

AGENDA DUNOD

1929

CONSTRUCTION MÉCANIQUE

RUE BONAPARTE 92-PARIS

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Pour apprendre la MÉCANIQUE

adressez-vous à l'INSTITUT POLYTECHNIQUE
DE L'ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

PLACÉE SOUS LE HAUT PATRONAGE DE L'ÉTAT

Directeur : J. GALOPIN *.^U I., Ingénieur

152, Avenue de Wagram, PARIS. Tél. : Wagram 27-97

Fondé il y a 25 ans par des INDUSTRIELS
Dirigé par des INGÉNIEURS-SPECIALISTES
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

Diplômes de Contremaitres, Chefs, Ingénieurs :

*Automobile, Aviation, Machines à vapeur
à pétrole, à gaz, hydrauliques
frigorifiques*

Constructions métalliques

Constructions navales, Outillage

Usines, Dessin industriel.

Mécaniciens, Officiers Ingénieurs de la Marine,

Jeunes techniciens, perfectionnez-vous

vous gagnerez davantage, et votre patron également

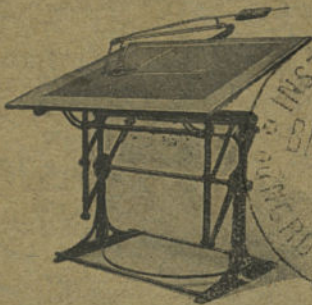
Envoi du Programme, n° 807.....	gratuit.
Guide des Situations Industrielles, 1 vol.....	2 fr.
Journal de Mathématiques et de Physique..	N° 1 fr.
La Situation dans l'Aviation	
IRIS - LILLIAD Université Lille 1..	N° 2 fr.
Le Mécanicien de la Marine.....	N° 3 fr.

LE BUREAU DE DESSIN MODERNE

F. DARNAY (Ing^r A. et M.), 7, Rue Coppel

TÉL. : GOB. 46.56 PARIS (XIII^e) MÉTRO : ITALIE

TABLES A DESSIN



Normographe

Appareil à Dessiner

Toutes les
Fournitures
de Dessin

Catalogues AD
sur demande

MARCEL SEBIN & C^{ie}

79, RUE D'ANGOULÊME, 79. PARIS-XI^e

LA

CHAINE

DANS TOUTES SES

APPLICATIONS

Soudures Spéciales à Basse Température

PLAQUES ET POUDRES
SOUDER

les fers et les Aciers

PLAQUES
BRÂSER

*les Aciers
à ruban*

POUDRE
BRÂSER

*Supérieure
au borax*

BRASURE
COMPLÈTE

*Employant
sans borax*

BANKALINE

*Soudure
d'étain
en pâte*

BAGUETTE
BRÂSER

*Plus fusible
que
le laiton*

"UNIFONTE"

*Pâte
à braser
la fonte*

FONTOGÈNE

*Baguette
d'apport
pour fonte*

"SUPERFLUX"

*Décapant
pour
tous métaux*

TREMPÉ
ET
CÉMENT

*à
feu ouvert*

FER
A SOUDER

à Gaz

"ZÈCA"

*Soudure
pour
Aluminium*

MARQUES

"LAFFITTE"

"DELMAS"

"LIGOT"

"LACHÈZE"

SOCIÉTÉ DES PLAQUES ET POUDRES A SOUDER

SOCIÉTÉ ANONYME - CAPITAL: 3.000.000 DE FRCS

102, AVENUE PARMENTIER - PARIS

SUPÉRIORITÉ INCONTESTABLE
 ◆ ◆ DURÉE ILLIMITÉE ◆ ◆

Parquet Hygienique
 SANS JOINT
Terrazzolith

SUPÉRIORITÉ GARANTIE
Ne gonfle ni ne se fend jamais.
Belles Couleurs. Inalterables.
Durée Illimitée.

DEMANDEZ PROSPECTUS
 TELEPHONE NORD 127-31
 127-35

Terrazzolith
 "DÉPOSÉ"



DOUCE & MOÛLIN 64, RUE PETIT PARI^{XIX}

Le Parquet par excellence pour :

BUREAUX, MAGASINS, ATELIERS, VOITURES à VOYAGEURS
 ÉCOLES, HOPITAUX, ÉGLISES, SALLES de SPECTACLES

Procédés brevetés S. G. D. G.

Se méfier des substitutions.

LES TRAVAUX SONT ENTIÈREMENT GARANTIS

RESISTANCE - ÉCONOMIE CERTAINE - RÉVÉLATION

SOC^{te} ANONYME des ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES**A. DURENNE**

Téléphone

Capital 5.200.000 frs.

Provence } 24.41

Inter-Prov. : 19. } 24.42

26, Faubourg Poissonnière, PARIS

R. C. 44.843 Seine

**FONTES MÉCANIQUES sur MODÈLES
POUR TOUS EMPLOIS****TUYAUX pour EAU, GAZ, VAPEUR****FONTES pour FOYERS, ROBINETTERIE
TRANSMISSIONS***But du taylorisme.*

L'industrie traverse à l'heure actuelle une crise très grave. Pendant le dernier siècle elle a atteint, grâce à l'appui des sciences expérimentales : mécanique, physique et chimie, un degré d'épanouissement absolument imprévu; elle a fait en quelques années plus de progrès que depuis l'origine du monde. Mais ce mouvement tend à se ralentir, les luttes incessantes entre le capital et le travail empêchent de nouveaux progrès et menacent même les résultats déjà acquis. Pour sortir de cette situation critique et reprendre une marche ascendante, l'industrie devra s'attaquer aux problèmes des questions ouvrières et pour cela faire appel aux sciences économiques et sociales; l'intervention de ces sciences semble devoir être dans l'avenir aussi importante pour le développement de la richesse publique que l'a été, dans le passé, celle des sciences physiques et naturelles. Or, au dire de F. Taylor, son système d'organisation du travail donnerait la solution à peu près complète des problèmes relatifs aux rapports du capital et du travail; il n'y aurait jamais eu de grèves, ni difficultés sérieuses dans les usines où fonctionne ce système. Cela vaudrait la peine d'aller vérifier sur place un fait aussi surprenant. Ce serait chose facile pour les industriels, car ils envoient constamment leurs ingénieurs en mission à l'étranger, étudier les nouveaux types de machines : ils peuvent aussi bien les envoyer étudier les nouvelles organisations du travail. Les ouvriers de leur côté pourraient charger des mêmes études les secrétaires de leurs syndicats.

Cette lutte incessante du capital et du travail, arrivée aujourd'hui à l'état aigu, a deux origines bien distinctes : la *méchanceté* naturelle à l'homme qui le pousse à faire le plus de mal possible à son prochain, soit pour lui prendre son bien, soit pour le simple plaisir du mal, et plus encore heureusement, son *ignorance* de ses véritables intérêts.

Le cheminot, qui sabote les voies ferrées pour faire dérailler les trains et tuer le plus de monde possible, est un véritable bandit, obéissant aux mêmes sentiments que le négro des poulades de l'Afrique, qui tue pour le plaisir de voir couler le sang. Le spéculateur, dont le jeu sur les marchandises ruine parfois de nombreuses populations ouvrières ou agricoles;

(Voir la suite page 4.)



Chaîne Galle

PARIS, 84, rue Oberkampf

CHAINES GALLE et
VAUCANSONen
tous genres

A NE MON GALLE

Société Anonyme au Capital de 2.250.000 francs

Chaîne
Vaucanson.

R. BENOIT

Administrateur délégué

ROUES POUR CHAINES

Catalogue franco sur demande



pour le
Chauffage de vos **Générateurs**
utilisez les

mauvais combustibles

Sciure Copeaux
_ Tannée humide _
Copeaux résidus des
fabriques d'extraits _ Bagasse
_ Cossette (Sucre de Canne) _ Déchets de
graines oléagineuses _ Balle de riz _
Déchets de teillage _ Matières encom-
brantes _ Tourbe _ Lignite - etc.... :: :: ::

dans les **FOYERS à COMBUSTION MÉTHODIQUE**

construits
= par **ALEXIS-GODILLOT** 2, Rue Blanche
IRIS - LILLIAD - Université Lille = **PARIS** =



ÉCLAIRAGE LOCALISÉ

LAMPE AJUSTABLE

"GRAS"

DIBIER DES GACHONS & REVEL
CONSTRUCTEURS

33, Rue du Départ

TÉL. LITTRÉ 22-33 **PARIS (XIV^e)**

le fabricant qui falsifie sa marchandise et trompe son client; l'homme d'affaires, qui se livre à des opérations véreuses et dilapide les fonds confiés par des clients trop naïfs, ont la même mentalité et causent les mêmes désordres, les mêmes ruines dans la société. Depuis l'origine du monde la moralité moyenne des hommes n'a guère varié. La peur du gendarme, les sentiments religieux, la force de l'habitude dans les sociétés civilisées peuvent momentanément refréner ces mauvais instincts; mais sitôt ces freins relâchés, l'homme revient à l'état sauvage. Cela se voit au lendemain des révolutions, quand le pouvoir du gendarme est momentanément suspendu, et dans tous les pays, où l'autorité tombe en déliquescence. Il faut se résigner à vivre avec cette cause de désordre, en tâchant, bien entendu, de maintenir coûte que coûte le gendarme en bonne position.

Mais en outre l'ignorance de l'homme au sujet de ses véritables intérêts est immense, surtout chez l'ouvrier; heureusement cette ignorance peut être corrigée, car l'homme s'instruit tous les jours davantage. Il y a un

(Voir la suite page 6.)

Brevetée
S. G. D. G.
en France
et à l'Étranger
Supprime
la LIME
et le BURIN



LA RAPIDE-LIME

s'adapte INSTANTANÉMENT à s'importe quel ÉTAU

Travaille sans BRUIT, ni FATIGUE

l'acier, le fer, la fonte, le bronze
et autres matières

**TOUT LE MONDE
AJUSTEUR-MÉCANICIEN**

Cette machine à mouvement automatique
réversible peut raboter avec précision une
surface de 200x280mm.

— Notice et attestations franco —

Diplôme d'Honneur. Exposition Universelle de Gand 1913

JACQUOT & TAVERDON **PARIS (13^e)**

IRIS - LILLIAD Université Lille 1 Rue Regnault

Établissements DELATRE & FROUARD Réunis

Société Anonyme

Siège social : 39, Rue de la Bienfaisance, PARIS-8^e

Téléphone : LABORDE, 19-58 et 19-59

Jules PUECH, Administrateur, Directeur général

FROUARD

NANCY et LONGWY

(M.-et-M.)

DAMMARIE-LES-LYS

(S.-et-M.)

SOUGLAND

ET

PAS-BAYARD

(AISNE)

FERRIERE-LA-GRANDE

(NORD)

BOUZOVILLE

(MOSELLE)

Cylindres de laminoirs fonte spéciale demi-dure et trempée de tous poids et de toutes dimensions bruts de fonderie et usinés. Lingotières. Pièces de fonte jusqu'à 100 tonnes.

Ponts et charpentes métalliques. Installations complètes de sièges d'extraction, de hauts fourneaux et fonderies. Grosse chaudronnerie.

Appareil breveté de chargement automatique de hauts fourneaux.

Installations modernes de sucreries de betteraves et de cannes. Raffineries. Diffusions perfectionnées à entrée et sortie de jus centrales. Appareils d'évaporation à faible volume de jus et à circulation automatique. Chaudières à cuire à faisceau tubulaire. Charpente métallique et chaudronnerie.

Appareils de chauffage. Cheminées. Calorifères. Foyers intérieurs et poêles de toutes sortes en fonte émaillée, décorée et nickelée.

Appareils de cuisine. Cuisinières fonte. Fourneaux tôle et fonte de tous systèmes. Fourneaux à bouilleurs pour chauffage central. Fourneaux pour hôtels ou Etablissements publics, décorés, émaillés et nickelés.

Poterie. Buanderie.

Fonte de bâtiment : châssis à tabatières. Eviers. Appareils hygiéniques.

Tôlerie, tuyaux, coudes, pelles, seaux, lessiveuses.

Laminoir de tôles fines. Spécialité de tôles bleues et glacées.

Dépôt à Paris et à Bruxelles.

Atelier de construction mécanique, de chaudronnerie et de charpentes en fer.

Fonderie de fonte pour pièces jusqu'à 50 tonnes

Fonderie de bronze et toutes qualités.

Trains complets de laminoirs et accessoires.

Appareils d'aciéries, hauts fourneaux et mines.

Cylindres de laminoirs, fonte spéciale, demi-dure et trempée, de tous poids et de toutes dimensions, bruts de fonderie et usinés.

BÉTONS ARMÉS HENNEBIQUE

DIRECTION et BUREAU TECHNIQUE CENTRAL

1, Rue Danton, PARIS (6^e)

Adr. télégr. : Hennebique-Paris 25 - Téléph. Littré 43-43

TOUS TRAVAUX EN BÉTON ARMÉ

Brochures - Renseignements - Avant-Projet

GRATUITEMENT sur DEMANDE

Plus de 1.200 Agents et Entrepreneurs-Concessionnaires

GRANDS PRIX A TOUTES LES EXPOSITIONS

POUR L'INDUSTRIE

LA MÉTALLURGIE
LES MINES
LA MARINE
LES CH. DE FER

Instruments de précision :

MANOMÈTRES - THERMOMÈTRES - PYROMÈTRES

TACHYMÈTRES · DYNAMOMÈTRES · COMPTEURS DE TOURS

INDICATEURS DYNAMOMÉTRIQUES

RÉGULATEURS DE VITESSE - DÉTENDEURS

PURGEURS AUTOMATIQUES - INJECTEURS

POMPES A VAPEUR - POMPES D'ÉPREUVE

Robinetterie pour vapeur surchauffée
et pressions de 100 kilos

SOCIÉTÉ FRANÇAISE

SCHAEFFER & BUDENBERG

A responsabilité limitée, capital de 100.000 francs

126, Boulevard Richard-Lenoir -:- PARIS (XI^e)

COMPRESSEURS POMPES

Sté de Constructions Mécaniques
de **STAINS**

Anciens Ateliers CLERC et QUANTIN

Bureaux et Ateliers
à STAINS (Seine)

Téléph. :
Nord 80-05

fonctionnement de certains appareils qui obligent souvent à des minima excessifs.

Quoi qu'il en soit, on ne devrait jamais dépasser 30 mètres par seconde, ni guère descendre au-dessous de 10 mètres.

La courroie est dite *ouverte* quand les axes qu'elle relie tournent dans le même sens; les arbres sont parallèles, et le sens du mouvement est réversible.

Elle est au contraire *croisée* si les axes tournent en sens inverse, les arbres sont aussi parallèles, et le mouvement également réversible.

Elle est *démi-croisée* quand les axes ne sont pas parallèles. Le sens du mouvement n'est pas forcément réversible.

La transmission peut toujours être réalisée au moyen d'une courroie,

(Voir la suite page 10.)

MAISON FONDÉE EN 1869

Ateliers V^{ve} L. PACCARD

— ◆ —
DÉCOLLETAGE DE PRÉCISION
BOULONNERIE

SPÉCIALITÉS pour L'AUTOMOBILE, L'AVIATION
et L'ÉLECTRICITÉ

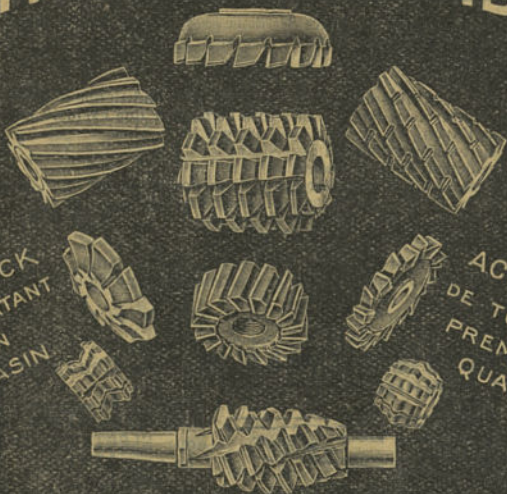
Usine électrique - LILLAD, Université Lille 1, PARIS (XIX^e)

Téléphone : Nord 01-48 — R. C. Seine, N° 339.389.

230M9A022A 30Y 9009

LELIVET

FRAISES EN ACIER RAPIDE



STOCK
IMPORTANT
EN
MAGASIN

ACIER
DE TOUTE
PREMIÈRE
QUALITÉ

PARIS-30A36. Rue RAMUS

TÉL. ROQUETTE 70-14 70-15

LEMA

R.C. SEINE N° 90685

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

POUR VOS ASSURANCES
ACCIDENTS & INCENDIE

ADRESSEZ-VOUS A

LA PARTICIPATION

10, rue de Londres à PARIS

Contrats les plus libéraux et les meilleurs

quelle que soit la position relative des deux axes, et cela grâce à l'emploi de galets de renvoi convenablement disposés.

* * *

La capacité d'entraînement d'une courroie, qui conditionne le premier facteur du travail mécanique, c'est-à-dire l'effort, est due exclusivement, comme nous l'avons vu, à son adhérence sur les poulies.

Cette adhérence est fonction :

- 1° Du coefficient de frottement;
- 2° De la pression qui unit la courroie à la poulie;
- 3° De l'arc enveloppé par la courroie sur cette poulie.

* * *

Le coefficient de frottement est égal à la tangente de l'angle qui détermine le glissement; l'importance de ce coefficient dépend de la nature et de l'état des surfaces en contact.

(Voir la suite page 11).

L. CHEVENIER, Constructeur
 SAINT-SYMPHORIEN (Loire)



"Moufles Chevenier"

pour ÉLECTRICIENS
 ou pour LEVAGE

Brevetés S. G. D. G.

Avec les MOUFLES CHEVENIER, à arrêt automatique instantané de la corde, la tension des fils et des câbles se fait sans fatigue et avec sécurité absolue.

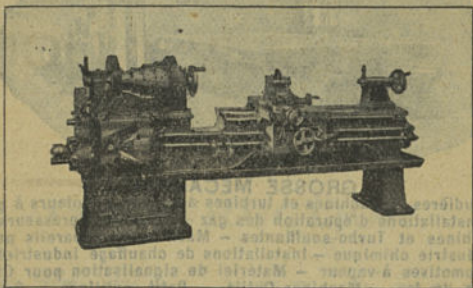
— Divers modèles pour tension de 50 à 3.000 kilos —

Le **"RECTILIGNE"**, Breveté S. G. D. G.

TENDEUR DE COURROIES

tend symétriquement et automatiquement toutes largeurs de courroies.

LES TOURS CAZENEUVE



9, Rue de Clichy - PARIS (IX^e).

Lorsqu'il s'agit d'une surface plane, le coefficient de frottement diminue considérablement dès qu'un glissement a commencé à se produire; c'est tout à fait le cas pour les roues de locomotives ou d'automobiles lorsqu'elles se mettent à patiner.

Dans le cas d'une courroie, laquelle s'applique sur une surface courbe, c'est exactement l'inverse qui se produit, et le coefficient de frottement tend à augmenter quand le glissement s'accroît. Cette circonstance est très favorable en l'espèce puisqu'elle permet le coup de collier si une surcharge momentanée et d'importance limitée vient à se produire.

La pression indispensable à l'adhérence ne peut être obtenue, dans le cas qui nous occupe, que moyennant un régime de tension approprié.

On entend par « arc enveloppé » la portion de circonférence occupée par la courroie sur la poulie. L'arc enveloppé s'exprime en « tant pour cent » de la circonférence totale. Il est de toute évidence que l'arc enveloppé est maximum, c'est-à-dire voisin de 50 0/0, lorsque les deux poulies sont d'égal diamètre (tout au moins dans le cas d'une courroie ouverte, qui est de beaucoup le plus fréquent et le plus normal). (*)

(*) Comment IRIS - LILLIAD - Université Lille 1 mission, par Henri GUILLOU, Dunod, éditeur, Paris.



GROSSE MÉCANIQUE

Chaudières - Machines et turbines à vapeur - Moteurs à gaz et installations d'épuration des gaz - Turbo-compresseurs - Machines et Turbo-soufflantes - Machines et appareils pour l'industrie chimique - Installations de chauffage industriel - Locomotives à vapeur - Matériel de signalisation pour Chemins de fer - Machines-Outils - Petit outillage - Grues électriques - Crics et Vérins U G - Bascules - Transmissions.

ÉLECTRICITÉ

Dynamos - Alternateurs - Groupes électrogènes - Transformateurs - Convertisseurs - Commutatrices - Redresseurs à vapeur de mercure - Moteurs électriques pour toutes applications - Commandes électriques pour laminoirs - Machines d'extraction électriques - Traction électrique - Fils et câbles isolés - Installation complète de stations centrales et de sous-stations.

MACHINES POUR L'INDUSTRIE TEXTILE

Machines pour la préparation et le peignage de la laine et la filature de la laine peignée - Machines pour la préparation et la filature du coton. Machines de tissage pour le coton, la laine, la soie - Machines pour la soie artificielle - Machines pour l'impression, la teinture, l'apprêt, le blanchiment et le finissage des tissus - Installation complète d'usines pour l'industrie textile

SOCIÉTÉ ALSACIENNE

de Constructions Mécaniques

Usines à : BELFORT (Territ^{re} de), MULHOUSE (Ht-Rhin)

GRAFFENSTADEN (B.-Rhin) et CLICHY (Seine)

Maison à PARIS, 32, rue de Lisbonne (8^e)

Agences à :

BORDEAUX, 9, rue du Chapeau-Rouge

ÉPINAL, 12, Rue de la Préfecture

19, r. de la Gare (Textile)

LILLE, 61, rue de la Courbe

16, Rue Faidherbe (Textile)

LYON, 13, rue Grôlée



MARSEILLE, 40, r. Sainte.

NANCY, 21, rue St-Dizier.

NANTES, 7, rue Racine.

ROUEN, 7, r. de Fontenelle.

STRASBOURG, 10, r. de l'Ecurie.

TOULOUSE, 21, r. Lafayette.

53 A ✓



CONSTRUCTION
MÉCANIQUE

1929

AGENDAS DUNOD

- Assurances**, par P. VÉRON et F. POURCHEIROUX.
Automobile, par G. LIENHARD.
Banque, par H. DUFAYEL.
Bâtiment, par E. AUCAMUS, revu par Ph. ROUSSEAU.
Béton armé, par V. FORESTIER.
Chemins de fer, par P. PLACE.
Chimie, par E. JAVET.
Commerce, par G. LE MERCIER.
Construction Mécanique, par J. IZART.
Électricité, par L.-D. FOURCAULT.
Métallurgie, par L. DESCROIX et S. BRULL, revu par A. ROUX.
Mines. — *Prospection et exploitation*. — *Préparation mécanique*, par J. ROUX-BRAHIC.
Physique Industrielle, par J. IZART.
Travaux publics, par E. AUCAMUS, revu par Ph. ROUSSEAU.
-

Prix de chaque volume relié pégamoïd : 17 fr.

CONSTRUCTION MÉCANIQUE

PAR

J. IZART
Ingénieur-Conseil.

A L'USAGE DES

**Ingénieurs, Constructeurs-Mécaniciens, Industriels
Chefs d'ateliers et Contremaîtres**

48^e édition

1929

PARIS



92, RUE BONAPARTE (VI)
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

MÉCANIQUE CONSTRUCTION

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**.

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

JANVIER



Les jours croissent de
1 heure 3 minutes

FÉVRIER



Les jours croissent de
1 heure 30 minutes

MARS



Les jours croissent de
1 heure 48 minutes

D. Q. le 2, à 18 h. 44 m.
N. L. le 11, à 0 h. 28 m.
P. Q. le 18, à 15 h. 15 m.
P. L. le 25, à 7 h. 9 m.

D. Q. le 1, à 14 h. 10 m.
N. L. le 9, à 17 h. 55 m.
P. Q. le 17, à 0 h. 22 m.
P. L. le 23, à 18 h. 59 m.

D. Q. le 3, à 11 h. 9 m.
N. L. le 11, à 8 h. 37 m.
P. Q. le 18, à 7 h. 41 m.
P. L. le 25, à 7 h. 46 m.

1	M	<i>Circoncision</i>
2	M	S. Basile
3	J	S ^e Geneviève
4	V	S. Rigobert
5	S	S ^e Amélie
6	D	<i>Epiphanie</i>
7	L	S ^e Mélanie
8	M	S. Lucien
9	M	S. Julien
10	J	S. Paul
11	V	S. Théodose
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	Ch. s. Pierre
19	S	S. Sulpice
20	D	S. Sébastien
21	L	S ^e Agnes
22	M	S. Vincent
23	M	S. Raymond
24	J	S. Babylas
25	V	Conv. s. Paul
26	S	S ^e Paule
27	D	<i>Septuagésime</i>
28	L	S. Charlem.
29	M	S. Fr. de S.
30	M	S ^e Bathilde
31	J	S ^e Marcelle

1	V	S. Ignace
2	S	<i>Purification</i>
3	D	<i>Sexagésime</i>
4	L	S. Gilbert
5	M	S ^e Agathe
6	M	S. Amant
7	J	S. Fidèle
8	V	S. Jean M.
9	S	S ^e Apolline
10	D	<i>Quinquagés.</i>
11	L	S. Adolphe
12	M	<i>Mardi-Gras</i>
13	M	<i>Cendres</i>
14	J	S. Valentin
15	V	S. Faustin
16	S	S ^e Julienne
17	D	<i>Quadrages.</i>
18	L	S. Siméon
19	M	S. Gabin
20	M	S. Sylv. Q.-T.
21	J	S. Pépin
22	V	S ^e Flavie
23	S	S. Gérard
24	D	<i>Reminiscere</i>
25	L	S. Léandre
26	M	S. Nestor
27	M	S ^e Honorine
28	J	S. Romain

1	V	S. Aubin
2	S	S. Simplicie
3	D	<i>Oculi</i>
4	L	S. Casimir
5	M	S. Adrien
6	M	S ^e Colette
7	J	S. Thomas A.
8	V	S ^e Véronique
9	S	S ^e Françoise
10	D	<i>Lastare</i>
11	L	S. Euloge
12	M	S. Pol. év.
13	M	S ^e Euphrasie
14	J	S ^e Mahilde
15	V	S. Zacharie
16	S	S. Cyriaque
17	D	<i>Passion</i>
18	L	S. Alexandre
19	M	S. Joseph
20	M	S. Joachim
21	J	S. Benoît
22	V	S ^e Léa
23	S	S. Victorien
24	D	<i>Rameaux</i>
25	L	<i>Annonciation</i>
26	M	S. Emmanuel
27	M	S ^e Lydie
28	J	S. Gontran
29	V	<i>Vend.-Saint</i>
30	S	S. Jonas
31	D	<i>Pâques</i>

AVRIL



Les jours croissent de
1 heure 39 minutes

D. Q. le 2, à 7h. 29m.
N. L. le 9, à 20h. 33m.
P. Q. le 16, à 14h. 9m.
P. L. le 23, à 21h. 47m.

1	L	FÉRIÉ
2	M	S. François P.
3	M	S. Richard
4	J	S. Isidore
5	V	S. Vincent F.
6	S	S. Célestin
7	D	<i>Quasimodo</i>
8	L	S. Albert
9	M	S ^e Marie É.
10	M	S. Fulbert
11	J	S. Léon
12	V	S. Jules
13	S	S ^e Ida
14	D	S. Tiburce
15	L	S ^e Anastasie
16	M	S. Fructueux
17	M	S. Anicet
18	J	S. Parfait
19	V	S. Socrate
20	S	S. Théodore
21	D	S. Aوسلم
22	L	S ^e Reine
23	M	S. Georges
24	M	S. Gaston
25	J	S. Marc
26	V	S. Clet
27	S	S. Frédéric
28	D	S. Aimé
29	L	S. Robert
30	M	S. Ludovic

MAI



Les jours croissent de
1 heure 16 minutes

D. Q. le 2, à 1h. 25m.
N. L. le 9, à 6h. 7m.
P. Q. le 15, à 20h. 56m.
P. L. le 23, à 12h. 50m.
D. Q. le 31, à 16h. 13m.

1	M	SS. J. et P.
2	J	S. Athanase
3	V	<i>Inv. s^e Croix</i>
4	S	S ^e Pélagie
5	D	S. Pie V
6	L	<i>Rogations</i>
7	M	S. Stanislas
8	M	S. Désiré
9	J	Ascension
10	V	S. Gordien
11	S	S. Mamert
12	D	<i>Fête J. d'Arc</i>
13	L	S. Servais
14	M	S. Pacôme
15	M	S ^e Denise
16	J	S. Honoré
17	V	S. Pascal
18	S	S. Venant
19	D	Pentecôte
20	L	FÉRIÉ
21	M	S. Hospice
22	M	S ^e Julie Q.-I.
23	J	S. Didier.
24	V	S. Donatien
25	S	S. Urbain
26	D	<i>Trinite</i>
27	L	S. Ildevert
28	M	S. Olivier
29	M	S. Maximin
30	J	<i>Fête-Dieu</i>
31	V	S ^e Pétronille

JUIN



Les jours croissent de
15 minutes

N. L. le 7, à 13h. 56m.
P. Q. le 14, à 5h. 14m.
P. L. le 22, à 4h. 15m.
D. Q. le 30, à 3h. 54m.

1	S	S. Pamphile
2	D	S ^e Émilie
3	L	S ^e Clotilde
4	M	S. Optat
5	M	S ^e Valérie
6	J	S. Claude
7	V	S. Lié
8	S	S. Médard
9	D	S. Félicien
10	L	S. Landry
11	M	S. Barnabé
12	M	S. Guy
13	J	S. Ant. de P.
14	V	S. Rufin
15	S	S ^e Germaine
16	D	S. Aline
17	L	S. Avit
18	M	S. Florentin
19	M	S. Gervais
20	J	S. Silvère
21	V	S. L. de G.
22	S	S. Alban
23	D	S. Leufroy
24	L	<i>N. de s. J.-B.</i>
25	M	S. Prosper
26	M	S. David
27	J	S. Crescent
28	V	S. Irénée
29	S	SS. Pier. et P.
30	D	S ^e Émilienne

JUILLET



Les jours diminuent de
57 minutes

N. L. le 6, à 20 h. 47 m.
P. Q. le 13, à 16 h. 5 m.
P. L. le 21, à 19 h. 21 m.
D. Q. le 29, à 12 h. 56 m.

1	L	S. Martial
2	M	Visital. N.-D.
3	M	S. Anatole
4	J	S ^e Berthe
5	V	S ^e Zoé
6	S	S ^e Luce
7	D	S. Elie
8	L	S. Procope
9	M	S. Cyrille
10	M	S ^e Félicité
11	J	S ^e Benoîte
12	V	S. Gualbert
13	S	S. Eugène
14	D	Fête Nation.
15	L	S. Henri
16	M	N.-D. du C.
17	M	S. Espérat
18	J	S. Camille
19	V	S. V. de Paul
20	S	S ^e Marguer.
21	D	S. Victor
22	L	S ^e Madeleine
23	M	S. Apollinaire
24	M	S ^e Christine
25	J	S. Jacques
26	V	S ^e Anne
27	S	S ^e Nathalie
28	D	S. Nazaire
29	L	S ^e Marthe
30	M	S. Germain
31	M	S. Ignace L.

