,8	2214,5
532	283024	150568768	23,0651	8,1028	0,00188	2,7259	2	167,1	2222,9
533	284089	151419437	23,0868	8,1079	0,00188	2,7267	3	167,4	2231,2
534	285156	152273304	23,1084	8,1130	0,00187	2,7275	4	167,8	2239,6
535	286225	153130375	23,1301	8,1180	0,00187	2,7284	5	168,1	2248,0

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	$\pi \cdot d$	$\frac{1}{4} \pi \cdot d^2$
536	287296	153990656	23,1517	8,1231	0,00187	2,7292	6	168,4	2256,4
537	288369	154854153	23,1733	8,1281	0,00186	2,7300	7	168,7	2264,8
538	289444	155720872	23,1948	8,1332	0,00186	2,7308	8	169,0	2273,3
539	290521	156590819	23,2164	8,1382	0,00186	2,7316	9	169,3	2281,7
540	291600	157464000	23,2379	8,1433	0,00185	2,7324	54,0	169,6	2290,2
541	292681	158340421	23,2594	8,1483	0,00185	2,7332	1	170,0	2298,7
542	293764	159220088	23,2809	8,1533	0,00185	2,7340	2	170,3	2307,2
543	294849	160103007	23,3024	8,1583	0,00184	2,7348	3	170,6	2315,7
544	295936	160989184	23,3238	8,1633	0,00184	2,7356	4	170,9	2324,3
545	297025	161878625	23,3452	8,1683	0,00183	2,7364	5	171,2	2332,8
546	298116	162771336	23,3666	8,1733	0,00183	2,7372	6	171,5	2341,4
547	299209	163667323	23,3880	8,1783	0,00183	2,7380	7	171,8	2350,0
548	300304	164566592	23,4094	8,1833	0,00182	2,7388	8	172,2	2358,6
549	301401	165469149	23,4307	8,1882	0,00182	2,7396	9	172,5	2367,2
550	302500	166375000	23,4521	8,1932	0,00182	2,7404	55,0	172,8	2375,8
551	303601	167284151	23,4734	8,1982	0,00181	2,7412	1	173,1	2384,5
552	304704	168196608	23,4947	8,2031	0,00181	2,7419	2	173,4	2393,1
553	305809	169112377	23,5160	8,2081	0,00181	2,7427	3	173,7	2401,8
554	306916	170031464	23,5372	8,2130	0,00181	2,7435	4	174,0	2410,5
555	308025	170953875	23,5584	8,2180	0,00180	2,7443	5	174,4	2419,2
556	309136	171879616	23,5797	8,2229	0,00180	2,7451	6	174,7	2427,9
557	310249	172808863	23,6008	8,2278	0,00180	2,7459	7	175,0	2436,7
558	311364	173741412	23,6220	8,2327	0,00179	2,7466	8	175,3	2445,4
559	312481	174678279	23,6432	8,2377	0,00179	2,7474	9	175,6	2454,2
560	313600	175619000	23,6643	8,2426	0,00179	2,7482	56,0	175,9	2463,0
561	314721	176563881	23,6854	8,2475	0,00178	2,7490	1	176,2	2471,8
562	315844	177513028	23,7065	8,2524	0,00178	2,7497	2	176,6	2480,6
563	316969	178466547	23,7276	8,2573	0,00178	2,7505	3	176,9	2489,5
564	318096	179424444	23,7487	8,2621	0,00177	2,7513	4	177,2	2498,3
565	319225	180386825	23,7697	8,2670	0,00177	2,7521	5	177,5	2507,2
566	320356	181352896	23,7908	8,2719	0,00177	2,7528	6	177,8	2516,1
567	321489	182322623	23,8118	8,2768	0,00176	2,7536	7	178,1	2525,0
568	322624	183296032	23,8328	8,2816	0,00176	2,7544	8	178,4	2533,9
569	323761	184273009	23,8537	8,2865	0,00176	2,7551	9	178,8	2542,8
570	324900	185253000	23,8747	8,2913	0,00175	2,7559	57,0	179,1	2551,8
571	326041	186236111	23,8956	8,2962	0,00175	2,7566	1	179,4	2560,7
572	327184	187222428	23,9165	8,3010	0,00175	2,7574	2	179,7	2569,7
573	328329	188211957	23,9374	8,3059	0,00175	2,7582	3	180,0	2578,7
574	329476	189204694	23,9583	8,3107	0,00174	2,7589	4	180,3	2587,7
575	330625	190199375	23,9792	8,3155	0,00174	2,7597	5	180,6	2596,7
576	331776	191196916	24,0000	8,3203	0,00174	2,7604	6	181,0	2605,8
577	332929	192197033	24,0208	8,3251	0,00173	2,7612	7	181,3	2614,8
578	334084	193199552	24,0416	8,3300	0,00173	2,7619	8	181,6	2623,9
579	335241	194204539	24,0624	8,3348	0,00173	2,7627	9	181,9	2633,0
580	336400	195211900	24,0832	8,3396	0,00173	2,7634	58,0	182,2	2642,1

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
581	337861	196122941	24,1039	8,3443	0,00172	2,7642	1	182,5	2651,2
582	338724	197137368	24,1247	8,3491	0,00172	2,7649	2	182,8	2660,3
583	339889	198155287	24,1454	8,3539	0,00172	2,7657	3	183,2	2669,5
584	341056	199176704	24,1661	8,3587	0,00171	2,7664	4	183,5	2678,6
585	342225	200201625	24,1868	8,3634	0,00171	2,7672	5	183,8	2687,8
586	343396	201230036	24,2074	8,3682	0,00171	2,7679	6	184,1	2697,0
587	344569	202262003	24,2281	8,3730	0,00170	2,7686	7	184,4	2706,2
588	345744	203297472	24,2487	8,3777	0,00170	2,7694	8	184,7	2715,5
589	346921	204336469	24,2693	8,3825	0,00170	2,7701	9	185,0	2724,7
590	348100	205379000	24,2899	8,3872	0,00169	2,7709	59,0	185,4	2734,0
591	349281	206425071	24,3105	8,3919	0,00169	2,7716	1	185,7	2743,2
592	350464	207474688	24,3311	8,3967	0,00169	2,7723	2	186,0	2752,5
593	351649	208527857	24,3516	8,4014	0,00169	2,7731	3	186,3	2761,8
594	352836	209584584	24,3721	8,4061	0,00168	2,7738	4	186,6	2771,2
595	354025	210644875	24,3926	8,4108	0,00168	2,7745	5	186,9	2780,5
596	355216	211708736	24,4131	8,4155	0,00168	2,7753	6	187,2	2789,9
597	356409	212776173	24,4336	8,4202	0,00168	2,7760	7	187,6	2799,2
598	357604	213847192	24,4540	8,4249	0,00167	2,7767	8	187,9	2808,6
599	358801	214921799	24,4745	8,4296	0,00167	2,7774	9	188,2	2818,0
600	360000	216000000	24,4949	8,4343	0,00167	2,7782	60,0	188,5	2827,4
601	361201	217081801	24,5153	8,4390	0,00166	2,7789	1	188,8	2836,9
602	362404	218167208	24,5357	8,4437	0,00166	2,7796	2	189,1	2846,3
603	363609	219256227	24,5561	8,4484	0,00166	2,7803	3	189,4	2855,8
604	364816	220348864	24,5764	8,4530	0,00166	2,7810	4	189,8	2865,3
605	366025	221445125	24,5967	8,4577	0,00165	2,7818	5	190,1	2874,8
606	367236	222545016	24,6171	8,4623	0,00165	2,7825	6	190,4	2884,3
607	368449	223648543	24,6374	8,4670	0,00165	2,7832	7	190,7	2893,8
608	369664	224755712	24,6577	8,4716	0,00164	2,7839	8	191,0	2903,3
609	370881	225866529	24,6779	8,4763	0,00164	2,7846	9	191,3	2912,9
610	372100	226981000	24,6982	8,4809	0,00164	2,7853	61,0	191,6	2922,5
611	373321	228099131	24,7184	8,4856	0,00164	2,7860	1	192,0	2932,1
612	374544	229220928	24,7386	8,4902	0,00163	2,7868	2	192,3	2941,7
613	375769	230346397	24,7588	8,4948	0,00163	2,7875	3	192,6	2951,3
614	376996	231475544	24,7790	8,4994	0,00163	2,7882	4	192,9	2960,9
615	378225	232608375	24,7992	8,5040	0,00163	2,7889	5	193,2	2970,6
616	379456	233744896	24,8193	8,5086	0,00162	2,7896	6	193,5	2980,2
617	380689	234885113	24,8395	8,5132	0,00162	2,7903	7	193,8	2989,9
618	381924	236029032	24,8596	8,5178	0,00162	2,7910	8	194,2	2999,6
619	383161	237176659	24,8797	8,5224	0,00162	2,7917	9	194,5	3009,3
620	384400	238328000	24,8998	8,5270	0,00161	2,7924	62,0	194,8	3019,1
621	385641	239483061	24,9199	8,5316	0,00161	2,7931	1	195,1	3028,8
622	386884	240641848	24,9399	8,5362	0,00161	2,7938	2	195,4	3038,6
623	388129	241804367	24,9600	8,5408	0,00161	2,7945	3	195,7	3048,4
624	389376	242970624	24,9800	8,5453	0,00160	2,7952	4	196,0	3058,2
625	390625	244140625	25,0000	8,5499	0,00160	2,7959	5	196,3	3068,0

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	$\log n$	$\frac{d-}{0.1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
626	391876	245314376	25,0200	8,5544	0,00160	2,7966	6	196,7	3077,8
627	393129	246491883	25,0400	8,5590	0,00159	2,7973	7	197,0	3087,6
628	394384	247673152	25,0599	8,5635	0,00159	2,7980	8	197,3	3097,5
629	395641	248858189	25,0799	8,5681	0,00159	2,7987	9	197,6	3107,4
630	396900	250047000	25,0998	8,5726	0,00159	2,7993	63,0	197,9	3117,2
631	398161	251239591	25,1197	8,5772	0,00158	2,8000	1	198,2	3127,1
632	399424	252435968	25,1396	8,5817	0,00158	2,8007	2	198,5	3137,1
633	400689	253636137	25,1595	8,5862	0,00158	2,8014	3	198,9	3147,0
634	401956	254840104	25,1794	8,5907	0,00158	2,8021	4	199,2	3157,0
635	403225	256047875	25,1992	8,5952	0,00157	2,8028	64,0	199,5	3166,9
636	404496	257259456	25,2190	8,5997	0,00157	2,8035	6	199,8	3176,9
637	405769	258474853	25,2389	8,6043	0,00157	2,8041	7	200,1	3186,9
638	407044	259694072	25,2587	8,6088	0,00157	2,8048	8	200,4	3196,9
639	408321	260917119	25,2784	8,6132	0,00156	2,8055	9	200,7	3206,9
640	409600	262144000	25,2982	8,6177	0,00156	2,8062	64,0	201,1	3217,0
641	410881	263374721	25,3180	8,6222	0,00156	2,8069	1	201,4	3227,1
642	412164	264609288	25,3377	8,6267	0,00156	2,8075	2	201,7	3237,1
643	413449	265847707	25,3574	8,6312	0,00156	2,8082	3	202,0	3247,2
644	414736	267089984	25,3772	8,6357	0,00155	2,8089	4	202,3	3257,3
645	416025	268336125	25,3969	8,6401	0,00155	2,8096	65,0	202,6	3267,5
646	417316	269586136	25,4165	8,6446	0,00155	2,8102	6	202,9	3277,6
647	418609	270840023	25,4362	8,6490	0,00155	2,8109	7	203,3	3287,7
648	419904	272097792	25,4558	8,6535	0,00154	2,8116	8	203,6	3297,9
649	421201	273359449	25,4755	8,6579	0,00154	2,8122	9	203,9	3308,1
650	422500	274625000	25,4951	8,6624	0,00154	2,8129	65,0	204,2	3318,3
651	423801	275894451	25,5147	8,6668	0,00154	2,8136	1	204,5	3328,5
652	425104	277167808	25,5343	8,6713	0,00153	2,8143	2	204,8	3338,8
653	426409	278445077	25,5539	8,6757	0,00153	2,8149	3	205,1	3349,0
654	427716	279726264	25,5734	8,6801	0,00153	2,8156	4	205,5	3359,3
655	429025	281011375	25,5930	8,6845	0,00153	2,8162	66,0	205,8	3369,6
656	430336	282300416	25,6125	8,6890	0,00152	2,8169	6	206,1	3379,9
657	431649	283593393	25,6320	8,6934	0,00152	2,8176	7	206,4	3390,2
658	432964	284890312	25,6515	8,6978	0,00152	2,8182	8	206,7	3400,5
659	434281	286191179	25,6710	8,7022	0,00152	2,8189	9	207,0	3410,8
660	435600	287496000	25,6905	8,7066	0,00152	2,8195	66,0	207,3	3421,2
661	436921	288804781	25,7099	8,7110	0,00151	2,8202	1	207,7	3431,6
662	438244	290117528	25,7294	8,7154	0,00151	2,8209	2	208,0	3442,0
663	439569	291434247	25,7488	8,7198	0,00151	2,8215	3	208,3	3452,4
664	440896	292754944	25,7682	8,7241	0,00151	2,8222	4	208,6	3462,8
665	442225	294079625	25,7876	8,7285	0,00150	2,8228	67,0	208,9	3473,2
666	443556	295408296	25,8070	8,7329	0,00150	2,8235	6	209,2	3483,7
667	444889	296740963	25,8263	8,7373	0,00150	2,8241	7	209,5	3494,2
668	446224	298077632	25,8457	8,7416	0,00150	2,8248	8	209,9	3504,6
669	447561	299418309	25,8650	8,7460	0,00149	2,8254	9	210,2	3515,1
670	448900	300763000	25,8843	8,7503	0,00149	2,8261	67,0	210,5	3525,7

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
671	450241	302111711	25,9037	8,7547	0,00149	2,8267	1	210,8	3536,2
672	451884	303464448	25,9230	8,7590	0,00149	2,8274	2	211,1	3546,7
673	453529	304821217	25,9422	8,7634	0,00149	2,8280	3	211,4	3557,3
674	455176	306182024	25,9615	8,7677	0,00148	2,8287	4	211,7	3567,9
675	456825	307546875	25,9808	8,7721	0,00148	2,8293	5	212,1	3578,5
676	458476	308915776	26,0000	8,7764	0,00148	2,8299	6	212,4	3589,1
677	459129	310288733	26,0192	8,7807	0,00148	2,8306	7	212,7	3599,7
678	459784	311665752	26,0384	8,7850	0,00147	2,8312	8	213,0	3610,3
679	460441	313046839	26,0576	8,7893	0,00147	2,8319	9	213,4	3621,0
680	462100	314432000	26,0768	8,7937	0,00147	2,8325	68,0	213,6	3631,7
681	463761	315821241	26,0960	8,7980	0,00147	2,8332	1	213,9	3642,4
682	465424	317214568	26,1151	8,8023	0,00147	2,8338	2	214,3	3653,1
683	467089	318611987	26,1343	8,8066	0,00146	2,8344	3	214,6	3663,8
684	468756	320013504	26,1534	8,8109	0,00146	2,8351	4	214,9	3674,5
685	469925	321419125	26,1725	8,8152	0,00146	2,8357	5	215,2	3685,3
686	470596	322828856	26,1916	8,8194	0,00146	2,8363	6	215,5	3696,1
687	471969	324242703	26,2107	8,8237	0,00146	2,8370	7	215,8	3706,8
688	473344	325660672	26,2298	8,8280	0,00145	2,8376	8	216,1	3717,6
689	474721	327082769	26,2488	8,8323	0,00145	2,8382	9	216,5	3728,5
690	476100	328509000	26,2679	8,8366	0,00145	2,8389	69,0	216,8	3739,3
691	477481	329939371	26,2869	8,8408	0,00145	2,8395	1	217,1	3750,1
692	478864	331373888	26,3059	8,8451	0,00145	2,8401	2	217,4	3761,0
693	480249	332812557	26,3249	8,8493	0,00144	2,8407	3	217,7	3771,9
694	481636	334255384	26,3439	8,8536	0,00144	2,8414	4	218,0	3782,8
695	483025	335702375	26,3629	8,8578	0,00144	2,8420	5	218,3	3793,7
696	484416	337153536	26,3818	8,8621	0,00144	2,8426	6	218,7	3804,6
697	485809	338608873	26,4008	8,8663	0,00143	2,8432	7	219,0	3815,5
698	487204	340068392	26,4197	8,8706	0,00143	2,8439	8	219,3	3826,5
699	488601	341532009	26,4386	8,8748	0,00143	2,8445	9	219,6	3837,5
700	490000	343000000	26,4575	8,8790	0,00143	2,8451	70,0	219,9	3848,5
701	491401	344472101	26,4764	8,8833	0,00143	2,8457	1	220,2	3859,5
702	492804	345948408	26,4953	8,8875	0,00142	2,8463	2	220,5	3870,5
703	494209	347428927	26,5141	8,8917	0,00142	2,8470	3	220,9	3881,5
704	495616	348913664	26,5330	8,8959	0,00142	2,8476	4	221,2	3892,6
705	497025	350402625	26,5518	8,9001	0,00142	2,8482	5	221,5	3903,6
706	498436	351895816	26,5707	8,9043	0,00142	2,8488	6	221,8	3914,7
707	499849	353393243	26,5895	8,9085	0,00141	2,8494	7	222,1	3925,8
708	501264	354894912	26,6083	8,9127	0,00141	2,8500	8	222,4	3936,9
709	502681	356400829	26,6271	8,9169	0,00141	2,8506	9	222,7	3948,0
710	504100	357911000	26,6458	8,9211	0,00141	2,8513	71,0	223,1	3959,2
711	505521	359425431	26,6646	8,9253	0,00141	2,8519	1	223,4	3970,4
712	506944	360944128	26,6833	8,9295	0,00140	2,8525	2	223,7	3981,5
713	508369	362467097	26,7021	8,9337	0,00140	2,8531	3	224,0	3992,7
714	509796	363994344	26,7208	8,9378	0,00140	2,8537	4	224,3	4003,9
715	511225	365525875	26,7395	8,9420	0,00140	2,8543	5	224,6	4015,2

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
716	512656	367061696	26,7582	8,9462	0,00140	2,8549	6	224,9	4026,4
717	514089	368601813	26,7769	8,9503	0,00139	2,8553	7	225,3	4037,6
718	515524	370146332	26,7955	8,9545	0,00139	2,8561	8	225,6	4048,9
719	516961	371694959	26,8142	8,9587	0,00139	2,8567	9	225,9	4060,2
720	518400	373248000	26,8328	8,9628	0,00139	2,8573	72,0	226,2	4071,5
721	519841	374805361	26,8514	8,9670	0,00139	2,8579	1	226,5	4082,8
722	521284	376367048	26,8701	8,9711	0,00139	2,8585	2	226,8	4094,2
723	522729	377933067	26,8887	8,9752	0,00138	2,8591	3	227,1	4105,5
724	524176	379503424	26,9072	8,9794	0,00138	2,8597	4	227,5	4116,9
725	525625	381078125	26,9258	8,9835	0,00138	2,8603	72,0	227,8	4128,2
726	527076	382657176	26,9444	8,9876	0,00138	2,8609	6	228,1	4139,6
727	528529	384240583	26,9629	8,9918	0,00138	2,8615	7	228,4	4151,1
728	529984	385828352	26,9813	8,9959	0,00137	2,8621	8	228,7	4162,5
729	531441	387420489	27,0000	9,0000	0,00137	2,8627	9	229,0	4173,9
730	532900	389017000	27,0185	9,0041	0,00137	2,8633	73,0	229,3	4185,4
731	534361	390617891	27,0370	9,0082	0,00137	2,8639	1	229,7	4196,9
732	535824	392223168	27,0555	9,0123	0,00137	2,8645	2	230,0	4208,4
733	537289	393832837	27,0740	9,0164	0,00136	2,8651	3	230,3	4219,9
734	538756	395446904	27,0924	9,0205	0,00136	2,8657	4	230,6	4231,4
735	540225	397065375	27,1109	9,0246	0,00136	2,8663	73,0	230,9	4242,9
736	541696	398688256	27,1293	9,0287	0,00136	2,8669	6	231,2	4254,5
737	543169	400315553	27,1477	9,0328	0,00136	2,8675	7	231,5	4266,0
738	544644	401947272	27,1662	9,0369	0,00136	2,8681	8	231,8	4277,6
739	546121	403583419	27,1846	9,0410	0,00135	2,8686	9	232,2	4289,2
740	547600	405224000	27,2029	9,0450	0,00135	2,8692	74,0	232,5	4300,8
741	549081	406869021	27,2213	9,0491	0,00135	2,8698	1	232,8	4312,5
742	550564	408518488	27,2397	9,0532	0,00135	2,8704	2	233,1	4324,1
743	552049	410172407	27,2580	9,0572	0,00135	2,8710	3	233,4	4335,8
744	553536	411830784	27,2764	9,0613	0,00134	2,8716	4	233,7	4347,5
745	555025	413493625	27,2947	9,0654	0,00134	2,8722	74,0	234,0	4359,2
746	556516	415160930	27,3130	9,0694	0,00134	2,8727	6	234,4	4370,9
747	558009	416833223	27,3313	9,0735	0,00134	2,8733	7	234,7	4382,6
748	559504	418508992	27,3496	9,0775	0,00134	2,8739	8	235,0	4394,3
749	561001	420189749	27,3679	9,0816	0,00134	2,8745	9	235,3	4406,1
750	562500	421875000	27,3861	9,0856	0,00133	2,8751	75,0	235,6	4417,9
751	564001	423564751	27,4044	9,0896	0,00133	2,8756	1	235,9	4429,7
752	565504	425259008	27,4226	9,0937	0,00133	2,8762	2	236,2	4441,5
753	567009	426957777	27,4408	9,0977	0,00133	2,8768	3	236,6	4453,3
754	568516	428661064	27,4591	9,1017	0,00133	2,8774	4	236,9	4465,1
755	570025	430368875	27,4773	9,1057	0,00132	2,8780	75,0	237,2	4477,0
756	571536	432081216	27,4955	9,1098	0,00132	2,8785	6	237,5	4488,8
757	573049	433798093	27,5136	9,1138	0,00132	2,8791	7	237,8	4500,7
758	574564	435519512	27,5318	9,1178	0,00132	2,8797	8	238,1	4512,6
759	576081	437245479	27,5500	9,1218	0,00132	2,8802	9	238,4	4524,4
760	577600	438976000	27,5681	9,1258	0,00132	2,8808	76,0	238,8	4536,5

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	$\log n$	$\frac{d}{0.1n}$	$n\pi$	$\frac{1}{4}\pi n^2$
761	579121	440711081	27,5862	9,1298	0,00131	2,8814	1	238,1	4348,4
762	580644	442450728	27,6043	9,1338	0,00131	2,8820	2	239,4	4360,4
763	582169	444194947	27,6225	9,1378	0,00131	2,8825	3	239,7	4372,3
764	583696	445943744	27,6405	9,1418	0,00131	2,8831	4	240,0	4384,3
765	585225	447697125	27,6586	9,1458	0,00131	2,8837	5	240,3	4396,3
766	586756	449455096	27,6767	9,1498	0,00131	2,8842	6	240,6	4608,4
767	588289	451217663	27,6948	9,1537	0,00130	2,8848	7	241,0	4620,4
768	589824	452984832	27,7128	9,1577	0,00130	2,8854	8	241,3	4632,5
769	591361	454756609	27,7308	9,1617	0,00130	2,8859	9	241,6	4644,5
770	592900	456533000	27,7489	9,1657	0,00130	2,8865	77,0	241,9	4656,6
771	594441	458314011	27,7669	9,1696	0,00130	2,8870	1	242,2	4668,7
772	595984	460099648	27,7849	9,1736	0,00130	2,8876	2	242,5	4680,8
773	597529	461889917	27,8029	9,1775	0,00129	2,8882	3	242,8	4693,0
774	599076	463684824	27,8209	9,1815	0,00129	2,8887	4	243,2	4705,1
775	600625	465484375	27,8388	9,1855	0,00129	2,8893	5	243,5	4717,3
776	602176	467288576	27,8568	9,1894	0,00129	2,8899	6	243,8	4729,5
777	603729	469097433	27,8747	9,1933	0,00129	2,8904	7	244,1	4741,7
778	605284	470910952	27,8927	9,1973	0,00129	2,8910	8	244,4	4753,9
779	606841	472729139	27,9106	9,2012	0,00128	2,8915	9	244,7	4766,1
780	608400	474552000	27,9285	9,2052	0,00128	2,8921	78,0	245,0	4778,4
781	609961	476379541	27,9464	9,2091	0,00128	2,8926	1	245,4	4790,6
782	611524	478211768	27,9643	9,2130	0,00128	2,8932	2	245,7	4802,9
783	613089	480048687	27,9821	9,2170	0,00128	2,8938	3	246,0	4815,2
784	614656	481890304	28,0000	9,2209	0,00128	2,8943	4	246,3	4827,5
785	616225	483736625	28,0179	9,2248	0,00127	2,8949	5	246,6	4839,8
786	617796	485587656	28,0357	9,2287	0,00127	2,8954	6	246,9	4852,2
787	619369	487443403	28,0535	9,2326	0,00127	2,8960	7	247,2	4864,5
788	620944	489303872	28,0713	9,2365	0,00127	2,8965	8	247,6	4876,9
789	622521	491169069	28,0891	9,2404	0,00127	2,8971	9	247,9	4889,3
790	624100	493039000	28,1069	9,2443	0,00127	2,8976	79,0	248,2	4901,7
791	625681	494913671	28,1247	9,2482	0,00126	2,8982	1	248,5	4914,1
792	627264	496793088	28,1425	9,2521	0,00126	2,8987	2	248,8	4926,5
793	628849	498677257	28,1603	9,2560	0,00126	2,8993	3	249,1	4939,0
794	630436	500566184	28,1780	9,2599	0,00126	2,8998	4	249,4	4951,4
795	632025	502459875	28,1957	9,2638	0,00126	2,9004	5	249,8	4963,9
796	633616	504358336	28,2135	9,2677	0,00126	2,9009	6	250,1	4976,4
797	635209	506261573	28,2312	9,2716	0,00125	2,9015	7	240,4	4988,9
798	636804	508169592	28,2489	9,2754	0,00125	2,9020	8	250,7	5001,4
799	638401	510082399	28,2666	9,2793	0,00125	2,9026	9	251,0	5014,0
800	640000	512000000	28,2843	9,2832	0,00125	2,9031	80,0	251,3	5026,5
801	641601	513922401	28,3019	9,2870	0,00125	2,9036	1	251,6	5039,1
802	643204	515849608	28,3196	9,2909	0,00125	2,9042	2	252,0	5051,7
803	644809	517781627	28,3373	9,2948	0,00125	2,9047	3	252,3	5064,3
804	646416	519718464	28,3549	9,2986	0,00124	2,9053	4	252,6	5076,9
805	648025	521660125	28,3725	9,3025	0,00124	2,9058	5	252,9	5089,6

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0.1n}$	πd	$\frac{1}{4} \pi d^2$
806	649636	523606616	28,3901	9,3063	0,00124	2,9063	6	253,2	5102,2
807	651249	525557943	28,4077	9,3102	0,00124	2,9069	7	253,5	5114,9
808	652864	527514112	28,4253	9,3140	0,00124	2,9074	8	253,8	5127,6
809	654481	529475129	28,4429	9,3179	0,00124	2,9080	9	254,2	5140,3
810	656100	531441000	28,4605	9,3217	0,00123	2,9085	81,0	254,5	5153,0
811	657721	533411731	28,4781	9,3255	0,00123	2,9090	1	254,8	5165,7
812	659344	535387328	28,4956	9,3294	0,00123	2,9095	2	255,1	5178,5
813	660969	537367797	28,5132	9,3332	0,00123	2,9101	3	255,4	5191,2
814	662596	539353144	28,5307	9,3370	0,00123	2,9106	4	255,7	5204,0
815	664225	541343375	28,5482	9,3408	0,00123	2,9112	5	256,0	5216,8
816	665856	543338496	28,5657	9,3447	0,00123	2,9117	6	256,4	5229,6
817	667489	545338513	28,5832	9,3485	0,00122	2,9122	7	256,7	5242,4
818	669124	547343432	28,6007	9,3523	0,00122	2,9128	8	257,0	5255,3
819	670761	549353259	28,6182	9,3561	0,00122	2,9133	9	257,3	5268,1
820	672400	551368000	28,6356	9,3599	0,00122	2,9138	82,0	257,6	5281,0
821	674041	553387661	28,6531	9,3637	0,00122	2,9143	1	257,9	5293,9
822	675684	555412248	28,6705	9,3675	0,00122	2,9149	2	258,2	5306,8
823	677329	557441767	28,6880	9,3713	0,00122	2,9154	3	258,6	5319,7
824	678976	559476224	28,7054	9,3751	0,00121	2,9159	4	258,9	5332,7
825	680625	561515625	28,7228	9,3789	0,00121	2,9164	5	259,2	5345,6
826	682276	563559976	28,7402	9,3827	0,00121	2,9170	6	259,5	5358,6
827	683929	565609283	28,7576	9,3865	0,00121	2,9175	7	259,8	5371,6
828	685584	567663552	28,7750	9,3902	0,00121	2,9180	8	260,1	5384,6
829	687241	569722789	28,7924	9,3940	0,00121	2,9186	9	260,4	5397,6
830	688900	571787000	28,8097	9,3978	0,00120	2,9191	83,0	260,8	5410,6
831	690561	573856191	28,8271	9,4016	0,00120	2,9196	1	261,1	5423,7
832	692224	575930368	28,8444	9,4053	0,00120	2,9201	2	261,4	5436,7
833	693889	578009537	28,8617	9,4091	0,00120	2,9206	3	261,7	5449,8
834	695556	580093704	28,8791	9,4129	0,00120	2,9212	4	262,0	5462,9
835	697225	582182875	28,8964	9,4166	0,00120	2,9217	5	262,3	5476,0
836	698896	584277056	28,9137	9,4204	0,00120	2,9222	6	262,6	5489,1
837	700569	586376253	28,9310	9,4241	0,00119	2,9228	7	263,0	5502,3
838	702244	588480472	28,9482	9,4279	0,00119	2,9232	8	263,3	5515,4
839	703921	590589719	28,9655	9,4316	0,00119	2,9238	9	263,6	5528,6
840	705600	592704000	28,9828	9,4354	0,00119	2,9243	84,0	263,9	5541,8
841	707281	594823321	29,0000	9,4391	0,00119	2,9248	1	264,2	5555,0
842	708964	596947688	29,0172	9,4429	0,00119	2,9253	2	264,5	5568,2
843	710649	599077107	29,0345	9,4466	0,00119	2,9258	3	264,8	5581,4
844	712336	601211584	29,0517	9,4503	0,00118	2,9263	4	265,2	5594,7
845	714025	603351125	29,0689	9,4541	0,00118	2,9269	5	265,5	5607,9
846	715716	605495736	29,0861	9,4578	0,00118	2,9274	6	265,8	5621,2
847	717409	607645423	29,1033	9,4615	0,00118	2,9279	7	266,1	5634,5
848	719104	609800192	29,1204	9,4652	0,00118	2,9284	8	266,4	5647,8
849	720801	611960049	29,1376	9,4690	0,00118	2,9289	9	266,7	5661,2
850	722500	614125000	29,1548	9,4727	0,00118	2,9294	85,0	267,0	5674,5