AOUT



Les jours diminuent de
1 heure 35 minutes

N. L. le 5, à 3 h. 40 m.
P. Q. le 12, à 6 h. 1 m.
P. L. le 20, à 9 h. 42 m.
D. Q. le 27, à 20 h. 2 m.

1	J	S. Pierre
2	V	S. Alphonse
3	S	Inv. s. Ét.
4	D	S. Dominiq.
5	L	S. Félix
6	M	Transf. J.-C.
7	M	S. Gaëtan
8	J	S. Justin
9	V	S. Vitrice
10	S	S. Laurent
11	D	S ^e Suzanne
12	L	S ^e Claire
13	M	S. Hyppolyte
14	M	S. Eusèbe
15	J	Assomption
16	V	S. Roch
17	S	S. Alexis
18	D	S ^e Hélène
19	L	S. Louis
20	M	S. Bernard
21	M	S ^e Jeanne
22	J	S. Symphor.
23	V	S. Philippe
24	S	S. Barthél.
25	D	S. Louis, roi
26	L	S. Zéphyrin
27	M	S. Césaire
28	M	S. Augustin
29	J	S. Médéric
30	V	S. Fiacre
31	S	S. Aristide

SEPTEMBRE



Les jours diminuent de
1 heure 42 minutes

N. L. le 3, à 11 h. 47 m.
P. Q. le 10, à 22 h. 57 m.
P. L. le 18, à 23 h. 46 m.
D. Q. le 26, à 2 h. 7 m.

1	D	S. Leu
2	L	S. Antonin
3	M	S. Merry
4	M	S. Lazare
5	J	S. Bertin
6	V	S. Onésip.
7	S	S. Cloud
8	D	Nat. de N.-D.
9	L	S. Omer
10	M	S ^e Pulchérie
11	M	S. Hyacinthe
12	J	S. Séraphin
13	V	S. Maurille
14	S	Exalt. de Cr.
15	D	S. Nicom.
16	L	S. Cyprien
17	M	S. Lambert
18	M	S ^e Sophie (J.)
19	J	S. Janvier
20	V	S. Eustache
21	S	S. Mathieu
22	D	S. Maurice
23	L	S ^e Thècle
24	M	S. Gérard
25	M	S. Firmin
26	J	S ^e Justine
27	V	S. Côme
28	S	S. Wenceslas
29	D	S. Michel
30	L	S. Jérôme

OCTOBRE



Les jours diminuent de
1 heure 44 minutes

N. L. le 2, à 22h. 19 m.
P. Q. le 10, à 18h. 5 m.
P. L. le 18, à 12h. 6 m.
D. Q. le 25, à 8h. 21 m.

1	M	S. Rémi
2	M	SS. Anges
3	J	S°. Fauste
4	V	S. Franç. d'A.
5	S	S. Constant
6	D	S. Bruno
7	L	S. Serge
8	M	S° Brigitte
9	M	S. Denis
10	J	S. François B.
11	V	S. Gomer
12	S	S. Wilfrid
13	D	S. Édouard
14	L	S. Calixte
15	M	S° Thérèse
16	M	S. Léopold
17	J	S° Hedwige
18	V	S. Luc. év.
19	S	S. Savinien
20	D	S. Aurélien
21	L	S° Ursule
22	M	S. Mellon
23	M	S. Hilarion
24	J	S. Magloire
25	V	S. Crépin
26	S	S. Rustique
27	D	S. Frumence
28	L	S. Jude et S.
29	M	S. Narcisse
30	M	S. Quentin
31	J	S. Arsène

NOVEMBRE



Les jours diminuent de
1 heure 16 minutes

N. L. le 1, à 12h. 4 m.
P. Q. le 9, à 14h. 10 m.
P. L. le 17, à 0h. 14 m.
D. Q. le 23, à 16h. 4 m.

1	V	Toussaint
2	S	<i>Les Trépassés</i>
3	D	S. Hubert
4	L	S. Charles
5	M	S° Théotime
6	M	S. Léonard
7	J	S. Ernest
8	V	S° Reliques
9	S	S. Mathurin
10	D	S. Juste
11	L	<i>Fête Victoire</i>
12	M	S. René, év.
13	M	S. Brice
14	J	S° Philomène
15	V	S° Eugénie
16	S	S. Edme
17	D	S. Agnan
18	L	S. Maxime
19	M	S° Élisabeth
20	M	S. Edmond
21	J	<i>Prés. de N.-D.</i>
22	V	S° Cécile
23	S	S. Clément
24	D	S° Flora
25	L	S° Catherine
26	M	S. Lin. m. p.
27	M	S. Séverin
28	J	S. Sosthène
29	V	S. Saturnin
30	S	S. André

DÉCEMBRE



Les jours diminuent de
16 minutes

N. L. le 1, à 4h. 48 m.
P. Q. le 9, à 9h. 42 m.
P. L. le 16, à 11h. 38 m.
D. Q. le 23, à 2h. 27 m.
N. L. le 30, à 23h. 42 m.

1	D	<i>Avent</i>
2	L	S° Aurélie
3	M	S. Franç. X.
4	M	S° Barbe
5	J	S. Sabas
6	V	S. Nicolas
7	S	S. Ambroise
8	D	<i>Imm. Conc.</i>
9	L	S° Léocadie
10	M	S° Valérie
11	M	S. Damase
12	J	S° Constance
13	V	S° Lucie
14	S	S. Nicaise
15	D	S. Mesmin
16	L	S° Adélaïde
17	M	S° Olympe
18	M	S. Gatien Q.-T.
19	J	S. Timoléon
20	V	S. Philogone
21	S	S. Thomas
22	D	S. Honorat
23	L	S° Victoire
24	M	S. Delphin
25	M	Noël
26	J	S. Étienne
27	V	S. Jean, ap.
28	S	SS. Innocents
29	D	S° Éléonore
30	L	S. Sabin
31	M	S. Sylvestre

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I

Rappel de mathématiques.

	Pages.
Alphabet grec.....	1
Puissances, exposants fractionnaires et négatifs.....	2
Racines décimales et fractionnaires.....	3
Racines carrées et cubiques de quelques fractions.....	4
Logarithmes.....	5
Usage de la règle à calcul.....	6
Valeurs numériques de g , de π	12
Progressions.....	13
Résolution des équations.....	14
Arcs, cordes et flèches pour $R = 1$	15
Division de la circonférence en un nombre quelconque de parties égales.....	17
Table des polygones réguliers.....	19
Table du volume des sphères pour les diamètres $d = 1$ à 200.....	20
Intégration des surfaces.....	21
Conversion des degrés d'inclinaison en pentes métriques et réciproquement.....	22
Conversion des degrés en grades et des grades en degrés.....	23
Symboles des quantités physiques et abréviations d'unités.....	24
Mesures spéciales usitées dans la marine.....	28
Mesures spéciales d'un usage général pour certaines substances.....	28
Mesures anglaises usitées en mécanique.....	29
Longueur.....	30
Valeurs entières des pouces et fractions de pouce.....	30
Fractions de pouce anglais.....	31
Poids, pression et poids spécifiques.....	32
Pressions en tonnes par pouce carré et leurs équivalents, en kilogrammes, par millimètre carré.....	33
Pressions en livres par pouce carré et leurs équivalents, en kilogrammes, par centimètre carré.....	34
Surface, Prix... IRIS - LILLIAD - Université Lille 1.....	35

	Pages.
Puissance et travail.....	36
Volumes et capacités.....	36
Débits.....	36
Vitesses.....	37
Moments.....	37
Chaleur.....	37
Conversion des températures.....	37
Comparaison des échelles thermométriques C et F.....	38

CHAPITRE II

Rappel de mécanique. Mesure des puissances. Travail, frottement, graissage.

Statique. Efforts dans les machines simples.....	39
Dynamique. Énergie de mouvement.....	45
Lois du mouvement simple.....	45
Lois du mouvement composé.....	46
Choc des corps.....	48
Vitesse, couple, puissance.....	48
Vitesse angulaire (ω) en fonction du nombre de tours (n) par minute ..	50
Mesure du travail et des puissances.....	52
Mesure de la puissance mécanique d'un organe de transmission ou d'une machine réceptrice.....	55
Frottement.....	63
Coefficients de glissement des métaux.....	64
Coefficients de frottement des tourillons.....	65
Coefficients de roulement.....	65
Usure.....	66
Raideur des cordages.....	67
Graissage et lubrifiants.....	68

CHAPITRE III

Résistance des matériaux usuels.

Centres de gravité.....	73
Centre de gravité d'une surface ou d'un volume géométrique.....	73
Centre de gravité d'une surface quelconque.....	75
Détermination expérimentale du centre de gravité.....	77
Centre de gravité.....	77

	Pages.
Moments d'inertie.....	77
Rayons de giration et moments d'inertie des tiges.....	78
Rayons de giration et moments d'inertie des masses en rotation.....	79
Résistance à la traction et élasticité.....	86
Résistance à l'effort tranchant et au cisaillement.....	88
Résistance à la compression.....	89
Résistance à la flexion.....	91
Valeur des moments d'inertie et des moments résistants des sections usuelles à la flexion.....	93
Moments fléchissants des pièces à section continue.....	96
Résistance au flambage.....	98
Charges de sécurité des colonnes pleines en fonte.....	99
Charges de sécurité des poteaux en bois, ronds ou carrés.....	100
Résistance à la torsion.....	100
Valeur des moments et angles de torsion de quelques sections usuelles.....	101
Résistance des ressorts.....	102
Résistance des enveloppes cylindriques et sphériques.....	107

CHAPITRE IV

Matières premières, dimensions du commerce.

Aspect conventionnel des matières premières sur les dessins.....	109
Charges pratiques à adopter.....	110
Charges de sécurité en kg : cm ²	110
Essais mécaniques.....	111
Graphique de la résistance mécanique en fonction du diamètre de l'empreinte dans l'essai à la bille.....	113
Exécution des essais mécaniques.....	117
Dimensions des éprouvettes plates de traction.....	119
Traitements thermiques.....	125
Température de recuit des fers, aciers et métaux.....	126
Classification et emplois des aciers.....	130
Classification et traitement des aciers à outils au carbone.....	132
Classification des dimensions standardisées des barres d'acier à outils.....	133
Classification et emplois des fontes.....	136
Classification et constituants des alliages légers.....	137
Calcul du poids des pièces de fonderie.....	138
Poids et dimensions du commerce.....	139
Tôles des métaux usuels.....	139
Fers carrés et ronds.....	140
Fers à sections hexagonale et octogone.....	141

	Pages.
Fers à section triangulaire.....	141
Poids par mètre courant des plats en acier.....	142
Poids par mètre courant des cornières égales en acier.....	144
Poids des fils de laiton et cuivre.....	145
Poids des barres rondes et carrées et six pans en laiton.....	146
Dimensions des feuilles de zinc laminées.....	147
Dimensions des tôles ondulées galvanisées.....	148
Dimensions des toiles métalliques.....	149
Dimensions des fils métalliques.....	150
Tableau de correspondance des jauges pour fils, pointes et toiles métalliques.....	152

CHAPITRE V

Usinage. Outillage

Conditions d'emploi des outils tranchants pour machines-outils.....	153
Conditions d'attaque des outils tranchants.....	155
Vitesses de coupe pour les travaux mécaniques.....	156
Abaque des vitesses tangentielles de coupe en mètre par minute.....	157
Conditions de débit des outils tranchants.....	158
Conditions d'emploi des outils de tour.....	167
Outils de tour standard (Taylor).....	168
Conditions d'emploi des outils de perçage.....	169
Table des vitesses pour mèches hélicoïdales en acier carbone.....	173
Conditions d'emploi des outils de fraisage.....	173
Notions sur le travail des tôles.....	177
Notions sur le meulage.....	182
Emmanchements cônes pour montages d'outils.....	187
Série des cônes métriques.....	188
Série des cônes Mors.....	189

CHAPITRE VI

Éléments d'assemblage.

Clavettes et goupilles.....	190
Série unifiée des clavetages demi-ronds.....	193
Série unifiée des clavetages ordinaires et coulissants.....	194
Série unifiée des IRIS ELLIAD frottoirs.....	195
Boulons, écrous et rondelles.....	196

	Pages.
Tableau des boulons et écrous Withworth.....	198
Poids de 100 boulons S. I. en acier.....	199
Séries normales de rondelles sur fer et sur bois.....	201
Rondelles Belleville.....	202
Vis et filetages.....	206
Tableau du filetage S. I.....	209
Tableau du filetage Thury.....	211
Unification des écrous, vis et boulons de 2,5 à 12 millimètres.....	214
Rivetage.....	215
Séries normales des rivets.....	215
Tableau des rivures simples pour récipients soumis à la pression.....	216
Tableau des rivures doubles pour récipients soumis à la pression.....	217
Abaques des longueurs des rivets.....	218
Forme des bouterolles et têtes de rivets.....	219

CHAPITRE VII

Éléments de machines.

Engrenages.....	220
Données relatives aux modules normaux compris entre 1 et 50.....	221
Poids approximatif des engrenages en fonte.....	228
Chaines et roues de chaînes.....	229
Roues et pignons de chaînes.....	232
Système bielle et manivelle.....	233
Bielle.....	235
Arbres chargés.....	239
Accouplements élastiques.....	240
Accouplements élastiques H et B.....	240
Manivelles.....	241
Arbres manivelles.....	243
Calcul des volants.....	245
Valeurs types pour le calcul du poids d'un volant.....	247
Presse-étoupe.....	251
Pistons et cylindres.....	253
Roulements à billes.....	257
Portées.....	263
Logements.....	264
Roulements à rouleaux.....	271

CHAPITRE VIII

Tuyauteries et Tubes.

	Pages.
Valeurs des facteurs K pour épaisseurs de parois	276
Proportionnement des cônes de raccordement pour conduites circulaires de sections différentes.....	277
Standard anglais pour brides et tuyauteries.....	281
Standard allemand pour brides et tuyauteries.....	282
Dimensions des cintres de dilatation plissés en une seule pièce.....	287
Tubes normaux d'acier pour conduites souterraines.....	289
Tuyaux à emboîtement et cordon pour eau, gaz.....	291
Raccords pour tuyaux à emboîtement et cordon.....	292
Dimensions de commerce.....	293
Poids et dimensions des tubes en acier soudé et étiré.....	293
Poids, diamètres et filetages des tubes à gaz en fer.....	294
Poids au mètre des grosses conduites en tôle.....	295
Poids et dimensions des tuyaux en cuivre rouge.....	296
Poids et dimensions des tuyaux en laiton.....	297
Poids et dimensions des tuyaux de plomb.....	297
Section et surface extérieure des tuyaux.....	298
Equation des tubes et branchements.....	299

CHAPITRE IX

Transmissions.

Arbres, paliers et poulies.....	300
Table pour déterminer le diamètre des arbres.....	302
Force transmise par les arbres flexibles.....	305
Poulies Plat en tôle emboutie.....	315
Poulies S. K. F. à jante interchangeable.....	316
Douilles S. K. F. pour poulies folles.....	317
Transmissions par courroies.....	318
Table de la puissance transmise par une courroie cuir aux différentes vitesses.....	321
Table de la vitesse tangentielle des courroies.....	322
Transmissions par câbles.....	326
Puissance transmise par les câbles métalliques.....	327
Poids des câbles de transmission végétaux.....	327

	Pages.
Puissance transmise par les câbles métalliques.....	328
Transmissions par engrenages.....	329
Puissance en chevaux transmise par des engrenages droits.....	329
Changements de vitesse.....	330
Variateurs de vitesse progressifs.....	332

CHAPITRE X

Appareils de levage.

Corps de crochets simples.....	333
Tambours, câbles et chaînes.....	335
Câbles ronds en chanvre, pour levage.....	336
Câbles plats en manille goudronnés ou non goudronnés.....	337
Câbles en fils d'acier pour appareils de levage.....	338
Chaînes-câbles à mailles serrées.....	339

LÉGISLATION DU TRAVAIL

Généralités.

<i>Des conventions relatives au travail.....</i>	A 1
Du contrat de travail.....	A 1
Du salaire.....	A 7
Du placement des travailleurs.....	A 8
Taxe d'apprentissage.....	A 14
<i>Des groupements professionnels.....</i>	A 20
Loi du 21 mars 1884.....	A 20
<i>Des conflits du travail.....</i>	A 22
<i>De la prévoyance sociale.....</i>	A 23
Accidents du travail.....	A 23
Retraites ouvrières.....	A 37
<i>De la durée du travail.....</i>	A 43
Loi du 23 avril 1919.....	A 43
<i>Du repos hebdomadaire et des jours fériés.....</i>	A 43
<i>Hygiène et sécurité des travailleurs.....</i>	A 44

	Pages.
<i>Emploi des ouvriers étrangers</i>	A 45
<i>Relations avec l'inspection du travail</i>	A 48
<i>Médailles du travail</i>	A 49

Législation spéciale.

<i>Durée du travail</i>	A 51
<i>Repos hebdomadaire</i>	A 58
<i>Emploi des enfants et des femmes</i>	A 59
<i>Hygiène et sécurité des travailleurs</i>	A 61

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

A		Pages.
	Pages.	
Abaques des longueurs de rivets.....	218	
Accouplements élastiques.....	240	
Alphabet grec.....	1	
Appareils de levage.....	333	
— — à vis.....	334	
Arbres chargés.....	239	
— flexibles.....	304	
— manivelle.....	243	
— (diamètre des).....	302	
— paliers et poulies.....	300	
Arcs.....	15	
Arrangements et combinaisons.....	13	
Aspect conventionnel des matières premières sur les dessins.....	109	
Attache des courroies.....	324	
B		
Barèmes Lebeau.....	82	
Bielle et manivelle.....	235	
Boulons, écrous et rondelles.....	196	
— Withworth.....	198	
Bouterolles et têtes de rivets (forme des).....	219	
Branchements (équation des)...	299	
C		
Chaines-câbles à mailles serrées.....	339	
— de levage en chanvre...	336	
— en fils d'acier pour appareils de levage.....	338	
Câbles métalliques de levage ..	337	
— plats en manille goudronnés.....	337	
— ronds en chanvre, pour levage.....	336	
— ronds métalliques pour transmissions téléodynamiques.....	321	
Calcul des courroies.....	318	
— dentures.....	222	
— ressorts à boudin...	102	
— volants.....	245	
— du poids de jante.....	246	
— du poids des pièces de fonderie.....	138	
Centres de gravité.....	73	
— de gravité d'une surface quelconque.....	75	
— — d'un volume quelconque.....	77	
— — d'une surface ou d'un volume géométrique...	73	
Cémentation.....	126	
Chaines-câbles à mailles serrées.....	339	
Chaines Galle à fuseaux et mailles droites.....	231	
— à fuseaux et mailles évidées.....	230	
— et roues de chaîne.....	229	
Chaines Vaucanson fer.....	230	
Chaleur.....	37	
Changement de vitesse.....	330	
Charges de sécurité des colonnes en fonte...	99	

	Pages.		Pages.
Charges de sécurité des poteaux		Conditions d'emploi des outils :	
— en bois....	100	de fraisage.....	173
— en kg: cm ² ..	110	de perçage.....	169
— pratiques à adopter...	110	de tour.....	167
Choc des corps.....	48	Cônes de raccordement pour con-	
Chute —	46	duites circulaires de	
Cintrage des tubes.....	284	sections différentes... 277	
Cintres de dilatation plissés en		— métriques..... 188	
une seule pièce.....	287	— Mors..... 189	
Classification des dimensions		Conversion des degrés d'incli-	
standardisées des		naison en pentes	
barres d'aciers à		métriques..... 22	
outils.....	133	— des pentes mé-	
— et constituants		triques en degrés	
des alliages lé-		d'inclinaison... 22	
gers.....	137	— des degrés en	
— et emplois des		grades..... 23	
aciers.....	130	— des températures.. 37	
— et emplois des		Cordes.....	15
fontes.....	136	Couple.....	48
— et traitement des		Courroies.....	318
aciers à outils au		Crochets simples.....	333
carbone.....	132	Cylindres à vapeur et à gaz... 256	
Clavetages demi-ronds.....	193	— hydrauliques..... 255	
— ordinaires et coulis-			
sants.....	194	D	
Clavettes et goupilles.....	190	Débits.....	36
— demi-rondes.....	192	Détermination expérimentale du	
— plates.....	191	centre de gravité..... 77	
— (Séries unifiées)....	193	Dimensions des éprouvettes	
Coefficients de frottement....	63	plates de trac-	
— des		tion.....	119
tourillons.....	65	— des fils métal-	
— de glissement des		liques.....	150
métaux.....	64	— des feuilles de zinc	
— de roulement....	65	laminées.....	147
Coin.....	42	— des toiles métal-	
Comparaison des échelles ther-		liques.....	149
mométriques C. et F.....	38	— des tôles ondu-	
Compensateurs de dilatation... 278		lées galvan-	
Conditions d'attaque des outils		isées.....	148
tranchants.....	155	Division de la circonférence en	
— de IRIS			
tranchants.....	158		

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

XI

	Pages.
un nombre quelconque de parties égales.....	17
Douilles S. K. F. pour poulies folles.....	317
Dynamique.....	45
Dynamomètres de torsion.....	54
— de transmission à griffes.....	54
— pendulaires.....	54
Dynamos-freins.....	58

E

Efforts dans les machines simples.....	39
Effort tangentiel.....	49
Éléments d'assemblage.....	190
— de machines.....	220
Ellipse centrale d'inertie.....	82
Emboutissage.....	125
Emmanchements cônes pour montage d'outils.....	187
Énergie de mouvement.....	45
Engrenages.....	220
Engrenages en fonte (Poids des).....	228
Enveloppes cylindriques épaisses.....	108
Enveloppes sphériques minces.....	107
Équation des tubes et branchements.....	299
Essais au choc (fragilité).....	115
— de dureté (à la bille).....	112
— de traction.....	111
— mécaniques.....	111
Estampage.....	125
Exécution des essais mécaniques.....	117
Exposants fractionnaires et négatifs.....	2

F

Fatigue des tuyaux à la flexion.....	278
Fers à section hexagonale.....	141
— octogone.....	141

	Pages.
Fers à section triangulaire....	141
— carrés et ronds.....	140
Filetage international (S. I.)... 208	
— système « Acme » pour vis et vis sans fin..	240
— système « Briggs » pour robinetterie.....	212
— Thury et British Association pour petites vis.....	240
— Withworth.....	207
Flèches.....	15
Force transmise par les arbres flexibles.....	305
Forgeage, estampage, emboutissage.....	125
Fractions de pouce anglais....	31
Frein de Prony.....	52
— Renard.....	53
Frottement.....	63
— d'un collier.....	66
— — pivot.....	66

G

Galvanisation.....	126
Garniture à labyrinthe.....	252
— métallique.....	252
Goupilles cônes et fendues....	195
Graissages et lubrifiants.....	68
Graphique de la résistance mécanique en fonction du diamètre de l'empreinte dans l'essai à la bille.....	113

I

Intégration des surfaces et volumes.....	21
--	----

J

Joints.....	279
-------------	-----

L		Pages.			Pages.
Leviers		39	Outils de tour		167
Ligne d'arbres		300	— de perçage		169
Logarithmes		5	P		
Logements		264	Palans		40
Longueur		30	— verticaux		302
Lyres		285	Pendule		47
M			Pierres naturelles et artificielles (Résistance)		86
Machines simples		39	Pistons et cylindres		253
Manivelles		241	— sans garniture, rodés ..		254
Mesures anglaises de mécanique		29	Plan incliné		41
Mesure du travail et des puis- sances		52	Poids anglais		32
— de la puissance méca- nique d'un organe de transmission		55	— au mètre des grosses con- duites en tôle		295
Mesures spéciales de marine ..		28	— des câbles de transmis- sion végétaux		327
— — d'un usage général ..		28	— de 100 boulons S. I. en acier		199
— topographiques		28	Poids, diamètres et filetages des tubes à gaz en fer		294
Méthode du polygone funiculaire		82	Poids et dimensions des tuyaux de plomb		297
Meulage		182	— et dimensions des tuyaux en cuivre rouge		296
Module d'élasticité		111	— et dimensions des tuyaux en laiton		297
Modules d'engrenages		221	Poids et dimensions des tubes en acier soudé et étiré		293
Moments		37	Poids des barres rondes, carrées et six pans en laiton		146
— d'inertie		77-93	Poids des courroies en cuir ..		321
— d'un cylindre creux ou anneau		81	— fers carrés, ronds, etc.		140
— d'inertie des surfaces planes		82	— fils de laiton et cuivre		145
— d'un disque		81	— tôles des métaux usuels		139
— d'une sphère		81	— par mètre courant des fers plats en acier		142
— fléchissants des pièces à section continue ..		96	— des cornières égales en acier		144
Moufles		40	Polygones réguliers		19
Mouvement simple		45	Outils tranchants pour machines- outils		263
— composé		46			
O					

Pages.	Pages.
Poulies à jante interchangeable. 316	Règle à calcul..... 6
— en tôle emboutie..... 315	Règle d'usinage Denis-Poyet.. 162
— folles..... 317	Résistance à la compression... 89
Presse-étoupe..... 251	— flexion..... 91
Pressions en livres par pouce	— torsion..... 100
carré..... 34	— traction et élas-
Pressions en tonnes par pouce	tivité..... 86
carré..... 33	— à l'effort tranchant
Pressions et poids spécifiques. 32	et au cisaillement. 88
Prix anglais..... 35*	— au flambage..... 98
Progressions..... 13	— des enveloppes cy-
— arithmétiques.... 13	lindriques et sphé-
— géométriques.... 13	riques..... 107
Puissance..... 48	— des ressorts..... 102
Puissance en chevaux trans-	— des tuyaux à la pres-
mise par des en-	sion..... 274
grenages droits.. 329	Résolution des égalions..... 14
— transmise par les	Ressorts de flexion..... 103
câbles végétaux. 327	— — torsion..... 105
— transmise par les	Revenu..... 127
câbles métalliques. 328	Rivetage..... 215
— et travail..... 36	Rivures simples pour récipients
— transmise par une	soumis à la pres-
courroie cuir..... 321	sion..... 216
Pyromètres (Emploi des)..... 129	— doubles pour récipients
	soumis à la pres-
	sion..... 217
	Rondelles sur fer et sur bois.. 201
	— Belleville..... 202
	Roues et pignons de chaînes.. 232
	Roulements à billes..... 257
	— à rouleaux..... 271
R	S
Racines..... 3	Section et surface extérieure des
— carrées et cubiques de	tuyaux..... 298
quelques fractions... 4	Séries normales des rivets.... 215
— décimales et fraction-	Standard allemand pour brides
naires..... 3	et tuyauteries.... 281
Raccords pour tuyaux à embol-	— anglais pour brides.. 282
tement et cordon..... 292	Statique..... 39
Raidleur des cordages..... 67	Surfaces à profilés..... 35
Rayons de giration et moments	
d'inertie des masses	
en rotation..... 79	
— de giration et moments	
d'inertie des tiges... 78	
Recuit.....	