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	$\log n$	$\frac{d}{0.1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
851	724201	616295051	29,1719	9,4764	0,00118	2,9299	1	267,3	5687,9
852	725904	618470208	29,1890	9,4801	0,00117	2,9304	2	267,7	5701,2
853	727609	620650477	29,2062	9,4838	0,00117	2,9309	3	268,0	5714,6
854	729316	622835864	29,2233	9,4875	0,00117	2,9313	4	268,3	5728,0
855	731025	625026375	29,2404	9,4912	0,00117	2,9320	5	268,6	5741,5
856	732736	627222016	29,2575	9,4949	0,00117	2,9325	6	268,9	5754,9
857	734449	629422793	29,2746	9,4986	0,00117	2,9330	7	269,2	5768,3
858	736164	631628712	29,2916	9,5023	0,00117	2,9335	8	269,5	5781,8
859	737881	633839779	29,3087	9,5060	0,00117	2,9340	9	269,9	5795,3
860	739600	636056000	29,3258	9,5097	0,00116	2,9345	86,0	270,2	5808,8
861	741321	638277381	29,3428	9,5134	0,00116	2,9350	1	270,5	5822,3
862	743044	640503928	29,3598	9,5171	0,00116	2,9355	2	270,8	5835,9
863	744769	642735647	29,3769	9,5207	0,00116	2,9360	3	271,1	5849,4
864	746496	644972544	29,3939	9,5244	0,00116	2,9365	4	271,4	5863,0
865	748225	647214625	29,4109	9,5281	0,00116	2,9370	5	271,7	5876,5
866	749956	649461896	29,4279	9,5317	0,00115	2,9375	6	272,1	5890,1
867	751689	651714363	29,4449	9,5354	0,00115	2,9380	7	272,4	5903,8
868	753424	653972032	29,4618	9,5391	0,00115	2,9385	8	272,7	5917,4
869	755161	656234909	29,4788	9,5427	0,00115	2,9390	9	273,0	5931,0
870	756900	658503000	29,4958	9,5464	0,00115	2,9395	87,0	273,3	5944,7
871	758641	660776311	29,5127	9,5501	0,00115	2,9400	1	273,6	5958,4
872	760384	663054848	29,5296	9,5537	0,00115	2,9405	2	273,9	5972,0
873	762129	665338617	29,5466	9,5574	0,00115	2,9410	3	274,3	5985,7
874	763876	667627624	29,5635	9,5610	0,00114	2,9415	4	274,6	5999,5
875	765625	669921875	29,5804	9,5647	0,00114	2,9420	5	274,9	6013,2
876	767376	672221376	29,5973	9,5683	0,00114	2,9425	6	275,2	6027,0
877	769129	674526133	29,6142	9,5719	0,00114	2,9430	7	275,5	6040,7
878	770884	676836152	29,6311	9,5756	0,00114	2,9435	8	275,8	6054,5
879	772641	679151439	29,6479	9,5792	0,00114	2,9440	9	276,1	6068,3
880	774400	681472000	29,6648	9,5828	0,00114	2,9445	88,0	276,5	6082,1
881	776161	683797841	29,6816	9,5865	0,00114	2,9450	1	276,8	6096,0
882	777924	686128968	29,6985	9,5901	0,00113	2,9455	2	277,1	6109,8
883	779689	688465387	29,7153	9,5937	0,00113	2,9460	3	277,4	6123,7
884	781456	690807104	29,7321	9,5973	0,00113	2,9465	4	277,7	6137,5
885	783225	693154125	29,7489	9,6010	0,00113	2,9469	5	278,0	6151,4
886	784996	695506456	29,7658	9,6046	0,00113	2,9474	6	278,3	6165,3
887	786769	697864103	29,7825	9,6082	0,00113	2,9479	7	278,7	6179,3
888	788544	700227072	29,7993	9,6118	0,00113	2,9484	8	279,0	6193,2
889	790321	702595369	29,8161	9,6154	0,00112	2,9489	9	279,3	6207,2
890	792100	704969000	29,8329	9,6190	0,00112	2,9494	89,0	279,6	6221,1
891	793881	707347971	29,8496	9,6226	0,00112	2,9499	1	279,9	6235,1
892	795664	709732288	29,8664	9,6262	0,00112	2,9504	2	280,2	6249,1
893	797449	712121957	29,8831	9,6298	0,00112	2,9509	3	280,5	6263,1
894	799236	714516984	29,8998	9,6334	0,00112	2,9513	4	280,9	6277,2
895	801025	716917375	29,9166	9,6370	0,00112	2,9518	5	281,2	6291,2

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	$\log n$	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
896	802816	719323436	29,9333	9,6406	0,00112	2,9523	6	281,5	6303,3
897	804609	721734273	29,9500	9,6442	0,00111	2,9528	7	281,8	6319,4
898	806404	724150792	29,9666	9,6477	0,00111	2,9533	8	282,1	6333,5
899	808201	726572699	29,9833	9,6513	0,00111	2,9538	9	282,4	6347,6
900	810000	729000000	30,0000	9,6549	0,00111	2,9542	90,0	282,7	6361,7
901	811801	731432701	30,0167	9,6585	0,00111	2,9547	1	283,1	6375,9
902	813604	733870808	30,0333	9,6620	0,00111	2,9552	2	283,4	6390,0
903	815409	736314327	30,0500	9,6656	0,00111	2,9557	3	283,7	6404,2
904	817216	738763264	30,0666	9,6692	0,00111	2,9562	4	284,0	6418,4
905	819025	741217625	30,0832	9,6727	0,00110	2,9567	5	284,3	6432,6
906	820836	743677416	30,0998	9,6763	0,00110	2,9571	6	284,6	6446,8
907	822649	746142643	30,1164	9,6799	0,00110	2,9576	7	284,9	6461,1
908	824464	748613312	30,1330	9,6834	0,00110	2,9581	8	285,3	6475,3
909	826281	751089429	30,1496	9,6870	0,00110	2,9586	9	285,6	6489,6
910	828100	753571000	30,1662	9,6905	0,00110	2,9590	91,0	285,9	6503,9
911	829921	756058031	30,1828	9,6941	0,00110	2,9595	1	286,2	6518,2
912	831744	758550528	30,1993	9,6976	0,00110	2,9599	2	286,5	6532,5
913	833569	761048497	30,2159	9,7012	0,00110	2,9603	3	286,8	6546,8
914	835396	763551944	30,2324	9,7047	0,00109	2,9609	4	287,1	6561,2
915	837225	766060875	30,2490	9,7082	0,00109	2,9614	5	287,5	6575,5
916	839056	768575296	30,2655	9,7118	0,00109	2,9619	6	287,8	6589,9
917	840889	771095213	30,2820	9,7153	0,00109	2,9624	7	288,1	6604,3
918	842724	773620682	30,2985	9,7188	0,00109	2,9628	8	288,4	6618,7
919	844561	776151559	30,3150	9,7224	0,00109	2,9633	9	288,7	6633,2
920	846400	778688000	30,3315	9,7259	0,00109	2,9638	92,0	289,0	6647,6
921	848241	781229961	30,3480	9,7294	0,00109	2,9643	1	289,3	6662,1
922	850084	783777448	30,3645	9,7329	0,00108	2,9647	2	289,7	6676,5
923	851929	786330467	30,3809	9,7364	0,00108	2,9652	3	290,0	6691,0
924	853776	788889024	30,3974	9,7400	0,00108	2,9657	4	290,3	6705,5
925	855625	791453125	30,4138	9,7435	0,00108	2,9661	5	290,6	6720,1
926	857476	794022776	30,4302	9,7470	0,00108	2,9666	6	290,9	6734,6
927	859329	796597983	30,4467	9,7505	0,00108	2,9671	7	291,2	6749,2
928	861184	799178752	30,4631	9,7540	0,00108	2,9675	8	291,5	6763,7
929	863041	801765089	30,4795	9,7575	0,00108	2,9680	9	291,9	6778,3
930	864900	804357000	30,4959	9,7610	0,00108	2,9685	93,0	292,2	6792,9
931	866761	806954491	30,5123	9,7645	0,00107	2,9689	1	292,5	6807,5
932	868624	809557568	30,5287	9,7680	0,00107	2,9694	2	292,8	6822,2
933	870489	812166237	30,5450	9,7715	0,00107	2,9699	3	293,1	6836,8
934	872356	814780504	30,5614	9,7750	0,00107	2,9704	4	293,4	6851,5
935	874225	817400375	30,5778	9,7785	0,00107	2,9708	5	293,7	6866,1
936	876096	820025856	30,5941	9,7819	0,00107	2,9713	6	294,1	6880,8
937	877969	822656953	30,6105	9,7854	0,00107	2,9717	7	294,4	6895,6
938	879844	825293672	30,6268	9,7889	0,00107	2,9722	8	294,7	6910,3
939	881721	827936019	30,6431	9,7924	0,00106	2,9727	9	295,0	6925,0
940	883600	830584000	30,6594	9,7959	0,00106	2,9731	94,0	295,3	6939,8

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0.1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
941	885481	833237621	30,6757	9,7993	0,00106	2,9736	1	295,6	6954,6
942	887364	835896888	30,6920	9,8028	0,00106	2,9740	2	295,9	6969,3
943	889249	838561807	30,7083	9,8063	0,00106	2,9745	3	296,3	6984,1
944	891136	841232384	30,7246	9,8097	0,00106	2,9750	4	296,6	6999,0
945	893025	843908625	30,7409	9,8132	0,00106	2,9754	5	296,9	7013,8
946	894916	846590536	30,7571	9,8167	0,00106	2,9759	6	297,2	7028,7
947	896809	849278123	30,7734	9,8201	0,00106	2,9763	7	297,5	7043,5
948	898704	851971392	30,7896	9,8236	0,00105	2,9768	8	297,8	7058,4
949	900601	854670349	30,8058	9,8270	0,00105	2,9773	9	298,1	7073,3
950	902500	857375000	30,8221	9,8305	0,00105	2,9777	95,0	298,5	7088,2
951	904401	860085351	30,8383	9,8339	0,00105	2,9782	1	298,8	7103,1
952	906304	862801408	30,8545	9,8374	0,00105	2,9786	2	299,1	7118,1
953	908209	865523177	30,8707	9,8408	0,00105	2,9791	3	299,4	7133,1
954	910116	868250664	30,8869	9,8443	0,00105	2,9796	4	299,7	7148,0
955	912025	870983875	30,9031	9,8477	0,00105	2,9800	5	300,0	7163,0
956	913936	873722816	30,9192	9,8511	0,00105	2,9805	6	300,3	7178,0
957	915849	876467493	30,9354	9,8546	0,00104	2,9809	7	300,7	7193,1
958	917764	879217912	30,9516	9,8580	0,00104	2,9814	8	301,0	7208,1
959	919681	881974079	30,9677	9,8614	0,00104	2,9818	9	301,3	7223,2
960	921600	884736000	30,9839	9,8648	0,00104	2,9823	96,0	301,6	7238,2
961	923521	887503681	31,0000	9,8683	0,00104	2,9827	1	301,9	7253,3
962	925444	890277128	31,0161	9,8717	0,00104	2,9832	2	302,2	7268,4
963	927369	893056347	31,0322	9,8751	0,00104	2,9836	3	302,5	7283,5
964	929296	895841344	31,0483	9,8785	0,00104	2,9841	4	302,8	7298,7
965	931225	898632125	31,0644	9,8819	0,00104	2,9845	5	303,2	7313,8
966	933156	901428696	31,0805	9,8854	0,00104	2,9850	6	303,5	7329,0
967	935089	904231063	31,0966	9,8888	0,00103	2,9854	7	303,8	7344,2
968	937024	907039232	31,1127	9,8922	0,00103	2,9859	8	304,1	7359,4
969	938961	909853209	31,1288	9,8956	0,00103	2,9863	9	304,4	7374,6
970	940900	912673000	31,1448	9,8990	0,00103	2,9868	97,0	304,7	7389,8
971	942841	915498611	31,1609	9,9024	0,00103	2,9872	1	305,0	7405,1
972	944784	918330048	31,1769	9,9058	0,00103	2,9877	2	305,4	7420,3
973	946729	921167317	31,1929	9,9092	0,00103	2,9881	3	305,7	7435,6
974	948676	924010424	31,2090	9,9126	0,00103	2,9886	4	306,0	7450,9
975	950625	926859375	31,2250	9,9160	0,00103	2,9890	5	306,3	7466,2
976	952576	929714176	31,2410	9,9194	0,00102	2,9895	6	306,6	7481,5
977	954529	932574833	31,2570	9,9227	0,00102	2,9900	7	306,9	7496,9
978	956484	935441332	31,2730	9,9261	0,00102	2,9908	8	307,2	7512,2
979	958441	938313739	31,2890	9,9295	0,00102	2,9912	9	307,5	7527,6
980	960400	941192000	31,3050	9,9329	0,00102	2,9917	98,0	307,9	7543,0
981	962361	944076141	31,3209	9,9363	0,00102	2,9917	1	308,2	7558,4
982	964324	946966168	31,3369	9,9396	0,00102	2,9921	2	308,5	7573,8
983	966289	949862087	31,3528	9,9430	0,00102	2,9925	3	308,8	7589,2
984	968256	952763904	31,3688	9,9464	0,00102	2,9930	4	309,1	7604,7
985	970225	955671625	31,3847	9,9497	0,00102	2,9934	5	309,4	7620,1

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0.1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
986	972196	958585256	31,4006	9,9531	0,00101	2,9939	6	309,8	7635,6
987	974169	961504803	31,4166	9,9565	0,00101	2,9943	7	310,1	7651,1
988	976144	964430272	31,4325	9,9598	0,00101	2,9948	8	310,4	7666,6
989	978121	967361669	31,4484	9,9632	0,00101	2,9952	9	310,7	7682,1
990	980100	970299000	31,4643	9,9666	0,00101	2,9956	99,0	311,0	7697,7
991	982081	973242271	31,4802	9,9699	0,00101	2,9961	1	311,3	7713,2
992	984064	976191488	31,4960	9,9733	0,00101	2,9965	2	311,6	7728,8
993	986049	979146657	31,5119	9,9766	0,00101	2,9969	3	312,0	7744,4
994	988036	982107784	31,5278	9,9800	0,00101	2,9974	4	312,3	7760,0
995	990025	985074875	31,5436	9,9833	0,00101	2,9978	5	312,6	7775,6
996	992016	988047936	31,5595	9,9866	0,00100	2,9983	6	312,9	7791,3
997	994009	991026973	31,5753	9,9900	0,00100	2,9987	7	313,2	7806,9
998	996004	994011992	31,5911	9,9933	0,00100	2,9991	8	313,5	7822,6
999	998001	997002999	31,6070	9,9967	0,00100	2,9996	9	313,8	7838,3
1000	4000000	1000000000	31,6228	10,0000	0,00100	3,0000	100,0	314,2	7854,0

Arcs, Cordes, Flèches et Surfaces des segments pour $R = 1$.

Si $R = r$, la surface est proportionnelle à r^2 .

Degrés	Arcs	Cordes	Flèches	Surfaces des segments	Degrés	Arcs	Cordes	Flèches	Surfaces des segments
1	0.0175	0.0175	0.00004	0.00000	46	0.8029	0.7815	0.0795	0.04176
2	0.0349	0.0349	0.00015	0.00009	47	0.8203	0.7975	0.0829	0.04448
3	0.0524	0.0524	0.00034	0.00001	48	0.8378	0.8135	0.0865	0.04731
4	0.0698	0.0698	0.00061	0.00003	49	0.8552	0.8294	0.0900	0.05025
5	0.0873	0.0872	0.00095	0.00006	50	0.8727	0.8452	0.0937	0.05331
6	0.1047	0.1047	0.00137	0.00010	51	0.8901	0.8610	0.0974	0.05649
7	0.1222	0.1221	0.00187	0.00015	52	0.9076	0.8767	0.1012	0.05978
8	0.1396	0.1395	0.00244	0.00023	53	0.9250	0.8924	0.1051	0.06319
9	0.1571	0.1569	0.00308	0.00032	54	0.9425	0.9080	0.1090	0.06673
10	0.1745	0.1743	0.00381	0.00044	55	0.9599	0.9235	0.1130	0.07039
11	0.1920	0.1917	0.00460	0.00059	56	0.9774	0.9389	0.1171	0.07417
12	0.2094	0.2091	0.00548	0.00076	57	0.9948	0.9543	0.1212	0.07808
13	0.2269	0.2264	0.00643	0.00097	58	1.0123	0.9696	0.1254	0.08212
14	0.2443	0.2437	0.00745	0.00121	59	1.0297	0.9848	0.1296	0.08629
15	0.2618	0.2611	0.00856	0.00149	60	1.0472	1.0000	0.1340	0.09059
16	0.2793	0.2783	0.00973	0.00181	61	1.0647	1.0151	0.1384	0.09502
17	0.2967	0.2956	0.01098	0.00217	62	1.0821	1.0301	0.1428	0.09958
18	0.3142	0.3129	0.01231	0.00257	63	1.0996	1.0450	0.1474	0.10428
19	0.3316	0.3301	0.01371	0.00302	64	1.1170	1.0598	0.1520	0.10911
20	0.3491	0.3473	0.01519	0.00352	65	1.1345	1.0746	0.1566	0.11408
21	0.3665	0.3645	0.01675	0.00408	66	1.1519	1.0893	0.1613	0.11919
22	0.3840	0.3816	0.01837	0.00468	67	1.1694	1.1039	0.1661	0.12443
23	0.4014	0.3987	0.02008	0.00535	68	1.1868	1.1184	0.1710	0.12982
24	0.4189	0.4158	0.02185	0.00607	69	1.2043	1.1328	0.1759	0.13535
25	0.4363	0.4329	0.02370	0.00686	70	1.2217	1.1472	0.1808	0.14102
26	0.4538	0.4499	0.02563	0.00771	71	1.2392	1.1614	0.1859	0.14683
27	0.4712	0.4669	0.02763	0.00862	72	1.2566	1.1756	0.1910	0.15279
28	0.4887	0.4838	0.02969	0.00961	73	1.2741	1.1896	0.1961	0.15889
29	0.5061	0.5008	0.03185	0.01067	74	1.2915	1.2036	0.2014	0.16514
30	0.5236	0.5176	0.03407	0.01180	75	1.3090	1.2175	0.2066	0.17154
31	0.5411	0.5345	0.03637	0.01301	76	1.3265	1.2313	0.2120	0.17808
32	0.5585	0.5512	0.03874	0.01429	77	1.3439	1.2450	0.2174	0.18477
33	0.5760	0.5680	0.04118	0.01566	78	1.3614	1.2586	0.2229	0.19160
34	0.5934	0.5847	0.04370	0.01711	79	1.3788	1.2722	0.2284	0.19859
35	0.6109	0.6014	0.04628	0.01864	80	1.3963	1.2856	0.2340	0.20573
36	0.6283	0.6180	0.04894	0.02027	81	1.4137	1.2989	0.2396	0.21301
37	0.6458	0.6346	0.05168	0.02198	82	1.4312	1.3121	0.2453	0.22045
38	0.6632	0.6511	0.05448	0.02378	83	1.4486	1.3252	0.2510	0.22804
39	0.6807	0.6676	0.05736	0.02568	84	1.4661	1.3383	0.2569	0.23578
40	0.6981	0.6840	0.06031	0.02767	85	1.4835	1.3512	0.2627	0.24367
41	0.7156	0.7004	0.06333	0.02976	86	1.5010	1.3640	0.2686	0.25171
42	0.7330	0.7167	0.06642	0.03195	87	1.5184	1.3767	0.2746	0.25990
43	0.7505	0.7330	0.06958	0.03425	88	1.5359	1.3893	0.2807	0.26825
44	0.7679	0.7492	0.07281	0.03664	89	1.5533	1.4018	0.2867	0.27675
45	0.7854	0.7654	0.07612	0.03915	90	1.5708	1.4142	0.2929	0.28540

Degrés	Ares	Cordes	Fleches	Surfaces des segments	Degrés	Ares	Cordes	Fleches	Surfaces des segments
91	1.5882	1.4265	0.2991	0.29420	136	2.3736	1.8544	0.6254	0.83949
92	1.6057	1.4387	0.3053	0.30316	137	2.3911	1.8608	0.6335	0.85455
93	1.6232	1.4507	0.3116	0.31226	138	2.4086	1.8672	0.6416	0.86971
94	1.6406	1.4627	0.3180	0.32152	139	2.4260	1.8733	0.6498	0.88497
95	1.6580	1.4746	0.3244	0.33093	140	2.4435	1.8794	0.6580	0.90034
96	1.6755	1.4863	0.3309	0.34050	141	2.4609	1.8853	0.6662	0.91580
97	1.6930	1.4979	0.3374	0.35021	142	2.4784	1.8910	0.6744	0.93135
98	1.7104	1.5094	0.3439	0.36008	143	2.4958	1.8966	0.6827	0.94700
99	1.7279	1.5208	0.3506	0.37009	144	2.5133	1.9021	0.6910	0.96274
100	1.7453	1.5321	0.3572	0.38026	145	2.5307	1.9074	0.6993	0.97858
101	1.7628	1.5432	0.3639	0.39058	146	2.5482	1.9126	0.7076	0.99449
102	1.7802	1.5543	0.3707	0.40104	147	2.5656	1.9176	0.7160	1.01050
103	1.7977	1.5652	0.3775	0.41166	148	2.5831	1.9225	0.7244	1.02658
104	1.8151	1.5760	0.3843	0.42242	149	2.6005	1.9273	0.7328	1.04275
105	1.8326	1.5867	0.3912	0.43334	150	2.6180	1.9319	0.7412	1.05900
106	1.8500	1.5973	0.3982	0.44439	151	2.6354	1.9363	0.7496	1.07532
107	1.8675	1.6077	0.4052	0.45560	152	2.6529	1.9406	0.7581	1.09171
108	1.8850	1.6180	0.4122	0.46695	153	2.6704	1.9447	0.7666	1.10818
109	1.9024	1.6282	0.4193	0.47844	154	2.6878	1.9487	0.7750	1.12472
110	1.9199	1.6383	0.4264	0.49008	155	2.7053	1.9526	0.7836	1.14132
111	1.9373	1.6483	0.4336	0.50187	156	2.7227	1.9563	0.7921	1.15799
112	1.9548	1.6581	0.4408	0.51379	157	2.7402	1.9598	0.8006	1.17472
113	1.9722	1.6678	0.4481	0.52586	158	2.7576	1.9632	0.8092	1.19151
114	1.9897	1.6773	0.4554	0.53807	159	2.7751	1.9665	0.8178	1.20835
115	2.0071	1.6868	0.4627	0.55041	160	2.7925	1.9696	0.8264	1.22525
116	2.0246	1.6961	0.4701	0.56289	161	2.8100	1.9726	0.8350	1.24221
117	2.0420	1.7053	0.4775	0.57551	162	2.8274	1.9754	0.8436	1.25921
118	2.0595	1.7143	0.4850	0.58827	163	2.8449	1.9780	0.8522	1.27626
119	2.0769	1.7233	0.4925	0.60116	164	2.8623	1.9805	0.8608	1.29335
120	2.0944	1.7321	0.5000	0.61418	165	2.8798	1.9829	0.8695	1.31049
121	2.1118	1.7407	0.5076	0.62734	166	2.8972	1.9851	0.8781	1.32766
122	2.1293	1.7492	0.5152	0.64063	167	2.9147	1.9871	0.8868	1.34487
123	2.1468	1.7576	0.5228	0.65404	168	2.9322	1.9890	0.8955	1.36212
124	2.1642	1.7659	0.5305	0.66759	169	2.9496	1.9908	0.9042	1.37940
125	2.1817	1.7740	0.5383	0.68125	170	2.9671	1.9924	0.9128	1.39671
126	2.1991	1.7820	0.5460	0.69505	171	2.9845	1.9938	0.9215	1.41404
127	2.2166	1.7899	0.5538	0.70897	172	3.0020	1.9951	0.9302	1.43140
128	2.2340	1.7976	0.5616	0.72301	173	3.0194	1.9963	0.9390	1.44878
129	2.2515	1.8052	0.5695	0.73716	174	3.0369	1.9973	0.9477	1.46617
130	2.2689	1.8126	0.5774	0.75144	175	3.0543	1.9981	0.9564	1.48359
131	2.2864	1.8199	0.5853	0.76584	176	3.0718	1.9988	0.9651	1.50101
132	2.3038	1.8271	0.5933	0.78034	177	3.0892	1.9993	0.9738	1.51845
133	2.3213	1.8341	0.6013	0.79497	178	3.1067	1.9997	0.9825	1.53589
134	2.3387	1.8410	0.6093	0.80970	179	3.1241	1.9999	0.9913	1.55334
135	2.3562	1.8478	0.6173	0.82454	180	3.1416	2.0000	1.0000	1.57080

**Tangentes et cotangentes
des angles de 0° à 90°.**

**Sinus et cosinus
des angles de 0° à 90°.**

Angle (1)	Tangente de (1) et cotangente de (3)	Angle (3)	Angle (1)	Tangente de (1) et cotangente de (3)	Angle (3)
0°	0,0000	90°	46°	1,0355	44
1	0,0174	89	47	1,0724	43
2	0,0349	88	48	1,1106	42
3	0,0524	87	49	1,1504	41
4	0,0699	86	50	1,1918	40
5	0,0875	85	51	1,2349	39
6	0,1061	84	52	1,2799	38
7	0,1228	83	53	1,3270	37
8	0,1405	82	54	1,3764	36
9	0,1584	81	55	1,4281	35
10	0,1763	80	56	1,4826	34
11	0,1944	79	57	1,5399	33
12	0,2126	78	58	1,6003	32
13	0,2309	77	59	1,6643	31
14	0,2493	76	60	1,7321	30
15	0,2679	75	61	1,8040	29
16	0,2867	74	62	1,8807	28
17	0,3057	73	63	1,9626	27
18	0,3249	72	64	2,0503	26
19	0,3443	71	65	2,1445	25
20	0,3640	70	66	2,2460	24
21	0,3839	69	67	2,3559	23
22	0,4040	68	68	2,4751	22
23	0,4245	67	69	2,6051	21
24	0,4452	66	70	2,7475	20
25	0,4663	65	71	2,9042	19
26	0,4877	64	72	3,0777	18
27	0,5095	63	73	3,2709	17
28	0,5317	62	74	3,4874	16
29	0,5543	61	75	3,7321	15
30	0,5774	60	76	4,0108	14
31	0,6009	59	77	4,3315	13
32	0,6249	58	78	4,7046	12
33	0,6494	57	79	5,1445	11
34	0,6745	56	80	5,6713	10
35	0,7002	55	81	6,3138	9
36	0,7265	54	82	7,1154	8
37	0,7536	53	83	8,1443	7
38	0,7813	52	84	9,5144	6
39	0,8098	51	85	11,4301	5
40	0,8391	50	86	14,3007	4
41	0,8693	49	87	19,0811	3
42	0,9004	48	88	28,6362	2
43	0,9326	47	89	57,2900	1
44	0,9657	46	90	infini	0
45	1,0000	45			

Angle (1)	Sinus de (1) et cosinus de (3)	Angle (3)	Angle (1)	Sinus de (1) et cosinus de (3)	Angle (3)
0°	0,0000	90°	46°	0,7193	44°
1	0,0174	89	47	0,7314	43
2	0,0349	88	48	0,7431	42
3	0,0524	87	49	0,7547	41
4	0,0698	86	50	0,7660	40
5	0,0872	85	51	0,7771	39
6	0,1045	84	52	0,7880	38
7	0,1219	83	53	0,7986	37
8	0,1392	82	54	0,8090	36
9	0,1564	81	55	0,8192	35
10	0,1736	80	56	0,8290	34
11	0,1908	79	57	0,8387	33
12	0,2079	78	58	0,8480	32
13	0,2250	77	59	0,8572	31
14	0,2419	76	60	0,8660	30
15	0,2588	75	61	0,8746	29
16	0,2756	74	62	0,8829	28
17	0,2924	73	63	0,8910	27
18	0,3090	72	64	0,8988	26
19	0,3256	71	65	0,9063	25
20	0,3420	70	66	0,9135	24
21	0,3584	69	67	0,9205	23
22	0,3746	68	68	0,9272	22
23	0,3907	67	69	0,9336	21
24	0,4067	66	70	0,9397	20
25	0,4226	65	71	0,9455	19
26	0,4384	64	72	0,9511	18
27	0,4540	63	73	0,9563	17
28	0,4695	62	74	0,9613	16
29	0,4848	61	75	0,9659	15
30	0,5000	60	76	0,9703	14
31	0,5150	59	77	0,9744	13
32	0,5299	58	78	0,9781	12
33	0,5446	57	79	0,9816	11
34	0,5592	56	80	0,9848	10
35	0,5736	55	81	0,9877	9
36	0,5878	54	82	0,9903	8
37	0,6018	53	83	0,9926	7
38	0,6157	52	84	0,9945	6
39	0,6293	51	85	0,9962	5
40	0,6428	50	86	0,9976	4
41	0,6561	49	87	0,9986	3
42	0,6691	48	88	0,9994	2
43	0,6820	47	89	0,9998	1
44	0,6947	46	90	1,0000	0
45	0,7071	45			

Table de conversion des degrés en grades et réciproquement.

CONVERSION DES GRADES en degrés, minutes et secondes				NUMÉROS D'ORDRE DES LIGNES HORIZONTALES	CONVERSION DES DEGRÉS minutes et secondes en grades dixièmes et centièmes de grades		
DIZAINES de grades	GRADES	DIXIÈMES de grades	CENTIÈMES de grades		DEGRÉS	MINUTES	SECONDES
1	2	3	4	5	6	7	8
9°	0° 54'	5'24"	0'32"24"	1	1.11111	0.01852	0.00031
18°	1° 48'	10'48"	1' 4"48"	2	2.22222	0.03704	0.00062
27°	2° 42'	16'12"	1'37"12"	3	3.33333	0.05555	0.00092
36°	3° 36'	21'36"	2' 9"36"	4	4.44444	0.07407	0.00123
45°	4° 30'	27'00"	2'42"00"	5	5.55555	0.09259	0.00154
54°	5° 24'	32'24"	3'14"24"	6	6.66666	0.11111	0.00185
63°	6° 18'	37'48"	3'46"48"	7	7.77777	0.12963	0.00216
72°	7° 12'	43'12"	4'19"12"	8	8.88888	0.14815	0.00247
81°	8° 06'	48'36"	4'51"36"	9	10.00000	0.16667	0.00278
90°	9° 09'	54'00"	5'24"00"	10		0.18518	0.00309

Mode d'emploi.

Prendre successivement dans la colonne centrale les divers chiffres formant le nombre dont on cherche l'équivalent et lire les équivalents partiels sur la ligne horizontale, à gauche pour transformer les grades en degrés, à droite pour le cas contraire.

Exemple : 45 gr. 8 centigrades à convertir en degrés, minutes, etc. On emploie la partie gauche de la table.

$$\begin{array}{rcl}
 40 \text{ gr.} & = & 36^\circ \\
 5 \text{ gr.} & = & 4^\circ 30' \\
 0 \text{ gr. } 08 & = & 4' 19'' 12''' \\
 \hline
 \text{Donc } 45 \text{ gr. } 08 & = & 40^\circ 34' 19'' 12'''
 \end{array}$$

Inversement en employant la partie droite de la table on trouve :

$$\begin{array}{rcl}
 40^\circ & = & 41 \text{ gr. } 44444 \\
 30' & = & 0 \text{ gr. } 55555 \\
 4' & = & 0 \text{ gr. } 07407 \\
 10'' & = & 0 \text{ gr. } 00309 \\
 9''' & = & 0 \text{ gr. } 00278 \\
 \hline
 40^\circ 34' 19'' & = & 45 \text{ gr. } 07993
 \end{array}$$

Tables de transformation.

Pentes métriques en degrés d'inclinaison.

Fractions ordinaires en fractions décimales (racines carrées et cubiques).

Pente métrique	Degrés d'inclinaison	Pente métrique	Degrés d'inclinaison
0 ^m ,005	0°17' 10"	0 ^m ,080	4°34' 30"
0,010	0 35 0	0,085	4 51 30
0,015	0 51 30	0,090	5 8 30
0,020	1 8 40	0,095	5 25 30
0,025	1 26 0	0,100	5 42 30
0,030	1 43 01	0,105	5 50 30
0,035	2 0 20	0,110	6 16 30
0,040	2 17 30	0,115	6 33 40
0,045	2 34 40	0,120	6 50 30
0,050	2 51 40	0,125	7 7 30
0,055	3 8 50	0,130	7 24 20
0,060	3 26 0	0,135	7 41 20
0,065	3 43 10	0,140	7 58 10
0,070	4 0 20	0,145	8 15 5
0,075	4 17 20	0,150	8 31 50

Fractions ordinaires	Fractions décimales	Racines carrées	Racines cubiques	Fractions ordinaires	Fractions décimales	Racines carrées	Racines cubiques
1/3	0,333	0,577	0,693	1/8	0,125	0,354	0,500
2/3	0,666	0,816	0,874	3/8	0,375	0,612	0,721
1/4	0,250	0,500	0,630	5/8	0,625	0,791	0,855
3/4	0,750	0,866	0,909	7/8	0,875	0,935	0,956
1/6	0,166	0,408	0,550	1/9	0,111	0,333	0,481
5/6	0,833	0,913	0,941	2/9	0,222	0,471	0,606
1/7	0,143	0,378	0,523	4/9	0,444	0,667	0,763
2/7	0,286	0,533	0,659	5/9	0,555	0,745	0,822
3/7	0,428	0,555	0,754	7/9	0,777	0,882	0,920
4/7	0,571	0,756	0,830	1/12	0,083	0,289	0,437
5/7	0,714	0,845	0,894	5/12	0,416	0,645	0,747
6/7	0,857	0,926	0,950	7/12	0,583	0,764	0,836

Degrés d'inclinaison en pentes métriques.

Litres par seconde en litres par minute, en mètres cubes par heure et réciproquement.

Degrés d'inclinaison	Pente métrique	Degrés d'inclinaison	Pente métrique
0°15	0,00436	10°	0,17633
0 30	0,00873	12	0,21256
0 45	0,01309	14	0,24933
0 60	0,01746	16	0,28675
1 30	0,02618	18	0,32492
2	0,03492	20	0,36397
2 30	0,04366	22	0,40403
3	0,05241	24	0,44523
3 30	0,06116	26	0,48773
4	0,06993	28	0,53171
4 30	0,07870	30	0,57733
5	0,08749	32	0,62487
6	0,10540	34	0,67451
7	0,12278	36	0,72654
8	0,14054	38	0,78120
9	0,15838	40	0,83910

Litres par seconde	Litres par minute	Mètres cubes par heure	Litres par minute	Litres par seconde	Mètres cubes par heure	Mètres cubes par heure	Litres par minute	Litres par seconde
1	60	3,600	1	0,016	0,060	1	16,66	0,277
2	120	7,200	2	0,033	0,120	1	33,33	0,555
3	180	10,800	3	0,050	0,180	3	50,00	0,833
4	240	14,400	4	0,066	0,240	4	66,66	1,111
5	300	18,000	5	0,083	0,300	5	83,33	1,388
6	360	21,600	6	0,100	0,360	6	100,00	1,666
7	420	25,200	7	0,116	0,420	7	116,66	1,944
8	480	28,800	8	0,133	0,480	8	133,33	2,222
9	540	32,400	9	0,150	0,540	9	150,00	2,500

Intérêts composés.

Valeur, à la fin de n années,
de 1 fr. placé à intérêt composé.

Nombre d'années n	TAUX DE L'INTÉRÊT				
	T=5	T=6	T=7	T=8	T=10
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1	1,050	1,060	1,070	1,080	1,100
2	1,102	1,123	1,144	1,166	1,210
3	1,157	1,191	1,225	1,259	1,331
4	1,215	1,262	1,310	1,360	1,461
5	1,276	1,338	1,402	1,469	1,610
6	1,340	1,418	1,500	1,586	1,771
7	1,407	1,503	1,605	1,713	1,948
8	1,477	1,593	1,718	1,850	2,143
9	1,551	1,689	1,838	1,999	2,357
10	1,628	1,790	1,967	2,158	2,593
11	1,710	1,898	2,104	2,331	2,853
12	1,795	2,012	2,252	2,518	3,138
13	1,885	2,132	2,409	2,719	3,452
14	1,979	2,260	2,578	2,937	3,797
15	2,078	2,396	2,759	3,172	4,177
16	2,182	2,540	2,952	3,425	4,954
17	2,292	2,692	3,158	3,700	5,054
18	2,406	2,854	3,379	3,996	5,559
19	2,525	3,025	3,616	4,315	6,115
20	2,653	3,207	3,869	4,660	6,727
21	2,785	3,399	4,140	5,033	7,400
22	2,925	3,603	4,430	5,436	8,140
23	3,071	3,819	4,740	5,871	8,954
24	3,225	4,048	5,072	6,341	9,849
25	3,386	4,291	5,247	6,848	10,834
26	3,555	4,549	5,807	7,396	11,918
27	3,733	4,822	6,213	7,988	13,109
28	3,920	5,111	6,648	8,627	14,420
29	4,116	5,418	7,114	9,317	15,863
30	4,321	5,743	7,612	10,062	17,449
31	4,538	6,088	8,145	10,867	19,194
32	4,764	6,453	8,715	11,737	21,113
33	5,003	6,840	9,325	12,676	3,225
34	5,253	7,251	9,978	13,690	25,547

Exemple : Capital produit par 1.200 francs en 22 ans, au taux de 6 0/0 par an.

1 franc au bout de 22 ans, pour $T = 6$ devient 3 fr. 603, 1.200 francs deviennent :

$$1.200 \text{ fr.} \times 3,603 = 4.323 \text{ fr. } 60.$$

Temps nécessaire pour constituer un capital au moyen de versements annuels.

Taux t du versement	TAUX DE L'INTÉRÊT							
	T=5		T=6		T=8		T=10	
	A	J	A	J	A	J	A	J
0,001	80	214	70	201	57	36	48	152
0,002	66	284	58	341	48	91	51	91
0,0025	62	146	55	88	45	166	38	347
0,003	58	317	52	91	43	51	37	36
0,004	53	126	47	213	39	201	34	66
0,005	49	54	44	7	36	293	31	340
0,006	45	285	41	56	34	215	30	47
0,007	42	359	38	279	32	268	28	220
0,0075	41	273	37	239	31	322	27	337
0,008	40	220	36	266	31	57	27	110
0,009	38	197	34	350	29	278	26	61
0,01	36	265	33	144	28	201	25	58
0,011	35	40	32	1	27	164	24	92
0,012	33	241	30	274	26	169	23	156
0,0125	32	361	30	61	26	2	23	19
0,013	32	126	29	224	25	120	22	257
0,014	31	55	28	210	24	182	22	12
0,015	30	20	27	227	28	334	21	134
0,016	29	16	26	271	23	101	20	284
0,017	28	40	25	338	22	228	20	90
0,0175	27	244	25	197	22	115	19	352
0,018	27	88	25	60	22	7	19	262
0,019	26	158	24	167	21	161	19	85
0,02	25	247	23	289	20	329	18	288
0,0225	23	359	22	109	19	253	17	281
0,025	22	189	21	1	18	233	16	319
0,0275	21	86	19	316	17	257	16	34
0,03	20	38	18	312	16	318	15	139
0,0325	19	34	17	347	16	82	14	296
0,035	18	68	17	50	15	208	14	95
0,0375	17	133	16	145	14	334	13	254
0,04	16	227	15	265	14	100	13	52

Exemple : Quel est le temps nécessaire pour constituer un capital, le taux du versement étant de 2 0/0 ou 0,02, et le taux de l'intérêt T , 5 0/0 ?

L'indication qui se trouve dans la colonne verticale $T = 5$ et dans la colonne horizontale 0,02 est 25 ans 247 jour.

Valeur actuelle de 1 franc payable à la fin de n années.

Taux des versements nécessaires pour constituer un capital dans un nombre n d'années.

Nombre d'années n	TAUX DE L'INTÉRÊT				
	T=5	T=6	T=8	T=10	T=12
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1	0.952	0.943	0.926	0.909	0.893
2	0.907	0.889	0.857	0.826	0.797
3	0.863	0.839	0.793	0.751	0.712
4	0.822	0.792	0.735	0.683	0.636
5	0.783	0.747	0.680	0.620	0.567
6	0.746	0.704	0.630	0.564	0.507
7	0.710	0.665	0.583	0.513	0.452
8	0.676	0.627	0.540	0.466	0.404
9	0.644	0.591	0.500	0.424	0.361
10	0.613	0.558	0.463	0.385	0.322
11	0.584	0.526	0.428	0.350	0.287
12	0.556	0.496	0.397	0.318	0.257
13	0.530	0.468	0.367	0.289	0.229
14	0.505	0.442	0.340	0.264	0.205
15	0.481	0.417	0.315	0.239	0.183
16	0.458	0.393	0.291	0.217	0.163
17	0.436	0.371	0.270	0.197	0.146
18	0.415	0.350	0.250	0.179	0.130
19	0.395	0.330	0.231	0.163	0.116
20	0.376	0.311	0.214	0.148	0.104
21	0.358	0.294	0.198	0.135	0.093
22	0.341	0.277	0.193	0.122	0.083
23	0.325	0.261	0.170	0.111	0.074
24	0.310	0.246	0.157	0.101	0.066
25	0.295	0.232	0.146	0.092	0.059
26	0.281	0.219	0.135	0.083	0.053
27	0.267	0.207	0.125	0.076	0.047
28	0.253	0.195	0.115	0.069	0.042
29	0.242	0.184	0.107	0.063	0.039
30	0.231	0.174	0.099	0.057	0.033
31	0.220	0.164	0.092	0.052	0.030
32	0.209	0.154	0.085	0.047	0.027
33	0.199	0.146	0.078	0.043	0.024
34	0.190	0.137	0.073	0.039	0.021
35	0.181	0.130	0.067	0.035	0.019

Nombre d'années n	TAUX DE L'INTÉRÊT				
	T=5	T=6	T=8	T=10	T=12
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	0.487	0.485	0.480	0.476	0.472
3	0.317	0.314	0.308	0.302	0.296
4	0.232	0.228	0.221	0.215	0.209
5	0.180	0.177	0.170	0.163	0.157
6	0.147	0.143	0.136	0.129	0.123
7	0.122	0.119	0.112	0.105	0.099
8	0.104	0.101	0.094	0.087	0.081
9	0.090	0.087	0.080	0.073	0.068
10	0.079	0.075	0.069	0.062	0.057
11	0.070	0.066	0.060	0.053	0.048
12	0.062	0.059	0.052	0.044	0.041
13	0.056	0.052	0.046	0.040	0.036
14	0.051	0.047	0.041	0.035	0.031
15	0.046	0.042	0.036	0.031	0.027
16	0.042	0.038	0.032	0.027	0.023
17	0.038	0.035	0.029	0.024	0.020
18	0.035	0.032	0.026	0.021	0.018
19	0.032	0.029	0.024	0.019	0.016
20	0.030	0.027	0.021	0.017	0.014
21	0.027	0.025	0.019	0.015	0.012
22	0.025	0.023	0.018	0.014	0.011
23	0.024	0.021	0.016	0.012	0.010
24	0.022	0.019	0.015	0.011	0.008
25	0.020	0.018	0.013	0.010	0.007
26	0.019	0.016	0.012	0.009	0.007
27	0.018	0.015	0.011	0.008	0.006
28	0.017	0.014	0.010	0.007	0.005
29	0.016	0.013	0.009	0.006	0.005
30	0.015	0.012	0.008	0.006	0.004
31	0.014	0.011	0.008	0.005	0.004
32	0.013	0.011	0.007	0.005	0.003
33	0.012	0.010	0.006	0.004	0.003
34	0.011	0.009	0.006	0.004	0.003
35	0.011	0.008	0.005	0.003	0.002

Exemple : Somme à payer actuellement pour se libérer de 4.000 francs exigibles dans 25 ans (taux 6 0/0).

0,232 est la valeur de 1 franc payable dans 25 ans, la somme cherchée est :

$$4.000 \times 0,232 = 928 \text{ francs.}$$

Exemple : Taux des versements nécessaires pour constituer un capital dans 30 ans au taux de 5 0/0.

Pour $n = 30$, et $T = 5$ on trouve 0,015, le taux cherché est donc 1,50 0/0 du capital.

Annuités au moyen desquelles l'on peut amortir un capital de 1 franc.

Nombre d'années <i>n</i>	TAUX DE L'INTÉRÊT									
	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6	7	8	10	12
1	1.030	1.035	1.040	1.045	1.050	1.060	1.070	1.080	1.100	1.120
2	0.522	0.526	0.530	0.533	0.537	0.545	0.553	0.560	0.576	0.592
3	0.353	0.356	0.360	0.363	0.367	0.374	0.381	0.388	0.402	0.416
4	0.269	0.272	0.275	0.278	0.282	0.288	0.295	0.301	0.315	0.329
5	0.218	0.221	0.224	0.227	0.230	0.237	0.243	0.250	0.263	0.277
6	0.184	0.187	0.190	0.193	0.197	0.203	0.209	0.216	0.229	0.243
7	0.160	0.163	0.166	0.169	0.172	0.179	0.185	0.192	0.205	0.219
8	0.142	0.145	0.148	0.151	0.154	0.161	0.167	0.174	0.187	0.201
9	0.128	0.131	0.134	0.137	0.140	0.147	0.153	0.160	0.173	0.188
10	0.117	0.120	0.123	0.126	0.129	0.135	0.142	0.149	0.162	0.177
11	0.108	0.111	0.114	0.117	0.120	0.126	0.133	0.140	0.153	0.168
12	0.100	0.103	0.106	0.109	0.112	0.119	0.125	0.132	0.146	0.161
13	0.0940	0.0970	0.100	0.103	0.106	0.112	0.119	0.126	0.140	0.156
15	0.0885	0.0915	0.0946	0.0978	0.101	0.107	0.114	0.121	0.135	0.151
15	0.0837	0.0868	0.0899	0.0931	0.0963	0.102	0.109	0.116	0.124	0.147
16	0.0796	0.0826	0.0858	0.0890	0.0922	0.0989	0.105	0.112	0.127	0.143
17	0.0759	0.0790	0.0821	0.0854	0.0886	0.0954	0.102	0.109	0.124	0.140
18	0.0727	0.0758	0.0789	0.0822	0.0855	0.0923	0.099	0.106	0.121	0.138
19	0.0698	0.0729	0.0761	0.0794	0.0827	0.0896	0.0967	0.104	0.119	0.136
20	0.0672	0.0703	0.0735	0.0768	0.0802	0.0871	0.0943	0.101	0.117	0.134
21	0.0648	0.0680	0.0712	0.0746	0.0779	0.0850	0.0922	0.099	0.115	0.132
22	0.0627	0.0659	0.0691	0.0725	0.0759	0.0830	0.0904	0.0980	0.114	0.131
23	0.0608	0.0640	0.0673	0.0706	0.0741	0.0812	0.0887	0.0964	0.112	0.130
24	0.0590	0.0622	0.0655	0.0689	0.0724	0.0796	0.0876	0.0949	0.111	0.128
25	0.0574	0.0606	0.0640	0.0674	0.0709	0.0782	0.0858	0.0936	0.110	0.127
26	0.0559	0.0592	0.0625	0.0660	0.0695	0.0769	0.0845	0.0925	0.109	0.127
27	0.0545	0.0578	0.0612	0.0647	0.0682	0.0756	0.0834	0.0914	0.108	0.126
28	0.0532	0.0566	0.0600	0.0635	0.0671	0.0745	0.0823	0.0904	0.107	0.125
29	0.0521	0.0554	0.0588	0.0624	0.0660	0.0735	0.0814	0.0896	0.106	0.125
30	0.0510	0.0543	0.0578	0.0613	0.0650	0.0726	0.0805	0.0888	0.106	0.124
31	0.0499	0.0533	0.0568	0.0604	0.0641	0.0717	0.0797	0.0881	0.104	0.124
32	0.0490	0.0524	0.0559	0.0595	0.0632	0.0710	0.0790	0.0874	0.104	0.123
33	0.0481	0.0515	0.0551	0.0587	0.0624	0.0702	0.0784	0.0868	0.104	0.123
34	0.0473	0.0507	0.0543	0.0579	0.0617	0.0695	0.0777	0.0863	0.104	0.123
35	0.0465	0.0499	0.0535	0.0572	0.0610	0.0689	0.0772	0.0858	0.103	0.122

EXEMPLE. — Avec quelle annuité pourra-t-on amortir en 30 ans un capital placé à 5 0/0 ?

Le nombre qui correspond à $n = 30$ et à $T = 5$ dans le tableau précédent est 0,065; donc on devra payer 0,065 du capital pour l'amortir en 30 ans. Ce nombre correspond exactement à l'exemple de la page précédente.

MESURES

Décret pris en vertu de la loi du 2 avril 1919.

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Sur le rapport du Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, du Ministre des Affaires Etrangères, du Ministre de l'Intérieur et du Ministre des Colonies;
Vu la loi du 2 avril 1919 sur les unités de mesure, et notamment les paragraphes 3, 4 et 5 de l'article 2 de ladite loi décrète :

Article 1. — Les unités secondaires de mesure se subdivisent en unités géométriques, de masse, de temps, mécaniques, électriques, calorifiques, optiques; ces unités sont énumérées et définies au tableau qui suit.

Art. 2. — Sont autorisés à titre provisoire l'emploi et la dénomination des unités géométriques et mécaniques ci-après :

Longueur : le mille marin = 1,852 m. — **Force** : kilogramme-poids ou kilogramme force = 0,98 centisthène. — **Energie** : le kilogrammètre = 9,8 joules. — **Puissance** : cheval-vapeur = 75 kilogrammètres par seconde ou 0,735 kilowatt et poncelet = 100 kilogrammètres par seconde ou 0,98 kilowatt. — **Pression** : kilogramme force par centimètre carré = 0,98 hectopièze.

Art. 3. — Pour la France, les Colonies et pays français de protectorat, les étalons légaux du mètre et du kilogramme sont la copie n° 8 du mètre international et la copie n° 35 du kilogramme international déposées au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Art. 4. — Un arrêté ministériel fixera les règles à suivre pour la conservation des étalons des unités principales et secondaires.

Art. 5. — Est approuvé, pour être annexé au présent décret, le tableau général des unités légales de mesure, dressé en exécution de la loi du 2 avril 1919.

Art. 6. — Est approuvée, pour être annexée au présent décret, la table de correspondance des degrés Baumé et des densités dressée par la Commission de Métrologie usuelle et approuvée par le Bureau National des Poids et Mesures et l'Académie des Sciences.

Art. 7. — Le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, le Ministre des Affaires Etrangères, le Ministre de l'Intérieur, le Ministre des Colonies sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 26 juillet 1919.

R. POINCARÉ.

ANNEXE I

Tableau général des unités commerciales et industrielles

Tableau des multiples et sous-multiples décimaux

Puissance de 10 par laquelle est multipliée l'unité.	Préfixe à mettre avant le nom de l'unité.	Symbole à mettre avant celui de l'unité.
10 ⁶ ou 1.000.000	méga.	M.
10 ⁵ 100.000	hectokilo.	hk.
10 ⁴ 10.000	myria.	ma.
10 ³ 1.000	kilo.	k.
10 ² 100	hecto.	h.
10 ¹ 10	déca.	da.
10 ⁰ 1	»	»
10 ⁻¹ 0,1	déci.	d.
10 ⁻² 0,01	centi.	c.
10 ⁻³ 0,001	milli.	m.
10 ⁻⁴ 0,000.1	décimilli.	dm.
10 ⁻⁵ 0,000.01	centimilli.	cm.
10 ⁻⁶ 0,000.001	micro.	μ.

Nota. — Le système dit C. G. S. est basé sur le centimètre, le gramme (masse) et la seconde comme unités principales. — Le système dit M. T. S. est basé sur le mètre, la tonne (masse) et la seconde comme unités principales.

ANNEXE I AU DÉCRET DU 26 JUILLET 1919.

TABLEAU GÉNÉRAL DES UNITÉS COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES

dressé en exécution de la loi du 2 avril 1919.

Tableau des multiples et sous-multiples décimaux

PUISSANCE DE 10 par laquelle est multipliée l'unité.	PRÉFIXE à mettre avant le nom de l'unité.	SYMBOLE à mettre avant celui de l'unité.	PUISSANCE DE 10 par laquelle est multipliée l'unité.	PRÉFIXE à mettre avant le nom de l'unité.	SYMBOLE à mettre avant celui de l'unité.
10^6 ou 1.000.000	méga.	M.	10^{-1} ou 0,1	déci.	d.
10^5 100.000	hectokilo.	hk.	10^{-2} 0,01	centi.	c.
10^4 10.000	myria.	ma.	10^{-3} 0,001	mili.	m.
10^3 1.000	kilo.	k.	10^{-4} 0,0001	décimilli.	dm.
10^2 100	hecto.	h.	10^{-5} 0,00001	centimilli.	cm.
10^1 10	déca.	da.	10^{-6} 0,000001	micro.	μ
10^0 1	μ	μ			

NOTA. — Dans le tableau ci-après, on a imprimé en *italique* les symboles des unités, pour les distinguer de ceux des préfixes, qui sont en romain. Le système dit C. G. S. est basé sur le centimètre, le gramme (masse) et la seconde comme unités principales. Le système dit M. T. S. est basé sur le mètre, la tonne (masse) et la seconde comme unités principales.

UNITÉS COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES		MULTIPLÉS ET SOUS-MULTIPLÉS USUELS.			OBSERVATIONS.			
Nature.	Définition.	Étalon et représentation.	Valeur en M.T.S. C.G.S.	Dénomination.		Symbole.	Valeur.	
MÈTRE	Longueur, à la température de 0 degré, du prototype international en platine iridié, qui a été sanctionné par la Conférence générale des poids et mesures, tenue à Paris, en 1889, et qui a été déposé au pavillon de Breteuil, à Sèvres (1).	Étalon : Copie n° 8 du mètre prototype international, déposée au Conservatoire national des Arts et Métiers.	1	10 ³	Mégamètre. Kilomètre. Hectomètre. Décamètre.	Mm. km. hm. dam.	1.000.000 m. 1.000 m. 100 m. 10 m.	
Longueur.			10 ⁻³	MÈTRE.	m.	1 m.	Base du système M. T. S.	
			10 ⁻²	Décimètre.	dm.	1/10 m.	Unité principale	
			1	Centimètre.	cm.	1/100 m.	Base du système C. G. S.	
				Millimètre.	mm.	1/1.000 m.		
				Micron.	μ m ou μ .	1/1.000.000 m.		
				Millimicron.	m μ .	1/1.000.000.000 m.		
Mille marin.	Longueur moyenne de la minute sexagesimale de latitude terrestre.			<i>A titre transitoire.</i>			1 852 m.	S'emploie pour la mesure des longueurs marines.

(1) Comme le mètre des archives, sur lequel il a été copié, le prototype international du mètre est d'environ 0^m,2 inférieur à la dix-millionième partie de la distance du pôle boréal à l'équateur, définition première du mètre.

UNITÉS COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES		MULTIPLÉS ET SOUS-MULTIPLÉS USUELS				OBSERVATIONS
Nature.	Dénomination.	Définition.	Évalon et représentation.	Valeur en		
				M.T.S.	C.G.S.	
Densité.	Degré DENSIMÉTRIQUE.	La densité des corps s'exprime en nombres décimaux, celle du corps qui a la masse de 1 tonne sous le volume de 1 mètre cube étant prise pour unité (*).				(*) L'eau privée d'air, à 4°, sous la pression d'une colonne de mercure de 76 cm. de hauteur, a une densité égale à 1 (moins 1/30.000 environ). Les densités correspondant aux anciens degrés Baumé sont données dans un tableau annexé au présent décret.
	Degré ALCOOMÉTRIQUE CENTÉSIMAL.	Dans les transactions commerciales, le nombre de degrés alcoolométriques d'un mélange d'alcool et d'eau pure à la température de 15° correspond au titre volumétrique, suivant l'échelle volumétrique centésimale de Gay-Lussac (*).				(*) La graduation des alcoomètres a pour base le Tableau des densités des mélanges d'alcool et d'eau pure annexé au présent décret.

III. — Unités de temps.

temps.	SECONDE	1/86.400 du jour solaire moyen.	1	1	SECONDE.	J. H. mn ou m (*).	86.400 s. 3.600 s. 60 s.	(*) Le symbole <i>m</i> peut être employé lorsqu'il ne saurait y avoir d'ambiguïté; par exemple, lorsque le temps exprimé comprend des heures, ou des <i>con</i> des, en même temps quedes minutes. Base des systèmes M. T. S. et C. G. S. Unité principale.
			1	1				

IV. — Unités mécaniques.

	Système	Force qui, en 1 seconde, communique à une masse égale à 1 tonne un accroissement de vitesse de 1 mètre par seconde.	1	10 ⁸	Kilosthène. Hectosthène. Décasthène. Stathène. Décisthène. Centisthène. Millisthène.	kan. han. daan. sn. dsn. can. man.	1.000 sn. 100 sn. 10 sn. 1 sn. 1/10 sn. 1/100 sn. 1/1.000 sn.	Mégadyne.	
			10 ⁸	1	DYNE.		1/100.000.000 sn.	Unité C. G. S.	
			<i>A titre transitoire.</i>						Les valeurs pratiques peuvent être employées dans toute la France continentale, avec une erreur inférieure à 1/1.000.
	Kilogramme-poids ou Kilogramme-force.	Force avec laquelle une masse égale à 1 kilogramme est attirée par la Terre.			Tonne-poids. Kilogr.-poids. Gramme-poids. Milligr.-poids.

UNITÉS COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES			MULTIPLES ET SOUS-MULTIPLES USUELS				OBSERVATIONS
Nature.	Dénomination.	Définition.	Étalon et représentation.	Valeur en électro-magnétique. M. T. S. C. G. S.	Dénomination.	Symbole	
Intensité de courant électrique.	AMPÈRE.	1 dixième de l'unité de courant du système électromagnétique C. G. S.	<i>Représentation :</i> Ampère international, intensité du courant uniforme qui dépose, par seconde, 0,00111800 gr. d'argent, par électrolyse d'une solution aqueuse de nitrate d'argent.	10 ⁻¹	Kiloampère.	kA.	1.000 A.
Force électromotrice, ou différence de potentiel, ou tension.	VOLT.	Différence de potentiel existant entre les extrémités d'un conducteur dont la résistance est 1 ohm, traversé par un courant invariable égal à 1 ampère.	<i>Représentation :</i> « Volt international » pratiquement égal à 1/1,0183 de la force électromotrice, à la température de 20°, de la pile ausulfatée de cadmium.	10 ²	Milliampère. Microampère.	mA. μA.	1/1.000 A. 1/1.000.000 A.
Quantité d'électricité.	COULOMB.	Quantité d'électricité transportée, pendant une seconde, par un courant invariable de 1 ampère.	<i>Représentation :</i> « Coulomb international », pratiquement égal à la quantité d'électricité qui correspond au dépôt électrolytique de 0,00111800 gr. d'argent.	10 ⁻¹	Kilocoulomb.	kC.	1.000 C.

VI. — Unités caloriques.

		<p><i>Représentation :</i> Variation de température qui produit la centième partie de l'accroissement de pression que subit une masse d'hydrogène, quand, le volume restant constant, la température passe de celle de la glace pure fondante (0°) à celle de la vapeur d'eau distillée en ébullition (100°), sous la pression normale; la pression atmosphérique normale est représentée par la pression d'une colonne de mercure de 760 millimètres de hauteur ayant la densité de 13,595 93 et soumise à l'intensité normale, de la pesanteur mesurée par une accélération égale à 9,806 65 en mètres et en secondes.</p>	<p>Unité principale.</p>
		<p>Variation de température produisant la centième partie de l'accroissement de pression que subit une masse d'un gaz parfait quand, le volume étant constant, la température passe du point 0 degré (température de la glace fondante) au point 100 degrés (température d'ébullition de l'eau), ces deux points répondant aux définitions qu'en ont données les Conférences générales des poids et mesures de 1889 et de 1913.</p>	<p>DEGRÉ CENTÉSIMAL.</p>
		<p>DEGRÉ CENTÉSIMAL.</p>	<p>1°</p>

UNITÉS COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES.		MULTIPLES ET SOUS-MULTIPLES USUELS.			OBSERVATIONS.		
Nature.	Dénomination.	Définition.	Étalon et représentation.	Dénomination.		Symbole.	Valeur.
Quantité de chaleur.	Thermie.	Quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré centesimal la température d'une masse de 1 tonne d'un corps dont la chaleur spécifique est égale à celle de l'eau à 15°, sous la pression de 1,013 hectopiez (pression atmosphérique normale).	—	Thermie.	th.	1 th.	Pratiquement, la microthermie équivaut à 4,18 joules (ou à 0,426 kilogram-mètre dans l'étendue de la France continentale.
				Millithermie ou Grande calorie.	m th.	1/1.000 th.	
				Microthermie ou Petite calorie.	μ th.	1/1.000.000 th.	
				—	—	—	S'emploie dans les industries frigorifiques.
				Frigorie.	fg.	1/1.000 th.	

VII. — Unités optiques.

Étalon :
 Étalon Violle, source lumineuse constituée par une aire, égale à celle d'un carré de 1 cm. de côté, prise à la surface d'un bain de platine rayonnant normalement, à la température de la solidification, conformément aux décisions de la Conférence internationale des électriciens, tenue à Paris en 1884, et du Congrès international des électriciens, tenu à Paris en 1889.

Représentation (1).

<p>Intensité lumineuse.</p>	<p>Bougie décimale.</p> <p>Sources d'intensité égale à 120 de celle de l'étalon Violle.</p>	<p>Bougie décimale.</p>	<p>Unité principale.</p>
<p>Flux lumineux.</p>	<p>Flux lumineux, émis par une source uniforme, de dimensions infiniment petites et d'intensité égale à 1 bougie décimale, et rayonne, en 1 seconde, dans l'angle solide qui découpe une aire égale à 1 m² sur la sphère de 1 m. de rayon, ayant pour centre la source.</p>	<p>Unité principale.</p>	<p>Unité principale.</p>

(1) La bougie décimale est représentée pratiquement et d'une manière permanente par une fraction déterminée de la moyenne des intensités moyennes, mesurées perpendiculairement à l'axe, d'au moins cinq des lampes à incandescence déposées au Conservatoire national des Arts et Métiers.