	Pages.		Pages.
Symboles des quantités physiques.....	24	Transmissions par courroies...	318
Système bielle et manivelle....	233	— engrenages.	329
		— friction.....	330
		Travail des tubes.....	282
T		— et puissance.....	49
Table de la puissance transmise par une courroie cuir aux différentes vitesses.	321	Tubes normaux d'acier pour conduites souterraines.....	289
— de la vitesse tangentielle des courroies.....	322	Tuyaux à emboîtement et cordons pour eau, gaz.....	291
— des vitesses pour mâches hélicoïdales en acier carbone.....	173	*Trempe.....	127
— pour déterminer le diamètre des arbres.....	302	Treuils.....	40-334
Tableau des boulons et écrous S. I.....	197	Tuyauteries et tubes.....	275
— rivures doubles pour récipients soumis à pression.....	217	U	
— rivures simples pour récipients soumis à pression.....	216	Usure.....	66
— vitesses de coupe pour les travaux mécaniques....	156	V	
— du filetage S. I....	207	Valeurs des facteurs K pour épaisseurs de parois.....	276
Table du volume des sphères pour les diamètres $d = 1$ à 200.....	20	Valeurs des moments et angles de torsion de quelques sections usuelles.....	101
Tambours, câbles et chaînes... 335		Valeurs des moments d'inertie et des moments résistants des sections usuelles.....	93
Températures (Mesure des).... 129		Valeurs diverses.....	12
Température de recuit des métaux.....	126	Valeurs entières des pouces et fractions de pouce....	30
Tiges de piston.....	254	— numériques de g	12
Tôles des métaux usuels.....	139	— — de π	12
— (travail des).....	177	Valeurs types pour le calcul du poids d'un volant.....	247
Tourillons.....	245	Variateurs de vitesse progressives.....	332
Traitements thermiques.....	125	Vis et filetages.....	206
Transmissions par câbles.....	326	Vitesse.....	48
		Vitesse angulaire.....	48
		Vitesse angulaire en fonction du nombre de tours par minute.	50

	Pages.		Pages.
Vitesses de coupe pour les tra- vaux mécaniques.....	156	Vitesses tangentielles de coupe en mètre par minute (abaque des).....	157
— de moindre usure....	159	Volants.....	245
— de la courroie en m. s.	321	Volumes et capacités.....	36

TABLES ET FORMULES USUELLES

	Pages.
Arithmétique	I
Trigonométrie	II
Géométrie	IV
Carrés, cubes, racines carrées, racines cubiques, circonférences, surfaces et logarithmes des nombres ou diamètres de 1 à 105	VII
Arcs, cordes, flèches et surfaces des segments	X
Tangentes et cotangentes des angles de 0 à 90°	XII
Sinus et cosinus des angles de 0 à 90°	XII
Intérêts composés	XIII
Temps de l'amortissement	XIV
Valeur de 1 franc payable à la fin de n années	XV
Taux de l'amortissement	XV
Annuités d'amortissement	XVI
Transformation des pentes métriques en degrés d'inclinaison et réciproquement	XVII
Transformation de fractions ordinaires en fractions décimales	XVII
Transformation des litres par seconde en litres par minute	XVII
Mesures (Loi du 2 avril 1919)	XVIII
Mesures de la marine	XXIII
Mesures de certaines substances	XXIII
Mesures anglaises	XXIV
Autres mesures étrangères	XXV
Anciennes mesures françaises	XXV
Poids et diamètres des monnaies	XXVI
Monnaies usuelles des pays étrangers	XXVI
Mesures agraires	XXVII
Densités des gaz	XXVII
Densités des vapeurs	XXVII
Densités des liquides	XXVII
Densités des solides	XXVIII
Poids des feuilles de tôle en fer laminé, cuivre rouge, plomb, zinc, étain, argent, aluminium	XXIX
Numéros et poids des feuilles de zinc laminé	XXIX
Poids des fers carrés et ronds	XXX
Météorologie	XXXI
Températures	XXXI
Points de fusion et d'ébullition	XXXII
Coefficients de dilatation linéaire	XXXII
Extrait du catalogue de la librairie Dunod	XXXIII

BIBLIOGRAPHIE

Principaux ouvrages sur la **Mécanique** et les **Industries mécaniques**, parus en France d'avril 1927 à avril 1928 ⁽¹⁾. (*Prix sous réserve de variations.*)

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

- Tournage mécanique. Tome II. Compléments. Travaux et montages particuliers**, R. JUMENTIER. In-16..... 10 fr.
- Machines-outils pour le travail des métaux**. C. ROURE. In-16 de 358 pages 24 fr.
- Tables de formules de thermodynamique**. P.-W. BRIGDMANN. In-8° de 44 pages 24 fr.
- Théorie et construction des turbo-machines**. CH. HANOCQ. In-8° de 483 pages, avec 290 figures et 12 planches hors-texte. 85 fr.
- La pratique des essais de machine**. M. BOYER-GUILLON. In-8° de VIII-320 pages. Relié, 78 fr. Broché..... 67 fr.
- Cours de mécanique. Tome II. Mécanique spéciale des fluides**. L. GUILLOT. In-8° de 127 pages 15 fr.
- Technologie de l'ajusteur-mécanicien**. R. CAILLAULT. In-8° de 286 pages. Relié 42 fr.
- Technologie du traceur de chaudronnerie**. R. CAILLAULT. In-8° de 118 pages. Relié 42 fr.
- Monographies de l'outillage. 1^{re} série**. L. BROCHON. In-4°, tableaux et croquis. La série sur blanc, 540 fr., sur bleu..... 450 fr.
- Eléments de construction de machines**. R. CHAMPLY. In-16 de 281 pages, avec 230 figures..... 18 fr.
- Traité pratique de pompes centrifuges**. R. DE FELD. In-8° de 212 pages, avec 189 figures..... 20 fr.
- Théorie du navire**. C. DOYÈRE. In-8° de 666 pages, avec 341 figures. 90 fr.
- Etude théorique et pratique sur le transport et la manutention**. G. VON HANFFSTENGEL, traduit sur la 3^e édition allemande par G. LEHR. *Tome I. Les transporteurs à organe de traction et sans organe de traction*. In-8° de 362 pages, avec 531 figures et 1 planche hors-texte 42 fr.

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

- Engrenages, billes, galets, cames, etc.** C. REYNAL. In-4° de 32 pages, avec 43 figures..... 8 fr. 50
- Cours de mécanique élémentaire.** Ph. MOULAN, 6^e édition revue et augmentée par C. GERDAY. In-16 de 1.349 pages, avec 1.410 figures. Relié pleine toile..... 87 fr.
- Mécanique générale. 1^{re} partie, 2^e édition,** G. FERROUX. In-16 de 252 pages, avec 192 figures..... 25 fr.
- Engrenages et vis sans fin.** R. CHAMPLY. In-16 de 253 pages, avec 182 figures. Cartonné toile, 30 fr. Broché..... 25 fr.
- Chaudières et condenseurs. 2^e édition,** colonel F. CORDIER. In-8° de 664 pages, avec 321 figures..... 70 fr.
- Organes de transmission.** R. CHAMPLY. In-16 de 250 pages, avec 201 figures. Cartonné toile, 30 fr. Broché..... 25 fr.
- Appareils de levage, manutention et transport.** R. CHAMPLY. In-16 de 232 pages. Cartonné toile, 30 fr. Broché..... 25 fr.
- Traité pratique sur la construction du moteur à explosions.** R. BARDIN, 2^e édition. In-8° de 155 pages, avec 65 figures. 21 fr.
- Les ventilateurs. Calculs, tracés et applications.** D^r E. WIESMANN, traduit de l'allemand par M. PELET. In-8° de x-272 pages, avec 140 figures. Relié, 57 fr. Broché..... 48 fr.
- Manuel de l'ouvrier mécanicien.** G. FRANCHE. *Tome VIII. Moteurs hydrauliques.* In-16 de 134 pages avec figures. Cartonné, 15 fr. *Tome XII. La précision en mécanique.* In-16 de 119 pages, avec figures. Cartonné..... 15 fr.
- Le traçage de chaudronnerie.** M.-L. VIGOUROUX et M.-A. LOUCHE. In-8° de 140 pages, avec 210 figures..... 14 fr.
- Cordes, câbles, chaînes.** R. CHAMPLY. In-16 de 209 pages, avec 254 figures. Cartonné toile, 23 fr. Broché..... 18 fr.
- Les ressorts. Etude complète et méthode de calcul.** C. REYNAL, 2^e édition. In-16 de x-176 pages, avec 41 figures et 14 graphiques. 20 fr.
- Instruction sur le croquis à main levée (organes de machines).** M. COCHET. In-8° de 28 pages, avec 25 figures et 1 planche, hors texte..... 4 fr.
- Les moteurs d'embarcations, guide pratique des réparations de moteurs à explosion.** A. GROUSSET. In-8° de 288 pages, avec 149 figures..... 40 fr.
- Cours de mécanique, Tome III. Chaudières à vapeur. Machines à vapeur alternatives. Turbines à vapeur,** L. GUILLOT, 3^e édition. In-8° de 566 pages, avec 344 figures. Relié, 85 fr. Cartonné demi-toile. 65 fr.
- Cours de mécanique appliquée aux machines, 3^e volume. Théorie des machines thermiques.** J. BOULVIN, 4^e édition, mise à jour par G. VAN ENGELEN. In-8° de 536 pages..... 45 fr.
- Cours de cinématique.** G. JULIA et J. DIEUDONNÉ. In-8° de 150 pages, avec 52 figures..... 25 fr.
- Manuel du breveté mécanicien.** G. RAMAT. *Tome I. Connaissances indispensables aux mécaniciens.* In-16 de 734 pages, avec 776 figures. Cartonné, 24 fr. *Tome II. Cours de technologie.* In-16 de 468 pages,

- avec 447 figures. Cartonné, 18 fr. *Tome III. Notions théoriques sur le moteur.* In-16 de 402 pages, avec nombreuses figures. Cartonné, 14 fr. 40. *Tome IV. Théorie de l'avion.* In-16 de 200 pages, avec 151 figures. Cartonné 9 fr.
- Le petit outillage moderne du mécanicien.** A. JACQUET, 2^e édition. In-16 de vi-128 pages, avec 238 figures..... 12 fr.
- Comment utiliser au mieux les courroies de transmission.** H. GUILLOU. In-8^o de viii-94 pages, avec 40 figures..... 8 fr.
- Le moulage mécanique. Les démouleuses et les machines à pression par levier.** E. CANU. In-8^o de 103 pages, avec 80 figures. 12 fr.
- Embrayage et freins.** R. CHAMPLY. In-16 de 218 pages, avec 201 fig. Cartonné toile, 23 fr. Broché 18 fr.
- Les turbines à vapeur.** G. BELLUZZO, traduit de l'italien par J. CHEVRIER. *Tome I^{er}. Théorie et calcul des turbines à vapeur.* In-8^o de 367 pages, avec 260 figures et planches hors texte, 60 fr. *Tome II. Les turbines à vapeur.* In-8^o de 596 pages, avec 490 figures et planches hors texte..... 80 fr.
- Cours de mécanique.** A l'usage des écoles industrielles, M. WILMOTTE, 2^e édition. In-16 de 402 pages, avec 244 figures. Cartonné. 45 fr.
- Manuel de l'ouvrier mécanicien.** G. FRANCHE. *Tome XVI. Formulaire de l'ouvrier mécanicien. Calculs d'atelier.* In-16 de 196 pages, avec figures. Cartonné, 15 fr. *Tome XVII. Calibres et interchangeabilité.* In-16 de 152 pages, avec 116 figures. Cartonné.... 15 fr.
- Pour le tourneur et le conducteur de machines-outils.** A. LEFÈVRE. In-16 de vii-282 pages, avec 287 figures..... 19 fr. 50
- Guide pratique du tourneur-décolleteur.** J.-P. ADAM. In-16 de 120 pages, avec 73 figures..... 12 fr.
- Tracé, calcul, correction, procédés modernes de la taille des engrenages.** G.-L. CAVALIERI. In-8^o de 293 pages, avec 157 figures et 45 tableaux..... 58 fr.
- Machines-outils pour le travail du bois.** C. ROURE. In-16 de 350 pages, avec 152 figures..... 25 fr.
- Machines-outils.** GORGEU. In-8^o de viii-362 pages, avec 263 figures. 40 fr.
- Hydrodynamique générale. Fluides parfaits et visqueux, ailes d'avion.** H. BOUASSE. In-8^o de 500 pages, avec 260 figures. Relié, 60 fr. Broché 50 fr.
- Appareils et méthodes de mesures mécaniques.** lieutenant-colonel RAIBAUD. In-16 de 211 pages, avec 87 figures. Relié, 10 fr. 25. — Broché 9 fr.
- Tableau universel de filetage.** A. ROLAND. In-16 de 160 pages. 9 fr.
- Guide pratique de tracé à l'usage des mécaniciens, chaudronniers, ferblantiers, toliers, etc.** (édité par l'Union syndicale des Travailleurs métallurgistes de la Seine), 164 pages, 67 planches, avec tableaux et notices..... 30 fr.
- Éléments de thermodynamique.** Ch. FABRY. In-16 de 208 pages, avec 39 figures. Relié, 10 fr. 25. Broché..... 9 fr.

Articles sur la **Mécanique** et les **Industries mécaniques**, parus dans la *Technique moderne*, d'avril 1927 à avril 1928.

- Le chauffage urbain. Distribution de la chaleur dans les villes.**
M. VÉRON. In-4° de 22 pages, avec 43 figures (*Technique moderne*, 1927, n°s 13 et 16)..... 16 fr.
- L'état actuel de la technique des accumulateurs hydrauliques. Calcul, construction, équipement.** A. LAMBRETTE. In-4° de 11 pages, avec 23 figures (*Technique moderne*, 1927, n°s 16 et 18). 16 fr.
- La chauffe des générateurs de vapeur au charbon pulvérisé.**
M. EMANAU. In-4° de 14 pages, avec 23 figures (*Technique moderne*, 1927, n°s 18, 19, 24)..... 24 fr.
- Le matériel moderne des industries mécaniques.** C.-R. DARTEVELLE, A. DARLAY, E. DELAMARRE, L. GENDRON, J. LÉVY. In-4° de 70 pages, avec 155 figures (*Technique moderne*, 1928, n° 1). 15 fr.
- La méthode d'observation stroboscopique appliquée aux arts mécaniques.** A. GUILLET. In-4° de 6 pages, avec 7 figures (*Technique moderne*, 1928, n° 7)..... 8 fr.

MÉCANIQUE

CHAPITRE I

RAPPEL DE MATHÉMATIQUES

Table des circonférences, surfaces, carrés, cubes, racines carrées, racines cubiques de 1 à 50 (Voir tables, pages d'annonces).

Alphabet grec.

LETTRES romaines	LETTRES GRECQUES		APPELLATION
	Majuscules	Minuscules	
<i>a</i>	Α	α	alpha
<i>b</i>	Β	β	bêta
<i>g</i>	Γ	γ	gamma
<i>d</i>	Δ	δ	delta
<i>e</i>	Ε	ε	epsilon
<i>z</i>	Ζ	ζ	dzêta
<i>ê</i>	Η	η	êta
<i>th</i>	Θ	θ	thêta
<i>i</i>	Ι	ι	iôta
<i>k, c</i>	Κ	κ	kappa
<i>l</i>	Λ	λ	lambda
<i>m</i>	Μ	μ	mu
<i>n</i>	Ν	ν	nu
<i>x</i>	Ξ	ξ	ksi
<i>o</i>	Ο	ο	omicron
<i>p</i>	Π	π	pi
<i>r</i>	Ρ	ρ	ro
<i>s</i>	Σ	σ	sigma
<i>t</i>	Τ	τ	tau
<i>u, y</i>	Υ	υ	upsilon
<i>ph, f</i>	Φ	φ	phi
<i>ch</i>	Χ	χ	khi
<i>s</i>	Ψ	ψ	psi
<i>o</i>	Ω	ω	oméga

Valeurs numériques de quelques facteurs usuels.
(Voir tables, pages d'annonces.)

Puissances.

1. $(+ a)^n = + a^n.$
2. $(- a)^{2n} = + a^{2n}.$
3. $(- a)^{2n+1} = - a^{2n+1}.$
4. $a^m a^n = a^{m+n}.$
5. $a^m : a^n = a^{m-n} = 1 : a^{n-m}$
6. $a^m b^m = (ab)^m.$
7. $a^m : b^m = (a : b)^m.$
8. $1 : a^m = (1 : a)^m = a^{-m}.$
9. $(a^m)^n = a^{mn} = (a^n)^m.$
10. $a^0 = 1 ; 0^a = 0.$
11. $a^2 - b^2 = (a + b) (a - b).$
12. $(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2.$
13. $(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3.$

Exposants fractionnaires et négatifs.

1. $\frac{1}{a^n} = a^{-n}.$
2. $\sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}}.$
3. $\frac{1}{\sqrt[n]{a}} = a^{-\frac{1}{n}}.$
4. $\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}.$
5. $\frac{1}{\sqrt[n]{a}} = \frac{1}{a^{\frac{1}{n}}} = \sqrt[n]{a^{-1}}.$
6. $\left(\frac{a}{b}\right)^n = \left(\frac{b}{a}\right)^{-n} = a^n b^{-n}.$
7. $\frac{1}{\left(\frac{a}{b}\right)^n} = \frac{1}{a^n b^{-n}} = a^{-n} b^n.$
8. $\sqrt{a} = a^{\frac{1}{2}} \quad \sqrt[3]{a} = a^{\frac{1}{3}}$

Racines décimales et fractionnaires.

n	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	n	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	n	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	n	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$
0,01	0,100	0,215	0,25	0,500	0,630	1/4	0,500	0,630	3/8	0,612	0,721
0,02	0,141	0,271	0,3	0,548	0,669	3/4	0,866	0,909	5/8	0,791	0,855
0,03	0,173	0,311	0,4	0,632	0,737	1/6	0,408	0,550	7/8	0,935	0,956
0,04	0,200	0,342	0,5	0,707	0,794	5/6	0,913	0,941	1/9	0,333	0,481
0,05	0,224	0,368	0,6	0,775	0,843	1/7	0,378	0,523	2/9	0,471	0,606
0,06	0,245	0,391	0,7	0,837	0,888	2/7	0,535	0,659	4/9	0,667	0,763
0,07	0,265	0,412	0,75	0,867	0,909	3/7	0,655	0,754	5/9	0,745	0,822
0,08	0,283	0,431	0,8	0,894	0,928	4/7	0,756	0,830	7/9	0,882	0,920
0,09	0,300	0,448	0,9	0,949	0,965	5/7	0,845	0,894	1/12	0,289	0,437
0,1	0,316	0,464	1/3	0,577	0,693	6/7	0,926	0,950	5/12	0,645	0,747
0,2	0,447	0,585	2/3	0,816	0,874	1/8	0,354	0,500	7/12	0,764	0,836

Par la méthode d'interpolation de Newton, cette table peut servir à résoudre les racines de nombres décimaux ou fractionnaires quelconques.

PREMIER EXEMPLE. — Trouver la valeur de $\sqrt[3]{0,07586}$.

On a :

$$\frac{1}{10} \sqrt[3]{75,86}, \quad \sqrt[3]{75} = 4,2172, \quad \sqrt[3]{76} = 4,2358.$$

Différence = 0,0186.

$$\text{Produit} = 0,0186 \times 0,86 = 0,0160.$$

$$\text{Valeur cherchée} = 4,2172 + 0,016 = 4,2332,$$

$$\text{Résultat} = \sqrt[3]{0,07586} = \frac{4,2332}{10} = 0,42332$$

DEUXIÈME EXEMPLE. — Trouver la valeur de $\sqrt{\frac{9}{14}}$.

On a :

$$\sqrt{\frac{4}{7}} = 0,756, \quad \sqrt{\frac{5}{7}} = 0,845.$$

Différence pour $\frac{1}{7} = 0,089.$

Différence pour $\frac{1}{14} = \frac{0,089}{2} = 0,045$. Alors :

$$\sqrt{\frac{9}{14}} = \sqrt{\frac{4}{7}} + \sqrt{\frac{1}{14}} = 0,756 + 0,045 = 0,801.$$

Racines carrées et cubiques de quelques fractions.

n	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	n	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	n	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$
$\frac{1}{3}$	0,577	0,693	$\frac{3}{7}$	0,655	0,754	$\frac{1}{9}$	0,333	0,481
$\frac{2}{3}$	0,816	0,874	$\frac{4}{7}$	0,756	0,830	$\frac{2}{9}$	0,471	0,606
$\frac{1}{4}$	0,500	0,630	$\frac{5}{7}$	0,845	0,894	$\frac{4}{9}$	0,667	0,763
$\frac{3}{4}$	0,866	0,909	$\frac{6}{7}$	0,926	0,950	$\frac{5}{9}$	0,745	0,822
$\frac{1}{6}$	0,408	0,550	$\frac{1}{8}$	0,354	0,500	$\frac{7}{9}$	0,882	0,920
$\frac{5}{6}$	0,913	0,941	$\frac{3}{8}$	0,612	0,721	$\frac{1}{12}$	0,289	0,437
$\frac{1}{7}$	0,378	0,523	$\frac{5}{8}$	0,791	0,855	$\frac{5}{12}$	0,645	0,747
$\frac{2}{7}$	0,535	0,659	$\frac{7}{8}$	0,935	0,956	$\frac{7}{12}$	0,764	0,836

Racines.

1. $(\sqrt[m]{a})^m = a.$

2. $\sqrt[m]{ab} = \sqrt[m]{a} \sqrt[m]{b}.$

3. $\sqrt[m]{a : b} = \sqrt[m]{a} : \sqrt[m]{b}.$

4. $\sqrt[m]{\frac{1}{a}} = \frac{1}{\sqrt[m]{a}} = a^{-\frac{1}{m}}.$

5. $\sqrt[m]{a^n} = \sqrt[m]{a^{np}} = \sqrt[m]{a^n : q} = a^{\frac{n}{m}} = \sqrt[m]{a}^n.$

$$\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[mn]{a} = \sqrt[n]{\sqrt[m]{a}}.$$

Logarithmes.

Les logarithmes vulgaires ou décimaux ont pour base le nombre 10 ; les logarithmes naturels, hyperboliques ou népériens ont pour base le nombre $e = 2,71828$.

Pour passer du logarithme vulgaire au logarithme népérien, on le multiplie par l'inverse du module : $\frac{1}{M} = 2,30259$.

Inversement, pour passer du logarithme népérien au logarithme vulgaire, on le multiplie par le module $M = 0,43429$.

PROPRIÉTÉS DES LOGARITHMES

1. $\log_e n = 2,3025851 \log n.$
2. $\log n = 0,4342945 \log_e n.$
3. $\log ab = \log a + \log b.$
4. $\log \frac{a}{b} = \log a - \log b.$
5. $\log a^b = b \log a.$
6. $\log \sqrt[b]{a} = \frac{\log a}{b}.$

LOGARITHMES DÉCIMAUX DE QUELQUES FACTEURS USUELS

Nombre	Log. décimaux	Nombres	Log. décimaux
$\pi = 3,14159$	0,49715	$\frac{\pi}{4} = 0,78540$	$\bar{1},89509$
$\pi^2 = 9,86960$	0,99430	$\frac{4}{3} \pi = 4,18879$	0,62209
$\pi^3 = 31,0063$	1,49145	$e = 2,71828$	0,43429
$\sqrt{\pi} = 1,77245$	0,24857	$\log_e \pi = 1,14473$	0,05870
$\sqrt[3]{\pi} = 1,46467$	0,16572	$\frac{1}{M} = \log_e 10 = 2,30259$	0,36222
$\frac{1}{\pi} = 0,31831$	$\bar{1},50285$	$M = \log e = 0,43429$	$\bar{1},63778$
$\frac{1}{\pi^2} = 0,10132$	$\bar{1},00570$		

Usage de la règle à calcul.

La règle ordinaire comporte une échelle inférieure pour les produits et quotients, et deux échelles supérieures de module moitié pour les exposants et racines; le dos de la réglette porte en haut l'échelle des sinus, en bas l'échelle des tangentes, au milieu les logarithmes.