UNITÉS COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES			MULTIPLÉS ET SOUS-MULTIPLÉS USUELS.			OBSERVATIONS.
Nature.	Déno- mination.	Définition.	Eta- lon et repré- sentation.	Dénomination.	Symbole.	
Eclair- ement.	Lux.	Eclaircment d'une surface de 1 m ² rece- vant un flux de 1 lu- men, uniformément réparti.		Phot. Lux.	lx	10.000 $\frac{Lx}{1 Lx}$
Puis- sance des verres d'op- tique.	DIOPTRIE.	Puissance d'un sys- tème optique dont la distance focale est de 1 mètre.		DIOPTRIE.	d	

ANNEXE II AU DÉCRET DU 26 JUILLET 1919.

CORRESPONDANCE DES DEGRÉS BAUMÉ (1) ET DES DENSITÉS

TABLE I.

Aréomètres pour liquides moins denses que l'eau.

DEGRÉS BAUMÉ.	DENSITÉS.	DEGRÉS BAUMÉ.	DENSITÉS.	DEGRÉS BAUMÉ.	DENSITÉS.	DEGRÉS BAUMÉ.	DENSITÉS.	DEGRÉS BAUMÉ.	DENSITÉS.	DEGRÉS BAUMÉ.	DENSITÉS.	DEGRÉS BAUMÉ.	DENSITÉS.
10 B	1,0000	21 B	0,9292	31 B	0,8750	41 B	0,8232	51 B	0,7788	61 B	0,7389	71 B	0,7029
11	0,9981	22	0,9232	32	0,8677	42	0,8185	52	0,7746	62	0,7351	72	0,6995
12	0,9863	23	0,9174	33	0,8625	43	0,8139	53	0,7704	63	0,7314	73	0,6961
13	0,9796	24	0,9116	34	0,8574	44	0,8093	54	0,7664	64	0,7277	74	0,6928
14	0,9730	25	0,9058	35	0,8523	45	0,8048	55	0,7623	65	0,7251	75	0,6895
15	0,9665	26	0,9002	36	0,8473	46	0,8004	56	0,7583	66	0,7204	76	0,6862
16	0,9601	27	0,8946	37	0,8424	47	0,7959	57	0,7543	67	0,7169	77	0,6829
17	0,9537	28	0,8891	38	0,8375	48	0,7916	58	0,7505	68	0,7133	78	0,6797
18	0,9475	29	0,8837	39	0,8327	49	0,7873	59	0,7465	69	0,7098	79	0,6765
19	0,9413	30	0,8783	40	0,8279	50	0,7830	60	0,7427	70	0,7063	80	0,6734
20	0,9352												

Densités calculées, avec le module 144,32, par la formule $D = \frac{144,32}{134,32 + n}$, où $D =$ densité, $n =$ degré Baumé.

ANNEXE II AU DÉCRET DU 26 JUILLET 1919.

CORRESPONDANCE DES DEGRÉS BAUMÉ (1) ET DES DENSITÉS

TABLE II.
Aréomètres pour liquides plus denses que l'eau.

DEGRÉS BAUMÉ.	DENSITÉS.	DEGRÉS BAUMÉ.	DENSITÉS.	DEGRÉS BAUMÉ.	DENSITÉS.	DEGRÉS BAUMÉ.	DENSITÉS.	DEGRÉS BAUMÉ.	DENSITÉS.	DEGRÉS BAUMÉ.	DENSITÉS.				
0 B	1,0000	9 B	1,0665	18 B	1,1425	27 B	1,2301	36 B	1,3224	45 B	1,4531	54 B	1,5979	63 B	1,7747
1	1,0070	10	1,0745	19	1,1516	28	1,2407	37	1,3348	46	1,4679	55	1,6158	64	1,7968
2	1,0141	11	1,0825	20	1,1609	29	1,2515	38	1,3574	47	1,4829	56	1,6341	65	1,8195
3	1,0212	12	1,0907	21	1,1703	30	1,2624	39	1,3703	48	1,4983	57	1,6528	66	1,8277
4	1,0285	13	1,0990	22	1,1799	31	1,2736	40	1,3834	49	1,5141	58	1,6719	67	1,8665
5	1,0359	14	1,1074	23	1,1896	32	1,2845	41	1,3968	50	1,5301	59	1,6915	68	1,8910
6	1,0434	15	1,1160	24	1,1998	33	1,2964	42	1,4105	51	1,5465	60	1,7116	69	1,9161
7	1,0510	16	1,1247	25	1,2095	34	1,3082	43	1,4254	52	1,5633	61	1,7321	70	1,9419
8	1,0587	17	1,1335	26	1,2197	35	1,3202	44	1,4386	53	1,5804	62	1,7532		

Densités calculées, avec le module 144,32, par la formule $D = \frac{144,32}{144,32 - n}$, où $\left\{ \begin{array}{l} D = \text{densité.} \\ n = \text{degré Baumé.} \end{array} \right.$

(1) Ces degrés, couramment employés jusqu'à ce jour pour définir les densités de certains liquides, ne seront plus admis désormais dans les transactions commerciales.

Mesures spéciales usitées dans la marine.

Mesures de longueur.

Mille géographique de 15 au degré de l'équateur.....	7.420
Lieue de 18 au degré du méridien.....	6.173
Lieue de 25 au degré du méridien.....	4.445
Lieue marine ou géographique de 20 au degré.....	5.556
Mille marin de 60 au degré, ou arc du méridien d'une minute, ou tiers de lieue marine.....	1.852
Brasse, 5 pieds.....	1 ^m ,624
Encablure nouvelle.....	200 ^m ,000
Encablure ancienne, 100 toises.....	194 ^m ,904.
Nœud (mesure de vitesse).....	1.852 mètres ou 1 mille à l'heure ou 0 ^m ,5144 par seconde.

Mesures topographiques.

	Kilomètres carrés.
Lieue marine carrée de 20 au degré.....	30.8642
Mille marin carré de 60 au degré.....	3.4293
Mille anglais carré.....	2.5899
Kilomètre carré.....	{ 0,03240 lieue marine carrée. { 0,29157 mille marin carré. { 0,38612 mille anglais carré.

Mesures de volume.

Tonneau de jauge..... 2,83 mètres cubes.

Mesures spéciales d'un usage général pour certaines substances.

Carat. — Les diamants, pierres précieuses et perles sont évalués par carats. Le carat vaut :

En France.....	g.	0,200
En Angleterre et en Allemagne. —		0,2055
En Hollande.....	—	0,205894
Au Brésil.....	—	0,1922

Il y a lieu de distinguer le *carat poids* et le *carat titre*. Ce dernier représente le 24^e d'une unité d'or : ainsi l'or à 23 carats contient 23 parties d'or fin et 1 partie d'alliage.

Ounce. — Pour l'or et l'argent, on compte par *onces* (oz) de g. 31,103496 *deniers* (dwt) de 1^{er},55 et *grains* (grn) de 0^{er},0647.

Baril. — Le pétrole est compté officiellement, en Amérique, par *barils* de 2 gallons (159 litres). Pratiquement il arrive dans des barils de 50 à 52 gallons.

Bouteille. — Le mercure est généralement évalué en *bouteilles* (bottles, flasks, frascos) de kg. 34,65.

Mesures anglaises.

Abréviations usuelles	Noms systématiques	Valeurs relatives	Valeurs en mesures françaises
<i>Mesures de longueur.</i>			Mètres
In.	Inch ou pouce.....	12 In	0.02540
Ft.	Foot ou pied.....	3 Ft.	0.30479
Yd.	YARD.....	2 Yds	0.91438
Fih.	Fathom (brasse).....	5,5 Yds	1.82877
"	Pole Rod ou perch.....	4 poles	5.02909
"	Chain.....	220 Yds	20.11636
"	Furlong.....	1760 Yds	201.1636
Mi.	Millie.....	3,454 mi.	1.609.3088
"	Lieue marine.....		5.558.5525
<i>Mesures de superficie.</i>			Mètres carrés
"	Square inch ou pouce carré.....	144 pouces carrés.....	0.000645
"	Square foot ou pied carré.....	9 pieds carrés.....	0.9929
"	Square yard.....	30 yards carrés.....	0.8361
"	Square pole.....	1210 yards carrés.....	25.292
"	Square rood.....		1.011.68
"	Square acre.....		4.046.72
<i>Mesures de capacité.</i>			Litres
"	Gill.....	4 Gills.....	0.1420
Pt.	Pint.....	2 Pts.....	0.5679
Qt.	Quart.....	4 Qts.....	1.1359
Gal.	GALLON.....		4.5435
Pek.	Peck.....	4 Peks.....	9.0869
Bu.	Bushel.....	8 bushels.....	36.3477
"	Quarter.....	5 quarters.....	290.7813
"	Load.....	36 bushels.....	1.453.9065
"	Chaldron.....		1.308.5160
<i>Mesures cubiques.</i>			Mètres cubes
"	Cubic inch, pouce cube.....	1728 pouces cubes.....	0.000016
"	Cubic foot, pied cube.....	27 pieds cubes.....	0.028315
"	CUBIC YARD.....		0.764505
"	Tonneau de mer.....		1.1336
<i>Poids.</i>			
1° Mesures dites <i>Troy Weight</i> (non usitées, sauf pour les métaux précieux et la pharmacie).			
"	Grain.....	24 Grains.....	0.065
"	Penny weight.....	20 Pennyweights.....	1.555
"	Ounce.....	12 Ounces.....	31.103
"	TROY POUND.....		373.233
2° Mesures dites <i>Avoir du poids Weight</i> (mesures usuelles).			
Dr.	Dram.....	16 Dr.....	1.772
Oz.	Ounce.....	16 Oz.....	28.350
Lb.	AVOIR DU POIDS POUND.....	14 Lb.....	453.593
St.	Stone.....	2 St.....	6.350.297
Qr.	Quarter.....	4 Qr.....	12.700.594
Cwt.	Hundred weight.....	20 Cwt.....	50.802.377
Ton.	Ton.....		1.018.047.541

Outre cette tonne de 1.016^{kg} (2.240 pounds), il existe une tonne de 907^{kg} (2.000 pounds), dite short ton, peu usitée en Angleterre, mais d'un emploi général aux Etats-Unis, où elle sert pour exprimer des poids de charbon : pour les autres masses lourdes (locomotives par exemple), les poids sont généralement exprimés en livres, et non en tonnes.

Table de conversion des unités de pression anglaises
en unités françaises.

Livres par pouce carré	Atmosph.	Kilos par centimètre carré	Centimèt. de mercure	Livres par pouce carré	Atmosph.	Kilos par centimètre carré	Centimèt. de mercure
0	0,000	0,00000	0,00	18,5	1,260	1,30233	95,83
0,5	0,034	0,03520	2,59	19	1,295	1,53753	98,42
1	0,068	0,07040	5,18	19,5	1,329	1,37273	101,01
1,5	0,102	0,10559	7,77				
2	0,136	0,14079	10,36	20	1,363	1,40792	103,60
2,5	0,170	0,17599	12,95	20,5	1,397	1,44312	106,19
3	0,204	0,21119	15,54	21	1,431	1,47832	108,78
3,5	0,238	0,24639	18,13	21,5	1,465	1,51352	111,37
4	0,272	0,28158	20,72	22	1,499	1,54872	113,96
4,5	0,306	0,31678	23,31	22,5	1,533	1,58391	116,55
5	0,340	0,35198	25,90	23	1,567	1,61911	119,14
5,5	0,375	0,38718	28,49	23,5	1,601	1,65431	121,73
6	0,409	0,42238	31,08	24	1,636	1,68951	124,32
6,5	0,443	0,45758	33,67	24,5	1,669	1,72471	126,91
7	0,477	0,49277	36,36	25	1,703	1,75990	129,50
7,5	0,511	0,52797	38,85	25,5	1,738	1,79510	132,09
8	0,545	0,56317	41,44	26	1,772	1,83030	134,68
8,5	0,579	0,59837	44,03	26,5	1,806	1,86550	137,27
9	0,613	0,63357	46,62	27	1,840	1,90070	139,86
9,5	0,647	0,66876	49,21	27,5	1,874	1,93590	142,45
				28	1,908	1,97109	145,04
10	0,681	0,70396	51,80	28,5	1,942	2,00629	147,63
10,5	0,715	0,73916	54,39	29	1,976	2,04149	150,22
11	0,749	0,77436	56,98	29,5	2,010	2,07569	152,81
11,5	0,783	0,80956	59,57				
12	0,818	0,84475	62,16	30	2,044	2,11189	155,40
12,5	0,851	0,87995	64,75	30,5	2,078	2,14708	157,99
13	0,886	0,91515	67,34	31	2,113	2,18228	160,58
13,5	0,920	0,95035	69,93	31,5	2,147	2,21748	163,17
14	0,954	0,98555	72,52	32	2,181	2,25268	165,76
14,5	0,988	1,02074	75,11	32,5	2,215	2,28788	168,35
15	1,022	1,05594	77,70	33	2,249	2,32307	170,94
15,5	1,056	1,09114	80,29	33,5	2,283	2,35827	173,53
16	1,090	1,12634	82,88	34	2,317	2,39347	176,12
16,5	1,124	1,16154	85,47	34,5	2,351	2,42867	178,71
17	1,158	1,19674	88,06	35	2,385	2,46387	181,30
17,5	1,192	1,23193	90,65	35,5	2,419	2,49906	183,89
18	1,226	1,26713	93,24	36	2,453	2,53426	186,48

Livres par pouce carré	Atmosph.	Kilos par centimètre carré	Centimèt. de mercure	Livres par pouce carré	Atmosph.	Kilos par centimètre carré	Centimèt. de mercure
36,5	2,487	2,56946	189,07	43,5	2,965	3,06223	218,131
37	2,522	2,60466	191,66	44	2,999	3,09743	220,339
37,5	2,556	2,63986	194,25	44,5	3,033	3,13263	223,146
38	2,590	2,67506	196,84	45	3,067	3,16783	225,653
38,5	2,624	2,71025	199,43	45,5	3,101	3,20303	228,161
39	2,658	2,74545	202,02	46	3,135	3,23322	230,668
39,5	2,692	2,78065	204,61	46,5	3,169	3,27342	233,175
				47	3,203	3,30862	235,682
40	2,726	2,81585	200,581	47,5	3,237	3,34382	238,189
40,5	2,760	2,85105	203,088	48	3,271	3,37902	240,697
41	2,794	2,88624	205,595	48,5	3,305	3,41422	243,204
41,5	2,828	2,92144	208,102	49	3,339	3,44941	245,711
42	2,862	2,95664	210,610	49,5	3,374	3,48641	248,219
42,5	2,896	2,99184	213,117				
43	2,931	3,02704	215,624	50	3,408	3,51981	250,726

Livres par pouce carré	Kilos par centimètre carré	Livres par pouce carré	Kilos par centimètre carré	Livres par pouce carré	Kilos par centimètre carré	Livres par pouce carré	Kilos par centimètre carré
51	3,58	69	4,85	87	6,11	140	9,843
52	3,65			88	6,18	150	10,546
53	3,72	70	4,92	89	6,25	160	11,249
54	3,80	71	4,99			170	11,953
55	3,87	72	5,06	90	6,33	180	12,656
56	3,94	73	5,13	91	6,40	190	13,359
57	4,00	74	5,20	92	6,47		
58	4,08	75	5,27	93	6,54	200	14,062
59	4,15	76	5,34	94	6,61		
		77	5,41	95	6,68	210	14,765
		78	5,48	96	6,75	220	15,468
60	4,22	79	5,55	97	6,82	230	16,171
61	4,29			98	6,89	240	16,874
62	4,36			99	6,96	250	17,577
63	4,45	80	5,62			260	18,280
64	4,50	81	5,69			270	18,984
65	4,57	82	5,76	100	7,03	280	19,687
66	4,64	83	5,83			290	20,390
67	4,71	84	5,90	110	7,734		
68	4,78	85	5,97	120	8,437		
		86	6,04	130	9,140	300	21,093

Principales mesures spéciales à certains pays étrangers.

Pays	Noms	Valeur
Mesures de longueur.		
Bulgarie	<i>archine</i>	0 ^m ,67
	<i>pied</i>	0 ,304
Russie	<i>archine</i> (unité)	0 ,711
	<i>sagène</i>	2 ,133
	<i>verste</i>	1 ^{km} ,086
Turquie	<i>archine</i>	0 ^m ,757
	<i>pic archène halebi</i> (soieries et laines)	0 ,685
	<i>pic archène indasé</i> (étoffes de coton)	0 ,652
Chine	<i>yiny</i>	35 ,80
Indes anglaises	<i>cubit ou hant</i>	1 ,828
Japon	<i>shaku</i> (unité)	0 ,303
Perse	<i>guèze ordinaire</i>	0 ,63
	<i>diraa baladi</i> (tissus)	0 ,58
Egypte	<i>diraa minari</i> (architectes)	0 ,75
	<i>kastalah</i>	3 ,55
Haiti	<i>aune</i>	1 ,188
Mesures de poids.		
Bulgarie	<i>oka</i>	1 ^{kg} ,284
Russie	<i>fount</i> (unité)	0 ,409
	<i>poud</i>	16 ,380
Turquie	<i>oke</i>	1 ,283
	<i>kantar</i>	56 ,450
Chine	<i>picul</i> (100 catties)	60 ,480
Indes anglaises	<i>bazar Maund</i>	37 ,251
Japon	<i>bazar de factorerie</i>	33 ,865
Perse	<i>kan</i> (unité)	3 ,750
Egypte	<i>batman</i>	2 ,970
	<i>kantar</i>	44 ,928
Haiti	<i>livre</i>	0 ,489

Anciennes mesures françaises.

L'unité de longueur était la *toise*, qui valait 6 *pièds*; le *pied*, 12 *pouces*; le *pouce* valait 12 *lignes*, et la *ligne*, 12 *points*.

Mesures de longueur.

Toise	1 ^m ,94903
Pied, 1/6 de toise	0 ^m ,32483
Pouce, 1/12 de pied	0 ^m ,02706
Ligne, 1/12 de pouce	0 ^m ,00225

Inversement.

1 mètre vaut..... 0,513073 toise.
1 mètre vaut : 3 pieds et 11,296 lig.

Mesures de superficie.

Toise carrée	3 ^m ,7987
Pied carré	0 ^m ,1055

Mesures agraires.

MESURES AGRAIRES	côté du carré corres- pondant	VALEUR EN		
		Pieds carrés	Toises carrées	Mètres carrés
Perche des eaux et forêts....	22 pieds	484	13,44	51,07
Arpent des eaux et forêts....	220 pieds	48400	1344,44	5107,20
Perche de Paris.....	18 pieds	324	9,00	34,19
Arpent de Paris.....	180 pieds	32400	900,00	3418,87
Are.....	10 mètres	947,7	26,32	100,00
Hectare.....	100 mètres	94768,2	2632,45	10000,00

DENSITÉS ET POIDS

Densités des gaz par rapport à l'air.

Acide carbonique.....	1,53	Cyanogène.....	1,806
Acide sulfhydrique.....	1,19	Gaz des marais, CH ⁴	0,558
Acide sulfureux.....	2,27	Gaz d'éclairage.....	0,399
Air.....	1,00	Hydrogène.....	0,0692
Ammoniaque.....	0,59	Hydrogène bicarboné, C ² H ⁴	0,98
Azote.....	0,972	Oxyde de carbone.....	0,968
Bioxyde d'azote.....	1,037	Oxygène.....	1,1056
Chlore.....	2,450	Protoxyde d'azote.....	1,614

Densités des vapeurs par rapport à l'air.

Acide cyanhydrique.....	0,948	Eau.....	0,6235
Alcool.....	0,794	Ether.....	0,736
Brome.....	5,52	Iode.....	8,71
Chlore.....	2,45	Mercure.....	6,92
Chlorhydrate d'ammoniaque.....	0,93	Phosphore.....	4,42
Chlorure de méthyl.....	1,73	Soufre.....	2,21

Densités des liquides par rapport à l'eau prise à 4°.

Acide acétique.....	1,06	Essence de térébenthine.....	0,869
Acide azotique fumant.....	1,52	Gaz-oil léger.....	0,85
Acide azotique NO ³ H.....	1,42	Ether.....	0,73
Ac. chlorhydrique HCl, 3H ² O.....	1,21	Full-oil.....	0,98
Acide sulfurique monohydraté.....	1,84	Glycérine.....	1,264
Alcool absolu.....	0,794	Goudron.....	1,200
Benzine.....	0,899	Huile de lin.....	0,94
Benzol.....	0,88 à 0,883	Huile d'olive.....	0,917
Brome.....	3,18	Huile de ricin.....	0,962
Esprit de bois.....	0,798	Lait.....	1,03
Eau de mer.....	1,026	Pétrole.....	0,80
Essence de pétrole.....	0,68 à 0,72	Sulfure de carbone.....	1,26
		Vin.....	0,99

Densités des solides.

<i>Métaux.</i>			
Aluminium fondu.....	2,56	Caoutchouc, gutta-percha...	0,98
Aluminium forge.....	2,67	Celluloïd.....	1,50
Antimoine.....	6,71	Chlorure de potassium CaCl ²	1,98
Argent.....	10,53	Chlorure de sodium NaCl...	2,10
Bismuth.....	9,80	Céruse PbCO ³	6,43
Cadmium.....	8,60	Charbon de bois en poudre..	1,5
Chrome.....	6,90	Charbon de chêne (morceaux).	0,45
Cobalt.....	8,60	Charbon de cornue.....	1,88
Cuivre.....	8,92	Charbon de peupliers.....	0,24
Étain.....	7,29	Chaux CaO.....	3,15
Fer.....	7,86	Cire.....	0,96
Iridium.....	22,42	Corps humain.....	1,07
Magnésium.....	1,74	Coke.....	1,4
Manganèse.....	7,39	Craie.....	1,25
Mercure à 20°.....	13,55	Cristal.....	3,33
Métal des cloches.....	8,80	Cuir sec.....	0,86
Molybdène.....	9,00	Cuir gras.....	1,02
Nickel.....	8,70	Diamant.....	3,52
Or.....	19,32	Farine.....	1,03
Palladium.....	11,9	Feutre-pégamoïde.....	0,20
Platine.....	21,5	Ferrodo, garniture de freins.	2,00
Plomb.....	11,37	Fibre.....	1,45
Potassium.....	0,86	Glace à 0°, H ² O.....	0,918
Rhodium.....	12,10	Gomme.....	1,30
Ruthénium.....	12,26	Graisse, beurre.....	0,94
Sodium.....	0,97	Granit.....	2,6 à 2,80
Tungstène.....	19,10	Grès.....	2,2 à 2,65
Uranium.....	18,70	Gypse en poudre.....	2,27
Vanadium.....	5,50	Houille.....	1,30
Zinc.....	7,15	Ivoire.....	1,83 à 1,92
<i>Alliages.</i>		Kaolin.....	2,26
Acier.....	7,80	Lignite.....	1,20
Bronze.....	8,40 à 9,20	Litharge PbO.....	9,25
Bronze d'aluminium.....	7,45	Marbre.....	2,80
Dural.....	2,80	Mica.....	2,71 à 3,13
Elektron (Maxium).....	1,80	Minium Pb ² O ³	9,07
Ferro-nickel.....	8,90	Naphte liquide.....	0,7 à 0,84
Fonte blanche.....	7,40	Nitrate de potasse NO ³ K...	2,09
Fonte grise.....	7,30	Nitrate de soude NO ³ Na...	2,24
Laiton.....	7,30 à 8,40	Oxyde de zinc ZnO.....	5,60
Maillechort.....	8,30 à 8,60	Oxyde rouge de merc. PbO ² .	11,14
<i>Substances diverses.</i>		Peroxyde de fer Fe ² O ³	5,12
Acide arsénieux As ² O ³	3,70	Porcelaine.....	2,2 à 2,5
Albâtre et marbre.....	2,70	Poudre à canon.....	0,84
Amidon, fécule.....	1,50	Quartz.....	2,65
Anthracite.....	1,40	Sable sec.....	1,64
Ardoise.....	2,90	Sel ammoniac NO ³ NH ⁴	1,52
Asphalte.....	1,06	Sciure de bois.....	0,55
Béton.....	1,90 à 2,80	Soufre S.....	2,07
Brique.....	2,20	Sucre.....	1,606
Calcaires compact	2,20	Terre argileuse.....	1,3 à 2,00
IRIS - LILLIAD	2,0	Université Lille 1.....	2,50

Points de fusion.

Acier.....	1400°	Fer doux.....	1520°
Alcool absolu.....	-90°	Fonte de fer.....	1250 à 1275°
Alliages :			
1 plomb, 1 étain.....	241°	— aciérée.....	1200 à 1300°
1 plomb, 3 étain.....	186°	— blanche.....	1100°
1 plomb, 5 étain.....	194°	— grise.....	1230°
2 plomb, 9 étain, 1 zinc.....	168°	— malléable.....	1300°
Alliage de Darcey :			
1 plomb, 1 étain, 2 bismuth.....	93°	Huile d'olive.....	2°, 5
Aluminium.....	658°	Huile de palme.....	29°
Antimoine.....	630°	Iode.....	113°
Argent.....	960°	Mercure.....	-39°
Arsenic.....	817°	Nickel.....	1452°
Beurre.....	30°	Or.....	1063°
Bismuth.....	271°	Phosphore.....	44°
Bronze.....	900°	Platine.....	1764°
Camphre.....	175°	Plomb.....	327°
Cire blanche.....	68°	Soufre.....	112°, 8
Cobalt.....	1490°	Stéarine.....	61°
Chrome.....	1550°	Sucre de canne.....	160°
Cuivre.....	1084°	Suif.....	33°
Étain.....	232°	Vanadium.....	1700°
		Zinc.....	419°

Points d'ébullition.

Acide acétique.....	120°	Esence de térébenthine... ..	157°
— azotique ordinaire... ..	86°	Ether sulfurique.....	35°, 5
— carbonique.....	-78°	Huile de lin.....	387°
— chlorhydrique.....	110°	Iode.....	184°
— sulfureux.....	-10°	Mercure.....	357°
— sulfurique (monohyd.).....	338°	Nitrobenzine.....	213°
Alcool.....	78°	Pétrole.....	106°
Benzine.....	80°, 4	Phosphore.....	287°
Brome.....	59°	Potasse caustique.....	175°
Camphre.....	215°	Soufre.....	444°, 5
Sel marin saturé.....	108°	Sulfure de carbone.....	46°
Créosote.....	203°	Zinc.....	906°
Eau de mer.....	103°, 7		

Coefficients de dilatation linéaire.

Acier.....	0,000012	Fer.....	0,000012
Aluminium.....	0,000023	Fil de fer.....	0,000014
Argent.....	0,000020	Fonte.....	0,000011
Bois de sapin.....	0,000004	Granite.....	0,000008
Briques.....	0,000005	Gypse.....	0,000014
Bronze à canons.....	0,000018	Nickel.....	0,000013
Charbon de bois.....	0,000011	Pierre calcaire à bâtir... ..	0,000005
Ciment romain.....	0,000014	Plomb.....	0,000029
Cuivre.....	0,000017	Terre cuite.....	0,000005
Cuivre jaune.....	0,000019	Verre.....	0,000009
Étain.....	0,000023	Zinc.....	0,000029

Table du poids d'un mètre carré de feuille de tôle en fer laminé, cuivre rouge, plomb, zinc, étain, argent et aluminium.

Épaisseur des feuilles	TÔLE	CUIVRE rouge	PLOMB	ZINC	ÉTAÏN	ARGENT	ALU-MINIUM
millim.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
1/4	1,947	2,197	2,838	1,715	1,825	2,652	0,675
1/2	3,894	4,394	5,676	3,430	3,650	5,305	1,350
1	7,788	8,788	11,352	6,861	7,300	10,610	2,700
2	15,576	17,576	22,704	13,722	14,600	21,220	5,400
3	23,364	26,364	34,056	20,583	21,900	31,830	8,100
4	31,154	35,152	45,408	27,444	29,200	42,440	10,800
5	38,940	43,940	56,760	34,305	36,500	53,050	13,500
6	46,728	52,728	68,112	41,166	43,800	63,660	16,200
7	54,516	61,516	79,464	48,027	51,100	74,270	18,900
8	62,304	70,304	90,816	54,888	58,400	84,880	21,600
9	70,092	79,092	102,168	61,749	65,700	95,490	24,300
10	77,880	87,880	113,520	68,610	73,000	106,100	27,000
11	85,668	96,668	124,872	75,471	80,300	116,710	29,700
12	93,456	105,456	136,224	82,332	87,600	127,320	32,400
13	101,244	114,244	147,576	89,193	94,900	137,930	35,100
14	109,032	123,032	158,928	96,054	102,200	148,540	37,800
15	116,820	131,820	170,280	102,915	109,500	159,150	40,500
16	124,608	140,608	181,632	109,776	116,800	169,760	43,200
17	132,396	149,396	192,984	116,637	124,100	180,370	45,900
18	140,184	158,184	204,336	123,498	131,400	190,980	48,600
19	147,972	166,972	215,688	130,359	138,700	201,590	51,300
20	155,760	175,760	227,040	137,220	146,000	212,200	54,000

Numéros et poids des feuilles de zinc laminé.

NUMÉROS	ÉPAISSEUR en millim.	POIDS au mèt. carr.	NUMÉROS	ÉPAISSEUR en millim.	POIDS au mèt. carr.
	millim.	kilogr.		millim.	kilogr.
10	0,50	3,50	18	1,34	9,38
11	0,58	4,06	19	1,47	10,29
12	0,66	4,62	20	1,60	11,20
13	0,74	5,18	21	1,78	12,46
14	0,82	5,74	22	1,96	13,72
15	0,95	6,65	23	2,14	14,98
16	1,08	7,56	24	2,32	16,24
17	1,21	8,47	25	2,50	17,50

Les feuilles se vendent par longueurs de 2 mètres et par largeurs de 0^m,50, 0^m,65, 0^m,80 et 1 mètre.