Nous donnerons sommairement les règles d'emploi pour les usages les plus courants.

Multiplication. — On détermine mentalement si le produit du premier chiffre de chacun des deux facteurs est inférieur ou supérieur à 10.

Dans le premier cas, on emploie le trait *initial* de la réglette, et la lecture se fait *à droite*.

EXEMPLE :

$$1,2 \times 2,8 = 3,36 \quad (1 \times 2 < 10).$$

$$0,022 \times 41,3 = 0,909 \quad (2 \times 4 < 10).$$

Dans le second cas, on emploie le trait *final* de la réglette et la lecture se fait *à gauche*.

EXEMPLE :

$$5,7 \times 3,8 = 21,66 \quad (5 \times 3 > 10).$$

$$0,0086 \times 67,2 = 0,578 \quad (8 \times 6 > 10).$$

Pour éviter ce petit calcul mental, il suffira d'employer la réglette *renversée* (chiffres en l'air), mais alors la mise en position et la lecture sont plus délicates.

Pour déterminer la *position de la virgule*, affectons du signe + le nombre de chiffres entiers (avant la virgule) et du signe - le nombre de zéros (après la virgule) pour chacun des deux facteurs.

Par exemple, on aura :

543000	7,82	0,45	0,0067	0,0000075,
+ 6	+ 1	± 0	- 2	- 5

Le nombre de chiffres entiers du produit des deux facteurs m et n sera égal à :

$$m + n - 1, \text{ si la lecture se fait à droite,}$$

$$m + n, \text{ si la lecture se fait à gauche.}$$

EXEMPLE DE POSITION DE LA VIRGULE :

$$\begin{aligned}
 5,43 \times 1,47 &= 7,98, \text{ lecture à droite ; } 1 + 1 - 1 = + 1, \\
 0,42 \times 0,16 &= 0,067, \text{ lecture à droite ; } 0 + 0 - 1 = - 1, \\
 5430 \times 0,00013 &= 0,706, \text{ lecture à droite ; } 4 + (-3) - 1 = 0, \\
 0,058 \times 37,6 &= 2,18, \text{ lecture à gauche ; } - 1 + 2 = + 1, \\
 0,00062 \times 0,0000054 &= 0,000000033, \text{ gauche ; } - 3 + (-5) = - 8.
 \end{aligned}$$

Division. — Soit à diviser le nombre A par le nombre B, on place le nombre B lu sur la règle en face du nombre A lu sur la règle.

Si $A > B$, la lecture se fait à gauche.

Si $A < B$, la lecture se fait à droite.

EXEMPLE :

$$\frac{9,6}{3,4} = 2,82, \text{ lecture à gauche,}$$

$$\frac{5,7}{8,1} = 0,704, \text{ lecture à droite.}$$

Pour la position de la virgule, les considérations précédentes sont analogues, mais l'on aura :

$m - n$, si la lecture se fait à droite,

$m - n + 1$, si la lecture se fait à gauche.

EXEMPLE DE POSITION DE LA VIRGULE :

$$\begin{aligned}
 2,85 : 9,02 &= 0,316 ; \text{ lecture à droite ; } + 1 - 1 = 0, \\
 0,47 : 57,6 &= 0,0081 ; \text{ lecture à droite ; } 0 - (+ 2) = - 2, \\
 295 : 3420 &= 0,086 ; \text{ lecture à droite ; } + 3 - (+ 4) = - 1, \\
 0,027 : 0,081 &= 0,33 ; \text{ lecture à droite ; } - 1 - (- 1) = 0, \\
 79,2 : 0,033 &= 2.400 ; \text{ lecture à gauche ; } + 2 - (- 1) + 1 = + 4, \\
 0,0091 : 0,000032 &= 284,5 ; \text{ lecture à gauche ; } - 2 - (- 4) + 1 = + 3, \\
 5,31 : 0,422 &= 12,58 ; \text{ lecture à gauche ; } + 1 - 0 + 1 = + 2.
 \end{aligned}$$

Rapports et proportions. — La règle est très commode pour les transformations par un facteur constant K (par exemple monnaies, mesures, changes, etc.).

Par exemple, 10 pieds égalant 3 mètres, pour transformer les pieds en mètres, on prendra le facteur $K = \frac{3}{10} = 0,30$ et pour transformer les mètres en pieds, le facteur $K = \frac{10}{3} = 3,33$.

Le cas est ramené à celui d'une multiplication ordinaire, en se servant suivant le cas du trait initial ou du trait final de la règle.

Par une seule position de la règle, on peut de même faire les répartitions proportionnelles.

Par exemple, majorer de 15 0/0 le prix d'une marchandise, ce qui revient à multiplier les facteurs à majorer par 1,15; trouver les poids nets lorsqu'on enlève l'humidité au poids brut, ce qui revient à multiplier par 0,95 si la quantité d'humidité est 5 0/0, etc.

NOTA. — Si dans tous ces calculs, on se sert de l'échelle double du haut de la règle, au lieu de l'échelle du bas, on pourra faire absolument toutes les lectures, *sans déplacer la réglette*, mais avec une approximation moitié moindre.

Pour la *règle de trois simple*, il faut d'abord mettre la réglette en position de division, ce qui permet de faire l'opération en un seul coup de réglette. Avec l'échelle double du haut, on évite de déplacer la réglette de bout en bout.

Pour la *règle de trois composée ou chaînette*, on procède par règles de trois simples successives dont on ne lit pas les résultats intermédiaires qu'on fixe par le curseur.

En choisissant l'ordre des facteurs dans un ordre arbitraire, on peut employer l'échelle du bas sans déplacer la réglette de bout en bout; en employant les échelles du haut, on évitera le souci de choisir l'ordre des facteurs.

EXEMPLE. — L'expression de la forme

$$\frac{35,6 \times 1.021 \times 0,000483 \times 0,754}{7.580 \times 0,0903 \times 1.725} = 1.119,$$

1
7
3
5
2
4
6

peut être résolue avec l'échelle du bas de la règle sans déplacement de la réglette bout pour bout en observant l'ordre indiqué par les chiffres, soit :

$$\begin{aligned} \frac{356}{758} \cdot 483 &= I \text{ (fixé par le curseur);} \\ \frac{I}{903} \cdot 754 &= II \text{ (fixé par le curseur);} \\ \frac{II}{1.725} \cdot 1.021 &= 1.119. \end{aligned}$$

Exposants et racines. — L'emploi de la règle n'est bien pratique que jusqu'à la racine carrée; au delà la difficulté de placer la virgule peut occasionner facilement des erreurs.

CARRÉS ET RACINES CARRÉES. — Par l'emploi du curseur, on déterminera les carrés sur l'échelle supérieure de la règle en lisant la racine sur l'échelle inférieure de la règle; la réglette n'est pas employée.

La première échelle logarithmique (celle de gauche) donne les déterminants *impairs*, c'est-à-dire les carrés compris entre 1 et 10, 100

et 1.000 (3 chiffres), 10.000 et 100.000 (5 chiffres), tandis que la seconde échelle (celle de droite), donne les déterminants pairs, c'est-à-dire les carrés compris entre 10 et 100 (2 chiffres), 1.000 et 10.000 (4 chiffres), etc.

Le nombre de chiffres entiers du carré est $2n - 1$, quand le carré tombe dans la première échelle, et $2n$ quand il tombe dans la deuxième échelle :

EXEMPLE POUR LES CARRÉS :

$$\begin{aligned} 30,52 &= 930, \text{ lu échelle supérieure gauche, } 2(+2) - 1 = +3, \\ 0,1642 &= 0,0269, \text{ lu échelle gauche, } 2(0) - 1 = -1, \\ 0,002912 &= 0,0000085, \text{ lu échelle gauche, } 2(-2) - 1 = -5, \\ 5572 &= 310000, \text{ lu échelle droite, } 2(+3) = 6, \\ 0,9122 &= 0,832, \text{ lu échelle droite, } 2(0) = 0, \\ 0,000732 &= 0,0000053, \text{ lu échelle droite, } 2(-3) = -6, \end{aligned}$$

Pour les racines carrées, on divise en groupes de deux chiffres :

à gauche de la virgule pour les nombres entiers,
à droite de la virgule pour les nombres décimaux,

puis, si le déterminant ainsi obtenu a :

un chiffre, on place la racine sur l'échelle logarithmique de gauche,
deux chiffres, on place la racine sur l'échelle de droite.

et le nombre de chiffres entiers ou de zéros de la racine est donné par le nombre de groupes de deux chiffres à gauche de la virgule pour les nombres entiers, ou de groupes de deux zéros à droite de la virgule pour les nombres décimaux.

EXEMPLE POUR LES RACINES CARRÉES :

	déterminant	virgule à
$\sqrt{1,74} = 1,32,$	1 chiffre, placer sur la 1 ^{re} échelle, + 1;	
$\sqrt{15 \cdot 20} = 39,0,$	2 chiffres, — 2 ^e — + 2;	
$\sqrt{7 \cdot 46 \cdot 00} = 273,$	1 chiffre, — 1 ^{re} — + 3;	
$\sqrt{0,85 \cdot 1} = 0,923.$	2 chiffres, — 2 ^e — ± 0;	
$\sqrt{0,08 \cdot 51} = 0,292,$	1 chiffre, — 1 ^{re} — ± 0;	
$\sqrt{0,00 \cdot 48 \cdot 2} = 0,0694,$	2 chiffres, — 2 ^e — - 1;	
$\sqrt{0,00 \cdot 00 \cdot 09 \cdot 91} = 0,0031,$	1 chiffre, — 1 ^{re} — - 2.	

Circonférence et cercle. — Les calculs de circonférence L, et surface de cercles F sont fréquents et les règles portent en général des repères correspondant aux facteurs suivants :

$$\text{repère } \pi = 3,14, \text{ on a } L = \pi d, \text{ et } d = \frac{L}{\pi}$$

ce qui ramène le calcul de la circonférence ou du diamètre à une multiplication ou division.

$$\text{repère } C = 1,128, \quad \text{on a } F = \left(\frac{d}{c}\right)^2, \quad \text{et } d = c\sqrt{F},$$

ce qui ramène le calcul de la surface ou du diamètre à un carré ou une racine.

Ainsi, pour trouver la surface F , on place le repère c sur le diamètre d lu sur l'échelle inférieure de la règle, et on lit la surface sur l'échelle supérieure correspondant au trait initial de la réglette. Inversement, pour trouver d à partir de F , on place avec F sur l'échelle supérieure de gauche ou de droite, suivant que le déterminant est impair ou pair, et on lit le résultat sur l'échelle inférieure de la règle en face du repère c en se servant du trait initial de la réglette.

Le placement de la virgule s'opère ainsi :

CIRCONFÉRENCE. — La position de la virgule, comme déjà vu à propos de la multiplication et division est :

si lecture à gauche, $m + n$ pour multiplication, $m - n + 1$ pour division
 — à droite, $m + n - 1$ — $m - n$ —

Dans notre cas $\pi = 3,14$ on a toujours $m = +1$.

EXEMPLE :

$d=1,5, L=3,14 \times 1,5 = 4,71$ lecture à droite, $1+(+1)-1=+1$
 $d=0,0022, L=3,14 \times 0,0022 = 0,00691$ — $1+(-2)-1=-2$;
 $d=4,8, L=3,14 \times 4,8 = 15,08$ lecture à gauche, $1+(+1)=+2$;
 $d=0,05, L=3,14 \times 0,05 = 0,157$ — $1+(-1)=0$;
 $L=350, d=350 : 3,14 = 112$ lecture à gauche, $3-(+1)+1=+3$;
 $L=0,083, d=0,083 : 3,14 = 0,026$ lecture à gauche, $-1-(+1)+1=-1$;
 $L=21, d=21 : 3,14 = 6,69$ lecture à droite, $2-(+1)=+1$;
 $L=0,00015, d=0,00015 : 3,14 = 0,0000478$ lecture à droite, $-3-(+1)=-4$.

CERCLES. — La position de la virgule exige dans le cas du carré (surface) le calcul mental du nombre de chiffres entiers du rapport $\frac{d}{c}$ (on sait que $c = 1,128$ et on a donc un seul chiffre entier $+1$) et dans le cas de la racine (diamètre), la division en groupes de déterminants un chiffre (impair) ou deux chiffres (pairs).

Si le carré tombe sur l'échelle supérieure de gauche, on a $2n - 1$ pour le résultat;

Si le carré tombe sur l'échelle supérieure de droite, on a $2n$ pour le résultat;

Si le déterminant a un chiffre, le carré à extraire se lit sur l'échelle supérieure de gauche.

Si le déterminant a deux chiffres, le carré à extraire se lit sur l'échelle supérieure de droite.

EXEMPLE POUR TROUVER LA SURFACE DU CERCLE :

$$d = 1,32,$$

$$F = \left(\frac{1,32}{1,128}\right)^2 n = 1, F = 1,368, \text{ échelle gauche, } 2(+1) - 1 = +1;$$

$$d = 132,$$

$$F = \left(\frac{132}{1,128}\right)^2 n = 3, F = 13680, \text{ échelle gauche, } 2(+3) - 1 = +5;$$

$$d = 0,00132,$$

$$F = \left(\frac{0,00132}{1,128}\right)^2 n = -2, F = 0,00000136, \text{ échelle gauche, } 2(-2) - 1 = -5$$

$$d = 5,$$

$$F = \left(\frac{5}{1,128}\right)^2 n = 1, F = 19,6, \text{ échelle droite, } 2(+1) = +2;$$

$$d = 0,5,$$

$$F = \left(\frac{0,5}{1,128}\right)^2 n = 0, F = 0,196, \text{ échelle droite, } 2(0) = 0;$$

$$d = 50,$$

$$F = \left(\frac{50}{1,128}\right)^2 n = 2, F = 1960, \text{ échelle droite, } 2(+2) = +4.$$

EXEMPLE POUR TROUVER LE DIAMÈTRE :

	déterminant		
F = 16,62,	2 chiffres, échelle de droite,	virgule à + 2,	d = 46;
F = 0,16 . 6,	—	—	0, d = 0,46;
F = 0,00 . 00 . 16,	—	—	- 2, d = 0,0046;
F = 7 , 54,	1 chiffre, échelle de gauche,		+ 2, d = 31;
F = 0,07 . 54,	—	—	0, d = 0,31;
F = 0,00 . 07 . 54,	1 chiffre,	—	- 1, d = 0,031.

Valeurs numériques de g . g = accélération d'un corps qui tombe à Paris dans le vide.

	NOMBRES	LOGARITHMES		NOMBRES	LOGARITHMES
g	9 ^m ,808 96	0,991 615 9	$\frac{g}{2}$	4 ^m ,904 48	0,690 585 9
$2g$	19 ,617 92	1,292 645 9	g^2	96 ,212 50	1,983 231 8
$\frac{1}{g}$	0 ,319 29	$\bar{1}$,504 192 1	$4g^2$	384 ,850 24	2,585 291 8
\sqrt{g}	0 ,401 94	$\bar{1}$,008 384 1	$\sqrt{2g}$	4 ,429	0,646 322 9
$\frac{1}{\sqrt{g}}$	0 ,010 39	$\bar{2}$,016 768 2	$\frac{1}{2g}$	0 ,050 97	$\bar{2}$,707 354 1

Longueur du *pendule simple* qui, dans le vide et en moyenne, bat la seconde à Paris : $l = 0^m,993885$.

Valeurs numériques de π .

$\pi = 3,14159265$	$\frac{\pi}{7} = 0,44879895$	$\pi^2 = 9,86960440$	$\sqrt{\pi} = 1,77245385$
$\frac{1}{2}\pi = 1,57079633$	$\frac{\pi}{16} = 0,19634954$	$\pi^3 = 31,00627668$	$\sqrt[3]{\pi} = 1,46459189$
$\frac{1}{3}\pi = 1,04719755$	$\frac{\pi}{24} = 0,13089969$	$\frac{1}{\pi} = 0,31830989$	$\frac{1}{\sqrt{\pi}} = 0,56418958$
$\frac{1}{4}\pi = 0,78539816$	$\frac{\pi}{32} = 0,09817477$	$\frac{1}{\pi^2} = 0,10132118$	$\frac{1}{\sqrt[3]{\pi}} = 0,68278406$
$\frac{1}{6}\pi = 0,52359878$	$\frac{\pi}{180} = 0,01745329$	$\frac{1}{\pi^3} = 0,03225153$	$\log \pi = 0,49714987$

Valeurs diverses.

$$1 + 2 + 3 + 4 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}$$

$$2 + 4 + 6 + 8 + \dots + 2n = n(n+1)$$

$$1 + 3 + 5 + 7 + \dots + (2n-1) = n^2$$

$$1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + \dots + n^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3}$$

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + \dots + n^3 = \left(\frac{n(n+1)}{2}\right)^2$$

2. Nombre des produits distincts de m lettres n à n :

$$\frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots (m-1) m}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots n \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3 \dots (m-n)}$$

3. Nombre des *permutations différentes* de m lettres entre elles :

$$1 \cdot 2 \cdot 3 \dots (m-1) m.$$

Progressions.

1. **Progressions arithmétiques.** — Soit a le premier terme, r la raison, b le dernier terme, n le nombre de termes ; les formules générales sont :

$$b = a + (n-1)r$$

et

$$S = \frac{1}{2} (a + b) n = \left[a + \frac{1}{2} (n-1)r \right] n;$$

S étant la somme des n premiers termes de la progression.

2. **Progressions géométriques.** — Soit a le premier terme, q la raison, b le dernier terme, n le nombre de termes ; les formules générales sont :

$$b = aq^{n-1}$$

et

$$S = a \frac{q^n - 1}{q - 1};$$

S étant la somme des n premiers termes de la progression.

3. **Valeurs diverses.** — On a :

$$1 + 2 + 3 + 4 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}$$

$$2 + 4 + 6 + 8 + \dots + 2n = n(n+1)$$

$$1 + 3 + 5 + 7 + \dots + (2n-1) = n^2$$

$$1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + \dots + n^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3}$$

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + \dots + n^3 = \left(\frac{n(n+1)}{2} \right)^2$$

$$1 + \frac{x}{1} + \frac{x^2}{1 \cdot 2} + \frac{x^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} \dots = e^x$$

$$1 + x + x^2 + x^3 + \dots + x^n = \frac{x^{n+1} - 1}{x - 1}$$

Trigonométrie et résolution des triangles.

(Voir tables, pages d'annonces.)

Résolution des équations.

1. PREMIER DEGRÉ :

$$1. \quad \begin{cases} ax + by = c \\ a'x + b'y = c' \end{cases} \quad \left\{ \begin{array}{l} x = \frac{cb' - bc'}{ab' - ba'}, \\ y = \frac{ac' - ca'}{ab' - ba'}. \end{array} \right.$$

2. SECOND DEGRÉ :

$$2. \quad x^2 + px + q = 0; \quad x = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}.$$

$$3. \quad ax^2 + bx + c = 0; \quad x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

$$4. \quad x^{2n} + px^n + q = 0; \quad x = \sqrt[n]{-\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}}.$$

Table des arcs, flèches, cordes, segments et angles au centre pour un diamètre égal à l'unité. — Si r est le rayon, et φ l'angle au centre, les formules suivantes donnent les valeurs portées dans la table ci-après :

Corde :

$$c = 2r \sin \frac{\varphi}{2}.$$

Flèche :

$$f = r \left(1 - \cos \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{c}{2} \operatorname{tang} \frac{\varphi}{4} = 2r \sin^2 \frac{\varphi}{4}.$$

Longueur d'arc :

$$l = \pi r \frac{\varphi}{180} = 0,017453 r \varphi.$$

Surface du segment :

$$S_1 = \frac{r^2}{2} \left(\frac{\pi}{180} \varphi - \sin \varphi \right).$$

Surface du secteur :

$$S_2 = \frac{\varphi}{360} \pi r^2 = 0,00872665 \varphi r^2.$$

Arcs, Cordes et Flèches pour $R = 1$.

DEGRÉS	ARCS	CORDES	FLÈCHES	DEGRÉS	ARCS	CORDES	FLÈCHES
1	0,0175	0,0175	0,00004	36	0,6283	0,6180	0,04894
2	0,0349	0,0349	0,00015	37	0,6458	0,6346	0,05168
3	0,0524	0,0524	0,00034	38	0,6632	0,6511	0,05448
4	0,0698	0,0698	0,00061	39	0,6807	0,6676	0,05736
5	0,0873	0,0872	0,00095	40	0,6981	0,6840	0,06031
6	0,1047	0,1047	0,00137	41	0,7156	0,7004	0,06333
7	0,1222	0,1221	0,00187	42	0,7330	0,7167	0,06642
8	0,1396	0,1395	0,00244	43	0,7505	0,7330	0,06958
9	0,1571	0,1569	0,00308	44	0,7679	0,7492	0,07281
10	0,1745	0,1743	0,00381	45	0,7854	0,7654	0,07612
11	0,1920	0,1917	0,00460	46	0,8029	0,7815	0,0795
12	0,2094	0,2091	0,00548	47	0,8203	0,7975	0,0829
13	0,2269	0,2264	0,00643	48	0,8378	0,8135	0,0865
14	0,2443	0,2437	0,00745	49	0,8552	0,8294	0,0900
15	0,2618	0,2611	0,00856	50	0,8727	0,8452	0,0937
16	0,2793	0,2783	0,00973	51	0,8901	0,8610	0,0974
17	0,2967	0,2956	0,01098	52	0,9076	0,8767	0,1012
18	0,3142	0,3129	0,01231	53	0,9250	0,8924	0,1051
19	0,3316	0,3301	0,01371	54	0,9425	0,9080	0,1090
20	0,3491	0,3473	0,01519	55	0,9599	0,9235	0,1130
21	0,3665	0,3645	0,01675	56	0,9774	0,9389	0,1171
22	0,3840	0,3816	0,01837	57	0,9948	0,9543	0,1212
23	0,4014	0,3987	0,02008	58	1,0123	0,9696	0,1254
24	0,4189	0,4158	0,02185	59	1,0297	0,9848	0,1296
25	0,4363	0,4329	0,02370	60	1,0472	1,0000	0,1340
26	0,4538	0,4499	0,02563	61	1,0647	1,0151	0,1384
27	0,4712	0,4669	0,02763	62	1,0821	1,0301	0,1428
28	0,4887	0,4838	0,02969	63	1,0996	1,0450	0,1474
29	0,5061	0,5008	0,03185	64	1,1170	1,0598	0,1520
30	0,5236	0,5176	0,03407	65	1,1345	1,0746	0,1566
31	0,5411	0,5345	0,03637	66	1,1519	1,0893	0,1613
32	0,5585	0,5512	0,03874	67	1,1694	1,1039	0,1661
33	0,5760	0,5680	0,04118	68	1,1868	1,1184	0,1710
34	0,5934	0,5847	0,04370	69	1,2043	1,1328	0,1759
35	0,6109	0,6014	0,04628	70	1,2217	1,1472	0,1808

DEGRÉS	ARCS	CORDES	FLÈCHES	DEGRÉS	ARCS	CORDES	FLÈCHES
71	1,2392	1,1614	0,1859	111	1,9373	1,6483	0,4336
72	1,2566	1,1756	0,1910	112	1,9548	1,6581	0,4408
73	1,2741	1,1896	0,1961	113	1,9722	1,6672	0,4481
74	1,2915	1,2036	0,2014	114	1,9897	1,6778	0,4554
75	1,3090	1,2175	0,2066	115	2,0071	1,6868	0,4627
76	1,3265	1,2313	0,2120	116	2,0246	1,6961	0,4701
77	1,3439	1,2450	0,2174	117	2,0420	1,7053	0,4775
78	1,3614	1,2586	0,2229	118	2,0595	1,7143	0,4850
79	1,3788	1,2722	0,2284	119	2,0569	1,7233	0,4925
80	1,3963	1,2856	0,2340	120	2,0944	1,7321	0,5000
81	1,4137	1,2989	0,2396	121	2,1118	1,7407	0,5076
82	1,4112	1,3121	0,2453	122	2,1293	1,7492	0,5152
83	1,4486	1,3252	0,2510	123	2,1468	1,7576	0,5228
84	1,4661	1,3383	0,2569	124	2,1642	1,7659	0,5305
85	1,4835	1,3512	0,2627	125	2,1817	1,7740	0,5388
86	1,5010	1,3640	0,2686	126	2,1991	1,7820	0,5460
87	1,5184	1,3767	0,2746	127	2,2166	1,6899	0,5538
88	1,5359	1,3893	0,2807	128	2,2340	1,7976	0,5616
89	1,5533	1,4018	0,2867	129	2,2515	1,8052	0,5695
90	1,5708	1,4142	0,2929	130	2,2689	1,8126	0,5774
91	1,5882	1,4265	0,2991	131	2,2864	1,8199	0,5853
92	1,6057	1,4387	0,3053	132	2,3038	1,8281	0,5933
93	1,6332	1,4507	0,3116	133	2,3213	1,8341	0,6013
94	1,6406	1,4627	0,3180	134	2,3387	1,8410	0,6093
95	1,6580	1,4746	0,3244	135	2,3562	1,8478	0,6173
96	1,6755	1,4863	0,3309	136	2,3736	1,8544	0,6254
97	1,6930	1,4979	0,3374	137	2,3911	1,8608	0,6335
98	1,7104	1,5094	0,3439	138	2,4086	1,8672	0,6416
99	1,7279	1,5208	0,3506	139	2,4260	1,8733	0,6498
100	1,7453	1,5321	0,3572	140	2,4435	1,8794	0,6580
101	1,7628	1,5432	0,3639	141	2,4609	1,8853	0,6662
102	1,7802	1,5543	0,3707	142	2,4784	1,8910	0,6744
103	1,7977	1,5652	0,3775	143	2,4958	1,8966	0,6827
104	1,8151	1,5760	0,3843	144	2,5133	1,9021	0,6910
105	1,8326	1,5867	0,3912	145	2,5307	1,9074	0,6993
106	1,8500	1,5973	0,3982	146	2,5482	1,9126	0,7076
107	1,8675	1,6077	0,4052	147	2,5656	1,9176	0,7160
108	1,8850	1,6180	0,4122	148	2,5831	1,9225	0,7244
109	1,9024	1,6282	0,4193	149	2,6005	1,9273	0,7328
110	1,9199	1,6383	0,4264	150	2,6180	1,9319	0,7412

DEGRÉS	ARCS	CORDES	FLÈCHES	DEGRÉS	ARCS	CORDES	FLÈCHES
151	2,6354	1,9363	0,7496	166	2,8972	1,9851	0,8781
152	2,6529	1,9406	0,7581	167	2,9147	1,9871	0,8868
153	2,6704	1,9447	0,7666	168	2,9322	1,9890	0,8955
154	2,6878	1,9487	0,7750	169	2,9496	1,9908	0,9042
155	2,7053	1,9526	0,7836	170	2,9671	1,9924	0,9128
156	2,7227	1,9563	0,7921	171	2,9845	1,9938	0,9215
157	2,7402	1,9598	0,8006	172	3,0020	1,9951	0,9302
158	2,7576	1,9632	0,8092	173	3,0194	1,9963	0,9390
159	2,7751	1,9665	0,8178	174	3,0369	1,9973	0,9477
160	2,7925	1,9696	0,8264	175	3,0543	1,9981	0,9564
161	2,8100	1,9726	0,8350	176	3,0718	1,9988	0,9651
162	2,8274	1,9754	0,8436	177	3,0892	1,9993	0,9738
163	2,8449	1,9780	0,8522	178	3,1067	1,9997	0,9825
164	2,8623	1,9805	0,8608	179	3,1241	1,9999	0,9913
165	2,8798	1,9829	0,8695	180	3,1416	2,0000	1,0000

Division de la circonférence en un nombre quelconque de parties égales.

Le tableau ci-après, d'usage très commode, donne, dans la troisième colonne, la longueur de la corde rapportée au rayon qu'il suffit de prendre comme valeur, pour obtenir la division de la circonférence en un nombre de parties égales, indiqué par la première colonne.

NOMBRE de divisions de la circonférence	ANGLE au centre correspondant	LONGUEUR de la corde rapportée au rayon	NOMBRE de divisions de la circonférence	ANGLE au centre correspondant	LONGUEUR de la corde rapportée au rayon
3	120°	1,73206	10	36°	0,61804
4	90	1,41422	11	32 43	0,563
5	72	1,17558	12	30	0,51764
6	60	1	13	27 41	0,4782
7	51 25	0,86732	14	25 42	0,4448
8	45	0,76536	15	24	0,41582
9	40	0,68404	16	22 30	0,39018

NOMBRE de divisions de la circonférence	ANGLE au centre correspondant	LONGUEUR de la corde rapportée au rayon	NOMBRE de divisions de la circonférence	ANGLE au centre correspondant	LONGUEUR de la corde rapportée au rayon
17	21° 10	0,37634	59	6° 06	0,106414
18	20	0,3473	60	6	0,104672
19	18 56	0,32894	61	5 54	0,102928
20	18	0,31286	62	5 48	0,101186
21	17 08	0,29792	63	5 42	0,099442
22	16 21	0,2841	64	5 37	0,0977
23	15 39	0,272	65	5 32	0,096538
24	15	0,26106	66	5 27	0,094794
25	14 24	0,25066	67	5 22	0,093632
26	13 50	0,24086	68	5 17	0,091888
27	13 20	0,23218	69	5 13	0,090765
28	12 51	0,22352	70	5 08	0,089564
29	12 24	0,216	71	5 04	0,088402
30	12	0,20906	72	5	0,087238
31	11 36	0,20212	73	4 55	0,085496
32	11 15	0,19574	74	4 51	0,084332
33	10 54	0,18996	75	4 48	0,083752
34	10 35	0,18416	76	4 44	0,082588
35	10 17	0,17894	77	4 40	0,081426
36	10	0,17432	78	4 36	0,080264
37	9 43	0,1691	79	4 33	0,0791
38	9 28	0,16504	80	4 30	0,078518
39	9 13	0,1604	81	4 26	0,077356
40	9	0,15692	82	4 23	0,076194
41	8 46	0,15286	83	4 20	0,075612
42	8 34	0,14938	84	4 17	0,07445
43	8 22	0,1459	85	4 14	0,073868
44	8 10	0,14242	86	4 11	0,072706
45	8	0,13952	87	4 08	0,072124
46	7 49	0,13603	88	4 05	0,070972
47	7 39	0,133128	89	4 02	0,07038
48	7 30	0,130806	90	4	0,069798
49	7 20	0,127904	91	3 57	0,0686362
50	7 12	0,125582	92	3 54	0,0680546
51	7 03	0,122678	93	3 52	0,0674732
52	6 56	0,120356	94	3 49	0,0663104
53	6 47	0,118032	95	3 47	0,0657288
54	6 40	0,11629	96	3 45	0,0651474
55	6 32	0,113966	97	3 42	0,064566
56	6 25	0,111644	98	3 40	0,0639844
57	6 18	0,1099	99	3 38	0,063403
58	6 12	0,108158	100	3 36	0,0628216

Table des polygones réguliers.

Appelons :

n , le nombre de côtés du polygone ;

s , le côté du polygone ;

R et r , le rayon des cercles circonscrit et inscrit ;

U , le périmètre ;

S , la surface ;

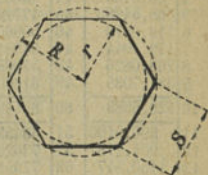
On a :

$$s = 2R \sin \frac{180}{n} = 2r \operatorname{tang} \frac{180}{n}$$

$$R = \frac{s}{2 \sin \frac{180}{n}}, \quad r = \frac{s}{2 \operatorname{tang} \frac{180}{n}}$$

$$U = ns = 2nR \sin \frac{180}{n} = 2nr \operatorname{tang} \frac{180}{n}$$

$$S = nR^2 \sin \frac{180}{n} = \frac{n}{3} s^2 \operatorname{cotang} \frac{180}{n} = nr^2 \operatorname{tang} \frac{180}{n}$$



n	S		R	r	Corde ou Côté		Angle des Côtés
3	0,4330 s^2	1,2990 R^2	0,5774 s	0,5000 R	1,7321 R	3,463 r	60°
4	1,0000 „	2,0000 „	0,7071 „	0,7071 „	1,4142 „	2,000 „	90°
5	1,7205 „	2,3776 „	0,8507 „	0,8090 „	1,1756 „	1,453 „	108°
6	2,5981 „	2,5981 „	1,0000 „	0,8660 „	1,0000 „	1,155 „	120°
7	3,6339 „	2,7364 „	1,1524 „	0,9010 „	0,867 „	0,963 „	128° 34,3'
8	4,8284 „	2,8284 „	1,3066 „	0,9239 „	0,7654 „	0,828 „	135°
9	6,1818 „	2,8925 „	1,4619 „	0,9397 „	0,6840 „	0,728 „	140°
10	7,6942 „	2,9389 „	1,6118 „	0,9511 „	0,6180 „	0,649 „	144°
11	9,366 „	2,973 „	1,775 „	0,9600 „	0,543 „	0,587 „	148° 48,6'
12	11,1962 „	3,0000 „	1,9319 „	0,9659 „	0,5176 „	0,536 „	150°
15	17,6472 „	3,0505 „	2,4049 „	0,9782 „	0,4158 „	0,435 „	156°
16	20,1094 „	3,0615 „	2,5629 „	0,9808 „	0,3902 „	0,397 „	157° 30'
20	31,5688 „	3,0902 „	3,1063 „	0,9877 „	0,3129 „	0,314 „	162°
24	45,5745 „	3,1058 „	3,8305 „	0,9914 „	0,2611 „	0,263 „	165°
32	81,2354 „	3,1215 „	5,1013 „	0,9952 „	0,1980 „	0,197 „	168° 45'
48	183,0846 „	3,1326 „	7,8876 „	0,9979 „	0,1301 „	0,124 „	172° 30'
64	325,6923 „	3,1366 „	10,1899 „	0,9988 „	0,0981 „	0,098 „	174° 22,5'

Table du volume des sphères pour les diamètres $d = 1$ à 200.

d	$\frac{\pi}{6} d^3$	d	$\frac{\pi}{6} d^3$	d	$\frac{\pi}{6} d^3$	d	$\frac{\pi}{6} d^3$	d	$\frac{\pi}{6} d^3$
1	0,523599	41	36086,95	81	278261,8	121	927587,2	161	2185125
2	4,188790	42	38792,39	82	288695,6	122	950775,8	162	2226094
3	14,13717	43	41629,77	83	299387,0	123	974347,7	163	2267574
4	33,51032	44	44602,24	84	310339,1	124	998305,9	164	2309565
5	65,44985	45	47712,94	85	321555,1	125	1022654	165	2352071
6	113,0973	46	50965,01	86	333038,2	126	1047394	166	2395096
7	179,5944	47	54361,60	87	344791,4	127	1072531	167	2438642
8	268,0826	48	57905,84	88	356817,9	128	1098066	168	2482713
9	381,7035	49	61600,87	89	369120,9	129	1124004	169	2527311
10	523,5988	50	65449,85	90	381703,5	130	1150347	170	2572441
11	696,9100	51	69455,91	91	394568,9	131	1177098	171	2618104
12	904,7787	52	73622,18	92	407720,1	132	1204260	172	2664305
13	1150,347	53	77951,81	93	421160,3	133	1231838	173	2711046
14	1436,755	54	82447,92	94	434892,8	134	1259833	174	2758331
15	1767,146	55	87113,75	95	448920,5	135	1288249	175	2806162
16	2144,660	56	91952,32	96	463246,7	136	1317090	176	2854543
17	2572,441	57	96966,83	97	477874,5	137	1346357	177	2903477
18	3053,628	58	102160,4	98	492807,0	138	1376055	178	2952967
19	3591,364	59	107536,2	99	508047,0	139	1406187	179	3003006
20	4188,790	60	113097,3	100	523598,8	140	1436755	180	3053628
21	4849,048	61	118847,0	101	539464,3	141	1467763	181	3104805
22	5575,280	62	124788,2	102	555647,2	142	1499214	182	3156551
23	6370,626	63	130924,3	103	572150,5	143	1531112	183	3208869
24	7238,929	64	137258,2	104	588977,4	144	1563457	184	3261761
25	8181,231	65	143793,3	105	606131,0	145	1596256	185	3315231
26	9202,772	66	150532,6	106	623614,5	146	1629511	186	3369282
27	10305,99	67	157479,1	107	641431,0	147	1663224	187	3423919
28	11494,04	68	164636,2	108	659583,7	148	1697398	188	3479142
29	12770,05	69	172006,9	109	678075,6	149	1732038	189	3534956
30	14137,17	70	179594,4	110	696910,0	150	1767146	190	3591364
31	15598,53	71	187401,8	111	716090,0	151	1802725	191	3648369
32	17157,28	72	195432,2	112	735618,6	152	1838778	192	3705973
33	18816,57	73	203688,8	113	755499,1	153	1875309	193	3764181
34	20579,53	74	212174,8	114	775734,6	154	1912321	194	3822996
35	22449,30	75	220893,2	115	796328,3	155	1949816	195	3882419
36	24429,02	76	229847,3	116	817283,2	156	1987799	196	3942456
37	26521,85	77	239040,1	117	838602,7	157	2026271	197	4003108
38	28730,91	78	248474,9	118	860289,5	158	2065237	198	4064379
39	31059,36	79	258154,6	119	882347,3	159	2104699	199	4126272
40	33510,32	80	268082,6	120	904778,7	160	2144660	200	4188790

Intégration des surfaces.

Outre les procédés classiques : planimètre, papier au millimètre, pesée, l'intégration d'une surface peut se faire avec une approximation suffisante par les formules de Simpson, Poncelet, Parmentier ou Tchebitchef. Nous donnons la première et la dernière, celle de Tchebitchef devant être considérée comme la plus exacte.

1. Formule de Simpson appliquée aux surfaces. — Soit à mesurer la surface de l'aire ABCD. On prend les deux parallèles AD, BC comme extrêmes d'une série d'ordonnées $z_1, z_2, \dots, z_{n-1}, z_n$ dont la condition est telle que leur nombre n soit impair. Ces ordonnées sont équidistantes, d étant la distance commune.

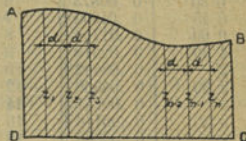


FIG. 1.

Appiquant la formule de Simpson, on a pour valeur de la surface $S = ABCD$:

$$S = \frac{d}{3} [z_1 + z_n + 4(z_2 + z_4 + \dots + z_{n-1}) + 2(z_3 + z_5 + \dots + z_{n-2})]$$

2. Formule de Tchebitchef appliquée aux surfaces. — Soit à mesurer la surface ABCD, AB étant une courbe quelconque : DC toujours une droite, dont la longueur $L = 2k$.

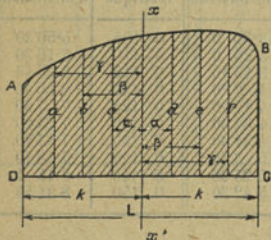


FIG. 2.

De part et d'autre de XX' , on trace 3 ordonnées dont les distances à l'axe sont données par :

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,267k = 0,1335L; \\ \beta &= 0,422k = 0,211L; \\ \gamma &= 0,866k = 0,433L; \end{aligned}$$

On mesure les 6 ordonnées, et la surface est donnée par :

$$S = \frac{k}{3} (a + b + c + d + e + f) = \frac{L}{6} (a + b + c + d + e + f).$$

Quelle que soit la courbe considérée, les valeurs de α , β , γ sont les mêmes, et les résultats très précis. Le cas d'une surface quelconque est ramené au cas précédent en la divisant par un axe rectiligne et procédant à la mesure des surfaces de part et d'autre de l'axe.

Conversion des degrés d'inclinaison en pentes métriques.

DEGRÉS d'inclinaison	PENTE métrique	DEGRÉS d'inclinaison	PENTE métrique	DEGRÉS d'inclinaison	PENTE métrique
0° 15'	0 ^m ,00436	5°	0 ^m ,08749	22°	0 ^m ,40403
0 30	0 ,00873	6	0 ,10510	24	0 ,44523
0 45	0 ,01309	7	0 ,12278	26	0 ,48773
0 60	0 ,01746	8	0 ,14054	28	0 ,53171
1 30	0 ,02618	9	0 ,15838	30	0 ,57735
2	0 ,03492	10	0 ,17633	32	0 ,62487
2 30	0 ,04366	12	0 ,21256	34	0 ,67451
3	0 ,05241	14	0 ,24933	36	0 ,72654
3 30	0 ,06116	16	0 ,28675	38	0 ,78123
4	0 ,06993	18	0 ,32492	40	0 ,83910
4 30	0 ,07870	20	0 ,36397		

Conversion des pentes métriques en degrés d'inclinaison.

PENTE métrique	DEGRÉS d'inclinaison	PENTE métrique	DEGRÉS d'inclinaison	PENTE métrique	DEGRÉS d'inclinaison
0 ^m ,005	0° 17' 10"	0 ^m ,055	3° 85' 0"	0 ^m ,105	5° 50' 30"
0 ,010	0 35 0	0 ,060	3 26 0	0 ,110	6 16 30
0 ,015	0 51 30	0 ,065	3 43 10	0 ,115	6 33 40
0 ,020	1 8 40	0 ,070	4 0 20	0 ,120	6 50 30
0 ,025	1 26 0	0 ,075	4 17 20	0 ,125	7 7 30
0 ,030	1 43 10	0 ,080	4 34 30	0 ,130	7 24 20
0 ,035	2 0 20	0 ,085	4 51 30	0 ,135	7 41 20
0 ,040	2 17 30	0 ,090	5 3 30	0 ,140	7 58 10
0 ,045	2 34 40	0 ,095	5 25 30	0 ,145	8 15 5
0 ,050	2 51 40	0 ,100	5 42 30	0 ,150	8 31 50

Conversion des degrés en grades et des grades en degrés.

DEGRÉS °	GRADES G	MINUTES '	GRADES G	SECONDES ''	GRADES G
1	1,111111	1	0,0185185	1	0,0003686
2	2,222222	2	0,0370370	2	0,0006173
3	3,333333	3	0,0555556	3	0,0009259
4	4,444444	4	0,0740741	4	0,0012346
5	5,555556	5	0,0925926	5	0,0015432
6	6,666667	6	0,1111111	6	0,0018518
7	7,777778	7	0,1296296	7	0,0021605
8	8,888889	8	0,1481481	8	0,0024691
9	10,000000	9	0,1666667	9	0,0027778
10	11,111111	10	0,1851852	10	0,0030864

GRADES G	DIVISION SEXAGÉSIMALE ° '	MINUTES DÉCIMALES '	DIVISION SEXAGÉSIMALE ''	MINUTES DÉCIMALES ''	DIVISION SEXAGÉSIMALE ''
1	0 54	1	0 32,4	1	0,324
2	1 48	2	1 4,8	2	0,648
3	2 42	3	1 37,2	3	0,972
4	3 36	4	2 9,6	4	1,296
5	4 30	5	2 42,0	5	1,620
6	5 24	6	3 14,4	6	1,944
7	6 18	7	3 46,8	7	2,268
8	7 12	8	4 19,2	8	2,592
9	8 6	9	4 51,6	9	2,916
10	9 0	10	5,24,0	10	3,240

2. Symboles des quantités physiques

QUANTITÉS PHYSIQUES	SYMBOLES	ÉQUATIONS de définition	DIMENSIONS des quantités physiques
Fondamentales.			
Longueur	L, l	»	L
Masse	M	»	M
Temps	T, t	»	T
Géométriques.			
Surface	S, s	$S = L \cdot L$	L^2
Volume	V	$V = L \cdot L \cdot L$	L^3
Angle	α, β	$\alpha = \frac{\text{arc}}{\text{rayon}}$	Un nombre
Mécaniques.			
Vitesse	v	$v = \frac{L}{T}$	LT^{-1}
Vitesse angulaire.....	ω	$\omega = \frac{v}{L}$	T^{-1}
Accélération.....	a	$a = \frac{v}{T}$	LT^{-2}
Force	F	$F = M \cdot a$	LMT^{-2}
Energie ou travail.....	W	$W = F \cdot L$	L^2MT^{-2}
Puissance.....	P	$P = \frac{W}{T}$	L^2MT^{-3}
Pression	p	$p = \frac{F}{S}$	$L^{-1}MT^{-2}$
Moment d'inertie.....	I	$M \cdot L^2$	L^2M
Magnétiques.			
Intensité de champ.....	\mathcal{H}	$\mathcal{H} = \frac{F}{m}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$
Flux de force magnétique.....	Φ	$\Phi = \mathcal{H} \cdot S$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$
Induction magnétique.....	\mathfrak{B}	$\mathfrak{B} = \mu \cdot \mathcal{H}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$
Perméabilité (magnétique).....	μ	$\mu = \frac{\mathfrak{B}}{\mathcal{H}}$	Un nombre
Réductivité (magnétique).....	ν	$\nu = \frac{1}{\mu}$	Un nombre
Réductance (résistance magnétique)..	\mathfrak{R}	$\mathfrak{R} = \nu \frac{L}{S}$	L^{-1}

et abréviations d'unités (Système C. G. S.).

NOMS DES UNITÉS C. G. S.	ABRÉVIATIONS des unités C. G. S.	UNITÉS PRATIQUES	ABRÉVIATIONS des unités pratiques
Centimètre Masse du gramme Seconde	-cm g s	Mètre Masse du kilogramme Minute, heure	m kg m ; h
Centimètre carré Centimètre cube	cm ² cm ³	Mètre carré Mètre cube	m ² m ³
Radian	»	Degré, minute, seconde	° ' "
Centimètre par seconde	cm : s	Mètre par seconde	m : s
Radian par seconde	»	Tour par minute	t : m
Centimètre par seconde par seconde	cm : s ²	Mètre par seconde par seconde	m : s ²
Dyne Erg	» »	Gramme ; kilogramme Kilogrammètre	g ; kg kgm
Erg par seconde	erg : s.	Kilogrammètre par seconde	kgm : s
Dyne par centimètre carré	dyne : cm ²	Kilogramme par centimètre carré	kg : cm ²
Gramme - masse - centimètre carré	g-cm ²		
Gauss	↑	↑	↑
Maxwell	↑	↑	↑
Gauss	↑	↑	↑
»	↑	↑	↑
»	↑	↑	↑
Oersted	↓	↓	↓

2. Symboles des quantités physiques

QUANTITÉS PHYSIQUES	SYMBOLES	ÉQUATIONS de définition	DIMENSIONS des quantités physiques
Électromagnétiques.			
Résistance.....	R, r	$R = \frac{E}{I}$	LT^{-1}
Conductance.....	G	$G = \frac{1}{R}$	$L^{-1}T$
Force électromotrice.....	E, e	$E = RI$	$L^2M^2T^{-2}$
Différence de potentiel.....	U, u	$U = RI$	—
Intensité de courant.....	I, i	$I = \frac{E}{R}$	$L^2M^2T^{-1}$
Quantité d'électricité.....	Q, q	$Q = IT$	L^2M^2
Capacité.....	C, c	$C = \frac{Q}{E}$	$L^{-1}T^2$
Énergie électrique.....	W	$W = EIT$	L^2MT^{-2}
Puissance électrique.....	P	$P = EI$	L^2MT^{-3}
Résistivité.....	ρ	$\rho = \frac{RS}{L}$	L^2T^{-1}
Conductivité.....	γ	$\gamma = \frac{1}{\rho}$	$L^{-2}T$
Coefficient d'induction.....	L, l	$L = \frac{\Phi}{I}$	L
Force magnétisante.....	\mathcal{H}	$\mathcal{H} = \frac{4\pi NI}{L}$	$L^{-2}M^2T^{-1}$
Optiques.			
Intensité lumineuse.....	\mathcal{J}	»	»
Flux lumineux.....	Φ	$\Phi = \mathcal{J}\Omega$	»
Eclairement.....	\mathcal{E}	$\mathcal{E} = \frac{\Phi}{S}$	»
Éclairage.....	Q	$Q = \Phi t$	»
Thermiques.			
Température.....	θ, t	»	»
Température absolue.....	Θ, T	»	»
Chaleur.....	Q	»	»
Équivalent mécanique de la chaleur..	E	»	Un nombre
Équivalent calorifique du travail.....	A	$A = \frac{1}{E}$	Un nombre
Entropie.....	Φ, φ	»	Un nombre

et abréviations d'unités (Système C. G. S.),

NOMB DES UNITÉS C. G. S.	ABRÉVIATIONS des unités C. G. S.	UNITÉS PRATIQUES	ABRÉVIATIONS des unités pratiques
»	↑ Pas d'abréviation ↓	Ohm	ohm
»		Mho	mho
»		Volt	v
»		Ampère	A
»		Coulomb ; ampère-heure	c ; A-h
»		Farad	F
Erg		Joule ; watt-heure	J ; w-h
Erg par seconde		Watt ; kilowatt	w ; kw
»		Ohm-centimètre	ohm-cm
»		»	»
Centimètre		Henry	H
Gauss		Ampère-tour par cm	»
↑		Bougie décimale	b
Pas de liaison avec le système C. G. S.		Lumen	»
↓		Lumen par mètre carré ou lux	»
	Lumen-heure	»	
	Degré centigrade	°	
	Degré centigrade	°	
	Calorie (kg : d.)	cal.	
	»	»	
	»	»	

Mesures spéciales usitées dans la marine.

Mesures de longueur.

	mètres
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.....	1,624 m.
Encâblure nouvelle.....	200,0 m.
Encâblure ancienne, 100 toises.....	194,904 m.
Nœud (mesure de vitesse).....	1.852 mètres ou 1 mille marin à l'heure ou 0,5144 m. 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.....	gr. 0,2059
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 une partie d'alliage.

Ounce. — Pour l'or et l'argent, on compte par *onces* (oz) de gr. 31,103496 *deniers* (dwt) de 1^{er},55 et *grains* (gru) de 0^{sr},0647.

Baril. — Le pétrole est compté officiellement, en Amérique, par *barils* de 42 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 USITÉES EN MÉCANIQUE

Table de conversion des principales unités.

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pieds = mètres	0	0,3048	0,6096	0,9144	1,2192	1,5240	1,8288	2,1336	2,4384	2,7432
	10	3,0480	3,3527	3,6575	3,9623	4,2671	4,5719	4,8767	5,1815	5,4863
	20	6,0509	6,4007	6,7055	7,0103	7,3151	7,6199	7,9247	8,2295	8,5343
	30	9,1439	9,4486	9,7534	10,058	10,363	10,668	10,973	11,277	11,582
	40	12,192	12,497	12,801	13,106	13,411	13,716	14,021	14,325	14,630
	50	15,240	15,545	15,849	16,154	16,459	16,764	17,069	17,373	17,678
	60	18,288	18,592	18,897	19,202	19,507	19,812	20,116	20,421	20,726
	70	21,336	21,640	21,945	22,250	22,555	22,860	23,164	23,469	23,774
	80	24,384	24,688	24,993	25,298	25,603	25,908	26,212	26,517	26,822
	90	27,432	27,736	28,041	28,346	28,651	28,956	29,260	29,565	29,870
Pouces carrés = cm ²	0	6,4514	12,903	19,354	25,805	32,257	38,708	45,160	51,611	58,062
	10	64,514	70,965	77,416	83,868	90,319	96,771	103,22	109,67	116,12
	20	129,03	135,48	141,93	148,38	154,83	161,28	167,74	174,19	180,64
	30	193,54	199,99	206,44	212,90	219,35	225,80	232,25	238,70	245,15
	40	258,05	264,51	270,96	277,41	283,86	290,31	296,76	303,21	309,67
	50	322,57	329,02	335,47	341,92	348,37	354,83	361,28	367,73	374,18
	60	387,08	393,53	399,98	406,44	412,89	419,34	425,79	432,24	438,69
	70	451,60	458,05	464,50	470,95	477,40	483,85	490,30	496,76	503,21
	80	516,11	522,56	529,01	535,46	541,91	548,37	554,82	561,27	567,72
	90	586,42	587,07	593,53	599,98	606,43	612,88	619,33	625,78	632,23
Pieds carrés = m ²	0	0,0929	0,1858	0,2787	0,3716	0,4645	0,5574	0,6503	0,7432	0,8361
	10	0,9290	1,0219	1,1148	1,2077	1,3006	1,3935	1,4864	1,5793	1,6722
	20	1,8580	1,9509	2,0438	2,1367	2,2296	2,3225	2,4154	2,5083	2,6012
	30	2,7870	2,8799	2,9728	3,0657	3,1586	3,2515	3,3444	3,4373	3,5302
	40	3,7160	3,8089	3,9018	3,9947	4,0876	4,1805	4,2734	4,3663	4,4592
	50	4,6450	4,7379	4,8308	4,9237	5,0166	5,1095	5,2024	5,2953	5,3882
	60	5,5740	5,6669	5,7598	5,8527	5,9456	6,0385	6,1314	6,2243	6,3172
	70	6,5030	6,5959	6,6888	6,7817	6,8746	6,9675	7,0604	7,1533	7,2462
	80	7,4320	7,5249	7,6178	7,7107	7,8036	7,8965	7,9894	8,0823	8,1752
	90	8,3610	8,4539	8,5468	8,6397	8,7326	8,8255	8,9184	9,0113	9,1042
Pouces cubes = cm ³	0	16,386	32,772	49,159	65,545	81,931	98,317	114,70	131,09	147,48
	10	163,86	180,25	196,63	213,02	229,41	245,79	262,18	278,56	294,95
	20	327,72	344,11	360,50	376,88	393,27	409,65	426,04	442,43	458,81
	30	491,59	507,97	524,36	540,74	557,13	573,52	589,90	606,29	622,67
	40	655,45	671,83	688,22	704,61	720,99	737,38	753,76	770,15	786,54
	50	819,31	835,69	852,08	868,47	884,85	901,24	917,63	934,01	950,40
	60	983,17	999,56	1015,9	1032,3	1048,7	1065,1	1081,5	1097,9	1114,3
	70	1147,0	1163,4	1179,8	1196,2	1212,6	1229,0	1245,3	1261,7	1278,1
	80	1310,9	1327,3	1343,7	1360,1	1376,4	1392,8	1409,2	1425,6	1442,0
	90	1474,8	1491,1	1507,5	1523,9	1540,3	1556,7	1573,1	1589,5	1605,8

Longueur.

1 Inch (pouce).....	0,025399	m.
1 Foot (pied) = 12 inches.....	0,30479	m.
1 Yard = 3 feet.....	0,91438	m.
1 Fathom (brasse) = 2 yards....	1,82877	m.
1 Pole (perche) = 5 yards 1/2..	5,02911	m.
1 Chain = 22 yards.....	20,116	m.
1 Furlong = 40 poles.....	201,164	m.
1 Mile (mille) = 8 furlongs.....	1.609,315	m.
1 Lieue marine.....	5.556	m.