**Poids des fers carrés, ronds, depuis 1 millimètre jusqu'à
105 millimètres de grosseur pour 1 mètre de longueur.**

DIMEN- SIONS	FERS carrés	FERS ronds	DIMEN- SIONS	FERS carrés	FERS ronds	DIMEN- SIONS	FERS carrés	FERS ronds
mill.	kil. gr.	kil. gr.	mil.	kil. gr.	kil. gr.	mil.	kil. gr.	kil. gr.
1	0 008	0 006	36	10 093	7 930	71	39 259	30 846
2	0 031	0 024	37	10 662	8 377	72	40 373	31 721
3	0 070	0 055	38	11 246	8 836	73	41 502	32 548
4	0 125	0 098	39	11 806	9 307	74	42 647	33 508
5	0 195	0 158	40	12 461	9 791	75	43 806	34 119
6	0 280	0 220	41	13 092	10 280	76	44 983	35 343
7	0 382	0 300	42	13 738	10 794	77	46 176	36 280
8	0 498	0 392	43	14 400	11 314	78	47 382	37 228
9	0 631	0 496	44	15 078	11 846	79	48 605	38 189
10	0 779	0 612	45	15 771	12 391	80	49 843	39 162
11	0 942	0 740	46	16 479	12 948	81	51 097	40 147
12	1 121	0 881	47	17 204	13 517	82	52 367	41 144
13	1 316	1 034	48	17 944	14 098	83	53 632	42 154
14	1 526	1 199	49	18 699	14 692	84	54 952	43 176
15	1 752	1 377	50	19 470	15 296	85	56 208	44 210
16	1 994	1 566	51	20 257	15 916	86	57 600	45 256
17	2 251	1 768	52	21 059	16 546	87	58 947	46 315
18	2 523	1 983	53	21 876	17 183	88	60 310	47 386
19	2 811	2 209	54	22 710	17 843	89	61 689	48 469
20	3 115	2 448	55	23 559	18 510	90	63 088	49 563
21	3 435	2 698	56	24 423	19 189	91	64 486	50 671
22	3 769	2 962	57	25 303	19 881	92	65 918	51 791
23	4 120	3 237	58	26 199	20 584	93	67 358	52 923
24	4 486	3 525	59	27 110	21 300	94	68 815	54 067
25	4 868	3 824	60	28 036	22 028	95	70 287	55 224
26	5 265	4 136	61	28 979	22 769	96	71 774	56 393
27	5 677	4 461	62	29 937	23 521	97	73 262	57 574
28	6 106	4 797	63	30 911	24 286	98	74 776	58 644
29	6 550	5 146	64	31 900	25 063	99	76 330	59 972
30	7 009	5 507	65	32 884	25 853	100	77 880	61 190
31	7 484	5 880	66	33 925	26 654	101	79 445	62 420
32	7 975	6 266	67	34 960	27 468	102	81 026	63 662
33	8 481	6 664	68	36 012	28 294	103	82 623	64 916
34	9 003	7 074	69	37 079	29 133	104	84 235	66 133
35	9 540	7 496	70	38 161	29 983	105	85 863	67 462

Monnaies.

France. — La loi monétaire du 25 juin 1928 a déterminé que le franc, unité monétaire française, est constitué par 65,5 milligrammes d'or au titre de 900 millièmes d'or pur. — Le franc contient donc 0 gr. 03895 d'or pur.

Les pièces d'or seront de 100 francs au titre de 900 millièmes, pesant 6,55 grammes. Les pièces d'argent seront de 10 et 20 francs au titre de 885 millièmes, pesant 10 et 20 grammes. Leur valeur n'a donc qu'un caractère fiduciaire : elle est respectivement de 3 fr. 40 et 6 fr. 80.

Les jetons de 2 fr., 1 fr., 0 fr. 50 sont remplacés par des jetons de bronze d'aluminium à tranches lisses.

Monnaies des pays étrangers.

(Extrait de la *Cote officielle des Agents de change* du 12 juillet 1934).

Cote des Changes (Versement télégraphique).

PARITÉS-OR	DEVICES	DERNIERS COURS cotés en Bourse	12 juillet COURS COTÉS EN BOURSE
1 livre	Londres...	76f39	76f47 38 39 36 32 36 32
100 dollars ...	New-York..	1516 ..	1515f75 1516f25 1515f76
100 marks	Allemagne.	60f25	10/ 7/31
100 pesos	Argentine..	363f..	367
100 belgas	Belgique... 354	354	353f76 354 353f75
100 m lire.s ...	Brazil.....	95f..	93f
100 leva	Bulgarie... 18f47 1/2	17/ 4/31	
100 dollars ...	Canada	1529f50	22/ 6/34
100 couronnes.	Danemark..	340f50	
1 livre	Egypte.....		
100 pesetas... 492f49 (1)	Espagne... 207f25		207f25
100 marks	Finlande... 33f50	4/ 7/34	
100 drachmes..	Grèce..... 14f75	23/ 3/34	
100 florin ...	Hollande... 1027f75		1027f50 25 1027 1026f75
100 pengos ...	Hongrie... 445	27/ 5/31	
100 piastres..	Indochine.. 934	8/ 5/35	934
100 lire.s	Italie..... 130f10		130f10 05 15
100 yen	Japon.....		
100 litas	Lithuanie..		
100 pesos	Mexique... 684f02		
100 couronnes.	Norvege... 382f25		
100 zlotys ...	Petrograd..		
100 escudo.s ...	Pologne... 286f50		
100 couronnes.	Portugal... 76f..	30/12 33	
100 lei	Prague.... 63f10		62f90 63f
100 dinars ...	Roumanie.. 15f25	14/ 6/34	
100 couronnes.	Yougoslavie 35f30	26/ 6/34	
100 francs	Suede..... 395f75	19/ 7/34	394f50
100 pèsos	Suisse..... 493f75		494
100 schilling..	Uruguay... 520		
	Vienne..... 358	11/ 2/31	

NOTA. — (1) Pair théorique.

EXTRAIT DU CATALOGUE 1934-1935



Les ouvrages du présent catalogue peuvent être examinés au magasin de vente, de 8 h. à 18 h. 30, tous les jours ouvrables, y compris l'après-midi du samedi.

Voir les conditions de vente page xcvi

FASCICULE I

ORGANISATION INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

I. — ORGANISATION INDUSTRIELLE

- Les Nouveaux livres scientifiques et industriels, publication trimestrielle. Abonnement annuel. Etranger 20 fr. France... 12 fr.
- Principes d'organisation scientifique, TAYLOR. *Edition définitive*, 16 x 25. N. T. 1929 (330 gr.)... 12 fr.
- L'organisation scientifique dans l'industrie américaine, Société TAYLOR. D'après la 2^e édition américaine, par A. SCHUBERT, 16 x 25, av. fig. 1932 (1.210 gr.)... 98 fr.
- Le Taylorisme, LE CHATELIER (E). av. fig. 2^e édit. 1934 (320 gr.). 16 x 25... 24 fr.
- Administration industrielle et générale, FAYOL, 16 x 25 N. T. 1931 (530 gr.)... 20 fr.
- Le service d'entretien dans les usines, FAURE, 16 x 25 av. fig. 1932 (240 gr.)... 24 fr.
- La technique de l'organisation, CHEVALIER. 16 x 25, N. T. 1933 (850 gr.)... 55 fr.
- L'organisation des approvisionnements dans l'industrie. *Achats et magasins*. LALANDE. In-8° av. fig. 1929 (250 gr.)... 28 fr.
- Etude des mouvements, méthode d'accroissement de la capacité productive d'un ouvrier, GILBRETH. 13 x 21 av. fig. N. T. 1928 (190 gr.)... 16 fr. 50
- La sélection psycho-physiologique des travailleurs (*conducteurs de tramways et d'autobus*), LAHY. 16 x 25 av. fig. 1927. (480 gr.). 48 fr.
- Les examens d'aptitude professionnelle. *Théorie et pratique*. F. BAUMGARTEN, traduit par THIERS, 16 x 25 av. fig. 1931. 160 fr.
- Le moteur humain et les bases scientifiques du travail professionnel, AMAR. In-16 av. fig. 2^e édit. 1923. 16 x 25. (810 gr.). 86 fr.
- Les appareils transporteurs mécaniques de bureau, JACOB. 16 x 25 av. fig. 1928. (460 gr.)... 48 fr.

II. — ORGANISATION COMMERCIALE

- La technique des affaires, CHAMBONNAUD, 15 x 22 av. fig. I: *Affaires nouvelles*. 3^e éd. 1926. (580 gr.), 22 fr. ; II: *Affaires et méthode scientifique*, 3^e édit. 1928 (580 gr.), 28 fr. ; III: *Affaires et personnel*

- 3^e édit. 1931. (610 gr.), 52 fr.; IV : *Affaires et art de les traiter*, 2^e édit. 1926. (570 gr.), 26 fr.; V : *Affaires par correspondance*, 2^e édit. 1926. (580 gr.). 31 fr.; VI : *Affaires et imprimé*, 1920. (575 gr.). 30 fr.; VII : *Affaires et annonce*. 1921. (885 gr.). 66 fr.; VIII : *Affaires et affiche*. 1922. (730 gr.). 49 fr.; IX : *Affaires et leur lancement*. 1922. (670 gr.). 36 fr. — Prix de la collection entière (9 vol.) 290 fr.
- Promenades autour d'une entreprise**, CHAMBONNAUD. 16 x 22, 1931 (470 gr.) 48 fr.
- Pour les techniciens du bureau moderne**, ROUSSET et DURFORT. 12 x 18, av. fig. 1932 (205 gr.) 18 fr.
- Comment on organise une affaire commerciale**. SAVARY. 16 x 25, 1930. (260 gr.) 30 fr.
- Comment va mon affaire? Une méthode d'auscultation commerciale**, NANCEY. 16 x 25, 1929. (530 gr.) 39 fr.
- La statistique appliquée aux affaires**, ISABEL. 16 x 25, 1933. (200 gr.) 20 fr.
- Les graphiques employés comme procédé d'exposition des phénomènes et des faits**, de THELLESME. 16 x 25 av. fig. 1932. (310 gr.) 35 fr.
- Éléments de commerce**, COUDRAY et MAURE. 16 x 21. 3^e édition 1933. (540 gr.) 19 fr.
- Précis de transports commerciaux**. BRUN. I. *Transports sur route, transports par batellerie, transports maritimes, transports par air*. 13 x 21. 1930. (320 gr.) 23 fr.
- II. *Transports par chemins de fer* 13 x 21. 1931 (440 gr.). 33 fr.
- La représentation commerciale**, SABATIÉ. 13 x 21 4^e édition 1929. (375 gr.) 19 fr.
- L'organisation d'un service de vente**. URWICK traduit de l'anglais par L. ANGÉ. 16 x 25. 1930. (370 gr.) 48 fr.
- La vente à prix uniques**, MUTZ, traduit par R. STOLLE. 16 x 25, 1934. (650 gr.) 38 fr.
- Dictionnaire des assurances**, VÉRON et DAMIRON. 16 x 25. 1932. (195 gr.) 28 fr.
- Traité pratique des sociétés commerciales (aux points de vue comptable, juridique et fiscal)**. BATARDON. 16 x 25, 7^e éd. 1933. (1.750 gr.) 83 fr.
- Les sociétés à responsabilité limitée**, POTTIER, 16 x 25. 4^e édit. 1930. (750 gr.) 60 fr.
- Les actions à vote plural**, POTTIER. 16 x 25, 1934. (840 gr.)... 49 fr.
- Précis intégral de publicité**, GÉRIN. 13 x 21 av. fig. 2^e édit. 1926. (450 gr.) 30 fr.
- La publicité suggestive**, GÉRIN. 16 x 25. 2^e édit. 1927. (920 gr.). 77 fr.
- Memento des fondateurs de sociétés**, BATARDON. 16 x 21, I : *Sociétés en nom collectif, associations en participation et société à responsabilité limitée*. 8^e édit. 1933. (90 gr.). 9 fr.; II : *Sociétés en commandite simple et en commandite par actions*, 6^e édit. 1931. (180 gr.). 11 fr.; III : *Sociétés anonymes*. 7^e édit. 1931. (80 gr.) 10 fr.
- Le style commercial**, MIS, 14 x 22, 2^e édit. *Nouv. tir.* 1926. (320 gr.) 18 fr.
- Dictionnaire français-anglais de la correspondance commerciale**, BOMPAS et METTÉE. 16 x 25, 1919. (810 gr.) 50 fr.

III. — ORGANISATION GÉNÉRALE

- La Samaritaine. Le génie et la générosité de deux grands commerçants.**
 LAUDET. 14 × 19, 1933. (325 gr.)..... 10 fr.
Collection « Les Constructeurs ».
 — **Richelleu, SAINT-AULAIRE.** 12 × 18, 17^e mille 1932. (280 gr.). 15 fr.
 — **Washington, ROZ.** 12 × 18, 1932. (235 gr.)..... 15 fr.
 — **Thiers, LECOMTE.** 12 × 18, 1933. (270 gr.)..... 15 fr.
 — **Napoléon, MADELIN.**..... *Sous presse.*

IV. — COMPTABILITÉ ET FINANCES

- La réforme de la comptabilité publique, SOQUET,** 16 × 25, 1934. (390 gr.)..... 22 fr.
Cours pratique de comptabilité, BATARDON. 13 × 21. Tome I: *Nouv. tirage.* 1930. (520 gr.) 21 fr.: T. II : 3^e édit. 1929. (430 gr.). 21 fr.
Manuel du comptable, à l'usage des candidats aux diplômes de comptable, LESUEUR. 16 × 25. 1931 (520 gr.)..... 35 fr.
La comptabilité à la portée de tous, BATARDON. 13 × 21 5^e édit. 1928. (320 gr.)..... 16 fr.
Pour tenir sa comptabilité et vérifier ses impôts. A l'usage des commerçants et des artisans. TRESPÉUCH, 12 × 18, 2^e édit. 1934. (170 gr.)..... 15 fr.
La comptabilité pratique et le livret de documentation de l'artisan, ROUMAJON et TRESPÉUCH. 13 × 21. 1931 (250 gr.).. 15 fr.
Comptabilité commerciale : les procédés modernes, système centralisateur, BATARDON. 13 × 21, 4^e édit. 1929. (270 gr.).... 12 fr.
Comptabilité commerciale : la tenue des livres sur feuillets mobiles, BATARDON. 13 × 21, 3^e édit. *Nouv. tir.* 1927. av. fig. (180 gr.). 9 fr.
Notions sommaires de comptabilité industrielle, BATARDON. 13 × 21, 2^e édit. *Nouv. tirage* 1930. (170 gr.)..... 11 fr.
Notions élémentaires sur les principes fondamentaux de la comptabilité, THIELLAND, 16 × 25, 1934. (390 gr.)..... 22 fr.
Précis de comptabilité. MANNÉ. Principes généraux de comptabilité. 16 × 25. 1933. (450 gr.)..... 19 fr.
Traité pratique de comptabilité industrielle, ANSOTTE et DEFRISE. 16 × 25, 6^e édit. 1928. (400 gr.)..... 30 fr.
La comptabilité dans l'industrie métallurgique, LECOMTE. 13 × 21. Tome I. *Comptabilité des services techniques.* 1929. (330 gr.) 30 fr. Tome II. *Comptabilité auxiliaire.* 1929. (320 gr.), 30 fr. Tome III. *Comptabilité générale.* 1929. (320 gr.), 30 fr. Les 3 volumes, ensemble (970 gr.)..... 75 fr.
L'inventaire et le bilan, BATARDON. 16 × 25, 7^e édit. 1931. (800 gr.)..... 55 fr.
Les fraudes en comptabilité, JENNY et NIEDERMAYER, traduit de l'allemand par REISER. 14 × 22. 1932. (365 gr.)..... 39 fr.
Administration financière, QUESNOT. 16 × 25, 5^e édit. 1934. (910 gr.)..... 55 fr.
Initiation à l'algèbre financière. L. d'OR et J. FISCHER. 16 × 25. 1931. (300 gr.)..... 20 fr.

L'organisation du contrôle et la technique des vérifications comptables , REISER. 16 × 25. 3 ^e édit. 1933 (420 gr.).....	39 fr.
Les surprises du contrôle fiscal , <i>Comment les éviter</i> , TRESPÉUCH. 13 × 21. 1931. (170 gr.).....	19 fr.
Les frais généraux du point de vue fiscal , RICHARD, 18 × 22, 1934. (120 gr.).....	7fr.50
Traité des opérations de change, bourse, banque , FRANÇOIS et HENRY. 16 × 25, 1929. (650 gr.).....	44 fr.
Des comptes courants avec intérêts , BATARDON. 15 × 27. 1932 (120 gr.).....	10 fr.
Contre l'inflation et ses risques , BESSIÈRE. 12 × 18. 1933. (210 gr.).....	9 fr.
Comptes faits. Tables des produits , CLAUDEL. 14 × 22, 1926. (250 gr.).....	19 fr.
Tarif usuel selon le système métrique pour la réduction des bois carrés et en grume , CORDOIN. 12 × 18, 26 ^e édit. 1929. (150 gr.)	14 fr.

V. — ÉCONOMIE. — Législation

Précis de législation usuelle et commerciale , ANGLÈS et DUPONT. 5 ^e édition revue et mise à jour au 1 ^{er} juillet 1933 par BOUCHER et DUPONT. 13 × 21. (565 gr.).....	18 fr. 50
Précis de législation ouvrière et industrielle , DUPIN, DESVAUX et PENCIOLELLI. 13 × 21, 2 ^e édit. 1925. (510 gr.).....	22 fr.
La protection légale des dessins et modèles , CHABAUD. 16 × 25, 1913 (790 gr.).....	25 fr.
Les clauses de révision de prix dans les marchés de fournitures , BARADEZ, 16 × 25, 1934. (720 gr.).....	65 fr.
Précis de brevetabilité. Essai de présentation mathématique de la brevetabilité , PICARD. 16 × 25. 1928. (1.230 gr.).....	50 fr.
Les délais de préavis en matière de congédiement d'employés et d'ouvriers . G. PRÉAU et P. RIFFARD. 16 × 25, 4 ^e édition. 1931. (440 gr.).....	30 fr.
Le contrat de travail et la procédure devant les conseils de prud'hommes . G. PRÉAU et P. RIFFARD. 16 × 25, 1931. (610 gr.).....	36 fr.
Les accidents sur les voies publiques urbaines et routières , GELLY, 16 × 25, 1934. (880 gr.).....	45 fr.

VI. — HYGIÈNE

Cours d'hygiène générale et industrielle , BATAILLER et TRESPONT. 13 × 21, av. fig. <i>Nouv. tir.</i> 1928. (610 gr.).....	13 fr.
Organisation et Hygiène sociales , <i>Essai d'hominculture</i> , AMAR. 16 × 25, av. fig. 1927. (1.190 gr.).....	126 fr.
Applications de la biologie à l'art de l'ingénieur , IMBREAUX. 16 × 25, 1922. (400 gr.).....	23 fr. 50

VII. — ORGANISATION MÉNAGÈRE

L'organisation ménagère moderne , FREDERICK. 14 × 19, av. fig. 2 ^e édit. 1927. (450 gr.).....	20 fr.
---	--------

Bien acheter pour mieux vivre, LAMY. 14 × 19, av. fig. 2 ^e édition 1933. (425 gr.).....	18 fr.
Pour bien faire son marché, LAMY, 12 × 18, 1934. (180 gr.).....	8 fr.
De la méthode ménagère, BERNÈGE. 16 × 25, av. fig. 1928. (350 gr.).....	18 fr.
Comment utiliser l'électricité dans la maison, MAURER. 13 × 21, av. fig. 1929. (220 gr.).....	16 fr. 50
Pour se chauffer et faire sa cuisine à l'électricité, MAURER, 12 × 18, 1934. (180 gr.).....	14 fr.

FASCICULE 2

ENSEIGNEMENT GÉNÉRAL et PROFESSIONNEL

I. — MÉTHODES

Orientation professionnelle des jeunes gens et enfants, MOUVET. 16 × 25. 2 ^e édit. 1930. (600 gr.).....	30 fr.
Pour le bonheur de nos enfants, KULA et BOCQUILLON. 12 × 18. 1933. (210 gr.).....	13 fr. 50

II. — MATHÉMATIQUES

Les mathématiques après l'école primaire, TRIPARD. 13 × 21, 2 ^e édit. 1922. (460 gr.).....	15 fr.
Les mathématiques de l'ouvrier moderne, VEZO. 13 × 21. 3 vol. Tome I : <i>Arithmétique, Algèbre</i> , av. fig. 2 ^e édit. 1927. (375 gr.), 13 fr. — Tome II : <i>Géométrie</i> , av. fig. 2 ^e édit. 1926. (410 gr.). 12 fr. — Tome III : <i>Mécanique</i> . av. fig. 1926. (325 gr.).....	14 fr.
Cours d'arithmétique, PHILIPPE et DAUCBY. 13 × 21, 3 ^e édit. 1931. (540 gr.).....	25 fr.
Leçons d'initiation mathématique, RENARD, 13 × 21, av. fig. 1934 (370 gr.).....	16 fr.
Problèmes et exercices d'arithmétique, avec solutions, PHILIPPE et DAUCBY. 13 × 21. 2 ^e édit. 1924. (500 gr.).....	25 fr.
Le calcul rapide en vingt-cinq leçons, H. WARGÉE, 12 × 18. 2 ^e édition 1932 (12 gr.).....	9 fr. 50
Éléments d'arithmétique commerciale suivis de notions d'algèbre financière, à l'usage des Ecoles de commerce. P. PHILIPPE. 13 × 21, 1930 (475 gr.).....	22 fr. 50
Éléments d'algèbre, PHILIPPE et DAUCBY. 13 × 21, 3 ^e édit. 1930 (440 gr.).....	19 fr.
Cours préparatoire de mathématiques spéciales, Algèbre et trigonométrie, WEBER. 16 × 25. 1925. (1.010 gr.).....	50 fr.
Trigonométrie, HARANG. 13 × 21, av. fig. 2 ^e édit. 1926. (220 gr.).	11 fr.
Trigonométrie rectiligne, DORGEOT. 13 × 21, 1920. (290 gr.).	19 fr.
Cours de géométrie, PHILIPPE et FROUMENTY. 13 × 21, I : 2 ^e édit. 1925. (360 gr.), 15 fr.; II : 2 ^e édit. 1928 (490 gr.).....	20 fr.

Notions élémentaires de géométrie descriptive appliquée au dessin, HARANG et BEAUFILS. 13 x 21 av. fig. 5 ^e édit. 1928, (275 gr.).....	9 fr. 75
Géométrie descriptive (candidats A. et M.), HARANG. 13 x 21, 3 ^e édit. 1929. (185 gr.).....	10 fr.
Le calcul intégral et différentiel à la portée de tout le monde, THOMPSON et GÉRARD. 14 x 19, 3 ^e édit. 1933. (470 gr.)..	25 fr.
Le calcul intégral facile et attrayant, BESSIÈRE. 13 x 21, 3 ^e édit. 1931. (280 gr.).....	17 fr. 50
Le calcul des probabilités à la portée de tous, HALBWACHS et FRÉCHET. 14 x 19, av. fig. 1924. (500 gr.).....	29 fr.
La relativité vue simplement. G. BESSIÈRE. 13 x 21, 1930 (195 gr.).....	15 fr.

III. — DESSIN

Carnet d'atelier. A l'usage des écoles primaires supérieures et des diverses écoles professionnelles, VALMALETTE. 22 x 17, 1932. (125 gr.).....	4 fr.
Travaux graphiques, JAULIN, 12 x 18, av. fig. 1909. (650 gr.)..	42 fr.
Traité de dessin géométrique, RAULT. 21 x 27, Tome I : <i>Perspective conique</i> (partie élément.), avec atlas de 11 pl. 1920. (310 gr.), 15 fr. ; Tome II : <i>Perspective conique</i> , avec atl. de 21 pl. 1921. (540 gr.)..	25 fr.
Cours de dessin industriel, DUPUIS et LOMBARD. 21 x 27, I : <i>Introduction</i> . fig. et pl. 2 ^e édit. <i>Nouv. tir.</i> 1928. (480 gr.), 15 fr. 50 ; II : <i>Technique</i> , av. fig. et pl. 2 ^e édit. <i>Nouv. tirage</i> 1929 (440 gr.). 15 fr. ; III : <i>Planches d'exécution</i> . 2 ^e édit. 1924. (420 gr.).....	18 fr.
Technique du croquis et du dessin industriel, MAREC. 21 x 27, 3 ^e édit. 1926. av. fig. et 4 pl. (420 gr.).....	25 fr.
Traité pratique de dessin industriel, MARTIN. 13 x 19, 5 ^e édit. 1931. (520 gr.).....	35 fr.
Pour le dessinateur, DE THELLESME. 12 x 18, 2 ^e édition. 1931. (210 gr.).....	17 fr.
Le dessin et la composition décorative appliqués aux industries d'art, COUTY. 13 x 21, av. fig. <i>Nouv. tir.</i> 1922. (420 gr.)...	24 fr.

IV. — MÉCANIQUE (Voir pages LXXI et suivantes.)

V. — PHYSIQUE

Physique (classes de Spéciales), BOLL et FÉRY. 16 x 25, Tome I : <i>Optique</i> 1927 (300 gr.). 19 fr. 50 ; Tome II : <i>Chaleur, gaz, changements d'états, électricité, magnétisme</i> . 1927. (720 gr.).....	38 fr. 50
Précis de physique, BOLL et FÉRY. 2 ^e édit. <i>refondue</i> . 16 x 25. Tome I : <i>Statique, dynamique, pesanteur, hydrostatique, optique</i> , 1927. (600 gr.), 40 fr. ; Tome II : <i>Chaleur, gaz, changements d'états, électricité, magnétisme</i> . 1927. (720 gr.).....	38 fr. 50
Cours de physique générale, OLLIVIER, I, 16 x 25, av. fig. 3 ^e édit. 1927, 84 fr. ; II : av. fig. 3 ^e édit. 1929. (1.310 gr.), 63 fr. ; III : av. fig. 3 ^e édit. 1932. (1.500 gr.).....	100 fr.
Mécanique et physique à l'usage des candidats aux écoles d'Arts et Métiers, GOUARD et HIERNAUX. 13 x 21, 3 ^e édition 1931. (690 gr.).....	38 fr.

- Notions de physique (section commerciale), CHAPPUIS et JACQUET.
13 x 21, av. fig., 3^e édit. 1934. (350 gr.)..... 16 fr.
Éléments de physique (section industrielle), CHAPPUIS et JACQUET.
13 x 21, av. fig., 9^e édit. 1934. (390 gr.)..... 17 fr.
L'emploi des unités dans la pratique des calculs, BÉTRAN-
COURT. 13 x 21, 1931. (130 gr.)..... 16 fr.
Le mécanisme de la nature, ANDRADE, traduit de l'anglais par MAL-
GORN. 14 x 22, 1932. (325 gr.)..... 23 fr.

VI. — ÉLECTRICITÉ (voir pages LXXVII et suivantes.)

VII. — CHIMIE (voir pages LXXX et suivantes.)

VIII. — FRANÇAIS, HISTOIRE ET GÉOGRAPHIE

- Les lectures de la profession, A. et L. FRANCHET. 13 x 21, 2^e édit.
1932 (320 gr.)..... 11 fr. 50
La culture générale des jeunes gens se destinant à l'industrie,
A. FRANCHET et L. FRANCHET. 13 x 21, 1932. (370 gr.)... 13 fr.
Morceaux choisis des meilleurs auteurs français des XVII^e, XVIII^e
et XIX^e siècles, PÉRIÉ et CRÉPIN. 13 x 21, 2^e édit. 1925. (460 gr.). 20 fr.
Cours d'histoire contemporaine, RISSON et MOUSSET. 13 x 21, I: *La
France de 1789 à 1848*. 2^e édit. 1932. (330 gr.), 13 fr.; II: *La France
et le monde de 1848 à 1931. Instruction civique*. 5^e édit. 1932.
(420 gr.)..... 18 fr.
Cours de géographie commerciale, BERTRAND, 13 x 21, 2^e édit.
mise à jour d'après les derniers traités. 1925. (450 gr.)..... 21 fr.
Géographie générale et économique, GRIGAUT. 13 x 21, 1926.
(450 gr.)..... 20 fr.

IX. — COMMERCE. COMPTABILITÉ (Voir pages LXIV à LXVI.)

STÉNOGRAPHIE. DACTYLOGRAPHIE

- Sténographie (système Prévost-Delaunay), JULIEN. 13 x 21, 3^e édit.
1934. (450 gr.)..... 16 fr.
Sténographie, 20 devoirs (système Prévost-Delaunay). DEROUIN.
23 x 28. (270 gr.). 1919..... 11 fr.
La vitesse sténographique, BLOCH. 11 x 25. 2^e édit. (310 gr.). 25 fr.
Leçons pratiques et rationnelles de sténographie (Système Du-
ployé), GRIMAUD. 16 x 21, 12^e édit. 1931. (100 gr.)..... 10 fr.
Méthode de dactylographie, AURIÈRES. 21 x 27. 1930. (380 gr.).
15 fr.
Pour entretenir sa machine à écrire. FRAPPIER, 12 x 18, 1934.
I. — Machines françaises 9 fr. (115 gr.). II. — Machines améri-
caines. (175 gr.)..... 12 fr.
X. — LÉGISLATION. HYGIÈNE (Voir pages LXVII et LXVIII.)

XI. — LANGUES ÉTRANGÈRES

- Je lis l'anglais, CHAMBONNAUD. 16 x 25. 1919. (230 gr.)... 8 fr.
Parlons anglais! Première année d'anglais, DUCHEMIN, 13 x 21,
1934 (550 gr.)..... 19 fr.

Fred and Maud at home (1 ^{er} livre d'anglais), CHAMBONNAUD et TEXIER. 13 x 21, 3 ^e édit. 1931. (370 gr.).....	19 fr.
Fred and Maud across the Channel (2 ^e livre d'anglais), CHAM- BONNAUD et TEXIER. 13 x 21, 3 ^e édit. 1933. (310 gr.)...	17 fr. 50
Fred and Maud round the World (cours supérieur d'anglais usuel), CHAMBONNAUD et TEXIER. 13 x 21, avec fig. 1931. (380 gr.).	13 fr.
Business english (<i>anglais commercial</i>), CHAMBONNAUD et TEXIER, 13 x 21, av. fig. 1926. (400 gr.)	21 fr.
Formulaire français-anglais de correspondance commerciale. GILLY. 13 x 21, 1927. (240 gr.)	16 fr.
Primer curso de lengua castellana , LOURTAU. 13 x 21, 2 ^e édit. <i>Nouv. tir.</i> 1925. (250 gr.)	12 fr.
Segundo curso de lengua castellana , LOURTAU. 13 x 21, 1912. (540 g.)	15 fr.
Vade-mecum espanol del comerciante , LOURTAU et ARIZMENDI. 13 x 21, av. fig. et pl. 2 ^e édit. 1920. (390 gr.)	21 fr.
Cours d'allemand commercial , MERESSE. 13 x 21, 2 ^e éd. 1925. (230 gr.)	18 fr.

FASCICULE 3

MÉCANIQUE ET PHYSIQUE INDUSTRIELLE

I. — GÉNÉRALITÉS

La Technique moderne , publication bimensuelle illustrée. Ab. an- nuel France, 125 fr.; Etr., 180 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit). — Le n ^o de l'année en cours	6 fr.
La Pratique des Industries mécaniques , publication mensuelle illustrée. Ab. annuel : France, 52 fr.; Etr.; 74 fr. (69 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit). — Le n ^o de l'année en cours.....	5 fr.
Mécanique, hydraulique, thermodynamique , DARIÈS. revu par DELMOTTE. 12 x 18. 3 ^e édit. 1931. (910 gr.)	96 fr.
La technique des émulsions , LANGE, traduit par CORNILLOT, 16 x 25, av. fig. 1934 (1.125 gr.)	128 fr.
La viscosité des liquides , HATSCHK, tr. de l'anglais par ARÇAY. 16 x 25, av. fig. 1932 (480 gr.)	66 fr.
Etudes sur la chaleur , ROSZAK. 16 x 25. 1925 (610 gr.) ..	50 fr.
Nouvelles études sur la chaleur , ROSZAK et VÉRON. 16 x 25, av. fig. 1929. (1.450 gr.)	208 fr.
Le diagramme ϵ - t, de la combustion (I : <i>chaleur totale de la com- bustion</i> — t : <i>température</i>), ROSIN et FEHLING. Traduit de l'alle- mand par GUYOT. 16 x 25 av. fig. 1932 (310 gr.)	39 fr.
La transmission de la chaleur , TEN BOSCH, traduit d'après la 2 ^e édit. allemande, par P. L. 16 x 25. 1929. (690 gr.)... 83 fr. 50	
Les machines motrices , DAUCHY et JACQUET, 13 x 21, av. fig. 1925 (480 gr.)	22 fr.