Valeurs entières des pouces et fractions de pouce.

POUCE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		25.40	50.79	76.19	101.60	127.00	152.40	177.80	203.20	228.60	254.00	
1/16	1.5874	26.987	52.387	77.786	103.19	128.59	153.98	179.38	204.78	230.18	255.58	
1/8	.....	3.1749	28.574	53.974	79.374	104.77	130.17	155.57	180.97	206.37	231.77	257.17
	3/16	4.7628	30.162	55.561	80.961	106.36	131.76	157.16	182.56	207.96	233.36	258.76
1/4	.....	6.3499	31.749	57.149	82.549	107.95	133.35	158.75	184.15	209.55	234.95	260.35
	5/16	7.9373	33.337	58.736	84.136	109.54	134.94	160.33	185.73	211.13	236.53	261.93
3/8	.....	9.5246	34.924	60.324	85.723	111.12	136.52	161.92	187.32	212.72	238.12	263.52
	7/16	11.112	36.512	61.911	87.311	112.71	138.11	163.51	188.91	214.31	239.71	265.11
1/2	.....	12.700	38.099	63.499	88.898	114.30	139.70	165.10	190.50	215.90	241.30	266.70
	9/16	14.287	39.687	65.086	90.486	115.89	141.28	166.68	192.08	217.48	242.88	268.28
5/8	.....	15.874	41.274	66.674	92.073	117.47	142.87	168.27	193.67	219.07	244.47	269.87
	11/16	17.462	42.862	68.261	93.661	119.06	144.46	169.86	195.26	220.66	246.06	271.46
3/4	.....	19.049	44.449	69.849	95.248	120.65	146.05	171.45	196.85	222.25	247.65	273.05
	13/16	20.637	46.037	71.436	96.836	122.24	147.63	173.03	198.43	223.83	249.23	274.63
7/8	.....	22.224	47.624	73.024	98.423	123.83	149.22	174.62	200.02	225.42	250.82	276.22
	15/16	23.812	49.212	74.611	100.01	125.41	150.81	176.21	201.61	227.01	252.41	277.81

Fractions de pouce anglais.

FRACTIONS DE POUCE			MILLI-MÈTRES	FRACTIONS DE POUCE			MILLI-MÈTRES
1/64			0,3968	33/64			13,0966
	1/32		0,7937		17/32		13,4934
3/64			1,1905	35/64			13,8903
		1/16	1,5874			9/16	14,2872
5/64			1,9842	37/64			14,6840
	3/32		2,3812		19/32		15,0809
7/64			2,7780	39/64			15,4777
		1/8	3,1748			5/8	15,8746
9/64			3,5716	41/64			16,2714
	5/32		3,9686		21/32		16,6684
11/64			4,3654	43/64			17,0651
		3/16	4,7624			11/16	17,4621
13/64			5,1592	45/64			17,8588
	7/32		5,5561		23/32		18,2558
15/64			5,9529	47/64			18,6525
		1/4	6,3697			3/4	19,0495
17/64			6,7565	49/64			19,4462
	9/32		7,1436		25/32		19,8433
19/64			7,5404	51/64			20,2399
		5/16	7,9373			13/16	20,6370
21/64			8,3341	53/64			21,0336
	11/32		8,7310		27/32		21,4308
23/64			9,1278	55/64			21,8273
		3/8	9,5246			7/8	22,2245
25/64			9,9215	57/64			22,6210
	13/32		10,3185		29/32		23,0182
27/64			10,7153	59/64			23,4147
		7/16	11,1122			15/16	23,8120
29/64			11,5090	61/64			24,2084
	15/32		11,9060		31/32		24,6057
31/64			12,3029	63/64			25,0021
		1/2	12,6998			1	25,3994

Poids.

1 grain.....	0,0648	gramme.
1 dram.....	1,772	gramme.
1 ounce (16 drams).....	28,350	grammes.
1 pound (16 oz.).....	0,45359243	kilogramme.
1 stone (14 lb.).....	6,350	kilogrammes.
1 quarter (28 lb.).....	12,70	kilogrammes.
1 hundredweight (cwt.) (112 lb.)..	50,80	kilogrammes.
1 ton (20 cwt).....	1.016	kilogrammes.

Pressions et Poids spécifiques.

1 Ton per square inch.....	1,575	kg. par mm ² .
« per square foot.....	1,0937	kg. par cm ² .
« per id.	805	millim. de mercure.
circular inch.....	2	kg. par mm ² .
1 pound per square inch.....	0,0703	kg. par cm ² .
per square foot.....	51,7	millim. de mercure.
per circular foot.....	4,88	kg. par m ² .
per square yard.....	0,36	millim. de mercure.
per circular inch.....	0,62	gr. par cm ² .
per square yard.....	0,0542	kg. par cm ² .
per circular inch.....	0,09	kg. par cm ² .
1 grain par pouce carré.....	0,021	kg. par cm ² .
1 pouce de mercure.....	0,0345	kg. par cm ² .
1 hundredweight per square inch.	7,57	kg. par cm ² .
id. per square foot.	54,7	gr. par cm ² .
1 pound per foot.....	1,488	kg. par mètre.
per inch.....	0,178	kg. par centimètre.
per cubic yard.....	0,593	kg. par m ³ .
per cubic foot.....	0,016	kg. par litre.
per cubic inch.....	27,680	gr. par cm ³ .
per gallon.....	0,1	kg. par litre.
per bushel.....	1,247	kg. par hectolitre.
1 grain per cubic inch.....	0,004	gr. par cm ³ .
per cubic foot.....	2,27	kg. par m ³ .
per gallon.....	14,25	millig. par litre.
1 ounce per gallon.....	6,26	gr. par litre.
1 cubic foot per ton.....	0,028	m ³ par tonne.
per bound.....	0,0624	m ³ par kg.
1 ton per foot.....	2.333	kg. par mètre.
per cubic yard.....	1.329	kg. par m ³ .

**Pressions en tonnes par pouce carré et leurs équivalents
en kilogrammes par millimètre carré.**

TONNES par pouce-carré	KILOGRAMMES par mm ²	LIVRES par pouce carré	TONNES par pouce carré	KILOGRAMMES par mm ²	LIVRES par pouce carré
1	1,57	2.240	51	80,32	114.240
2	3,15	4.480	52	81,90	116.460
3	4,72	6.720	53	83,47	118.720
4	6,30	8.960	54	85,05	120.960
5	7,87	11.200	55	86,62	123.200
6	9,44	13.440	56	88,19	125.440
7	11,02	15.680	57	89,77	127.480
8	12,60	17.920	58	91,35	129.920
9	14,17	20.160	59	92,92	132.160
10	15,75	22.400	60	94,50	134.400
11	17,32	24.640	61	96,07	136.640
12	18,90	26.880	62	97,65	138.880
13	20,47	29.120	63	99,22	141.120
14	22,05	31.360	64	100,80	143.360
15	23,62	33.600	65	102,37	145.600
16	25,20	35.840	66	103,94	147.840
17	26,77	38.080	67	105,52	149.880
18	28,35	40.320	68	107,10	152.320
19	29,92	42.560	69	108,67	154.560
20	31,50	44.800	70	110,25	156.800
21	33,07	47.040	71	111,82	159.040
22	34,65	49.280	72	113,40	161.260
23	36,22	51.520	73	114,97	163.520
24	37,80	53.760	74	116,55	165.760
25	39,37	56.000	75	118,12	168.000
26	40,95	58.240	76	119,69	170.240
27	42,52	60.480	77	121,27	172.280
28	44,10	62.720	78	122,85	174.720
29	45,67	64.960	79	124,42	176.960
30	47,25	67.200	80	126	179.200
31	48,82	69.440	81	127,57	181.440
32	50,40	71.680	82	129,15	183.660
33	51,97	73.920	83	130,62	185.920
34	53,55	76.160	84	132,30	188.160
35	55,12	78.400	85	133,87	190.400
36	56,70	80.640	86	135,44	192.640
37	58,27	82.880	87	137,02	194.680
38	59,85	85.120	88	138,60	197.120
39	61,42	87.360	89	140,17	199.360
40	63	89.600	90	141,74	201.600
41	64,57	91.840	91	143,32	203.840
42	66,15	94.080	92	144,90	206.060
43	67,72	96.320	93	146,37	208.320
44	69,30	98.560	94	148,05	210.560
45	70,87	100.800	95	149,62	212.800
46	72,44	103.040	96	151,19	215.040
47	74,02	105.280	97	152,77	217.080
48	75,60	107.520	98	154,35	219.520
49	77,17	109.760	99	155,92	221.760
50	78,74	112.000	100	157,50	224.000

Pressions en livres par pouce carré
et leurs équivalents en kilogrammes par centimètre carré.

LIVRES par pouce carré	KILOGR. par centimètre carré	LIVRES par pouce carré	LIVRES par centimètre carré	LIVRES par pouce carré	KILOGR. par centimètre carré	LIVRES par pouce carré	KILOGR. par centimètre carré
1	0,0703	44	3,093	87	6,116	129	9,069
2	0,1406	45	3,163	88	6,186	130	9,140
3	0,2109	46	3,233	89	6,256	131	9,210
4	0,2812	47	3,304	90	6,327	132	9,280
5	0,3515	48	3,374	91	6,397	133	9,350
6	0,4218	49	3,444	92	6,467	134	9,421
7	0,4921	50	3,515	93	6,537	135	9,491
8	0,5624	51	3,585	94	5,608	136	9,561
9	0,6327	52	3,655	95	6,678	137	9,632
10	0,7030	53	3,725	96	6,748	138	9,702
11	0,7733	54	3,796	97	6,819	139	9,772
12	0,8436	55	3,866	98	6,889	140	9,843
13	0,9140	56	3,936	99	6,959	141	9,913
14	0,9843	57	4,007	100	7,030	142	9,983
15	1,0546	58	4,077	101	7,101	143	10,054
16	1,1248	59	4,147	102	7,171	144	10,124
17	1,1952	60	4,218	103	7,241	145	10,194
18	1,2655	61	4,288	104	7,312	146	10,264
19	1,335	62	4,358	105	7,382	147	10,335
20	1,406	63	4,428	106	7,452	148	10,405
21	1,476	64	4,499	107	7,522	149	10,475
22	1,546	65	4,569	108	7,593	150	10,546
23	1,616	66	4,639	109	7,663	155	10,897
24	1,687	67	4,710	110	7,733	160	11,249
25	1,757	68	4,780	111	7,804	165	11,600
26	1,827	69	4,850	112	7,874	170	11,952
27	1,898	70	4,921	113	7,944	175	12,303
28	1,968	71	4,991	114	8,015	180	12,655
29	2,038	72	5,061	115	8,085	185	13,006
30	2,109	73	5,131	116	8,155	190	13,358
31	2,179	74	5,202	117	8,226	195	13,710
32	2,249	75	5,272	118	8,296	200	14,061
33	2,319	76	5,342	119	8,366	210	14,76
34	2,390	77	5,413	120	8,436	220	15,46
35	2,460	78	5,483	121	8,507	230	16,16
36	2,530	79	5,553	122	8,577	240	16,87
37	2,601	80	5,624	123	8,647	250	17,57
38	2,671	81	5,694	124	8,718	260	18,27
39	2,741	82	5,764	125	8,788	270	18,98
40	2,812	83	5,834	126	8,858	280	19,68
41	2,882	84	5,905	127	8,929	290	20,38
42	2,952	85	5,975	128	8,999	300	21,09
43	3,022	86	6,045				

Surface.

Square inch ou pouce carré	"	0,000645 mq
Square foot ou pied carré	144 pouces carrés	0,0929 mq
YARD CARRÉ.....	9 pieds carrés	0,8361 mq
Polo carré.....	30 1/4 yards carrés	0,2530 ares
Rood	1.210 yards carrés	10,1168 ares
Acre	4.840 yards carrés	0,4047 ha

Prix.

1 <i>Sh.</i> per hundredweight.....	2,46 fr. par 100 kilog.
pound	2,78 fr. par kg.
gallon	0,27 fr. par litre.
cubic yard.....	1,635 fr. par m ³ .
cubic foot.....	44,50 fr. par m ³ .
foot.....	0,345 fr. par m.
mile.....	0,784 fr. par kilomètre.
foot pound.....	0,176 fr. par kilogrammètre.
ton.....	1,24 fr. par tonne.
yard	1,38 fr. par mètre.
square yard.....	1,51 fr. par m ² .
cubic yard.....	1,65 fr. par m ³ .
cubic foot.....	44,15 fr. par m ³ .
<i>Pence</i> per pound.....	0,23 fr. par kg.
foot.....	0,345 fr. par mètre.
cubic foot.....	3,71 centimes par m ³ .
cubic yard.....	3,7 cm. par m ³ .
<i>Livre sterling</i> per mile.....	15,53 fr. par kilomètre.
yard	27,34 fr. par mètre.
foot.....	82,75 fr. par mètre.
square yard..	30 fr. par m ² .
cubic yard...	32,70 fr. par m ³ .
cubic foot...	891 fr. par m ³ .
acre.....	62,30 fr. par hectare.
gallon.....	5,55 fr. par litre.
square foot..	271,50 fr. par m ² .
pound.....	55,60 fr. par kg.

Puissance et travail.

1. <i>Horse Power</i> =	1,014	cheval-vapeur.
	273.740	kilogrammètres par heure.
	76,04	— par seconde.
	646	calories.
	746	watt-heure.
	10,69	calories par minute.
1 <i>foot pound</i> ,.....	0,13825	kilogrammètre.
	0,000326	calorie.
id. par seconde.....	1,3565	watt.
	0,001843	cheval.
	8,3	kgm. par minute.
id. par minute.....	0,0023	kgm. par seconde.
	0,0226	watt.
id. par mile.....	0,086	kgm. par kilomètre.
inch.....	0,055	kgm. par centimètre.
calorie anglaise.	0,555	kgm. par calorie.
cubic foot.....	4,94	kgm. par m ³ .
square inch....	0,021	kgm. par cm ² .
1 <i>foot-grain</i>	1,97	gramm : centimètre,
	1938	ergs.

Volumes et Capacités.

1 cubic inch.....	16,387	cm ³ .
1 cubic foot.....	0,028317	m ³ .
1 cubic yard.....	0,764553	m ³ .
1 gill.....	1,42	décilitres.
1 pint (4 gills).....	0,568	litre.
1 quart (2 pints).....	1,136	litre.
1 gallon (4 quarts).....	4,5459631	litres.
1 gallon (américain).....	31,79	litres.
1 peck (2 gallons).....	9,092	litres.
1 bushel (8 gallons).....	3,637	décalitres.
quartier (8 bushels).....	2,909	hectolitres.

Débits.

1 <i> pied cube</i> par minute.....	470	cm ³ par seconde.
1 <i> yard cube</i> ».....	9,765	m ³ par minute.
1 <i> gallon</i> par mile.....	2,8	lit. par kilomètre.
<i> pied carré</i>	49	lit. par m ² .
1 <i> cubic yard</i> par <i> yard</i>	0,836	m ³ par mètre.
<i> acre</i>	1,9	m ³ par hectare.
1000 <i> gallons</i> par <i> acre</i>	11,23	m ³ par hectare,
	<u>282</u>	
<i> n</i> miles au <i> gallon</i>	<u>n</u>	aux 100 kilomètres.

Vitesse.

1 foot par seconde.....	0,30479	m : seconde.
id.....	18,30	m. par minute.
id.....	1,10	kilomètre par heure.
par minute.....	5	mm. par seconde.
1 Mile par heure.....	26,82	m. par minute.
id.....	1,6093	kilomètre à l'heure.
par minute.....	26,82	m. par seconde.
par seconde.....	0,447	m. par seconde.

Moments.

Pied-tonne.....	310	mètre-kg.
Pouce-tonne.....	25,8	mètre-kg.
Pouce-livre.....	0,0115	mètre-kg.

Chaleur.

Thermal Unit. (B. T. U.).....	0,252	calorie.
par minute.....	107	kilogrammètres.
per cubic foot.....	151	calories par heure.
per square foot.....	8,90	calories par m ³ .
per square foot et par degré Fabr.	2,70	calories par m ² .
per pound.....	4,86	cal. par m ² et deg. cent.
Pound-centigrade unit.....	0,557	cal. par kg.
par minute.....	0,453	calorie.
	193,64	kilogrammètres.
	31,647	watts.

Conversion des températures.

En appelant respectivement θ_c , θ_f les températures exprimées en degrés centigrades, ou Fahrenheit, on a :

$$\theta_c = \frac{5}{9} (\theta_f - 32)$$

et :

$$\theta_f = 32 + \frac{9}{5} \theta_c.$$

Le tableau ci-après donne les conversions toutes faites pour l'échelle centigrade.

Comparaison des échelles thermométriques C. et F.

CENTIGRADE	FAHRENHEIT	CENTIGRADE	FAHRENHEIT	CENTIGRADE	FAHRENHEIT
- 40	- 40,0	21	69,8	62	143,6
- 38	- 36,4	22	71,6	63	145,4
- 36	- 32,8	23	73,4	64	147,2
- 34	- 29,2	24	75,2	65	149,0
- 32	- 25,6	25	77,0	66	150,8
- 30	- 22,0	26	78,8	67	152,6
- 28	- 18,4	27	80,6	68	154,4
- 26	- 14,8	28	82,4	69	156,2
- 24	- 11,2	29	84,2	70	158,0
- 22	- 7,6	30	86,0	71	159,8
- 20	- 4,0	31	87,8	72	161,6
- 18	0,4	32	89,6	72	163,4
- 16	+ 3,2	33	91,4	74	165,2
- 14	6,8	34	93,2	75	167,0
- 12	10,4	35	95,0	76	168,8
- 10	14,0	36	96,8	77	170,6
- 8	17,6	37	98,6	78	172,4
- 6	21,2	38	100,4	79	174,2
- 4	24,8	39	102,2	80	176,0
- 2	28,4	40	104,0	81	177,8
0	32,0	41	105,8	82	179,6
+ 1	33,8	42	107,6	83	181,4
+ 2	35,6	43	109,4	84	183,2
3	37,4	44	111,2	85	185,0
4	39,2	45	113,0	86	186,8
5	41,0	46	114,8	87	188,6
6	42,8	47	116,6	88	190,4
7	44,6	48	118,4	89	192,2
8	46,4	49	120,2	90	194,0
9	48,2	50	122,0	91	195,8
10	50,0	51	123,8	92	197,6
11	51,8	52	125,6	93	199,4
12	53,6	53	127,4	94	201,2
13	55,5	54	129,2	95	203,0
14	57,2	55	131,0	96	204,8
15	59,0	56	132,8	97	206,6
16	60,8	57	134,6	98	208,4
17	62,6	58	136,4	99	210,2
18	64,4	59	138,2	100	212,0
19	66,2	60	140,0		
20	68,0	61	141,8		

CHAPITRE II

RAPPEL DE MÉCANIQUE, MESURE DES PUISSANCES TRAVAIL, FROTTEMENT, GRAISSAGE

STATIQUE. EFFORTS DANS LES MACHINES SIMPLES

1. Levier du premier genre. — On a (*fig. 1*) :

$$\frac{P}{Q} = \frac{l'}{l}, \quad T = P + Q,$$

$$P = Q \frac{l'}{l}, \quad Q = P \frac{l}{l'},$$

$$Pl = Ql'.$$

2. Levier du second genre. — On a :

(*Fig. 2*) : $PL = Ql', \quad \frac{P}{Q} = \frac{l'}{L},$

$$T = Q - P,$$

$$P = Q \frac{l'}{L}, \quad Q = P \frac{L}{l'}.$$

(*Fig. 3*) : $Pl = Ql, \quad \frac{P}{Q} = \frac{L}{l},$

$$T = P - Q,$$

$$P = Q \frac{L}{l}, \quad Q = P \frac{l}{L}.$$

3. Poulie. — On a (*fig. 4*) :

$$Q = P.$$

Brins parallèles : $T = 2P.$

Brins non parallèles : $T = 2P \cos \frac{\alpha}{2},$

ou

$$T = P \frac{c}{r}.$$

4. Différentielle (fig. 5) :

$$T = P + Q,$$

$$P = Q \frac{r'}{r}, \quad Q = P \frac{r}{r'}$$

5. Treuil (fig. 6) :

$$P \cdot R \cdot R_1 = Q \cdot r \cdot r_1, \quad \frac{P}{Q} = \frac{r r_1}{R R_1},$$

$$P = Q \cdot \frac{r r_1}{R R_1},$$

$$Q = P \cdot \frac{R \cdot R_1}{r r_1},$$

$$e' = e \frac{r \cdot r_1}{R \cdot R_1}$$

6. Train d'engrenages (sans frottement) (fig. 7) :

$$Q = P \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot R_4}{r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdot r_4},$$

$$P = Q \frac{r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdot r_4}{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot R_4},$$

$$e' = e \frac{P}{Q} = e \frac{r_1 \dots r_n}{R_1 \dots R_n}$$

7. Moulles et palans :

Brins droits (fig. 8) :

$$P = \frac{1}{2} Q, \quad Q = 2P.$$

Brins inclinés (fig. 9) :

$$P = \frac{Q}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}, \quad Q = 2P \cos \frac{\alpha}{2}.$$

Brins multiples. — Si n est le nombre de brins on a (fig. 10) :

$$P = \frac{Q}{2^n}, \quad Q = 2^n P;$$

Le chemin de la charge est :

$$e' = \frac{e}{2^n}.$$

Pour l'exemple de la figure 10, on a :

$$P = \frac{Q}{8}, \quad Q = 8P, \quad e' = \frac{e}{8}.$$

Pour les brins en parallèle, on a :

$$P = \frac{Q}{n}, \quad Q = nP, \quad e' = \frac{e}{n}.$$

Dans la figure 11, on a :

$$P = \frac{Q}{4}, \quad e' = \frac{e}{4}.$$

Dans la figure 12, on a :

$$P = \frac{Q}{5}, \quad e' = \frac{e}{5}.$$

8. Palan différentiel. — On a (fig. 13) :

$$P = Q \frac{R-r}{2R}, \quad Q = P \frac{2R}{R-r},$$

$$T = P + Q = P \frac{3R-r}{R-r};$$

$$e' = e \frac{1 - \frac{r}{R}}{2R}.$$

On fait généralement :

$$e' = \frac{1}{30} e.$$

9. Plan incliné. — On a :

$$\text{Puissance} \times \text{Chemin parcouru} = \text{Résistance} \times \text{Chemin parcouru}.$$

1° La puissance est parallèle au plan indiqué (fig. 14) :

$$P \cdot l = Q \cdot h, \quad P = Q \frac{h}{l} = Q \sin \alpha,$$

$$Q = P \frac{l}{h} = \frac{P}{\sin \alpha}; \quad Q_1 = Q \frac{b}{l} = Q \cos \alpha.$$

2° La puissance est parallèle à la base (fig. 15) :

$$P \cdot b = Q \cdot h = P_1 \cdot l,$$

$$P = Q \frac{h}{b} = Q \operatorname{tang} \alpha, \quad Q = P \frac{b}{h} = P \operatorname{cotang} \alpha.$$

3° La puissance fait un angle α_1 avec le plan incliné (fig. 16) :

$$\frac{P_1}{P} = \cos \alpha_1, \quad P = \frac{P_1}{\cos \alpha_1}, \quad P = Q \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha_1},$$

$$Q = \frac{P_1 \cos \alpha_1}{\sin \alpha} = \frac{P \cos \alpha_1}{\sin \alpha} = P \operatorname{cosec} \alpha \cos \alpha_1.$$

Coin. — La force P nécessaire pour enfoncer le coin (*fig. 17*) fait équilibre à la somme de la résultante des réactions normales F entre les surfaces et de la résultante des efforts de frottement F_1 :

$$\begin{aligned} F_1 &= fF, \\ P &= 2F (\sin \alpha + f \cos \alpha), \\ F_2 &= F \sin \alpha = \frac{P}{2 \left(1 + \frac{f}{\tan \alpha} \right)}. \end{aligned}$$

La force P qui tend à faire sortir le coin sous l'influence de poussées latérales F'' est :

$$\begin{aligned} P &= 2F (f \cos \alpha - \sin \alpha), \\ P &= 2F_2 \left(\frac{f}{\tan \alpha} - 1 \right). \end{aligned}$$

Les réactions F_3 parallèles à l'axe du coin sont détruites par les réactions des points d'appui.

Vis. — Rayon moyen de la vis r , pas h . On a sans frottement (*fig. 18*) :

$$\begin{aligned} P \cdot 2\pi R &= Qh, \\ P &= Q \frac{h}{2\pi R}, \quad Q = P \frac{2\pi R}{h}. \end{aligned}$$

En tenant compte du frottement f :

$$P = Q \frac{r(h + 2\pi r f)}{R(2\pi r - fh)}$$

La vis cesse d'être réversible lorsque :

$$\frac{h}{2\pi r} \leq f.$$



1



2



3



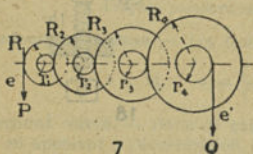
4



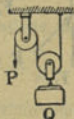
5



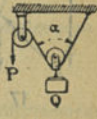
6



7



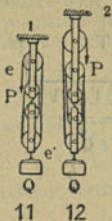
8



9



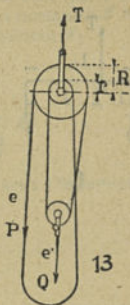
10



11



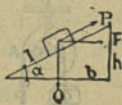
12



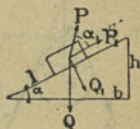
13



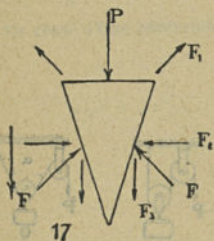
14



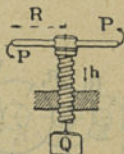
15



16



17



18

DYNAMIQUE

Énergie de mouvement.

La force vive, ou énergie cinétique d'un corps de masse m , se déplaçant à une vitesse de v m : sec., est donnée par l'expression connue

$$C = \frac{mv^2}{2}.$$

Si le mobile possédait déjà une vitesse initiale v_0 , le travail dépensé pour accroître ou diminuer la vitesse du mobile est égal à la variation de force vive, soit :

$$C = m \frac{v_1^2 - v_0^2}{2}.$$

Dans le cas des mouvements de rotation, l'expression de la force vive ou cinétique d'une masse tournant à une vitesse angulaire $\omega = \frac{v}{r} = \frac{2\pi n}{60}$ (n étant le nombre de tours par minute) est :

$$C = \frac{I\omega^2}{2},$$

I étant le moment d'inertie de la masse considérée par rapport à l'axe de rotation.

Lois du mouvement simple.

Nous appellerons :

v , la vitesse en mètres par seconde ;

t , le temps en secondes ;

e , l'espace parcouru en mètres.

Mouvement uniforme. — Les trois relations fondamentales sont :

$$e = vt, \quad v = \frac{e}{t}, \quad t = \frac{e}{v}.$$

Mouvement varié. — Dans le cas de mouvement uniformément accéléré, en appelant a l'accélération, on a, lorsque le mobile part du repos :

$$v = at, \quad e = \frac{vt}{2} = \frac{at^2}{2} = \frac{v^2}{2a}$$

Lorsque le mobile possède une vitesse initiale v_0 , on a :

$$v = v_0 + at, \quad e = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad \text{ou encore} \quad = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}.$$

Si l'accélération est négative, c'est-à-dire que le mouvement soit uniformément retardé, on emploiera dans les expressions précédentes le signe $-$.