- Cours de résistance des matériaux I. Application au calcul des éléments de machines**, BONHOMME. 16 × 25, av. fig. 1919. (1.510 g.) 98 fr.
- Comment tenir compte des chocs dans les calculs pratiques de résistance des matériaux**, par JANNIN. 16 × 25. 1925. (490 g.) 49 fr.
- Le contrôle de la dureté des métaux dans l'industrie**. ROUDIN, 16 × 25. 1930 (325 gr.)..... 26 fr.
- Théorie simplifiée des mécanismes élémentaires**, LOCHE. 13 × 21, 1920. (270 gr.)..... 19 fr.
- Aide-mémoire de l'ingénieur-mécanicien**, IZART. 13 × 21, 5^e édit. 1928. (1.600 gr.)..... 105 fr.
- Pour l'ingénieur-dessinateur. La conduite des études de machines**, LEBLANC. 12 × 18. 1931. (160 gr.)..... 12 fr. 75
- Guide pratique d'atelier**. PERDRIAT. 10 × 15. 1921. (170 g.) 24 fr.
- Formulaire pour mécaniciens et outilleurs**, ADAM. 10 × 16. 1931. (160 gr.)..... 10 fr. 50
- Pour le monteur mécanicien**, LEFÈVRE. 12 × 18. 1929. (205 g.) 18 fr.
- Le contremaître mécanicien**, LOMBARD et CAEN. 13 × 21, 2^e édit. 1925. (660 gr.)..... 42 fr.
- Pour entretenir et réparer sa machine à écrire**, FRAPPIER. 12 × 18, 1934. I. — Machines françaises (115 gr.) 9 fr. II. — Machines américaines (175 gr.)..... 12 fr.
- Pour le contremaître industriel**, LEFÈVRE. 12 × 18. av. fig. 1926..... 16 fr. 50.
- Pour l'ajusteur mécanicien**, LEFÈVRE. 12 × 18, 3^e édition 1934. (208 gr.)..... 16 fr.
- Formules pour le détalonnage**, FONTAINE, 14 × 22, av. fig. 1934. (195 gr.)..... 19 fr.
- Recueil d'essais d'ajustage**, LE COZLER. 16 × 25. 1925. (360 g.) 22 fr.
- Le petit outillage moderne du mécanicien**, JACQUET. 13 × 21, 2^e édit. 1927 (190 gr.)..... 12 fr.
- Aide-mémoire du constructeur de chaudronnerie**. L. GENDRON. 13 × 21. 1930 (280 gr.)..... 35 fr.
- Le travail manuel des métaux : forge, chaudronnerie, ajustage**, HOUA. 13 × 21, av. fig. 1923. (220 gr.)..... 12 fr.
- Pour le chaudronnier**, TUROT-LEDOUX. 12 × 18, 1929. (260 g.) 19 fr. 50
- La pratique du graissage**. THOMSEN, traduit par CHAILLOU. 16 × 25, av. fig. 1925..... 119 fr.
- Le graissage des turbines à vapeur et des machines rotatives à grande vitesse**, MARTINET. 16 × 25 av. fig. 1931..... 40 fr.
- Théorie et technologie des engrenages**, PERIGNON. Tome I : *Étude cinématique. Conventions usuelles. Étude dynamique*. 16 × 25^e av. fig. 1932. (540 gr.)..... 72 fr.
- Tome II : *Métallurgie. Forge. Fonderie. Taille. Rectification. Rodage. Problèmes annexes*. 16 × 25, av. fig. 1932 (560 gr.)..... 72 fr.
- Les engrenages. Calcul. Rendement. Exécution. Applications à l'automobile**, R. MIGNÉE. 16 × 25, avec fig. 1929. (550 gr.).... 62 fr.
- Les procédés modernes de taille des engrenages**, PARIIGNON. 13 × 21, 1931. (260 gr.)..... 22 fr.
- Paliers à roulement à billes, à rouleaux, à alquilles**, BEHR et GORLKE, traduit de l'allemand par LACHER. 16 × 25, av. fig. 1932. (550 gr.)..... 50 fr.

II. — CHAUDIÈRES ET MACHINES A VAPEUR

Chaudières à vapeur, DEJUST et TURIN. 12×18, 2° éd. 1919. (960 gr.).....	71 fr. 50
Les chaudières à vapeur, DE BIE. 16×25, 2° édit. 1931. (1.125 gr.).....	165 fr.
Cours pratique de chauffe et de chaudières industrielles, JOLLY. 16×25, av. fig. 1928. (470 gr.).....	32 fr.
La chaufferie moderne. Alimentation des chaudières et tuyauteries à vapeur, GUILLAUME et TURIN. 16×25, 2° édit. 1921. (860 gr.).....	53 fr.
La chaufferie moderne. Les foyers de chaudières, TURIN. 16×25, av. fig. 2° édit. 1925. (1.060 gr.).....	91 fr.
Le chauffage au charbon pulvérisé, BODMER et NISOLLE. 16×25. 1933. (595 gr.).....	79 fr.
Le charbon pulvérisé, le poussier de charbon et leurs applications. BLEIBTREU. Traduit de l'allemand par SAUR. 16×25, av. fig. 1932. (1.005 gr.).....	164 fr.
Méthodes économiques de combustion dans les chaudières à vapeur, IZART. 16×25, av. fig. 4° Adit. 1920. (1.000 gr.)..	56 fr.
L'aptitude élastique des tuyauteries de vapeur au point de vue dilatation, CARLIER. 16×25, av. fig. 1928. (300 gr.).....	45 fr.
La vapeur à très haute pression. MUNZINGER, traduit de l'allemand par SCHUBERT. 16×25. 1930 (525 gr.).....	62 fr.

III. — MACHINES ET TURBINES A VAPEUR

Machines à vapeur et machines thermiques diverses, DEJUST et DOZOU. 12×18, av. fig. 2° édit. 1925. (810 gr.).....	68 fr.
Cours de machines à vapeur, JOLLY. 13×21, av. fig. 1924. (470 gr.).....	48 fr.
Législation et contrôle des appareils à vapeur, CUVILLIER. 12×18. 1928. (480 gr.).....	44 fr.
Turbines à vapeur et à gaz, A. STODOLA, trad. de l'allemand par HAHN. 2 vol. 22×23, av. fig. 2° édit. 1925. (4.500 gr.)....	445 fr.
Diagramme de Mollier, STODOLA et HAHN. 3 planches 19×27, 1926. (210 gr.).....	25 fr.

IV. — MACHINES ET TURBINES HYDRAULIQUES
POMPES, COMPRESSEURS

Cours d'hydraulique théorique, MONTEIL. 16×25, 1919. (310 gr.).....	21 fr.
Machines hydrauliques, BERGERON. 16×25, 1928. (1.120 gr.)	105 fr.
Les turbines hydrauliques et les turbo-pompes, THOMANN et ILTIS. 19×28, av. fig. 1924. (790 gr.).....	49 fr.
Les pompes centrifuges, PELEIDERER, traduit par BERGERON. 16×25, avec fig. 1929. (960 gr.).....	121 fr.
Les ventilateurs. WIESMANN, trad. de l'allemand par PELET. 16×25, 1927. (540 gr.).....	48 fr.

V. — MOTEURS A GAZ, DIESEL, etc.

Le moteur à gaz, JADOT. 12 × 18. 1931. (190 gr.).....	15 fr.
Les moteurs à gaz, HAEDER et VARINOIS. 19 × 25, tome I, 4 ^e édit. 1925. (590 gr.).	36 fr.; tome II. 4 ^e édit. 1925. (820 gr.)..
Cours élémentaire à l'usage des monteurs et conducteurs de moteurs à gaz, GUILLOU. 14 × 22, av. fig. 1920. (900 gr.).....	21 fr.
Cours de moteurs à combustion interne. <i>Moteurs à explosion et moteurs à combustion</i> , VALLET. 13 × 21. 1931. (430 gr.).....	28 fr.
Les moteurs Diesel sans compresseur et les moteurs semi-Diesel, M. SEILIGER. Traduit de l'allemand par SCHUBERT. 16 × 25, av. fig. 1932 (920 gr.).....	132 fr.
Théorie succincte, conduite et entretien du moteur Diesel, LE GALLOU. 19 × 28, av. fig. 3 ^e édit. 1931. (1.250 gr.).....	80 fr.
Les moteurs à huile lourde, à injection directe (<i>semi-Diesel</i>), LE GALLOU. 19 × 28, av. fig. 1924 (920 gr.).....	59 fr.
Les moteurs Diesel et les moteurs semi-Diesel, VAILLOT, 2 vol. 22 × 28, av. fig. et pl. 1923. (4.290 gr.).....	339 fr.
Les moteurs Diesel à grande vitesse, HELDT. traduit et adapté par H. PETIT, 14 × 23, avec fig. 1934. (520 gr.).....	68 fr.

VI. — MACHINES-OUTILS ET APPAREILS DE LEVAGE

Les machines-outils pour le travail des métaux, JACQUET. 13 × 21, av. fig. 1922. (220 gr.).....	17 fr.
Fraises et plateaux à coquilles pour le travail du bois, FONTAINE, 13 × 21, av. fig. 1934 (170 gr.).....	15 fr.
Scieries et machines à bois, RAZOUS. 16 × 25, 2 ^e édit. 1926. (790 gr.).....	44 fr.
L'usinage du bois, PETIPAS. 16 × 25, av. fig. 1923. (620 gr.)	39 fr.
Cours de technologie du bois, MASVIEL. 21 × 27, Tome I; av. fig. 3 ^e édit. 1926. (520 gr.), 23 fr.; Tome II, 2 ^e édit. 1925. av. fig. (610 gr.).....	27 fr.
Tours automatiques, GUÉNARD. Tome I. <i>Tours à broche simple</i> . 16 × 25. 1933. (315 gr.).....	27 fr.
Les broches à mandriner et le mandrinage à la broche, VIALLE et VARINOIS. 16 × 25. 1922. (520 gr.).....	42 fr.
Manuel de l'ouvrier tourneur et fileteur, LOMBARD. 13 × 21, 5 ^e édit. 1926. (250 gr.).....	18 fr.
Guide du tourneur-décolleteur, ADAM. 13 × 21. 1927. (160 gr.)	12 fr.
Manuel du tourneur-mécanicien, ADAM. 12 × 18, 9 ^e édit. 1930. (135 gr.).....	10 fr. 50
Pour le tourneur et le conducteur de machines-outils, LEFÈVRE. 12 × 18. 1928. (290 gr.).....	19 fr. 50
Procédés modernes de découpage et d'emboutissage, KACZMARZEK, traduit d'après la 3 ^e édition allemande, par SCHUBERT. 16 × 25. 1933, av. fig. (510 gr.).....	67 fr.
Le fraisage, VARINOIS. 16 × 25, av. fig., 2 ^e édit. 1923. (1.560 gr.)	126 fr.
Le fraisage, HANEN. 13 × 21, av. fig. 3 ^e édit. 1932. (190 gr.)	16 fr. 50
Formules pour le détalonnage, R. FONTAINE, 14 × 22, avec fig. 1934 (195 gr.).....	19 fr.

- Poinçons et matrices, STANLEY et VARINOIS. 16 × 25. 1923. (1.020 gr.)..... 85 fr.
- Découpage, matricage, poinçonnage et emboutissage, WOODWORTH, traduit par J. LÉVY. 16 × 25, 2^e édit., 1930 (690 gr.). 56 fr.
- Outillages à découper et à emboutir, RICORDEL. 13 × 21, 2^e édition. 1929. (180 gr.)..... 24 fr.
- Nouvelles notes pratiques sur les outillages à découper et à emboutir, RICORDEL. 13 × 21, av. fig. 1932. (125 gr.)... 18 fr.
- La rectification des pièces mécaniques, GUÉNARD. 16 × 25, av. fig. 1929. (480 gr.)..... 52 fr.
- L'air comprimé ou raréfié, sa production, ses emplois, R. CHAMPLY. 16 × 25, avec fig. 1929. (690 gr.)..... 74 fr.
- Mécanique, électricité et construction appliquées aux appareils de levage, ROUSSELET. 13 × 28. I: *Les ponts roulants actuels*. av. fig. et pl. 2^e édit. 1921. (2.220 gr.), 190 fr.; II: *Les ponts roulants à treillis et les grues à portiques actuels*. 2^e édit. 1929. (2.590 gr.) 250 fr.; III. *Les grues terrestres et flottantes*. 1932. (1.790 gr.)..... 210 fr.
- Appareils de levage, PACORET. 2 vol. 16 × 25. Tome I: av. fig. 1922. (1.500 gr.). 114 fr.; Tome II: av. fig. 1922. (450 gr.)..... 36 fr.

VII. — MACHINES MARINES

- Cours élémentaire de machines marines, OUDOT. 13 × 21, 3^e édit. 1925. (360 gr.)..... 20 fr.
- Turbines à vapeur, STODOLA (voir page LXXIII).

VIII. — DIVERS

- Clarification et séparation des liquides par la force centrifuge, par Block, traduit de l'allemand par LÉVY. 16 × 25. 1931. (735 gr.)..... 96 fr.
- La filtration industrielle, GENIN. 16 × 25, av. fig. 1934. (900 gr.)..... 88 fr.
- Réparation, montage et entretien des instruments de pesage usuels, GUEIDON. 13 × 21, av. fig. 1926. (270 gr.)..... 52 fr.
- Technique du réglage des appareils horaires, système balancier spiral, DONAT. 13 × 21. 1931. (300 gr.)..... 35 fr.
- Les moteurs à vent. *Théorie, construction, montage, utilisation au puisage de l'eau et à la production de l'électricité*. CHAMPLY. 16 × 25, av. fig. 1933. (540 gr.)..... 68 fr.

FASCICULE 4

AUTOMOBILISME. — AÉRONAUTIQUE

I. — AUTOMOBILISME

- La Vie Automobile, publication bi-mensuelle illustrée. Ab. annuel: France, 84 fr.; Etr. 150 fr. (130 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit), le n^o de l'année en cours. 5 fr.

- Nouvelle Revue automobile, organe de liaison entre les constructeurs, les agents et les usagers de l'automobile, paraissant tous les mois.** Ab. annuel : France et Colonies, 58 fr. Etranger, 78 fr. (68 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit), le n° de l'année en cours..... 6 fr.
- La Technique Automobile et Aérienne, publication trimestrielle illustrée.** Ab. annuel : France, 40 fr.; Etr. : 50 fr. (47 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit), le n° de l'année en cours..... 12 fr.
- Pour le chauffeur d'auto, ROUSSET.** 12 x 18, 2^e édit. 1932. (225 g.) 18 fr.
- Organisation et fonctionnement des véhicules automobiles, PRÉVOST,** 16 x 25, 3^e édit. 1934..... (sous presse)
- Problèmes thermomécaniques du moteur à essence, JACOVLEFF.** 12 x 19, av. fig. 1932. (330 gr.)..... 25 fr.
- La voiture à essence, HELDT et PETIT.** 12 x 19. I. *Le moteur*, 1920. (1.270 gr.), 91 fr. — II. *Le châssis*, 1922. (1.220 gr.)..... 91 fr.
- Le moteur, PETIT et MOHR.** 12 x 19, 7^e édit. 1934..... (sous presse)
- Le moteur à explosions, DEVILLERS et MERCIERS.** 19 x 28, 3^e édit. 1934..... (sous presse)
- Réglage et essais des moteurs à explosion, LAMY.** 16 x 26, av. fig. 1929. (570 gr.)..... 64 fr.
- Les moteurs à deux temps rapides à explosion et à combustion, FUSCALDO.** 13 x 21, av. fig. 1932. (165 gr.)..... 22 fr.
- Les moteurs à deux temps, VENTOU-DUCLAUX.** 13 x 21, 1929. (640 gr.)..... 34 fr.
- L'allumage des moteurs d'automobile, SAUR et MARTENOT DE CORDOUX.** 12 x 19, av. fig. 2^e éd. 1924. (200 gr.)..... 16 fr.
- Carnet de route de « La Vie Automobile », PÉRISSÉ.** 10 x 15. *Nouv. édit.* 1932. (150 gr.)..... 16 fr.
- Organisation et comptabilité des transports automobiles, CAQUAS.** 24 x 31. *Nouveau tirage* 1930 (150 gr.)..... 13 fr.
- Les accidents sur les voies publiques, urbaines et routières, GELLY,** 16 x 25, 1934. (880 gr.)..... 45 fr.
- Le droit routier. Etude complète : historique, administrative et juridique du régime de circulation sur les routes françaises, G. MARGUERON.** 17 x 25. 1930. Mis à jour par un additif contenant le décret du 19 janvier 1933. (1.000 gr.)..... 85 fr.
- Précis d'automobile, CONTET.** 12 x 19, 2^e édit. 1924. (510 gr.) 30 fr. 50
- Le chauffeur au garage, PRÉVOST.** 12 x 19. T. I : *Organisation du garage privé*, av. fig. 1926. (365 gr.), 22 fr.; T. II : *Les réparations et leur contrôle*, av. fig. 1926. (365 gr.)..... 22 fr.
- Choix, dépenses, conduite d'une voiture automobile, PRÉVOST.** 12 x 19. 1925. (370 gr.)..... 23 fr.
- L'équipement électrique des voitures automobiles, PRÉVOST.** 12 x 19. Tome I : *Générateurs de courant. Eclairage. Démarrage. Equipements électriques divers*, av. fig. 1932. (240 gr.)..... 16 fr.
Tome II. *Allumage*, av. fig. 1933. (170 gr.)..... 15 fr.

II. — AÉRONAUTIQUE

- Le bréviaire de l'aviateur, LEFORT.** 14 x 21. 1922. (1.000 gr.) 72 fr. 50
- L'aviation de transport, HIRSCHAUER.** 19 x 28. 1920. (1.270 gr.) 53 fr.

- L'année aéronautique**, HIRSCHAUER et DOLLÉUS. 19×27, 191^a-20. (600 gr.), 35 fr.; 1920-21. (980 gr.), 49 fr.; 1921-22. (690 gr.), 42 fr.; 1922-23 (*épuisé*). 1923-24 (*épuisé*). 1924-25. (780 gr.), 42 fr.; 1925-26. (740 gr.), 42 fr.; 1926-27. (980 gr.), 42 fr.; 1927-28. (1.040 gr.), 42 fr.; 1928-29 (1.200 gr.), 42 fr.; 1929-30 (1.200 gr.), 50 fr.; 1930-31, (1.150 gr.), 75 fr.; 1931-1932 (1.200 gr.), 60 fr.; 1932-1933 (1.110 gr.)..... 50 fr.
- Cours d'aéronautique**, ALLARD. 20×26. av. fig. 1932 (1.060 g.) 125 fr.
- Manuel élémentaire du mécanicien d'aviation**, FOURCAULT. 13×21, 1920. (210 gr.)..... 16 fr. 50
- Les moteurs à explosions dans l'aviation**, MASMÉJEAN et BÉRÉHARE. 13×21, I: 1918. (570 gr.), 50 fr.; II: 1920. (550 gr.), 50 fr.; III: 1924. (860 gr.)..... 75 fr.
- Réglage des moteurs d'aviation**, R. BARRAU. 13×21, 1929. (225 gr.)..... 30 fr.
- Les matériaux des constructions mécaniques et aéronautiques**, MARCOTTE et BÉRÉHARE. 19×28. 1921. (1.510 gr.).. 72 fr. 50

FASCICULE 5

ÉLECTRICITÉ, TÉLÉGRAPHIE, TÉLÉPHONIE

I. — ÉLECTRICITÉ

- L'Electricien**, bi-mensuel Ab. France, 55 fr.; Etr., 95 fr. (83 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit), le n° de l'année en cours..... 3 fr. 50.
- Memento d'électrotechnique**, CURCHON. Tome I. — *Electricité et magnétisme*. 13×21, av. fig. 1932. (560 gr.)..... 90 fr.
- Tome II. *Machines électriques*. 13×21, av. fig. 1932. (545 gr.) 96 fr.
- Tome III. *Réseaux de distribution. Usines génératrices. Sous-stations*. 13×21, av. fig. 1933. (700 gr.)..... 128 fr.
- Tome IV. *Applications de l'électricité*, 13×21, av. fig. 1934, — 136 fr..... (sous presse)
- Notions d'électricité générale**, FLEURY. 13×21. 1921. (640 g.) 39 fr.
- Précis d'électricité industrielle. Les appareils à courants alternatifs**, SOUBRIER. 14×21, av. fig. 1922. (230 gr.)..... 16 fr. 50
- Electricité**, GRININGER. 12×18. I: *Théorie et production*. 2^e éd. 1923. (850 gr.), 60 fr.; II: *Applications industrielles*, 2^e éd. 2 vol. 1926. (1.550 gr.)..... 106 fr.
- Les lois fondamentales de l'électrotechnique**, DEPREZ et SOUBRIER. 16×25, av. fig. 1919. (820 gr.)..... 56 fr.
- Cours pratique d'électricité**, ROBERJOT. 13×21, 1921. (410 g.) 20 fr.
- Cours élémentaire d'électricité industrielle**, ROBERJOT. 3^e éd. 1928. 13×21, av. fig. (680 gr.)..... 24 fr.
- Principes d'électrotechnique**, PIERARD. Tome I. 16×25, 4^e éd. 1924. (810 gr.), 64 fr.; — Tome II, 16×25. 3^e éd. 1920. (1.020 gr.), 64 fr.; — Tome III, 16×25, 3^e éd. 1922. (560 gr.)..... 44 fr. 50

- Electricité industrielle. Recueil de problèmes élémentaires avec schémas**, HARANG. 13 × 21, av. fig. 2^e édit. 1932. (330 gr.) 18 fr.
- Travaux pratiques d'électricité industrielle**, ROBERJOT. 13 × 21, I : *Mesures industrielles*. 3^e éd. N. T. 1929. (410 gr.), 18 fr.; II : *Etude des machines électriques. Propriétés. Essais*. 3^e éd. N. T. 1933. (420 gr.), 18 fr.; III : *Installations intérieures*. 3^e éd. N. T. 1929. (460 gr.), 19 fr.; IV : *Usines génératrices*. 2^e éd. 1931. (340 gr.)..... 19 fr.
- L'électrotechnique des praticiens**, FISCHER-HINNEN-GAISBROIS. 16 × 25, av. fig. 1926. (1.200 gr.)..... 105 fr.
- L'électricité à la portée de tout le monde (d'après l'ouvrage de Georges CLAUDE)**, MAURER. 16 × 25. 1928. (875 gr.)..... 28 fr.
- Pour l'électricien**, DE THELLESME. 12 × 18, 3^e édit. 1932. (225 gr.)..... 17 fr. 50
- L'électricité industrielle à la portée de l'ouvrier**, ROSENBERG et MAUDUIT. 13 × 21, av. fig. 7^e édit. *Nouv. tir.* 1928. (700 gr.) 48 fr.
- Guide élémentaire du monteur électricien**, GAISBERG et HAPPICH. 13 × 21, av. fig. 1923. (520 gr.)..... 29 fr.
- Technique du métier d'électricien**, CAILLAULT. 13 × 21, 2^e édit. 1922. (350 gr.)..... 17 fr.
- Installations électriques de force et lumière. Schémas de connexions**, CURCHOD. 16 × 25, 85 pl. 5^e édit. 1925. (690 gr.)..... 47 fr.
- Les maladies des machines électriques**, SCHULZ et HAPPICH. 3^e édit. *Nouv. tir.* 1926. 12 × 18, av. fig. (140 gr.)..... 16 fr.
- Recueil de problèmes avec solutions sur l'électricité**, VIEWEGER et CAPART. 16 × 25, 5^e édit. 1926. (875 gr.)..... 72 fr.
- Mesures électrotechniques**, TURPAIN. 16 × 25. 1920. (590 gr.) 28 fr.
- Mesures radio-électriques élémentaires**, DACOS et ROUSSEAU. 16 × 25, av. fig. 1933. (290 gr.)..... 25 fr.
- Génératrices de courant et moteurs électriques**, GUTTON. 16 × 25, 3^e édit. 1927. (570 gr.)..... 54 fr.
- Les machines asynchrones à champs tournants, à bagues et à collecteur**. LANGLOIS et BERTHELOT. 16 × 25, av. fig. 2^e édition. 1934..... (Sous presse)
- Comment choisir un moteur électrique ?** MAURER. 16 × 25, av. fig. 1926. (500 gr.)..... 44 fr. 50
- Machines électriques, Electrotechnique appliquée**, MAUDUIT. 4^e édit. 1931. 2 volumes 16 × 25, av. fig. (2.640 gr.). Ensemble.... 265 fr.
- Les machines électriques et la prédétermination de leur puissance maximum**, REZELMAN. 16 × 25, av. fig. 1933. (130 gr.) 10 fr.
- La sollicitation mécanique des roues polaires tournant à grande vitesse**, WERNER, traduit par SCHEPPE. 16 × 25. 1924. (300 gr.) 30 fr. 50
- Transformateurs et moteurs d'induction**, CLÉMENT. 16 × 25, 2^e éd. 1928. (685 gr.)..... 65 fr.
- Transformateurs de mesure et relais de protection**, BRESSON. 16 × 25, av. fig. 1932. (550 gr.)..... 82 fr.
- La construction économique de la machine électrique**, VIDMAR et SCHEPPE. 16 × 25. 1923. (290 gr.)..... 25 fr.
- Cours d'électricité industrielle. Le courant continu**, MAGONETTE. 16 × 25, av. fig. et pl. 1923. (660 gr.)..... 35 fr.

- Dynamos et moteurs électriques**, GILLON. 16×25. I. *Dynamos*, 1924 (990 gr.) 100 fr. — II. *Moteurs*, 1925 (760 gr.) 100 fr. — III. *Plans et croquis de machines électriques*, 1924 (850 gr.)..... 62 fr.
- L'électricité et ses applications industrielles**, GILLON. 16×25. T. I : 3^e *édit.* 1927, (540 gr.), 50 fr.; T. II : 3^e *édit.* 1929, (690 gr.), 65 fr.; T. III : 3^e *édit.* 1930 (1.100 gr.)..... 85 fr.
- Etude résumée des accumulateurs électriques**, JUMAU. 16×25, av. fig. 3^e *édit.* 1928. (620 gr.)..... 64 fr.
- Les maladies de l'accumulateur au plomb**, KRETSCHMAR et WALTER. 12×18, av. fig. 1924. (300 gr.)..... 25 fr.
- Les accumulateurs alcalins**, CRENNEL et LÉA. Traduit de l'anglais par NAVARIN. 16×25. 1931. (295 gr.)..... 38 fr.
- Le problème des balais dans la construction des machines électriques**, HEINRICH. Traduit de l'allemand par LEGUEU. 16×25. 1931. (480 gr.)..... 64 fr.
- La construction des bobinages électriques**, CLÉMENT. 16×25, 3^e *édition* 1932. (730 gr.)..... 66 fr.
- L'exécution des enroulements des machines triphasées**, M. LE CADRE. 16×25, 1930 (235 gr.)..... 31 fr.
- Schémas et règles pratiques de bobinage des machines électriques**, TORICES et CURCHOD. 16×25, av. pl. 3^e *édit.* N. T. 1932. (220 gr.)..... 20 fr.
- Deuxièmes notes sur les huiles pour transformateurs**, MATTHIS. 16×25, av. fig. 1926. (270 gr.)..... 44 fr. 50
- Stations centrales de production et sous-stations de transformation d'énergie électrique**, VELLARD. In-8°, av. fig. 1924. (520 gr.)..... 42 fr.
- Installations électriques à haute et basse tension**, MAUDUIT. 2 vol. 16×25, av. fig. N. T. 1933. (1.900 gr.) ensemble... 231 fr.
- Appareillage électrique haute tension, Théorie et construction**, BRESSON. 16×25, av. fig. 1929 (830 gr.)..... 119 fr.
- Calcul pratique des lignes de transport d'énergie électrique. Basse, moyenne, haute tension et lignes à longue distance**, SCHWAIGER, traduit de l'allemand par GUERNER. 16×25, av. fig. 1933. (400 gr.)..... 29 fr.
- La protection des réseaux et des installations électriques contre les surtensions**, CAPART. 16×25, 2^e *édit.* 1920. (620 gr.)... 39 fr.
- Le facteur de puissance des installations électriques industrielles**, MENJELOU. 16×25. 1931. (460 gr.)..... 64 fr.
- Les aimants**, PICOU. 16×25. 1927. (240 gr.)..... 22 fr.
- Manuel de l'éclairage et applications pratiques**, FOURCAULT. 16×25. 1928. (565 gr.)..... 51 fr.
- Le chauffage électrique**, BOILEAU. 16×25. 1920. (530 gr.) 35 fr.
- Les compteurs d'électricité**, FICHTER. 16×25, 1929. (730 gr.) 74 fr.
- Comptage de l'énergie électrique en courant alternatif**, TARTINVILLE. 16×25, 1929 (300 gr.)..... 39 fr.
- Pour éviter l'électrocution**, ROUSSEL. 12×18. 1927. (105 gr.) 6 fr.
- Les fours électriques industriels et les fabrications électrothermiques**, ESCARD. 16×25, av. fig. 2^e *édit.* 1924 (1.540 gr.) 119 fr.
- Fours électriques de laboratoire**, ESCARD. 16×25, 2^e *édit.* 1920. (260 gr.)..... 16 fr. 50

Les cellules photo-électriques et leurs applications, ZWORYKIN, WILSON. Traduit par G. MALGORN. 16×25. 1931. (480 gr.). 47 fr.
Manuel pratique des autorisations de voirie pour les distributions d'énergie électrique, BOUGAULT. 16×25. 1920. (740 gr.) 35 fr.

II. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE

Le système de télégraphie Baudot et ses applications, MERCY. 14×22. av. fig. 4^e édit. 1929. (850 gr.)..... 62 fr.
Installations téléphoniques d'après l'ouvrage de SCHILS et CORNET, par l'ARÉSY. 13×21, 6^e édit. 1930. (420 gr.)..... 42 fr.
La téléphonie automatique, MILHAUD. 13×21, av. fig. 1925. (520 gr.) 54 fr.