Dans le cas de mouvement non uniformément varié, la valeur de l'accélération est :

$$a = \frac{dv}{dt},$$

et par suite la vitesse devient :

$$v = v_0 \pm \int_0^t dv = v_0 \pm \int_0^t a dt.$$

Chute des corps. — C'est un cas du mouvement accéléré où le mobile part du repos, et où g = l'accélération de la pesanteur = 9,81 m. par seconde à Paris. On a :

$$v = gt, \quad e = \frac{gt^2}{2} = \frac{v^2}{2g} \quad \text{et} \quad v = \sqrt{2gh},$$

en appelant h ($= e$) la hauteur de chute (ou espace parcouru).

Corps lancé verticalement. — C'est le cas du mouvement uniformément retardé, l'accélération a étant ici g , l'accélération de la pesanteur. On a donc :

$$v = v_0 - gt; \quad e = v_0 t - g \frac{t^2}{2} = \frac{v_0^2 - v^2}{2g}.$$

Lois du mouvement composé.

Il faut entendre sous ce vocable les mouvements qui s'accomplissent suivant une trajectoire qui n'est ni une ligne droite, ni un cercle parcouru dans le même sens.

Dans cette catégorie nous comprendrons :

Corps lancé obliquement. — Soit un corps lancé obliquement, l'angle initial étant α (fig. 3), la vitesse initiale c , et suivant la trajectoire AB, cette trajectoire est, dans l'air, une parabole, dont le paramètre a pour valeur $p = \frac{2v^2}{g \cos^2 \alpha}$.

La projection de la trajectoire, ou l'amplitude du jet, est donnée par :

$$a = \frac{c^2}{g} \sin 2\alpha.$$

La hauteur maximum atteinte durant le jet est donnée par :

$$b = \frac{c^2}{2g} \sin^2 \alpha.$$

Les coordonnées x et y du point de la trajectoire où se trouve le mobile au bout d'un temps t sont données par :

$$x = ct \cos \alpha \quad \text{et} \quad y = ct \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}.$$

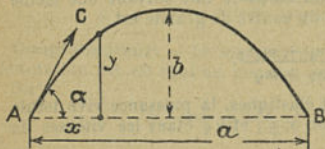


FIG. 3.

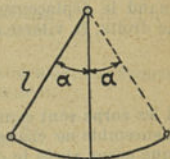


FIG. 4.

Oscillations du pendule. — Si l est la longueur du pendule (fig. 4), α l'angle correspondant à la demi-amplitude, le temps nécessaire à l'accomplissement d'une oscillation est :

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left[1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4}\right)^2 \sin^4 \frac{\alpha}{2} + \dots \right] \text{ secondes.}$$

Si l'amplitude est faible, par exemple $\alpha \leq 8^\circ$, on peut négliger les termes entre parenthèses, et il vient :

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 1,0032 \sqrt{l} \text{ secondes.}$$

Dans ces conditions, la longueur du pendule battant la seconde à Paris ($g = 9,81$) se tire de l'expression précédente en y faisant $t = 1$. Soit :

$$l = \frac{g}{\pi^2} = 0,9940 \text{ m. environ.}$$

Pendule conique. — Le temps nécessaire pour une révolution complète du pendule, r étant le diamètre du cercle engendré et l' la projection

de la tige du pendule sur la verticale, est donné par :

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{l'}{g}}$$

Choc des corps.

Lorsque deux corps de masse m_1 et m_2 animés de vitesses v_1 et v_2 se rencontrent, le centre de gravité de l'ensemble continue à se déplacer, après le choc, suivant la ligne droite qu'il suivait avant, et avec la même vitesse.

Quand le déplacement des deux corps se fait suivant une même ligne droite, la vitesse constante du centre de gravité est :

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

Si les corps sont complètement élastiques, la puissance vive totale de l'ensemble ne change pas et on a, v_1 et v_2 étant les vitesses de chaque corps après le choc :

$$m_1 (v_1^2 - v_1'^2) = m_2 (v_2^2 - v_2'^2)$$

Si les corps sont mous et dépourvus d'élasticité, ils se déplacent tous les deux après le choc avec la vitesse v , et la perte de puissance vive due au choc est :

$$W = m_1 (v_1 - v)^2 + m_2 (v_2 - v)^2 = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \frac{p_1 p_2}{p_1 + p_2}$$

(Les vitesses sont comptées avec leurs signes.)

VITESSE, COUPLE, PUISSANCE

Vitesse tangentielle ; vitesse angulaire. — La vitesse tangentielle d'un corps en rotation de rayon R est donnée par :

$$V = \frac{2\pi R n}{60} \text{ m : sec.}$$

D étant le diamètre en mètres et n le nombre de tours par minute.

La vitesse angulaire et la vitesse tangentielle d'un point distant du centre d'une quantité égale à l'unité $R = 1$.

On a donc :

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ radians : sec.}$$

On a évidemment :

$$V = \omega R \quad \text{ou} \quad = \omega \frac{D}{2}$$

La table ci-après donne les valeurs de la vitesse angulaire en fonction du nombre de tours.

Effort tangentiel. — L'effort tangentiel F , développé par un système tournant à n tours : min., N , étant la puissance en chevaux est :

$$F = \frac{75N}{V} = \frac{\text{puissance en kgmt : sec.}}{\text{vitesse tangentielle en m : sec.}}$$

Couple moteur. — Le moment de l'effort tangentiel ou moment de rotation FR est égal au moment du couple moteur.

On a :

$$C = FR = \frac{75N \cdot R}{V} = \frac{75N \cdot 60 \cdot R}{2\pi R n}$$

c'est-à-dire finalement :

$$C = \frac{75N}{\omega} = \frac{\text{puissance en kgmt : sec.}}{\text{vitesse angulaire en rad. : sec.}} \text{ m : kg.}$$

Travail et puissance. — Le travail d'une force est le produit de cette force (en kilogrammes) par le chemin parcouru par son point d'application (en mètres) ; il est ainsi exprimé en kilogrammètres :

$$\mathcal{E} = Fe.$$

Pour les rotations, le chemin parcouru $e = 2\pi Rn$ si n est le nombre de tours effectués.

La puissance est le travail effectué dans l'unité de temps :

$$\mathcal{P} = F \cdot \frac{e}{t} = \text{force en kgs} \times \text{vitesse en m : sec.}$$

Pour les rotations on a de même :

$$\mathcal{P} = F \frac{2\pi R n}{t} = \text{effort tangentiel en kgs} \times \text{vitesse tangentielle en m : sec.}$$

ou bien si l'on observe que $FR =$ moment de l'effort tangentiel, c'est-à-dire couple moteur et $\frac{2\pi n}{t} = \omega$ vitesse angulaire, on a :

$$\mathcal{P} = C\omega = \text{couple moteur en m : kg} \times \text{vitesse angulaire en radians : sec.}$$

Vitesse angulaire (ω) en fonction du nombre de tours (n) par minute.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ radians : sec}$$

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		0,1047	0,2094	0,3142	0,4189	0,5236	0,6283	0,7330	0,8373	0,9425
1	1,0472	1,1519	1,2566	1,3614	1,4661	1,5708	1,6755	1,7802	1,8850	1,9897
2	2,0944	2,1991	2,3038	2,4086	2,5133	2,6180	2,7227	2,8274	2,9322	3,0369
3	3,1416	3,2463	3,3510	3,4558	3,5605	3,6652	3,7699	3,8746	3,9794	4,0841
4	4,1888	4,2935	4,3982	4,5029	4,6077	4,7124	4,8171	4,9218	5,0265	5,1313
5	5,2360	5,3407	5,4454	5,5501	5,6549	5,7596	5,8643	5,9690	6,0737	6,1785
6	6,2832	6,3879	6,4926	6,5973	6,7021	6,8068	6,9115	7,0162	7,1209	7,2256
7	7,3304	7,4351	7,5398	7,6445	7,7493	7,8540	7,9587	8,0634	8,1681	8,2729
8	8,3776	8,4823	8,5870	8,6917	8,7965	8,9012	9,0059	9,1106	9,2153	9,3201
9	9,4248	9,5295	9,6342	9,7389	9,8437	9,9484	10,053	10,158	10,263	10,367
10	10,472	10,577	10,681	10,786	10,899	10,996	11,100	11,205	11,310	11,414
11	11,519	11,624	11,729	11,833	11,938	12,043	12,147	12,252	12,357	12,462
12	12,566	12,671	12,776	12,881	12,985	13,090	13,195	13,299	13,404	13,509
13	13,614	13,718	13,823	13,928	14,032	14,137	14,242	14,347	14,451	14,556
14	14,661	14,765	14,870	14,975	15,080	15,184	15,289	15,394	15,499	15,603
15	15,708	15,813	15,917	16,022	16,127	16,232	16,336	16,441	16,546	16,650
16	16,755	16,860	16,965	17,069	17,174	17,279	17,383	17,488	17,593	17,698
17	17,802	17,907	18,012	18,117	18,221	18,326	18,431	18,535	18,640	18,745
18	18,850	18,954	19,059	19,164	19,268	19,373	19,478	19,583	19,687	19,792
19	19,807	20,001	20,106	20,211	20,316	20,420	20,525	20,630	20,735	20,839

20	20,944	21,049	21,158	21,258	21,363	21,468	21,572	21,677	21,782	21,886
21	22,096	22,201	22,305	22,410	22,515	22,619	22,724	22,829	22,934	23,034
22	23,038	23,143	23,248	23,353	23,457	23,562	23,667	23,771	23,876	23,981
23	24,086	24,190	24,295	24,400	24,504	24,609	24,714	24,819	24,923	25,028
24	25,133	25,237	25,342	25,447	25,552	25,656	25,761	25,866	25,970	26,075
25	26,180	26,285	26,389	26,494	26,599	26,704	26,808	26,913	27,018	27,122
26	27,227	27,332	27,437	27,541	27,646	27,751	27,855	27,960	28,065	28,170
27	28,274	28,379	28,481	28,588	28,693	28,798	28,903	29,007	29,112	29,217
28	29,322	29,426	29,531	29,636	29,740	29,845	29,950	30,055	30,159	30,264
29	30,369	30,473	30,578	30,683	30,788	30,892	30,997	31,102	31,206	31,311
30	31,416	31,521	31,625	31,730	31,835	31,940	32,044	32,149	32,254	32,358
31	32,463	32,568	32,673	32,777	32,882	32,987	33,091	33,196	33,301	33,406
32	33,510	33,615	33,720	33,824	33,929	34,034	34,139	34,243	34,348	34,453
33	34,558	34,662	34,767	34,872	34,976	35,081	35,186	35,291	35,395	35,500
34	35,605	35,709	35,814	35,919	36,024	36,128	36,233	36,338	36,442	36,547
35	36,652	36,757	36,861	36,966	37,071	37,176	37,280	37,385	37,490	37,594
36	37,699	37,804	37,909	38,013	38,118	38,223	38,327	38,432	38,537	38,642
37	38,746	38,851	38,956	39,060	39,165	39,270	39,375	39,479	39,584	39,689
38	39,794	39,898	40,003	40,108	40,212	40,317	40,422	40,527	40,631	40,736
39	40,841	40,945	41,050	41,155	41,260	41,364	41,469	41,574	41,678	41,783
40	41,888	41,993	42,097	42,202	42,307	42,412	42,516	42,621	42,726	42,830
41	42,935	43,040	43,145	43,249	43,354	43,459	43,563	43,668	43,773	43,878
42	43,982	44,087	44,192	44,296	44,401	44,506	44,611	44,715	44,820	44,925
43	45,029	45,134	45,239	45,344	45,448	45,553	45,658	45,763	45,867	45,972
44	46,077	46,181	46,286	46,391	46,496	46,600	46,705	46,810	46,914	47,019

1 P. ex.: $n = 40$, $\omega = 4,1888$; $n = 327$, $\omega = 34,243$.

MESURE DU TRAVAIL ET DES PUISSANCES

Se ramène à la mesure d'un effort et d'une longueur dans le cas du travail et à celle d'un effort et d'une vitesse (longueur dans l'unité de temps) dans le cas de la puissance.

Les deux appareils de mesure sont donc en principe un dynamomètre, peson ou bascule à poids, et un compteur de tours ou tachymètre.

On peut classer les méthodes de mesure de puissance en :

Dynamomètres d'absorption, généralement appelés freins, qui constituent des réceptrices absorbant l'énergie fournie par la machine à essayer.

Dynamomètres de transmission, qui s'intercalent entre la source motrice et la machine à essayer, soit sous forme de renvois, soit de préférence sous forme d'accouplements.

Pour les essais de moteur on emploie le frein de Prony et ses variantes nombreuses.

Pour les essais de machines-outils, on emploie les dynamomètres pendulaires, à pression d'huile, etc.

Pour les machines à grande vitesse de rotation, on emploie les moulinets Renard ou les dynamomètres de torsion, ceux-ci en particulier pour les machines à mouvement rotatif continu : turbomachines, ventilateurs, pompes, etc.

Nous rappellerons sommairement le principe de ces diverses méthodes d'essai.

Frein de Prony. — Dans cet appareil et ses nombreuses variantes d'exécution : frein à corde, automatique, etc., on équilibre l'effort tangentiel par un poids F suspendu à une distance L du centre connu.

Ce moment mesuré est celui du couple moteur :

$$C = FL \text{ m : kg,}$$

et connaissant la vitesse angulaire, on a :

$$N = C\omega \text{ kgmt : sec.}$$

Si l'on fait $L = 0^m,716 = \frac{60 \times 75}{2\pi \times 1.000}$ et si l'on mesure la vitesse en nombre de tours par minute, on a l'expression simple :

$$N \text{ en chevaux} = \frac{nF}{1.000}.$$

Les formules données précédemment donnent les valeurs de ces relations.

Frein de Renard. — C'est un appareil des moins coûteux qui convient bien pour les machines à grande vitesse ; une barre porte deux plans symétriques se mouvant dans l'air.

Si a est le poids du mètre cube d'air dans les conditions d'essai, n le nombre de tours par minute, k un coefficient obtenu par tarage et qui varie avec l'écartement des plans, on a pour valeur du couple :

$$C = aK \left(\frac{n}{1.000} \right)^2,$$

et la puissance est naturellement :

$$N = C\omega \text{ kgmt : sec,}$$

ω étant la vitesse angulaire.

Tarage. — Un fléau de balance; sur le fléau, un bâti oscillant avec lui et portant un moteur électrique qui reçoit son courant par deux fils plongeant dans des godets de mercure. On tourne à une vitesse angulaire déterminée.

Les moulinets à tarer sont placés directement sur la dynamo.

On calcule ainsi :

$$K = \frac{C}{a \left(\frac{n}{1.000} \right)^2}.$$

On opère ainsi pour des vitesses angulaires croissantes et on doit trouver pour K une valeur constante.

Dynamos-freins. — C'est la méthode à la fois la plus pratique et la plus précise ; les dynamos dynamométriques proprement dites sont assimilables à un frein de Prony. Elles permettent d'utiliser l'énergie électrique produite.

La machine à essayer est accouplée à l'induit ; les inducteurs, montés à billes sur un support, peuvent osciller et on compense le couple d'entraînement par des poids. On fait varier le régime par un rhéostat de champ très étendu.

On peut employer comme frein une dynamo ordinaire, mais il faut connaître de façon précise la courbe des rendements pour tous les régimes de marche.

La première condition à remplir est de rendre indépendante l'excitation de la dynamo ; la deuxième, c'est que cette excitation soit constante. En effet, le rendement ne sera constant, pour un régime donné de fonctionnement de la dynamo, que si le champ inducteur conserve la même valeur.

La source à laquelle on empruntera le courant d'excitation doit avoir la plus grande constance possible dans la tension (de préférence une batterie d'accumulateurs, courant de secteur suffisant). Un

rhéostat de champ permet de maintenir le débit constant dans les inducteurs, quelles que soient les conditions de résistance dans lesquelles ils se trouvent par suite de leur échauffement, débit qu'un ampèremètre permet de contrôler.

Il est intéressant de signaler aussi que l'excitation indépendante et constante donne la possibilité de graduer un voltmètre en tachymètre ou, tout au moins, d'établir un barème donnant les vitesses angulaires correspondantes aux tensions lues sur le voltmètre, vitesses angulaires qui seront toujours les mêmes pour des tensions identiques.

Dynamomètres pendulaires. — L'entraînement entre la poulie réceptrice et la poulie motrice a lieu par un pignon monté sur un pendule à contrepoids; lorsqu'une force agit sur les roues dentées, le pendule dévie d'une quantité telle que le moment du contrepoids équilibre le couple moteur; la déviation du pendule sert donc de mesure à l'effort. La firme Amsler construit des dynamomètres de ce genre.

Dynamomètres de transmission à griffes. — Les deux poulies (réceptrice et motrice) sont entraînées par l'intermédiaire d'un manchon libre à griffes hélicoïdales dont on équilibre la poussée par une balance à curseur comme dans l'appareil Farcot ou dont on mesure la valeur au moyen d'un manomètre à liquide, comme dans les appareils de Wallon, Amsler, etc.

Soit C la valeur du couple, P la pression enregistrée, h le pas de l'hélice des griffes, s la surface du piston. Pour une rotation ω le travail du couple est $C\omega$, celui de la pression est $Ps \times \frac{h\omega}{2\pi}$; les travaux étant égaux quand il y a équilibre, on a :

$$C = Ps \frac{h}{2\pi}, \quad C = PK,$$

en appelant K le facteur $\frac{sh}{2\pi}$ qui est une constante de l'appareil.

La pression est donc proportionnelle au couple; en d'autres termes, on pourra graduer directement le manomètre en moment de rotation C exprimé en mètres par kilogramme.

Connaissant la vitesse angulaire ω , on aura la puissance par l'expression connue :

$$N = C\omega \text{ kgmt} : \text{sec.}$$

Dynamomètres de torsion. — On peut distinguer deux classes de ces appareils :

Les torsiomètres optiques qui mesurent directement l'angle de torsion d'un arbre de transmission, par exemple les arbres de couche principaux, les arbres porte-hélice, etc.

Les torsiomètres à barreau élastique dans lequel l'entraînement entre la poulie réceptrice et la poulie motrice a lieu par un barreau taré dont on mesure la torsion ; sous forme d'accouplement, ce dernier type d'appareil (Amsler) est extrêmement précieux pour l'essai des turbo-machines : turbines, pompes et ventilateurs, génératrices, alternateurs, etc.

Dans ce type d'appareil on mesure l'angle de torsion ; une courbe d'étalonnage donne la relation des moments de rotation par rapport aux angles. Connaissant le couple C , on passe à la puissance en mesurant la vitesse angulaire.

MESURE DE LA PUISSANCE MÉCANIQUE D'UN ORGANE DE TRANSMISSION OU D'UNE MACHINE RÉCEPTRICE

Dans cette catégorie de mesures on a surtout affaire à des méthodes empiriques ou basées sur un principe mécanique. Dans la plupart des cas que nous envisageons ici, le procédé de la dynamométrie qui permet certainement d'atteindre la plus grande précision dans un essai de ce genre, n'est pas, en effet, applicable ou nécessiterait une mise en œuvre d'appareils ou de dispositifs hors de proportion avec le résultat à atteindre.

C'est le cas, par exemple, de la recherche de la puissance absorbée par une machine-outil pour accomplir tel ou tel travail, ou encore la détermination de la puissance minimum à donner à un moteur pour la commande d'une machine à travail variable, etc.

Cette note a été rédigée dans un but essentiellement pratique, c'est pourquoi nous y comprenons les méthodes les plus empiriques et aussi les plus approximatives. La mesure mécanique de la puissance, envisagée dans cette première partie, peut se faire par l'un des procédés suivants :

- 1° Évaluation d'après les dimensions des poulies et courroies ;
- 2° Évaluation au moyen de dynamomètres de transmission ou de rotation ;
- 3° Évaluations au moyen de dynamomètres de torsion.

Évaluation approximative de la puissance d'après les dimensions des poulies et courroies. — Ce procédé, parfaitement empirique et tout ce qu'il y a de plus approximatif, est néanmoins le plus appliqué dans nombre de cas. Par exemple, si l'on désire, dans un atelier existant, transformer la commande générale par courroie en commande par moteurs électriques, il est nécessaire d'évaluer la

puissance requise par chaque machine-outil dans le but d'assigner aux moteurs une puissance convenable; on procède fréquemment à cette évaluation d'après le nombre de centimètres carrés de surface de courroie passant par minute sur la poulie; plus élégamment, on estimera cette puissance avec une précision plus grande d'après la courbe que donne au brin libre de la courroie la tension de marche. Envisageons ces deux cas.

Évaluation d'après la surface de courroie par minute. — Dans une bonne courroie double, bien calculée, le nombre de mètres carrés de surface de courroie passant par minute sur une poulie pour transmettre une puissance de 1 cheval-vapeur peut être pris égal à 7^m2,5.

Partant de cette donnée, qui correspond sensiblement à la pratique courante, on peut évaluer par réciprocity la puissance transmise en tenant compte des dimensions de la poulie et de celle de la courroie.

Si nous mesurons sur place :

Le diamètre D de la poulie en mètres;

Le nombre de tours N que fait la poulie par minute, mesure facile à effectuer avec un compte-tours et une montre à secondes;

La largeur L de la courroie en mètres, on aura évidemment comme valeur de la surface de courroie passant par minute sur la poulie, l'expression :

$$S = \pi DN \times Lm^2.$$

Expression qu'il suffira de diviser par 7,5 pour avoir la puissance maximum approximative de la machine considérée.

EXEMPLE. — Une machine a sa poulie de commande ayant 400 millimètres de diamètre; la courroie a 150 de largeur et la vitesse de rotation est de 450 tours, quelle est la puissance?

On a :

$$S = 3,14 \times 0,4 \times 450 \times 0,15 = 84,78.$$

$$\text{Puissance en chevaux} = \frac{84,78}{7,5} = 11,3 \text{ chevaux.}$$

Nous répétons que ce mode d'évaluation est tout à fait arbitraire; le système de mesure ci-après est beaucoup plus précis.

Évaluation d'après le ballant de la courroie. — Cette méthode ingénieuse a été indiquée par M. James F. Hobart; elle peut atteindre un degré de précision plus que suffisant pour les besoins de la pratique industrielle courante.

Elle est basée sur les propriétés de la courbe appelée *chainette* en mathématiques, qui est celle que prend un lien matériel pesant attaché à deux points fixes (fig. 5); usuellement l'équation de la chainette, très compliquée, régit le succès d'alègre supérieure pour la déter-

mination de l'angle V , point essentiel à connaître. Pratiquement on s'exonérera de cette sujétion en procédant à une mesure expérimentale de cet angle sur place, ce qui peut se faire par l'un des deux procédés indiqués sur la figure 6.

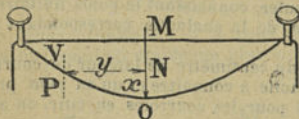


FIG. 5.

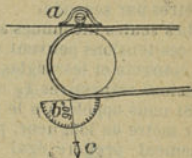


FIG. 6.

Dans le système *a* on emploie un petit niveau dont le cercle intérieur mobile porte la bulle; on place ce niveau sur une règle en fer, bien parallèle à la direction du brin, et l'on établit le niveau de la bulle du cercle intérieur; l'angle se lit sur la graduation du cercle extérieur fixe. Le système *b* encore plus rudimentaire n'a guère besoin d'explications, il est des plus faciles à employer puisqu'il ne nécessite que des organes qu'on a toujours sous la main : une règle, un rapporteur et un fil à plomb.

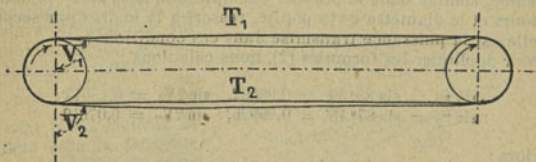


FIG. 7.

Ceci dit, considérons une transmission horizontale; la poulie menante étant à gauche, et le sens de rotation indiqué par les flèches, la différence de tension entre le brin conduit et le brin meneur se traduit, comme le montre le croquis, par des différences de flèches assez sensibles (*fig. 7*). La puissance transmise par une courroie est approximativement donnée par la formule :

$$(1) \quad N \equiv \frac{(T_1 - T_2) V}{75}$$

qui fait abstraction de facteurs secondaires et suppose que l'arc embrassé par la courroie sur la poulie est égal à 180° . Dans cette formule, N est la puissance en chevaux, T_1 et T_2 les tensions des brins tendu et mou en kilogrammes et V la vitesse de la courroie en mètres par seconde.

Les seules inconnues à déterminer sont donc les tensions T_1 et T_2 ; or ces tensions peuvent se calculer, connaissant le poids unitaire de la courroie et les angles v_1 et v_2 de la chaînette correspondant aux tensions respectives T_1 et T_2 .

Si nous appelons p le poids du centimètre de largeur de courroie par mètre de longueur, poids facile à connaître et qu'on peut pratiquement prendre égal à $0^{\text{e}},6$ pour les courroies en cuir, on aura pour les valeurs cherchées :

$$(2) \quad T_1 = p \frac{\sin v_1}{\sin 2v_1} \quad \text{et} \quad T_2 = p \frac{\sin v_2}{\sin 2v_2}.$$

Ces expressions (1) et (2) permettent de résoudre avec une assez grande précision, suivant le degré d'exactitude que l'on aura mis à mesurer les angles comme nous l'avons indiqué, les puissances cherchées.

EXEMPLE. — Soit une courroie dans une transmission horizontale du type de la figure 10, où l'on aura mesuré $v_1 = 85^\circ 30'$ et $v_2 = 87^\circ 48'$. La courroie a 15 centimètres de largeur et la vitesse de la courroie calculée, comme dans le premier exemple donné, d'après le nombre de tours et le diamètre de la poulie, ressort à 14 mètres par seconde. Quelle est la puissance transmise dans ces conditions?

Pour appliquer les formules (2), nous calculons :

$$\begin{aligned} \sin v_1 &= \sin 85^\circ 30' = 0,99692, & \sin 2v_1 &= 0,15643; \\ \sin v_2 &= \sin 87^\circ 48' = 0,99926, & \sin 2v_2 &= 0,07642; \end{aligned}$$

Alors :

$$T_1 = 0,6 \frac{0,99692}{0,15643} = 3,85 \text{ kilogrammes,}$$

par centimètre de largeur de courroie pour le brin mou et

$$T_2 = 0,6 \frac{0,99926}{0,07642} = 7,9 \text{ kilogrammes,}$$

par centimètre de largeur de courroie pour le brin conducteur.

La différence de tension ($T_2 - T_1$) est donc égale à 4 kilogrammes par centimètre de largeur, soit, pour une courroie de 15 centimètres de large, une valeur de $4 \times 15 = 60$ kilogrammes.

Par application de la formule (1), la puissance transmise est donc :

$$N = \frac{(T_1 - T_2)V}{75} = \frac{60 \times 14}{75} = 11,2 \text{ chevaux environ.}$$

Les calculs, pour abrégér, ont été faits à la règle.