III. — T. S. F. ET RADIOVISION

Les tubes à vide et leurs applications, BARKHAUSEN, traduit de l'allemand par LOURIE. Tome I. *Principes généraux*. 16×25, av. fig. 1933. (430 gr.)..... 39 fr.
Radiotélégraphie, radiotéléphonie, DEJUSSIEU. 13×21. 1924. (410 gr.) 17 fr.
Manuel pratique de l'amateur de T. S. F., DUROQUIER. 13×21. 1925. (310 gr.)..... 17 fr. 50
Pour le sans-filiste, FOURCAULT et TABARD, 12×18, avec fig. 1934. (270 gr.) 18 fr.
Théorie simplifiée de la téléphonie et de la télégraphie sans fil, VERDURAND. 13×21, 3^e édit. 1923. (130 gr.)..... 7 fr.
Radiotélégraphie pratique et radiotéléphonie, MAURER. 16×25, av. fig. 2^e édit. 1924. (1.050 gr.)..... 60 fr.
La télévision pratique et ses progrès, *Radiovision, Télécinématographie, Visiotéléphonie, Téléphotographie*, HEMARDINQUER. 13×21. 1933. (320 gr.) 29 fr.
La télévision expérimentale, VAN DYCK. 15×23, av. fig. 1932. (350 gr.) 25 fr.

FASCICULE 6

CHIMIE. — ANALYSE CHIMIQUE

I. — CHIMIE GÉNÉRALE ET INDUSTRIELLE

Dictionnaire anglais-français-allemand (mots et locutions intéressant la physique et la chimie), CORNUBERT. 16×25. 1922. (770 gr.)..... 77 fr.
Dictionnaire des produits chimiques commerciaux et de la droguerie industrielle, CHAPLET. 12×18. 1930. (400 gr.). 54 fr.
Encyclopédie chimique, publiée sous la direction de M. FRÉMY. 67 vol. 16×25, av. fig. — *Conditions de vente sur demande*.
Chimie générale et industrielle, MOLINARI et MONTPELLIER. 16×25. Tomes I et II : *Chimie inorganique (Introduction; métalloïdes)*, 1920. (2.380 gr.), 131 fr. Tome III (*métaux*). 1921. (1.350 gr.), 99 fr. Tome IV (*Chimie organique, 1^{re} partie*). 1923. (1.380 gr.) 124 fr. Tome V (*Chimie organique, 2^e partie*). 1926. (1.500 gr.) 154 fr.

- Memento du chimiste**, BOLL et BAUD, I. *Partie scientifique*. 13×21. 1927. (700 gr.)..... 116 fr.
 II. *Partie industrielle*. 13×21. 1927. (700 gr.)..... 105 fr.
- Principes de chimie industrielle, Technique et appareillage de l'industrie chimique**, WALKER et LEWIS, traduit par Mme H. CLAIR-LAGRIFFOUL. 16×25. 1933. (1.460 gr.)..... 188 fr.
- Pour le chimiste**, CHAPLET. 12×18, av. fig. 2° édit. 1934. (210 gr.)..... 15 fr.;
- Cours de chimie, Lois générales. Métaux et alliages**, BOLL. 13×21. 1927. (740 gr.)..... 47 fr.
- Cours de chimie. Métaux et Cations**, BOLL et ALLARD. 13×21, av. fig. 1928. (540 gr.)..... 39 fr.
- Précis de chimie**, P. O. N. BOLL et CANIVET. 12×18. 1927. (820 gr.)..... 56 fr.
- Traité de chimie générale**, NERNST et CORVISY. 16×25. 2° édit. I. *Propriétés générales des corps. — Atome et molécule*. 1922. (1.170 gr.) épuisé
 II. *Transformations de la matière et de l'énergie*. 1923. (1.000 gr.) 84 fr.;
- Cours élémentaire de chimie industrielle**, TOMBECK et GOUARD. 13×21, av. fig. 4° édit. *Nouv. tir.* 1930. (425 gr.)..... 17 fr.
- Cours de chimie (sect. commerc.)**, CHARABOT et MILHAU. 13×21, av. fig. 3° édit. 1929. (480 gr.)..... 17 fr.
- Chimie à l'usage des candidats aux Ecoles d'arts et métiers**, TOMBECK et GOUARD. 13×21, av. fig. 1920. (430 gr.)..... 21 fr.
- Leçons de chimie organique**, THOMAS. 16×25. 1932 (1.550 gr.) 118 fr.
- Les méthodes de la chimie organique**, WEYL et CORNUBERT. 19×28. I. *Généralités*, 2° édit. 1921. (1.730 gr.), 91 fr.; II : *Monographies*. N. T. 1921. (1.790 gr.), 91 fr.; III : *Monographies*. N. T. 1923, (1.750 gr.). 112 fr.; IV : *Monographies* 1920. (2.090 gr.). 112 fr.
- Travaux pratiques de chimie organique**, ULMANN et CORNUBERT. 16×22, avec 26 fig. 2° édit. *Nouv. tir.* 1925. (340 gr.)..... 30 fr.
- Chimie des colloïdes. Applications industrielles**, BARY. 13×21. 1928. (180 gr.)..... 16 fr.
- Les colloïdes : leurs gélées, leurs solutions**, BARY. 16×25, av. fig. 1933. (1.170 gr.)..... 98 fr.
- Les colloïdes métalliques**, BARY. 16×25, av. fig. 1920. (260 gr.)..... 16 fr. 50
- Osmose. Dialyse. Ultrafiltration**, GENIN. 16×25. 1928. (510 g.)..... 53 fr.
- Le pH, force d'acidité et d'alcalinité**, Pozzi-Escot. 16×25, av. fig. 2° édition 1931. (280 gr.)..... 32 fr.;
- Éléments de marchandises**. I : *Bois, matériaux de construction, combustibles, eaux minérales et gazeuses*, JACQUET et TOMBECK. 13×21, 3° éd. 1930. (320 gr.), 15 fr. 50; II : *Métallurgie, métaux*, JACQUET et TOMBECK. 3° éd. 1934. (360 gr.), 17 fr.; III : *Produits chimiques*. SON et MARTIN. 2° éd. 1925. (230 gr.), 7 fr. 50; IV : *Matières alimentaires*, LELEU. 3° éd. 1934. (290 gr.), 13 fr.; V : *Matières grasses, textiles et diverses*, BROTTET et LELEU. 2° éd. 1926. (340 gr.) 13 fr.
- La récupération des solvants volatils**, ROBINSON. 16×25, av. fig. 1928. (420 gr.)..... 46 fr.
- Les procédés catalytiques en chimie appliquée**, HILDITCH. Traduit de l'anglais par MIDORGE. 16×25, 1931. (600 gr.).... 72 fr.

Electrolyse de l'eau et des chlorures alcalins. BILLITER, traduit de l'allemand par SALAUZE. 16×25, 1928 (840 gr.)..... 84 fr.

II. — ANALYSE CHIMIQUE

- Précis d'analyse chimique.** BOLL-LEROIDE. T. I : *Principes généraux, tables numériques.* 16×25. 1927. (635 gr.), 44 fr.; T. II : *Cations.* 16×25. 1927. (960 gr.), 80 fr. T. III : *Anions.* 16×25. 1929. (900 gr.)..... 85 fr.
- Essais et analyses,** ROSSET. In-8°, av. fig. 1920. (220 gr.)... 10 fr.
- Chimie analytique,** TREADWELL et BOLL. 13×21, I : *Analyse qualitative.* 5^e édit. 1932 (810 gr.), 68 fr.; II : *Analyse quantitative.* 4^e édit. N. Tir. 1932 (940 gr.)..... 77 fr.
- Cours d'analyse quantitative,** MEURICE. 16×25, av. fig. 1933. (890 gr.)..... 85 fr.
- Leçons élémentaires de chimie analytique,** POZZI-ESCOT. Tome I. *Analyse qualitative. Principes théoriques et applications. Fascicule I. Introduction. Voie sèche. Analyse au chalumeau.* 16×25, av. fig. 1931. (205 gr.)..... 12 fr.
- Traité d'analyse des substances minérales,** CARNOT. 16×25, av. fig. I : *Méthodes générales,* 1898. (2.290 gr.), 112 fr.; II : *Métalloïdes.* 1904. (1.970 gr.), 91 fr.; III : *Métaux (1^{re} partie).* 1910. (2.050 gr.), 105 fr.; IV : *Métaux (2^e part.).* 1922. (1.840 gr.). 112 fr.
- Analyse des métaux par électrolyse,** HOLLARD et BERTIAUX. 16×25. 4^e édit. 1930 (445 gr.)..... 58 fr.
- Manuel pratique d'analyse organique.** WESTON. 3^e édition française traduite de l'anglais par JOURDAIN et RIVIÈRE. 13×21, av. fig. 1932 (200 gr.)..... 22 fr.
- Introduction à l'analyse qualitative organique.** STAUDINGER et FROST, traduit de l'allemand par REUSS. 16×25, 1930. (400 gr.) 46 fr.
- Nouvelles méthodes d'analyse chimique organique.** TERMEULEN et HESLINGA. 16×25, 2^e édit. 1931. (170 gr.)..... 12 fr.
- Traité d'analyse industrielles,** GRIFFITHS et LÉVI. 16×25. 1924. (1.260 gr.)..... 116 fr.
- Les méthodes d'analyses en brasserie,** PAWLOWSKI. Traduit de l'allemand par CHARLIE. 16×25. 1931. (640 gr.)..... 72 fr.
- L'aéroleuvre,** VAN DAMME. 16×25. 1932. (310 gr.)..... 30 fr.
- Manuel de chimie gazière,** SAINTE-CLAIRE DEVILLE. 2^e édit. revue et augmentée par P. SAINTE-CLAIRE DEVILLE. 13×21, av. fig. 1933. (380 gr.)..... 38 fr.
- Expertises chimiques,** KLING. 16×25, I : *Produits animaux, conserves, sel,* 1921. (870 gr.), 77 fr.; II : *Matières grasses. Cires et paraffines. Essence de térébenthine. Huiles minérales.* 1922. (800 gr.), 70 fr.; III : *Boissons et dérivés immédiats,* 1923. (690 gr.). 62 fr.; IV : *Produits végétaux et dérivés.* 1922. (1.040 g.) 85 fr.; V : *Eaux et air.* 1922. (490 gr.), 39 fr.; VI : *Etamage, Jouets, Matières colorantes, Toxicologie des aliments.* 1923. (550 gr.)..... 43 fr.

FASCIOULE 7

INDUSTRIES DIVERSES

- Traitement industriel et rationnel des sous-produits d'abattoirs et des déchets organiques. Industries annexes. PLANCHON.** 16×25, 1931 (900 gr.)..... 140 fr.
- L'industrie de l'équarrissage, MARTEL.** 16×25. 2^e édit. 1928. (840 gr.)..... 75 fr.
- Fabrication des colles et gélatines, CAMBON.** 13×21, 2^e édit. 1923. (360 gr.)..... 34 fr.
- Pour le boucher et le charcutier, FOUASSIER,** 12×18. (205 gr.). 1934 (740 gr.)..... 16 fr.
- Pour le boulanger et le pâtissier, FOUASSIER.** 12×18. 1928. (240 gr.)..... 18 fr.
- Pour le confiseur, FOUASSIER.** 12×18. 1928. (170 gr.). 13 fr. 50
- Pour l'hôtelier et le restaurateur, TRAVELLER et FOUASSIER.** 12×18. av. fig. 1932. (220 gr.)..... 19 fr. 50
- La conservation par le froid des denrées périssables, MONVOISIN,** 16×25, av. fig. 1923. (1.040 gr.)..... 96 fr.
- Les cycles frigorifiques, OSTERTAG-PRIOR.** 16×25, 1926. (350 g.) 59 fr.
- L'air liquide, oxygène, azote, gaz rares, CLAUDE.** 16×25, av. fig. 1926. (1.300 gr.)..... 49 fr.
- Distillation et rectification des liquides industriels, MARILLER,** 16×25, av. fig. 2^e édit., 1925. (1.370 gr.)..... 139 fr.
- Le fonctionnement des appareils à rectifier et à distiller, HAUS, BRAND.** Trad. de l'all. par SCHWEITZER. 16×25. 1931. (680 gr.). 98 fr.
- Pour le distillateur, le débitant, le barman, FOUASSIER.** 12×18. av. fig. 1927. (150 gr.)..... 16 fr. 50
- Chimie de la fabrication des tissus de laine, CLAVEL.** 16×25, 1934 (500 gr.)..... 42 fr.
- Etude sur le cardage des laines cardées et autres matières travaillées sur le même principe, COLIN.** 16×25 1928. (545 gr.). 50 fr.
- Etude sur le retordage et la fabrication des fils à plusieurs brins, COLIN.** 16×25, 1927. (540 gr.)..... 50 fr.
- Traité complet de la filature du coton, COLIN.** 16×25.
- T. I : *Préparation de filature, 1^{re} partie.* 1928. (930 gr.) 85 fr.
- T. II : *Préparation de filature. 2^e partie.* 1929. (800 gr.)..... 80 fr.
- T. III : *Métiers à filer et filature des déchets.* 1930. (1.190 gr.).. 130 fr.
- La soie artificielle. Fabrication et propriétés, WHEELER,** traduit de l'anglais par TATU. 16×25, 1930 (320 gr.) 41 fr.
- Traité de la couleur au point de vue physique, physiologique et esthétique, ROSENSTIEHL et BAUDENEAU.** 2^e édit. 16×25, av. fig. 1934. (740 gr.)..... 98 fr.
- Les matières colorantes de synthèse et les produits intermédiaires, CAIN et THORPE.** 16×25, 1922. (1.360 gr.)..... 105 fr.
- Les matières colorantes organiques, EHRMANN.** 19×28, 1922. (2.000 gr.)..... 105 fr.

- La teinture du coton et les traitements annexes. Blanchiment.**
Teinture. Impression. Apprêt, SERRE. 13×21, av. fig. 2^e édit. 1933.
 (510 gr.) 58 fr.
- Traité de la teinture moderne**, SPETEBROOT. 16×25, 2^e édit. 1927.
 (1.410 gr.)..... 114 fr. 50
- Manuel du teinturier**, GNEHM, DE MURALT. 12×18.
 1926. (530 gr.)..... 72 fr. 50
- Les fibres textiles et la teinture**, BARY. 16×25, av. fig. 1934.
 (510 gr.)..... 49 fr.
- Pour le blanchisseur**, CHAPLET. 12×18. 1927. (200 gr.). 16 fr. 50
- La chimie du savonnier et du commerce de corps gras**, EHRSAM.
 16×25, av. fig. 1921. (1.000 gr.)..... 67 fr.
- La fabrication des savons Industriels**, EHRSAM. 16×25, 3^e édit.
 1927. (600 gr.) 44 fr.
- La fabrication moderne des savons, bougies, glycérines, etc.**,
 LAMBORN et APPERT. 16×25. 1923. (1.360 gr.)..... 105 fr.
- Technologie et analyse chimique des huiles, graisses et cires**,
 LEWKOWITSCH et BOUTOUX. 16×25.
 Tome I. 2^e édit. 1929. (1.775 gr.)..... 209 fr.
 Tomes II et III. (En préparation.)
- Chimie analytique et physiologique des huiles et graisses végétales et animales**, MANGRANÉ, traduit de l'édition espagnole par MANGRANÉ et FÉLIZAT. 16×25, av. fig. 1933. (1.145 gr.).. 130 fr.
- L'industrie des parfums**, OTTO. 16×25, av. fig. 2^e édit. 1924.
 (1.490 gr.)..... 133 fr.
- Les essences naturelles**, CRAVERI, 16×25. 1929 (765 gr.) 70 fr.
- Pour le parfumeur**, TRAVELLER. 12×18, av. fig.
 1934. (190 gr.) 15 fr.
- La grande industrie des acides organiques**, ROUX et AUBRY.
 16×25, av. fig. 1923. (1.120 gr.)..... 92 fr.
- Les colloïdes dans l'industrie. Le caoutchouc**, BARY. 16×25,
 av. fig. 1923. (300 gr.)..... 47 fr. 50
- Technologie du caoutchouc souple**, DE FLEURY. 14×22. 1920.
 (300 gr.)..... 30 fr. 50
- Manuel du chimiste de tannerie**, IALOWCER, traduit d'après la
 2^e édit. allemande par NICOLAI. 13×21, av. fig. 1932. (400 gr.) 49 fr.
- La chimie de la fabrication du cuir**, WILSON-DEFORGE. 16×25,
 av. fig. 1926. (450 gr.)..... 105 fr.
- La chimie du cuir**, EGLÈNE. 14×23. *Nouv. tir.* 1920. (300 gr.). 18 fr.
- Industries des peils et fourrures, cheveux et plumes**, BELTZER.
 16×25, av. fig. 3^e édit. 1927. (520 gr.)..... 54 fr.
- Le gantier**, FROUMENTY et BOUVIER. 14×22, av. fig. 1920 (370 g.) 18 fr.
- Guide du tailleur**, MORIN. 13×21, av. fig. 1921. (260 gr.)... 17 fr.
- Pour le relieur**, ROUX. 12×18, av. fig. 2^e édit. 1931 (210 gr.). 18 fr. 50
- Gaz et coques**, GREBEL et BOURON. 16×25, av. fig. 1924 (1.450 g.) 109 fr.
- Éclairage : huile, alcools, gaz, électricité, photométrie**, GALINE et SAINT-PAUL. 16×25, av. fig. 3^e édit. 1929. (1.040 gr.)..... 98 fr.
- Manuel de l'éclairage et applications pratiques**, FOURCAULT.
 16×25, av. fig. 1928. (565 gr.)..... 51 fr.
- Pour y voir clair**, TRIBOUILLOIS et LAUMIÈRE. 12×18.
 1931. (200 gr.)..... 19 fr. 50

- Le goudron et ses dérivés, MALATESTA.** 16×25, 2^e édit. 98 fr.
1927. (1.200 gr.).....
- Les fours à coke, LECOCQ.** 19×28, av. fig. et pl. 1919. (1.600 gr.) 98 fr.
- Combustibles industriels, COLOMER et LORDIER.** 16×25. 4^e édit.
1921. (1.470 gr.) 105 fr.
- Les constituants des charbons, leur influence sur quelques propriétés industrielles, LEGRAYE.** 16×25. 1933. (210 gr.) 18 fr.
- Recherche et exploitation du pétrole, HARDEL.** 14×22.
1922. (350 gr.)..... 28 fr.
- Le pétrole. Son utilisation comme combustible, MASMEJEAN et BÉRÉHARE.** 19×28, av. fig. et tabl. 1920. (1.070 gr.)..... 57 fr.
- La carbonisation des bois, lignites et tourbes, MARILLER.** 16×25, av. fig. 1924. (930 gr.)..... 65 fr.
- Technologie du bois, MASVIEL. T. I. 3^e édit. 1926 : Généralités.** 21×27, av. fig. (520 gr.), 23 fr.; T. II : *Travail mécanique*, av. fig. 2^e édit. 1925. (610 gr.) 27 fr.
- L'usinage du bois, PETITPAS.** 16×25, av. fig. 1923. (620 gr.).. 39 fr.
- La chimie du bois, HAWLEY et WISE. Traduit de l'anglais par BARRY.** 16×25. 1931 (700 gr.)..... 88 fr.
- Pour l'artisan du bois, STEGENS.** 12×18. 1927. (360 gr.).. 23 fr.
- Le séchage des bois, IHNE.** 16×25, av. fig. 2^e édit. 1934.
(270 gr.)..... 39 fr.
- Séchage industriel, RAZOUS.** 16×25. 3^e édit. 1920. (650 gr.) 46 fr.
- Exploitations forestières et scieries, LE BOUTELLER.** 13×21. 1931.
(400 gr.) 42 fr.
- La fabrication pratique du papier. CLAPPERTON, traduit de l'anglais par DADAY.** 16×25. 1933. (400 gr.)..... 35 fr.
- Les propriétés physiques et la fusion du verre, LONG.** 16×25, av. fig. 1933. (980 gr.)..... 98 fr.
- Soufflage du verre, VIGREUX.** 13×21, 3^e édit. 1930 (345 gr.) 39 fr.
- Céramique industrielle, ARNAUD et FRANCHE.** 13×21, av. fig. 2^e édit. 1922. (770 gr.)..... 77 fr.
- Les argiles réfractaires, BISHOP, SCHUBERT.** 16×25, 1926. (750 gr.) 77 fr.
- Pour le doreur, l'argenteur, le nickeleur, DE THELLESME.** 12×18, av. fig. 1928. (204 gr.)..... 15 fr.
- Manuel de l'émaillage sur métaux, MILLENET.** 13×19, 3^e édit. 1929.
(200 gr.)..... 18 fr.
- L'émaillage industriel de l'acier et de la fonte, THIERS.** 16×25.
1929. (488 gr.)..... 44 fr.
- Installation d'une émaillerie, EYER et THIERS.** 13×21. 1926.
(160 gr.)..... 15 fr.
- Technologie chimique des matières premières de l'émail, GRUNWALD, HIRSCH, THIERS.** 16×25, av. fig. 1926. (610 gr.) 56 fr.
- Les peintures et les vernis, GENIN et PIVRON.** 16×25.
1931 (420 gr.)..... 60 fr.
- Vernis et émaux celluloseux. SROXTON, traduit de l'allemand par Tissot.** 16×25, 1929 (385 gr.)..... 40 fr.
- Vernis, émaux, apprêts et mastics de nitrocellulose, WILSON.** Traduit de l'anglais par Tissot. 16×25. 1931. (495 gr.)... 50 fr.
- Photographie, MIRON, PROMIO.** 12×18. 2^e édit., 1925. (730 gr.) 68 fr.

- Pour le photographe et le cinéman, DE THELLESME. 12×18, av. fig. 1927. (240 gr.)..... 19 fr. 50
 La technique cinématographique, LOBEL. 16×25, 4^e édit. 1934. (775 gr.)..... 88 fr.
 Le guide de l'opérateur dans la photogravure, VILLEMAIRE. 13×21, av. fig. 1921. (250 gr.)..... 21 fr.
 Pour l'inventeur, CHAPLET. 12×18. 1926. (230 gr.).... 18 fr. 50

AGRICULTURE

- Annales agronomiques (*Nouvelle série*), publiées par l'Institut des recherches agronomiques. Publication bimestrielle. Abonnement annuel, France : 72 fr. 50; Étranger, 87 fr. (80 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit), le n^o de l'année en cours 14 fr.
 Les essais de machines agricoles. *Machines aratoires. Application de la mécanique physique aux sciences agronomiques.* BOURDELLE. 16×25, av. fig. 1932. (200 gr.)..... 16 fr.
 Génie rural. *Constructions rurales et machines agricoles*, PHILBERT-PORCHET. 12×18. av. fig. 2^e édit. 1927. (760 gr.) 60 fr.
 La dynamique du sol, DEMOLON. I: *Principes d'agronomie.* 16×25, av. fig. et pl. 1932. (685 gr.). 89 fr.; II: *Croissance des végétaux.* 16×25, av. fig. 1934. (620 gr) 78 fr.
 Hydraulique agricole, LÉVY-SALVADOR. 12×18, I: *Cours d'eau. Barrages. Maintien du libre écoulement des eaux.* av. fig. 3^e édit. 1928. (920 gr.), 68 fr.; II: *Irrigations*, av. fig. 2^e édit. 1923. (520 gr.), 45 fr.; III: *Eaux nuisibles*, av. fig., 2^e édit. 1923. (490 gr.). 45 fr.
 Oranges, citrons, pamplemousses. *Leur culture et leur commerce en Floride et en Californie*, FAUGERAS. 16×25. 1931. (610 gr.)..... 65 fr.
 Manuel de sucrerie de cannes, DE LAGUARIGUE DE SURVILLIERS. 16×25, av. fig. 1932. (480 gr.)..... 62 fr.
 Comment prévoir le temps? MOREUX. In-16, 2^e édit. 1925. (350 gr.). 21 fr.
 Méthode simple pour prévoir le temps, 11×15. MOREUX. 1923. (50 gr.)..... 7 fr.
 Pour le jardinier amateur. ROUSSET. 12×18, 1927. (300 gr.) 19 fr. 50

FASCIOULE 8

ARCHITECTURE. — CONSTRUCTION TRAVAUX PUBLICS

I. — ARCHITECTURE

- Architecture, HÉBRARD. 12×18, av. fig. 2^e édit. 1928. (720 gr.). 64 fr.
 Pour l'architecte et le futur propriétaire, HANNOUILLE. 12×18, av. fig. 1929 (235 gr.)..... 19 fr.
 Edifices publics, GUILLOT, BOUSQUET. 12×18, 2^e édit. 1927. (950 gr.)..... 83 fr.

- Comment construire une villa. La construction à la portée de tous.**
 GUILLOT. 13×21, av. fig. et 1 pl. 3^e édit. 1923. (640 gr.). 44 fr. 50
- Petites constructions françaises, par un Comité d'architectes, avec 400 pl. 1904. 26×33. T. I: (épuisé), T. II, III, IV, chaque volume, 1.500 gr. environ..... 100 fr.**
- La science des plans de villes. Ses applications à la construction, à l'extension, à l'hygiène et à la beauté des villes.** REV, PIDOUX, BARDE. 21×27, av. fig. et planches en couleurs. 1929. (1.300 gr.). 195 fr.
- Quelques problèmes d'urbanisme.** KHARACHNICE. 16×25. 1930. (265 gr.)..... 13 fr. 50
- L'urbanisme à la portée de tous,** RAYMOND. 13×21. 1925. (290 gr.)..... 25 fr.
- Guide pratique de l'urbaniste,** RAYMOND. 16×25, av. fig. 1933. (485 gr.)..... 45 fr.
- Précis d'urbanisme moderne,** RAYMOND, 16×25, avec fig. 1934. (610 gr.)..... 48 fr.
- Plantations, parcs et jardins publics,** LEFEBVRE. 12×18, 376 fig. 2^e édit. 1927 (550 gr.)..... 50 fr.

II. — GÉNÉRALITÉS SUR LA CONSTRUCTION

- Aide-mémoire des Ingénieurs, architectes, entrepreneurs, conducteurs, agents-voyers, dessinateurs,** CLAUDEL et DARIËS. Partie théorique : *Introduction à la science de l'ingénieur.* 8^e édit. 2 vol. 14×22, av. fig. et 2 pl. 1913. (2.430 gr.)..... 86 fr. 50
 Partie prat. : *Formules, tables et renseignements usuels.* 2 vol. av. fig. 12^e édit. 1930 (2.800 gr.) ensemble reliés..... 235 fr.
- Devis et évaluations des travaux publics et des constructions civiles,** BONNAL et DARDART. 12×18, 2^e édit. 1924. (960 gr.). 72 fr.
- Méthodes rapides d'évaluation du prix de construction et série de prix au mètre superficiel,** LOUARN. 21×27. 3^e édit. 1924. (430 gr.)..... 35 fr.

III. — RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX, STABILITÉ DES CONSTRUCTIONS

- Résistance des matériaux appliqués aux constructions,** ARAGON. 12×18, 2^e édition révisée par CHAMBRAN. I : 1928. (1.020 gr.), 69 fr. II : 1929 (910 gr.). 72 fr. III : 1927. (740 gr.)..... 56 fr.
- Problèmes de résistance des matériaux appliqués au calcul des éléments de machines,** SCHLAG et DEMARS. 16×25, av. fig., 1933. (300 gr.)..... 32 fr.
- Cours de résistance des matériaux,** RABOZÉE. 16×25, av. fig. 1926. (1.800 gr.)..... 182 fr.
- Cours de résistance des matériaux,** MESNAGER. 16×25 av. fig. 1928. (680 gr.)..... 84 fr.
- Déformations permanentes et ruptures des aciers. Les causes prévues. Les accidents.** RÉGNAULD, 16×25, 1929 (180 gr.). 22 fr.
- Barèmes pour le calcul des poutres, solives, linteaux, poutrelles, chevrons, etc.,** TURBAT. 16×25, 1929. (135 gr.)..... 15 fr.
- Calcul des poutres supportant des planchers et certaines charges particulières,** ROGER. 16×25. 1931. (410 gr.)..... 51 fr.

Stabilité des constructions usuelles, ROUSSELET et PETITET. 21 × 27 av. fig. 2 ^e édit. 1926. (840 gr.).....	78 fr.
Déformations des constructions usuelles, ROUSSELET et PETITET. 21 × 27, av. fig. 1923. (1.010 gr.).....	61 50.
Cours de stabilité des constructions, VIERENDEEL. 20 × 27, 4 ^e édit. I : 1926. (1.170 gr.), 135 fr.; II : 1928. (1.350 gr.), 150 fr.; III : 1927. (650 gr.), 100 fr.; IV : 1927. (965 gr.), 125 fr.; V : 1928. (1.135 gr.).	125 fr.

IV. — MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION, CIMENT ARMÉ

Les défauts des mortiers et bétons. MALETTE. 16 × 25, 1929 (425 gr.).....	55 fr.
Bois et métaux, AUCAMUS. 12 × 18, fig. 2 ^e éd. 1926. (630 gr.).	60 fr.
Analyses et essais des matériaux de construction, MALETTE. 12 × 18, av. fig. 1924. (1.010 gr.).....	72 fr.
Analyse diatométrique des matériaux, CHEVENARD. 20 × 27, 1929.	25 fr.
Recherches industrielles sur les chaux, ciments et mortiers, BIED. 16 × 25, av. fig., 23 graphiques. 1926. (470 gr.)....	49 fr.
Cours de béton armé, MESNAGER 21 × 27 1921. (1.450 gr.).	154 fr.
Aide-mémoire de l'ingénieur-constructeur de béton armé, BRAIVE. 13 × 21, av. fig. 3 ^e édit. 1922. (560 gr.).....	47 fr.
Le béton armé à la portée de tous, MALPHETTES. 13 × 21 (420 gr.). 1925.....	37 fr.
Exemples pratiques de dispositions d'armatures dans les ou- vrages en béton armé, KOUZNETZOFF. 25 × 32. 1931. (505 gr.).	36 fr.
Nouveaux exemples pratiques de dispositions d'armatures dans les ouvrages en béton armé, KOUZNETZOFF. 25 × 32, av. fig. 1933. (430 gr.).....	28 fr.
Calculs simplifiés de stabilité des constructions en béton armé, TRIBAULT. 16 × 25, 1929. (630 gr.).....	70 fr.
Tables pour le calcul rationnel des planchers sans nervures et des dalles rectangulaires, SONIER, 19 × 28, av. fig. 1929. (210 gr.).....	27 fr. 50.
Pour le cimentier. CHAPLET. 12 × 18, 3 ^e édit. 1934 (210 gr.).	15 fr.
Le portefeuille du béton armé, FORRESTIER. Fascicules I à IV. 21 × 31, av. fig., 6 pl. 2 ^e édit. 1926. (680 gr.), 62 fr.; Fasc. V à VIII. av. fig., 7 pl. 1921. (780 gr.).....	62 fr.
Calcul des constructions hyperstatiques, RIEGER-CAROT. Tome I : <i>Cadres et portiques en béton armé.</i> 2 vol., 16 × 25, 1927 (450 gr.) Ensemble 54 fr. — Tome II : <i>Cadres et portiques multiples.</i> 2 vol. 16 × 25. 1930. Ensemble (600 gr.). Br.....	132 fr.
Règle à calcul pour construction en béton armé, système RIEGER (avec 3 réglettes) 1.200 fr. Avec 4 réglettes.....	1.425 fr.

V. — TERPASSEMENTS, FONDATIONS, MAÇONNERIE

Tracé et terrassements, FRICK et GUILLEMONT. 12 × 18, 2 ^e édit. 1926 (950 gr.).....	70 fr.
Fouilles et fondations, FRICK et LÉVY-SALVADOR. 12 × 18. 2 ^e édit. 1926 (720 gr.).....	62 fr.
Maçonneries, SIMONET. 12 × 18. 2 ^e édit. 1929. (600 gr.)..	48 fr.

La marbrerie, DARRAS, 16 x 25, av. fig. 2° éd. 1929 (700 gr.). 72 fr.
 Pour le maçon et le plâtrier, HANNOUILLE, 12 x 18, 2° édit.
 (200 gr.), 1934..... 15 fr.

VI. — CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES, CHARPENTE, COUVERTURE, MENUISERIE, ÉBÉNISTERIE, TAPISSERIE, SERRURERIE

Calcul des charpentes, BERGERON, 21 x 27, 1921. (1.440 gr.). 126 fr.
 Constructions métalliques, BONHOMME et SILVESTRE, 21 x 27,
 av. fig. et 2 pl. 1921. (1.710 gr.)..... 112 fr.
 Considérations inédites sur les charpentes métalliques, L. PER-
 BAL, 21 x 27, av. fig. et tableaux, 1929. (520 gr.)..... 50 fr.
 Charpentes rationnelles les plus économiques, GELBLUM, 16 x 25,
 av. fig. (725 gr.)..... 125 fr.
 Tableaux relatifs à la construction métallique (*Vade-mecum du*
charpentier), PERRAL, 21 x 27, av. fig. 1929. (255 gr.)..... 23 fr.
 Le traçage en chaudronnerie et en charpente en fer, HERMANN et
 DEYSINE, 12 x 18, 1924. (200 gr.)..... 20 fr.
 Traçage des constructions métalliques et de chaudronnerie,
 BOTTIEAU, 16 x 25, 1926. (770 gr.)..... 61 fr.
 Charpente et couverture, ALDEBERT et AUCAMUS, 12 x 18, 2° édit.
 1926. (700 gr.)..... 52 fr.
 Pour le couvreur. *Tours de main, procédés, « trucs », recettes et for-
 mules du professionnel et de l'amateur*, HANNOUILLE, 12 x 18, 1931.
 (185 gr.)..... 15 fr.
 Manuel de serrurerie, HENRIET, 18 x 21, av. fig. 1924. (330 gr.) 21 fr.
 Cours de technologie du bois, MASVIEL, 21 x 27, I: *Généralités*, 3° édit.
 1926. (520 gr.), 23 fr.; II: *Travail mécanique*, 2° édit. 1925.
 (610 gr.)..... 27 fr.
 Menuiserie, serrurerie, plomberie, peinture et vitrerie, AUCA-
 MUS, 12 x 18, av. fig., 2° édit. 1924. (520 gr.)..... 45 fr.
 Pour finir un meuble, DREHURLES, 12 x 18, 2° éd. 1934. (350 g.) 19 fr.
 Pour le tapissier amateur, BEAURIEUX, 12 x 18,
 1928. (240 gr.)..... 18 fr. 50
 Manuel du tapissier-garnisseur, BOISARD, 12 x 18,
 1928. (330 gr.)..... 18 fr.

VII. — PLOMBERIE, CHAUFFAGE, FUMISTERIE, PEINTURE

Pour le plombier et le spécialiste en installations sanitaires,
 par de THELLESME et LEDUQUE, 12 x 18, 1931 (210 gr.). 19 fr. 50,
 Chauffage, ventilation et fumisterie, AUCAMUS, 12 x 18, av. fig.,
 2° édit. 1923. (480 gr.)..... 45 fr.
 Notes sur les chaudières employées dans les installations de chauf-
 fage central, LELEUX, 16 x 25, av. figures, 1927. (220 gr.)... 20 fr.
 Régimes variables de fonctionnement dans les installations de
 chauffage central, NESSI et NISOLLE, 19 x 28,
 1925. (250 gr.)..... 44 fr. 50
 Méthodes graphiques pour l'étude des installations de chauf-
 fage et de réfrigération en régime discontinu, NESSI et NISOLLE,
 19 x 28, avec 49 fig. 1929. (900 gr.)..... 84 fr.

- Résolution pratique des problèmes de discontinuité de fonctionnement dans les installations de chauffage central, NESSI et NISOLLE. 19 x 28, av. fig., 1933. (560 gr.)..... 42 fr.
- Distribution et réglage de la chaleur dans les installations de chauffage central, NESSI et NISOLLE. 18 x 27. 1924. (150 gr.). 11 fr.
- Répartition générale de la chaleur dans les immeubles au moyen de centrales thermiques, NESSI. 18 x 27 av. fig. 1924. (220 gr.) 16.50
- Pour le fumiste et le monteur de chauffage central, VALLIEZ et BELLAMI. 12 x 18. 1930 (205 gr.)..... 18 fr. 50
- Pour le peintre vitrier, BATAILLE, CHAPLET. 12 x 18, av. fig. 1931. (195 gr.)..... 16 fr. 50
- Pour le peintre décorateur, BATAILLE, CHAPLET, 12 x 18, av. fig. 1934. (169 gr.)..... 15 fr.

VIII. — TOPOGRAPHIE. — ROUTES

- Topographie appliquée aux travaux publics, PRÉVOT et ROUX. 12 x 18. I: *Instruments*. 2^e édit. 1925. (670 gr.), 66 fr.; II: *Méthodes*, 2^e édit. 1925. (990 gr.)..... 80 fr.
- Manuel de topométrie, BAILLAUD. 16 x 25, av. fig. 1920. (800 gr.) 42 fr.
- Sur le terrain, *Topographie usuelle*, LIGER. 13 x 21. N. T. 1925. (180 gr.)..... 11 fr.
- Nouvelle méthode pratique et tables pour le calcul du mouvement des terres et de la zone d'emprise nécessaire à la construction de routes, voies ferrées, canaux. CATTO, traduit de l'italien, par BOURGEOIS. 13 x 21. av. fig. 1930 (320 gr.). 27 fr. 50
- Tables trigonométriques pour le tracé des courbes de chemins de fer, routes et canaux, GAUNIN, HOUDAILLE et BERNARD. 14 x 22, av. fig. *Nouv. tirage* 1930 (450 gr.)..... 47 fr.
- Tables tachéométriques, NOMICOS., 16 x 25, 1928. (320 gr.). 50 fr.
- Routes et chemins vicinaux, ROUX. 12 x 18. 2^e éd. 1924. (640 gr.) 53 fr.
- Les routes américaines, ANTOINE. 12 x 18. 2^e éd. 1926. (150 gr.) 22 fr.
- Voie publique, LEFEBVRE. 12 x 18, av. fig. 2^e édit. 1926. (750 gr.) 60 fr.

IX. — PONTS. — VIADUCS. — TUNNELS

- Méthode de calcul des ponts métalliques, MÉTOUR. 19 x 28, av. fig. 1921. (1.410 gr.)..... 112 fr.
- Calculs de résistance des ponts métalliques, DE BOULONGNE et BEDAUX. 23 x 32, 1916. (1.160 gr.)..... 42 fr.

X. — ADMINISTRATION ET LÉGISLATION DES TRAVAUX PUBLICS

- Dictionnaire administratif des Travaux Publics, DEBAUVE. Edition refondue sous le nom de *Traité administratif des Travaux Publics* par COURCELLE. 16 x 25, 3 volumes 1927. (3.100 gr.).... 250 fr.
- Législation du bâtiment. COURCELLE. 12 x 18, 1930. (1.295 gr.)..... 120 fr.
- Manuel juridique des travaux publics, MARIZIS et COT. 16 x 25, 1925. (430 gr.)..... 56 fr.

FASCICULE 9

HYDRAULIQUE. — ASSAINISSEMENT NAVIGATION

I. — HYDRAULIQUE

- Théorie du coup de bélier**, ALLIÉVI et GADEN. 19 × 28 (690 gr.). 1921..... 14 fr.
- Théorie générale du coup de bélier**, JAEGER. 16 × 25, av. fig. 1933. (520 gr.) 86 fr.
- L'écoulement en conduites des liquides, gaz et vapeurs**, SCHLAG. 12 × 19, av. fig. 1933. (275 gr.)..... 18 fr.
- Barrages conjugués et bassins de compensation**, G. LAPORTE. 13 × 21, 1929. (310 gr.)..... 32 fr.
- Barrages et géologie**, LUGEON. 19 × 27, av. fig. 1933. (880 gr.). 100 fr.
- La technique de la houille blanche**, PACORET. 16 × 25. I : *Création et aménagement des chutes d'eau et des usines hydro-électriques*. 4^e éd., 1925. 2 vol., (3.050 gr.), 266 fr.; II : *Descriptions et études d'usines hydro-électriques aménagées ou projetées*. 3^e éd. 1920. (1.040 gr.), 78 fr. 50; III : *Utilisation de l'énergie des chutes d'eau*. 3^e éd. 1920. (1.870 gr.), 196 fr.; IV : *Utilisation de l'énergie des forces hydraul., électrochimie, électro-métallurgie*. 3^e éd. 1920. (1.290 gr.).. 112 fr.

II. — DISTRIBUTIONS D'EAU. — ASSAINISSEMENT

- Annuaire statistique et descriptif des distributions d'eau de France, Algérie, Tunisie, Maroc, Colonies françaises, Belgique, Suisse et Grand-Duché de Luxembourg**, D^r IMBEAUX. 2 vol. 16 × 25, 1931. (2.755 gr.)..... 380 fr.
- Distributions d'eau**, DARIËS et SAINT-PAUL. 13 × 21, av. fig. 2 pl. 2^e édit. 1932 (1.370 gr.)..... 132 fr.
- La mesure des débits à l'aide de diaphragmes et tuyères**, LEBRUN et THURIAUX, 18 × 25, av. fig. 1934. (180 gr.)..... 25 fr.
- Traité d'adduction et de distribution d'eau**, GILBERT et MONDON, 16 × 25, av. fig. et 8 pl., 2 vol. ensemble 1928 (2.500 gr.). 285 fr.
- Règle Mougnié**, pour le calcul des conduites..... 130 fr.
- Établissements des projets de distribution d'eau potable**, FRICK. LÉVY-SALVADOR. 16 × 25. 2^e édit. 1926, av. fig. (275 gr.).. 25 fr.
- Devis et cahiers des charges pour travaux communaux de distributions d'eau**, FRICK et CAUVIN. 21 × 31. 1920. (730 gr.). 44 fr. 50
- Assainissement général des villes et des petites collectivités**, MONDON.
- Tome I. *Les déchets urbains et la pollution des cités*. 16 × 25, 1931, av. fig. (380 gr.) 44 fr.
- Tome II. *Collecte et traitement des déchets solides et gazeux*. 16 × 25, av. fig. 1933. (775 gr.)..... 114 fr.
- Tome III. *Déchets liquides*, 16 × 25, av. fig. 1934 (900 gr.). 148 fr.
- Tome IV. *Partie administrative*. 16 × 25, 1934. (780 gr.)... 96 fr.
- La lutte contre les fumées, poussières et gaz toxiques**, HUMERY. 16 × 25, av. fig. 1933. (820 gr.)..... 70 fr.
- Assainissement des villes et égouts de Paris**, DAVERTON. 13 × 18, 1922. (900 gr.)..... 68 fr.

FASCICULE 10

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

- Revue générale des chemins de fer.** Publication mensuelle. Abonn. annuel: France, 120 f.; Etr. 160 fr. (145 f. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit). Le N° de l'année en cours. 11 fr.
- Les grands réseaux de chemins de fer français.** Année 1933. GODFERNAUX 10 x 15, 1934. (55 gr.)..... 5 fr.
- Aperçu de l'évolution des chemins de fer français de 1878 à 1928,** GODFERNAUX. 16 x 25, av. fig., 1928. (360 gr.)..... 20 fr.
- Les chemins de fer à voie d'un mètre,** MUSTAPHA IBRAHIM BEY. 22 x 32, av. fig. 1922. (1.110 gr.)..... 63 fr.
- Les chemins de fer coloniaux de l'Afrique,** WIENER. 16 x 25. 1930. (960 gr.)..... 75 fr.
- Exploitation technique des chemins de fer,** GALINE. 2^e édit. 1924. 12 x 18, av. fig. 1 pl. (900 gr.)..... 73 fr.
- Exploitation commerciale des chemins de fer,** BONNAL CHATEL. 12 x 18, 2^e édition. 1928 (840 gr.)..... 68 fr. 50
- Construction et voie,** SIROT et BELORGEY. 2^e édit. 1924. In-16. av. fig., 14 pl. (810 gr.)..... 64 fr.
- Manuel pratique des poseurs de voies de chemins de fer,** SALIN et SOUSTELLE. 13 x 21, av. fig. 5^e édit. 1925. (400 gr.).... 28 fr.
- Locomotive et matériel roulant,** DEMOULIN et VIGIER. 2^e édit. 1924. 12 x 18, av. fig., 14 pl. (630 gr.)..... 60 fr.
- La locomotive,** LAMALLE 15 x 23, av. fig. 3^e édit. 1927 (1.050 gr.) 80 fr.
- Tramways, Métropolitains et Automobiles,** AUCAMUS et GALINE. 3^e édit. JULIEN. 12 x 18, av. fig. 1 pl. 1924. (950 gr.).... 75 fr.
- Contrôle des chemins de fer et tramways,** DE LA RUELLE CHATEL. 12 x 18. 2^e édition 1929. (790 gr.)..... 58 fr.
- Cahiers des charges unifiés et spécifications techniques adoptés par les chemins de fer français,** VIOLET. 12 x 18. 1925. Avec compléments à jour au 21 janvier 1932. (370 gr.)..... 51 fr. 50

FASCICULE 11

GÉOLOGIE. — MINES

I. — GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE

- Dictionnaire de Géologie,** MEUNIER. 13 x 21. 1926 (900 gr.). 125 fr.
- Œuvres géologiques de Marcel Bertrand,** recueillies par DE MARGERIE, 3 volumes 16 x 25. I, 1927 (1.750 gr.), 100 fr.; II, 1928: (1.650 gr.). 100 fr.; III, 1932 (1.150 gr.), 100 fr. L'ouvrage complet..... 300 fr.
- La dérive des continents et les mouvements intra-telluriques,** DIVE. 16 x 25, av. fig. 1933. (130 gr.)..... 10 fr.
- Essai d'hydrogéologie. Recherche, étude et captage des eaux souterraines,** par le Dr IMBEAUX. 16 x 25, av. fig., 1930 (1.800 gr.). 270 fr.

Précipitations atmosphériques. Ecoulement et hydroélectricité J. LUGEON. 16 x 25, av. fig. et pl. 1928. (1.100 gr.).....	75 fr.
Les sourciers et leurs procédés. MAGER. 13 x 21, av. fig., 4 ^e édit. 1930 (490 gr.).....	50 fr.
La radio-physique, MAGER. 13 x 21, av. fig. 1934. (415 gr.).....	58 frs
Radiotelluristes et sourciers. Comptes rendus du premier Congrès. International-Avignon, 24-27 avril 1932. 16 x 25, av. fig. 1932. (450 gr.).....	58 fr.
Géologie et minéralogie appliquées, CHARPENTIER. 12 x 18, av. fig., 2 ^e édit. 1927. (960 gr.).....	64 fr.
Les minéraux et les roches, BUTTGENBACH. 16 x 25, av. fig. 5 ^e éd. 1928 (1.320 gr.).....	160 fr.

II. — MINES

Annales des Mines. Publication mens. Abt. annuel. Paris, 130 fr. Départ., 140 fr.; Etr., 170 fr. (160 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit). Le n ^o de l'année en cours. 12 fr.	
Etude pratique des minerais. Guide pour les missions d'études mi- nières et les essais aux usines de traitement. DÉGOUTIN. 16 x 25, 1934. (810 gr.).....	85 fr
Guide pratique de la prospection des mines et de leur mise en valeur, LECOMTE-DENIS, 16 x 25. 4 ^e édit. 1927. (1.380 gr.).....	110 fr.
Recherches minières. Guide pratique de prospection et de reconnais- sance des gisements. COLOMER. 13 x 21, 4 ^e édit. 1923. (530 gr.).....	54 fr.
Cours d'exploitation des mines, HATON DE LA GOUPILLIÈRE et BÈS DE BERC. 4 ^e édit. I : 16 x 25, av. fig. 1928. (2.075 gr.).....	189 fr.
II : av. fig. 1931. (1.750 gr.).....	185 fr.
III, IV. (<i>En préparation</i>).	
Haveuses ripantes et méthodes modernes d'exploitation des mines de combustibles, LERECOUVREUX. 16 x 25, 1934 (590 gr.).....	56 fr.
Exploitation des mines, COLOMER. 12 x 18, 3 ^e édit. 1923. (590 gr.).....	53 fr.
L'industrie minière en Afrique méridionale, LEPRINCE-RINGUET et DUMAS. 16 x 25. 1932. (345 gr.).....	48 fr.
Causeries sur les filons métalliques, AUDIBERT. 16 x 25, 1929. (475 gr.).....	33 fr.
Ateliers modernes de préparation mécanique des minerais, ROUX-BRAHIC. 16 x 25, av. fig. 1922. (1.490 gr.).....	168 fr.
Traité pratique du broyage et tamisage des matériaux et mine- rais, RATEL. 16 x 25, av. fig. 1920. (1.880 gr.).....	133 fr.
Technologie minière, CASTELAIN et STALINSKI. 16 x 25, 1934..... (<i>Sous presse</i>).	
La technique du mineur, MARTEL. 16 x 25. 2 ^e éd. 1929. (1.550 gr.).....	130 fr.
Les explosifs dans les mines, MARTEL. 16 x 25, av. fig. 3 ^e édit. 1932. (375 gr.).....	56 fr.
Législation minière et contrôle des mines, CUVILLIER, DE BUTTET. 12 x 18. 2 ^e édit. 1929. (760 gr.).....	67 fr.

FASCIULE 12

MÉTALLURGIE

I. — GÉNÉRALITÉS

- Traitement métallurgique des minerais complexes. Procédés de voie sèche, de voie humide, électrothermiques et électrolytiques des usines modernes.** ROUX-BRAHIC. 16 × 25, av. fig. 1927. (1.500 gr.). 147 fr.
- Electrométallurgie des solutions aqueuses. Electrochimie appliquée,** BILLITER, traduit par J. et S. SALAUZE. 16 × 25, av. fig. 1930. (730 gr.)..... 84 fr.
- Pour les praticiens de la fonderie : modeleurs, mouleurs, fondeurs,** LEFEBVRE. 12×18, 143 fig. 1928. (240 gr.)..... 19 fr.

II. — MÉTAUX INDUSTRIELS

- Utilisation des chaleurs perdues pour le chauffage et la force motrice,** BALCKE et SCHUBERT. 13 × 21, av. fig. 1934..... 52 fr.
- Le chauffage industriel, introduction à l'étude de la métallurgie,** LE CHATELIER. 16 × 25, av. fig. 3^e édit. 1925. (1.110 gr.)... 80 fr.
- L'économie thermique dans la sidérurgie.** SCHLIPKOTER, traduit de l'allemand par WBYAND et BECHTER, 16 × 25 1930. (870 gr.) 29 fr.
- Les fours industriels.** TRINKS, trad. de l'anglais par SCHUBERT. Tome I. 16 × 25. 1931. (730 gr.) 94 fr. Tome II. 1a-8°. 1932. (820 gr.). 112 fr.
- Le chauffage au charbon pulvérisé,** BODMER et NISOLLE. 16 × 25 av. fig. 1933. (595 gr.) 79 fr.
- Le charbon pulvérisé, le poussier de charbon et leurs applications,** BLEIBTREU. Traduit de l'allemand par SAUR. 16 × 25. av. fig. 1932 (1.005 gr.)..... 164 fr.
- Etat actuel de l'essai de fragilité des métaux,** DEJEAN et GERSZONOWICZ. 16 × 25, av. fig. 1934. (250 gr.)..... 20 fr.
- Leçons de sidérurgie,** ANGLÈS D'AURIAC et ESTOUR. 16 × 25. 2^e édit. 1930 (1.300 gr.) 120 fr.
- Essais et analyses des produits sidérurgiques,** SERRE. 13 × 21, av. fig. 1925. (280 gr.)..... 26 fr. 50
- Calcul du lit de fusion des hauts fourneaux,** PAWLOFF et DLOUGATCH. 16 × 25, av. fig. 1924. (550 gr.) 35 fr.
- Précis de métallographie microscopique et de macrographie,** GUILLET et PORTEVIN, 16 × 25, av. fig. et pl. 3^e éd. 1932 (1.280 gr.)..... 128 fr.
- Travaux pratiques de métallographie,** BRONIEWSKI. Traduit du polonais par PRUSZKOWSKI. 16 × 25, 1930. (250 gr.)..... 25 fr.
- Les méthodes d'étude des alliages métalliques,** GUILLET. 16 × 25, av. fig. 2^e éd. 1933. (1.600 gr.)..... 192 fr.
- La corrosion des métaux,** EVANS. 16 × 25. 1928. (640 gr.). 60 fr.
- Les impuretés dans les métaux. Leur action sur la structure et les propriétés des métaux,** par SMITHELLS. 16 × 25. 1930 (405 gr.). 50 fr.
- Trempe, recuit, revenu,** GUILLET. 16 × 25, I: *Théorie*. 1927. (870 gr.). 121 fr.; II: *Pratique*, 1928. (600 gr.). 83 fr.; III: *Résultats*. 1931. (1.330 gr.) 170 fr.

- La pratique des traitements thermiques**, de SMET. 16×25, av. fig. 1931. (365 gr.)..... 32 fr.
- Le contrôle de la dureté des métaux dans l'industrie**, ROUDIÉ, 16 × 25, 1930 (325 gr.)..... 26 fr.
- Manuel pratique de fonderie. Cuivre, Bronze, Aluminium, Alliages divers**, DUPONCHELLE. 13 × 21, *Nouv. tir.* 1923. (350 gr.)... 19 fr.
- La fabrication de la fonte malléable**, C. BUSQUET. 16 × 25, 1929. (315 gr.)..... 36 fr.
- La technique du modèle de fonderie**, MASVIEL. 21 × 27, 1927. (600 gr.)..... 53 fr.
- Pour le forgeron. Petite forge et forge industrielle. Maréchalerie et taillanderie. Forge de charronnage. Machines agricoles**, HURTEBISE 12 × 18. 1931. (195 gr.)..... 19 fr. 50
- Aciers, fers, fontes**, JACQUET. 13 × 21. I. av. fig. 2^e éd. 1923 : (320 gr.), 18 fr.; II : av. fig., 2^e éd. 1927. (320 gr.).... 18 fr.
- Etude sur le moulage de l'acier**, CROISSET. 16 × 25, 1931 (550 gr.)..... 55 fr.
- La sidérurgie à la portée de tout le monde**, BRULL. Tome I. *Du minerai de fer à la fonte*. 16 × 25, av. fig. 1933. (450 gr.). 28 fr. 50
- Déformations permanentes et ruptures des aciers**, RÉGNAULD. 16 × 25, 1929. (180 gr.)..... 22 fr.
- Les aciers spéciaux. Historique, propriétés, traitements, fabrication**, MARS, traduit de l'allemand par PÉTROU. 16 × 25, av. fig. 1932. (1.045 gr.)..... 140 fr.
- Laminage et tracé des cannelures des cylindres de laminoirs**, TAFEL. Traduit par GRISON. 16 × 25. 1931. (805 gr.)..... 88 fr.
- Etudes sur les laminoirs**, PUPPE et DEMOLE. 19×18, 1922. (1.370 gr.)..... 98 fr.
- Le tréfilage de l'acier**, BONZEL. 16 × 25, 1934 (1.220 gr.).. 146 fr.
- Laminoirs à fers marchands**, RICHARME. 21 × 27. 1929. (460 gr.)..... 55 fr.
- Traitement métallurgique des minerais complexes (zinc, cuivre, plomb, etc.)**, ROUX-BRAHIC. 16×25. 1927. (1.500 gr.)..... 147 fr.
- L'électrochimie et l'électrometallurgie**, LEVASSEUR. 16×25, av. fig., 3^e éd. 1928. (730 gr.)..... 71 fr.
- L'aluminium dans l'industrie**, ESCARD. 16 × 25. 1921. (1.090 gr.)..... 75 fr. 50
- La galvanisation du fer**, BABLIK-SCHUBERT. 16×25. 1927. (250 gr.)..... 54 fr.
- Manuel pratique de soudure autogène**, GRANJON et ROSEMBERG. 13 × 21, av. fig. 2^e éd. 1929 (560 gr.)..... 31 fr.
- La soudure électrique**, VARINOIS. 19 × 28. 1923. (1.270 gr.). 91 fr.
- Pour le soudeur-brasseur**, LEFÈVRE. 12×18, av. fig. 2^e éd. 1934. (195 gr.)..... 17 fr.
- L'électrometallurgie du fer et de ses alliages**, ESCARD. 16 × 25, 1920. (1.840 gr.)..... 133 fr.
- Les métaux des terres rares**, SPENCER et DANIEL. 16 × 25. 1922. (710 gr.)..... 56 fr.

III. — MÉTAUX PRÉCIEUX

- Etude résumée des métaux précieux**, LAATSCH. Traduit de l'allemand par SCHUBERT. 16 × 25. 1930. (290 gr.)..... 32 fr.

CONDITIONS GÉNÉRALES DE VENTE

EXPEDITIONS. — Les ordres sont exécutés contre remise de valeur sur Paris, mandat-poste, versement au compte de chèques postaux PARIS 7545 ou bien, sur le désir du client, contre remboursement lorsque ce mode de recouvrement est possible. Sauf avis contraire du destinataire, l'envoi est fait par poste ou colis postal à ses risques et périls ; *il est toujours recommandé pour l'étranger*, mais ne l'est que sur demande pour la France et ses colonies.

Les frais de port, ainsi que ceux de remboursement, de recommandation ou d'assurance sont à la charge du client. Le poids net indiqué au catalogue pour chaque ouvrage permet d'évaluer les frais de port d'après le tarif postal « imprimés » ou bien en se reportant à un barème envoyé franco sur demande.

COMPTES COURANTS. — Un compte peut être ouvert lorsque l'importance des commandes et surtout leur fréquence le justifient ; les clients en compte reçoivent en février, mai, août et novembre, pour les trois mois précédents, un relevé dont ils effectuent le paiement dans les conditions ci-après.

RÈGLEMENT. — France et Afrique française du Nord : Valeur sur Paris, mandat-poste ou versement au compte de chèques postaux PARIS 7545. Les clients en compte peuvent, s'ils le désirent, s'acquitter au moyen d'une traite présentée à leur domicile les 5 mars, 5 juin, 5 septembre ou 5 décembre, avec majoration de 3 fr. pour frais de recouvrement.

Exceptionnellement, et afin de faciliter les débuts des jeunes ingénieurs français, les fournitures de 200 francs et au-dessus, d'ouvrages édités par la librairie DUNOD peuvent être réglées à raison de : *un quart du prix des livres et le montant des frais de port joints à la commande* ou contre remboursement, le reliquat en trois paiements trimestriels égaux.

Colonies françaises et Étranger : Chèque sur Paris, mandat-poste (pour les pays faisant partie de l'Union Postale), versement au compte de chèques postaux PARIS 7545 (pour les clients résidant dans les pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Hongrie, Italie, Japon, Lettonie, Luxembourg, Pays-Bas, Pologne, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie et Yougoslavie).

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Indépendamment des livres indiqués dans son catalogue, la librairie DUNOD fournit tous les ouvrages français et étrangers. La fourniture d'ouvrages étrangers, de spécimens, livraisons et collections de revues françaises et étrangères, ainsi que de renseignements sur les mêmes catégories de publications fait l'objet de conditions spéciales figurant dans chaque livraison de la *Bibliographie des Sciences et de l'Industrie* ou qui sont communiquées sur demande.

La *Bibliographie des Sciences et de l'Industrie*, éditée par la librairie DUNOD, (abonnement 10 fr. pour la France et ses Colonies, 20 fr. pour l'étranger) est servie *gratuitement* à ceux de ses clients qui en font la demande. Cette revue donne 8 fois par an les titres de tous les livres techniques récemment parus en France et des principaux ouvrages de même nature publiés à l'Étranger, ainsi que les sommaires des revues scientifiques françaises les plus réputées.

Les fascicules du catalogue général énumérés dans l'extrait qui précède et qui donnent, par spécialité, les sommaires des ouvrages publiés par la librairie DUNOD, sont envoyés franco sur demande.



SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 114 750 000 FRANCS

Usines à : **MULHOUSE** (170000 Hab.) - **GRAFFENSTADEN** (30000 Hab.) - **CABLERIE A CLICHY** (Comm.)

Maison à **PARIS** : 32, Rue de Lisbonne 87

AGENCES A :

BORDEAUX, 15, c. Georges-Clemenceau.

ÉPINAL, 12, r. de la Préfecture.

LILLE } 61, r. de Tournai.

16, r. Faïdherbe (textile).

LYON, 13, r. Grôlée.

MARSEILLE, 9, r. Sylvabelle.

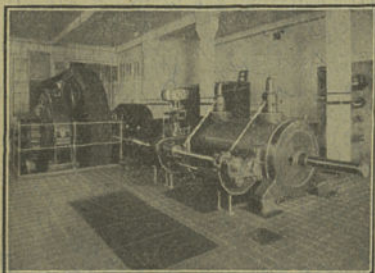
NANCY, 34, r. Gambetta.

NANTES, 1, r. Camille-Berruyer.

ROUEN, 7, r. de Fontenelle.

STRASBOURG, 18, boul. Wilson.

TOULOUSE, 21, r. Lafayette.



Machine à vapeur monocylindrique à soupapes de 600 CV.

Fils et Câbles isolés et armés pour toutes applications. Câbles armés spéciaux pour puits de mines.

Chaudières, Machines à vapeur, Moteurs à Gaz et Installations d'épuration de Gaz.

Turbo-Compresseurs, Machines et Turbo-Soufflantes, Turbines hydrauliques. —

Locomotives à vapeur, Machines pour l'Industrie Textile, Machines-Outils, Crics et Vérins U. G., Bascules, Transmissions, Machines et Appareils pour l'Industrie Chimique, Pompes rotatives volumétriques "Birotor" pour liquides visqueux, essence, etc...

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Publicité AGEPP, 4, rue Tronchet, Paris-8e

Société de Construction de Voies aériennes

54, Rue **BLANCHE**

Téléph. :

Fondée en 1902

PARIS - 9^E

Trinité 09-51

“TRANSPORTEURS AÉRIENS”

“ETCHEVERRY”

MONOCABLE

BICABLES - VA-ET-VIENT



MONORAILS - PLANS INCLINÉS

PONTS SUSPENDUS

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

SKIPS - CABLES DRAGUEURS

POTEAUX ^{EN} BOIS

Pour transport de FORCE, LUMIÈRE ÉLECTRIQUE, etc.

POTEAUX pour MINES et HOUILLÈRES

Pavés, Bois de CONSTRUCTION

Pieux, Planches, Piquets, etc.

20 CHANTIERS D'INJECTION

SOCIÉTÉ ANONYME DES

Etablts **ARMAND BEAUMARTIN**

Capital 4.000.000 de frs.

BORDEAUX — 33, RUE DE SAINT-GENÈS

TÉLÉPHONE 74.28

Adresse télégr. : ARMAND BEAUMARTIN-BORDEAUX

TRAVERSES CHEMIN DE FER

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Injectées, entaillées et percées