Résolution graphique. — A ceux qu'effrayent les formules, il existe une solution graphique plus simple et plus élégante (fig. 8),

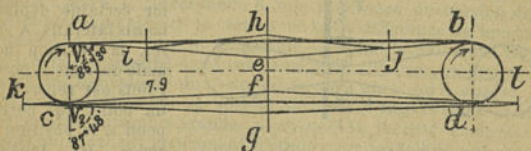


FIG. 8.

quoique forcément un peu plus approximative. Elle consiste à mener des tangentes, faisant les angles mesurés. Ces tangentes ae , be se rencontrent au point e , où l'on élève une verticale sur laquelle est portée, à partir de e , la valeur unitaire

$$p = eh = 0,600.$$

Du point h on mènera la parallèle hi à la tangente be ; mesurée à l'échelle cette longueur hi donnera la tension cherchée $T_1 = 3^{\text{k}},85$.

Par la construction analogue on obtiendra la longueur $fk = T_2 = 7^{\text{k}},9$. Le problème est résolu.

Cette méthode est susceptible d'extension au cas de transmissions quelconques entre poulies de diamètre différent (fig. 9).

On voit que le poids unitaire a été pris égal ici à $p = 0^{\text{k}},415$. Par suite de l'inégalité des diamètres des poulies, la tension est légèrement différente d'un côté ou de l'autre du même brin.

Emploi des dynamomètres de transmission. — Il existe un nombre considérable de dynamomètres applicables à de nombreux

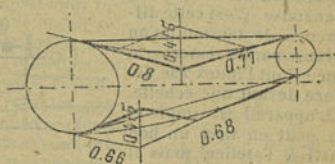


FIG. 9.

cas; nous ne parlerons ici que des plus répandus parmi ceux qui conviennent à la mesure de la puissance transmise par une courroie ou absorbée par une machine.

L'appareil imaginé par Helfner-Altenek est une application directe de ce que nous venons de voir sur les différences de tension entre le brin mou et le brin tendu. L'appareil que la figure 10 représente dans sa position d'application se compose de deux poulies *aa*

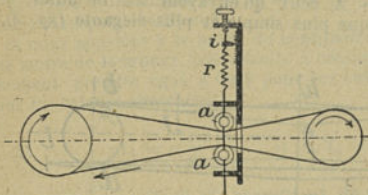


FIG. 10.

également. En marche, quand la courroie transmet la puissance, la tension inégale des deux brins oblige le système des poulies à se rapprocher du brin moteur; pour ramener le châssis au repère primitif, il faudra exercer une traction qui sera proportionnelle à la différence de tension des brins $T_1 T_2$, c'est-à-dire, avons-nous vu, à la puissance transmise. C'est cette différence de tension qu'on mesure par un ressort gradué *r* dont l'index *i* se déplace devant une échelle.

L'appareil est simple et on peut en tirer un bon parti à l'atelier, mais il nécessite un calcul de la constante d'étafonnage pour chaque transmission. On s'exonère de cette sujétion en faisant revêtir à l'appareil la forme plus compliquée de la figure 11.

Ce dynamomètre se compose de sept poulies : six invariablement liées entre elles, comme le montre le croquis schématique, et la septième, placée au centre, assujettie dans une chape mobile pouvant subir des oscillations d'une certaine amplitude, oscillations qui sont d'ailleurs atténuées par un amortisseur *a* pour rendre les lectures et repères de l'appareil plus précises.

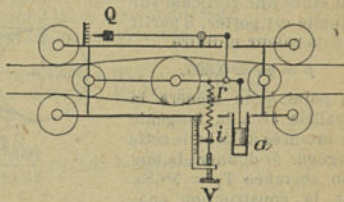


FIG. 11.

Le dynamomètre est monté sur la courroie de la façon indiquée sur la figure; le poids de la poulie centrale mobile est équilibré, quelle que soit l'inclinaison de la courroie, au moyen du contre-poids Q monté à l'extrémité d'une liaison articulée; on réalise de cette façon la symétrie montrée par le croquis, qui constitue le repérage au repos. En marche, la différence de tension des brins donne naissance à une force proportionnelle qui tend à écarter la poulie mobile de sa position de symétrie. Une vis de rappel V et un ressort gradué r permettront, comme tout à l'heure, de ramener l'équilibre et de déduire la valeur de l'effort. En général, les appareils sont étalonnés pour que chaque millimètre de l'échelle, sur laquelle se déplace l'index i , corresponde à une différence de tension de 1 kilogramme. Connaissant la valeur de cette différence de tension, nous venons de voir comment on calcule aisément la puissance transmise.

L'appareil modifié ainsi construit peut rivaliser, comme précision, avec les indications du frein de Prony, ainsi qu'il appert d'expériences exécutées par la société Siemens et Halske bien connue; sa sensibilité bien plus grande, ainsi que sa facilité d'adaptation, en font un excellent instrument d'étude pour les faibles puissances.

Emploi des dynamomètres de rotation. — Pour mesurer la puissance, non plus sur la courroie, mais sur la machine elle-même, animée d'un mouvement de rotation continu, il faut employer un nouvel instrument dit dynamomètre de rotation, dont tous les dispositifs réalisés sont une variante plus ou moins ingénieuse du dynamomètre de Morin, aujourd'hui relégué dans les laboratoires de physique.

Ces appareils sont peu pratiques pour l'industrie, leur maniement est délicat et ils prêtent à de nombreuses erreurs. Les dynamomètres basés sur les propriétés des trains épicycloïdaux, répondent mieux aux exigences de la pratique.

L'appareil original dû, croyons-nous à l'américain White (*fig. 12*), consiste en quatre poulies AA' BB' tournant autour de l'arbre CC' ; de chaque côté la poulie extrême est folle sur l'arbre, alors que la poulie B' et la couronne d'angle D' sont calés sur l'arbre, et que la poulie A et la couronne D sont calées sur un manchon commun. Enfin les couronnes E et E' sont portées par un châssis susceptible d'osciller autour de l'arbre, et prolongé d'un côté par le contre-poids M , de l'autre par le levier gradué GH .

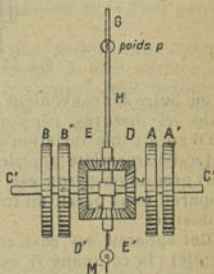


FIG. 12.

Connaissant les propriétés des engrenages épicycloïdaux, il est clair d'après cela que, si l'on empêche tout entraînement du levier GH en le chargeant d'un certain poids, les couronnes EE' entraineront le manchon portant la couronne D et la roue A, transmettant le mouvement à la même vitesse que la roue motrice B' et la couronne D' calées sur l'arbre et recevant le mouvement moteur.

Suivant que l'effort à transmettre sera plus ou moins considérable, le poids à placer sur le levier GH pour conserver la position d'équilibre devra être reculé à une distance plus ou moins grande de l'axe de l'arbre CC'.

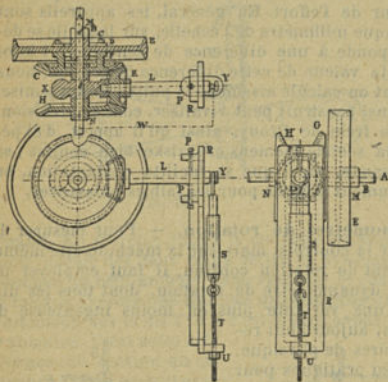


FIG. 13.

Connaissant le poids et la distance d'axe en axe, on aura donc le moment du couple moteur absolument comme dans un frein de Prony dont cet appareil ingénieux se rapproche d'ailleurs beaucoup. Pour l'exactitude des indications, il est nécessaire que le contrepoids M équilibre la masse du levier GH. Ce dynamomètre est encore encombrant ; il

a en outre l'inconvénient pratique de laisser une certaine incertitude dans les mesures, par suite des oscillations du levier à chaque fois qu'il surgit une variation de vitesse ou de puissance un peu brusque.

Le dynamomètre américain que représente la figure 13 où un ressort gradué ou peson est substitué au poids curseur du précédent appareil nous paraît un instrument à la fois précis et véritablement industriel.

Cet appareil est basé comme l'autre sur l'emploi d'un train différentiel : la couronne G est solidaire de la poulie recevant le mouvement, laquelle est folle sur l'arbre A de la machine ; la couronne H, au contraire, est clavetée sur cet arbre. Enfin le pignon intermédiaire est monté fou sur le levier L, fou lui-même sur l'arbre A ou, en d'autres termes, libre d'osciller autour de cet arbre. Le contrepoids X équilibre le levier L, le pignon et l'attache du ressort gradué. Dans le précédent dynamomètre, le moment moteur s'évaluait

avec un poids constant et un bras de levier variable ; ici, on emploie au contraire un bras de levier constant (représenté par la longueur W) et un poids variable qui est mesuré par le peson S . Cet appareil est beaucoup plus sensible que le précédent, et il est facile de le rendre enregistreur ; il convient tout particulièrement pour les faibles puissances, par exemple pour les recherches relatives aux machines-outils.

Mesure de la puissance au moyen des dynamomètres de torsion. — C'est surtout pour les grandes puissances que cette méthode donne d'excellents résultats ; pour certains types d'appareils, notamment les dynamomètres optiques, le degré de précision atteint ne peut être dépassé par aucun autre mode de mesure.

Nous avons consacré, dans le temps, tout un article (1) à l'étude des torsiomètres, basés sur un principe mécanique, électrique ou optique, et nous ne reviendrons pas sur ce point.

FROTTEMENT

Le frottement qui s'exerce entre deux corps solides, dont les surfaces sont dans des conditions données, dépend simplement de la force qui les presse l'un contre l'autre.

Cette loi cesse d'être exacte quand la pression devient assez intense pour déterminer l'écrasement des deux corps à leur surface de contact. Quand on atteint cette limite, le frottement croît beaucoup plus rapidement que proportionnellement à la pression. Nous supposons dans ce qui suit que cette limite n'est pas atteinte.

Coefficient de frottement. — C'est le rapport de l'effort nécessaire pour faire glisser ou rouler un objet au poids de cet objet :

$$f = \frac{P}{Q}$$

Le coefficient de glissement s'exprime généralement sous la forme :

$$f = \text{tang } \alpha.$$

(1) Voir l'Électricien, n° 907, 16 mai 1908, p. 310. Emploi des torsiomètres pour la mesure des puissances mécaniques.

L'angle α donne alors l'inclinaison minimum d'un plan sur lequel un corps glisse par son propre poids.

Il faut distinguer deux coefficients de frottement : le coefficient de frottement au départ et le coefficient de frottement pendant le mouvement.

Si un corps est placé sur un plan incliné, il faudra, pour que le corps commence à glisser, que l'angle du plan avec le plan horizontal atteigne une certaine valeur α_1 ; pour entretenir le mouvement de façon uniforme, il faudra donner à cet angle une valeur α_2 telle que :

$$\alpha_2 < \alpha_1.$$

Ces deux angles caractérisant les coefficients de frottement, on voit que :

$$f_2 < f_1.$$

Le coefficient de roulement a pour valeur :

$$f = r \tan \alpha,$$

r étant le rayon de roulement en mètres.

Autrement dit un cylindre de rayon r commence à rouler sur un plan incliné d'un angle α quand existe le rapport :

$$\tan \alpha = \frac{f}{r}.$$

1. — Coefficients de glissement des métaux.

CORPS EN CONTACT	FIBRES	ÉTAT des surfaces en contact	COEFFICIENTS de glissement f	
			au départ	en mouvement
Fonte sur fonte ou bronze.	—	un peu grasses	0,16	0,15
		mouillées	—	0,31
		à sec	—	0,49
— sur chêne.....	parallèles	savonnées à sec	—	0,19
Fer sur fer.....	—	à sec	—	0,44
		id.	0,19	0,18
— sur fonte ou bronze...	—	mouillées	0,65	0,26
— sur chêne.....	parallèles	suif, graisse	0,11	0,08
Bronze sur bronze.....	—	à sec	—	0,20
		id.	—	0,21
— sur fer.....	—	un peu grasses	—	0,16
Laiton sur chêne.....	parallèles	à sec	0,62	0,48

2. — Coefficients de frottement des tourillons.

CORPS EN CONTACT	VALEUR DU COEFFICIENT f QUAND :		
	les surfaces sont légèrement graissées	le graissage a lieu	
		de temps en temps	de façon continue (bague, huile sous pression, etc.)
Fonte sur fonte.....	0,14	0,075	0,054
— sur bronze.....	0,16	0,075	0,050
Acier sur fonte.....	0,19	0,07	0,054
— ou fer sur bronze.....	0,19	0,07	0,054
— — sur gaïac.....	0,19	0,11	—
— — sur métal blanc (antifricction).....	0,23	—	0,01

Ces chiffres correspondent à des pressions et vitesses usuelles, la température du palier n'excédant pas 20 à 25° C. Pour les paliers où la vitesse périphérique $v = 2$ à 20 m : séc., la pression $p = 1$ à 15 kg : cm² et la température $t = 30$ à 100° C., on a pour valeur du coefficient de friction :

$$f = \frac{2}{pt}$$

3. — Coefficients de roulement.

CORPS EN CONTACT	VALEUR DU COEFFICIENT de roulement
Gaïac sur gaïac.....	0,047
Orme sur gaïac.....	0,081
Fer sur fer ou acier sur acier.....	0,005
Rouleaux et billes d'acier durci sur les cuvettes des paliers.....	0,001

Un cylindre de rayon r commence à rouler sur un plan incliné d'un angle α , quand il existe le rapport $\tan \alpha = f : r$.

Frottement d'un pivot. — Les pivots doivent être très durs ; on les fait habituellement en acier.

Si la pression Q est également répartie sur la surface d'un pivot plat de rayon r , le moment du frottement a pour expression :

$$\frac{2}{3} frQ,$$

et, par suite, le travail correspondant à un angle de rotation θ est égal, en kilogrammètres, à

$$\frac{2}{3} frQ\theta,$$

Q étant exprimé en kilogrammes.

Dans le cas de pivots plats, on limite généralement l'intensité de la pression à $1^{kz},6$ par millimètre carré.

Frottement d'un collier. — Si Q est la pression totale qui s'exerce sur un collier ayant pour rayon intérieur r' et pour rayon extérieur r , le moment du frottement a pour expression :

$$\frac{2}{3} fQ \frac{r^3 - r'^3}{r^2 - r'^2},$$

et, par suite, on a, comme ci-dessus, pour le travail du frottement pour un angle θ ,

$$\frac{2}{3} fQ \frac{r^4 - r'^4}{r^2 - r'^2} \theta.$$

Frottement d'une transmission. — On trouvera au chapitre *Transmissions* un exemple des pertes par frottement dans les paliers à billes et les paliers lisses.

Usure.

On admet que la quantité Q de métal enlevée par l'usure est proportionnelle au travail du frottement t_f , par conséquent proportionnelle à l'effort P , au coefficient de frottement f , au chemin parcouru e et à un coefficient K qui dépend de la nature des surfaces :

$$Q = Kt_f = KPfe.$$

Le jeu pris par l'usure est inversement proportionnel à la surface s considérée :

$$J = \frac{Q}{s} = KPfe \frac{1}{s}.$$

Pour un tourillon, le jeu j pris au bout d'un certain temps est indépendant du diamètre, pourvu que la pression par unité de surface ne soit pas trop grande :

$$J = K P f (\pi d) n \frac{1}{(\pi d) l} = K P f \frac{1}{l} n,$$

l étant la longueur;

d , le diamètre;

n , le nombre de tours;

$\pi d n$, le chemin parcouru;

$\pi d l$, la surface frottante.

Pour les engrenages, on admet que l'usure est proportionnelle à l'effort tangentiel, au nombre de tours, à la durée de la marche, et inversement proportionnelle à la longueur de la denture, sans tenir compte du pas et de la hauteur des dents :

$$U = K \frac{P n t}{b}$$

Pour des engrenages en fonte, on prend :

$$\frac{P n}{b} = 500.$$

P , effort tangentiel en kilogrammes;

n , nombre de tours par minute;

b , largeur des roues en millimètres.

Pour les engrenages taillés en acier trempé, on donne à $\frac{P n}{b}$ des valeurs comprises entre 3.000 et 8.000, cette dernière valeur pour les engrenages travaillant le moins durement.

Raideur des cordages.

On éprouve de la résistance quand on veut courber un cordage, et quand, une fois qu'il est courbé, on veut le redresser. Cette résistance provient du frottement mutuel des fibres; elle croît avec l'aire de la section transversale du cordage, et en raison inverse du rayon de courbure qu'on veut produire.

Le travail perdu pour tendre une longueur donnée de cordage sur une poulie s'obtient en multipliant la longueur du cordage en mètres par sa raideur en kilogrammes; cette raideur est l'excès de la tension du brin qui mène sur celle du brin qui est mené, excès nécessaire pour faire prendre au cordage la courbure de la poulie, puis pour le redresser de nouveau.

On calcule la raideur des cordes R par mètre au moyen de la formule

$$R = \frac{A + BQ}{D}$$

dans laquelle Q représente la force résistante exprimée en kilogrammes, D le rayon de la poulie en mètres, et A et B deux coefficients.

Voici les valeurs des constantes pour des cordages de différents diamètres enroulés autour d'un arbre de 1 mètre de diamètre (tirées de Navier, *Architecture hydraulique de Bélidor*).

INDICATION DES CORDAGES	DIAMÈTRE de la corde	POIDS de la corde par mètre	A	B
	millim.	kilogr.		
Corde blanche de 30 fils.....	20	0,283	0,222	0,0097
— 15 fils.....	15	0,145	0,064	0,0055
— 6 fils.....	9	0,052	0,011	0,0024
Corde goudronnée de 30 fils....	24	0,333	0,350	0,0126
— 15 fils....	17	0,163	0,106	0,0061
— 6 fils....	10	0,069	0,021	0,0026

Lorsque les cordages passent sur des poulies consécutives, leur raideur est inférieure à celle qui résulte du tableau. Enfin cette raideur diminue quand on imprègne les cordages d'un corps gras ou quand on les frotte avec du savon.

GRAISSAGE ET LUBRIFIANTS

Il est important de proportionner la surface de portée des paliers à la charge qu'ils doivent subir.

Calcul rapide des tensions, réactions sur les paliers. — En plus du poids des arbres, poulies, roues, etc., il est nécessaire de tenir compte des tensions supplémentaires pour vérifier si la surface de pression des paliers est suffisante.

1° Dans un engrenage ou une roue de friction, la réaction sur l'arbre est égale à l'effort tangentiel;

2° Dans une transmission à courroie, corde ou chaîne, la tension sur l'arbre, égale à la somme des tensions respectives des deux brins, est égale environ à deux fois l'effort tangentiel.

On trouvera au chapitre *Transmissions* un abaque pour le calcul des tensions résultantes sur les paliers de graissage.

Surfaces de pression pour le graissage. — On calculera la surface de frottement nécessaire au palier d'après la charge à supporter; cette charge doit comprendre non seulement le poids des organes, mais encore la réaction et tension normales qu'ils ont à supporter du fait de leur fonctionnement.

On admet en général les charges suivantes par centimètre carré de surface de pression verticale (on entend par là, la projection du tourillon, produit de la longueur engagée dans le coussinet par le diamètre):

Boutons de manivelles, tourillons oscillants, charges intermittentes.....	100 kg. : cm ² ;
Boutons de manivelles, tourillons de machines à marche continue.....	50 kg. : cm ² ;
Fusées d'essieux de wagons.....	20 à 30;
Paliers de transmissions lentes.....	15 à 20;
— — rapides.....	10 à 15;
Gros paliers de volants, glissières.....	5 à 10;
Crapaudines.....	2 à 5.

L'ajustage des portées dans les coussinets doit être très serré; entre 25 et 150 millimètres d'alésage on prend comme jeu le $\frac{1}{1.000}$ du diamètre.

Note sur les lubrifiants. — Les lubrifiants qui peuvent supporter les plus lourdes charges sont :

1° Les lubrifiants solides à sec : graphite, talc, etc.; le graphite donne de bons résultats avec la fonte peu poreuse, mais le frottement augmente si le palier chauffe, malgré l'emploi d'un arrosage ou d'une circulation d'eau ;

2° Ces mêmes lubrifiants solides mélangés à des graisses ou suifs, sont employés pour les essieux de voitures et les engrenages des treuils et grues, les chaînes, etc.; ils adhèrent aux portées, ne s'évaporent pas et ont un faible coefficient de frottement aux petites vitesses.

Mélangés aux huiles (Oildag), ils améliorent considérablement le frottement;

3° Les graisses de voitures, composées de graisses et d'huiles émulsionnées avec de l'eau, auxquelles on ajoute des composés alcalins pour en neutraliser l'acidité; elles donnent d'excellents frottements aux vitesses lentes et fortes charges, et conviennent pour les essieux de wagons à cause de leur faible frottement aux démarrages.

L'emploi des graisses n'est économique qu'aux faibles vitesses, elles augmentent considérablement le frottement quand la vitesse augmente, ce qui ne compense pas l'usage d'un lubrifiant moins coûteux;

4° Les huiles animales et végétales, comme celles de lard, d'olive et de colza; on doit les employer pures si la charge dépasse 18 kilogrammes par centimètre carré, ou s'il faut lubrifier des portées en métal très dur, avec des charges constantes;

5° Les huiles mixtes, mélanges d'huiles animales ou végétales et minérales, qui conviennent aux charges modérées; quand la charge augmente, on ajoute plus d'huile grasse;

6° Les huiles minérales, qui conviennent très bien pour les parties peu chargées; leur viscosité doit être choisie juste suffisante pour supporter la charge et assurer la formation de la pellicule grasse. Cette viscosité doit varier en sens inverse de la vitesse. Aux grandes vitesses, il faut même ajouter des huiles grasses pour éviter de chauffer.

Modèles de graisseurs. — Un bon graisseur doit être aussi étanche que possible, à débit réglable et visible.

Pour l'huile, on emploie le modèle figure 14; le débit se règle par un pointeau qu'on enfonce plus ou moins; l'arrêt se produit en inclinant le bouton; le débit est visible à travers le compte-gouttes.

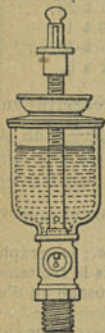


FIG. 14.

Le graissage à la graisse est propre et économique; on devrait toujours employer le type automatique à compression (fig. 15); le graissage à la graisse avec compression est le meilleur pour tous les cas où le point à graisser est peu accessible et risque par suite d'être négligé.

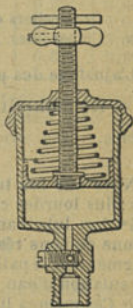


FIG. 15.

Graissage des roulements à billes. — Le lubrifiant doit être convenablement choisi, de manière que sa viscosité et son point de fusion soient en rapport avec la température de fonctionnement du roulement.

La vaseline, longtemps seule préconisée parce qu'inaltérable, a un point de fusion de 30 à 35°, un peu bas et trop facilement atteint dans les applications courantes. On la réservera donc aux petits roulements, employés sous faible charge et qui doivent être laissés longtemps sans entretien.

La graisse consistante est d'ordinaire le meilleur lubrifiant des roulements à billes. On en remplit complètement l'intérieur des loge-

ments contenant les roulements, qu'elle garantit alors très bien de l'humidité et aussi des poussières. Cette graisse doit être onctueuse, bien homogène, et ne pas séparer d'huile si on l'abandonne à elle-même. Bien entendu, elle doit être absolument exempte d'acide, alcali ou résine qui feraient rouiller les roulements. En outre, son point de fusion ne doit pas être inférieur à 75°. Elle convient donc toutes les fois que la température du roulement reste certainement au-dessous de cette limite, ce qui est le cas général en pratique.

Si, au contraire, la température de fonctionnement des roulements est plus élevée, soit à cause d'une haute température extérieure, soit pour des conditions de vitesse et de charge particulièrement dures, il faut employer l'*huile minérale*. Celle-ci doit être bien raffinée, pure de tout acide et de toute impureté solide. Son point d'inflammation ne doit pas être inférieur à 175°. Sa viscosité doit être de 6 à 10° Engler à 20° centigrades pour les petits roulements, tandis que pour les roulements plus forts, on choisira une huile ayant une viscosité de 15 à 27° Engler à 20° centigrades.

Quand on utilise l'huile minérale, les paliers doivent être convenablement obturés par des rondelles de feutre ou autres dispositifs empêchant l'huile de couler le long de l'arbre. La quantité d'huile dont on doit garnir le palier avant la mise en marche est suffisante lorsque le niveau atteint le centre de la bille la plus basse du roulement.

Aux très grandes vitesses, le brassage de l'huile par les billes pourrait produire l'échauffement, et il est préférable de graisser continuellement goutte à goutte à huile perdue, le débit étant d'ailleurs très peu abondant.

Il ne faut jamais employer pour les roulements à billes d'autres lubrifiants que ceux conseillés ci-dessus. On doit proscrire absolument les composés contenant du graphite, qui ont pour effet d'user rapidement les diverses pièces du roulement.

Essais des huiles de graissage. — On considère beaucoup de caractéristiques telles que la densité, la couleur, l'onctuosité au toucher, etc., qui ne permettent guère une comparaison précise des qualités lubrifiantes de deux huiles.

Il n'existe aucune relation définie entre la densité et la viscosité, et comme celle-ci seule est importante, on ne doit donc pas attacher grande importance à la densité; il en est de même pour la couleur: une huile claire n'est pas forcément supérieure à une huile brune.

Le point capital est la viscosité; on sait que celle-ci diminue avec la température (au moins pour les huiles minérales). Comme le graissage a généralement lieu à une température plus ou moins élevée, il est bon de vérifier que la chute n'est pas trop rapide.

On devra toujours choisir des huiles présentant la plus grande viscosité à la température à laquelle doit s'effectuer le graissage.

Les appareils à mesurer la viscosité ou viscosimètres sont nombreux et variés et donnent des chiffres empiriques; il faut espérer qu'on arrivera un jour à une standardisation des méthodes et instruments et à une définition normale de la viscosité absolue en fonction de la température et de la pression qui sont les deux facteurs capables de faire varier la viscosité.

Les viscosimètres industriels utilisés sont : en France, l'ixomètre Barbey; en Allemagne, l'appareil d'Engler; en Angleterre, le Redwood commercial et le Redwood Amirauté; aux Etats-Unis, le Saybold Standard universel et le Saybold Furol. A chacun de ces appareils correspond une définition particulière de la viscosité et les comparaisons des résultats, pour un même liquide, sont de ce fait très compliquées et même souvent impossibles.

En France, le degré Engler est souvent plus employé que le degré Barbey.

La viscosité Engler d'un liquide à t degrés est le rapport du temps d'écoulement d'un volume v de ce liquide à t degrés au temps d'écoulement d'un même volume d'eau à 20° à travers le tube de l'appareil.

Il faut toujours pour une même huile spécifier la viscosité à 50 et à 100° , températures usuellement choisies pour les comparaisons.

On doit également spécifier les points d'inflammation et de congélation; le premier a de l'importance pour les huiles à cylindres de machines à vapeur ou explosion, le second pour les huiles de machines frigorifiques.

Un point important à vérifier pour les huiles destinées au graissage sous pression à circulation continue, de plus en plus employé (autos, turbines vapeur, machines grande vitesse, etc.) est l'essai d'émulsion.

L'essai consiste à brasser l'huile par un dispositif mécanique rapide soit dans l'essai seul, soit en contact avec de l'eau ou de la vapeur; cet essai gagnerait à être pratiqué beaucoup plus souvent dans l'industrie.

Pureté. — L'huile doit être exempte de corps durs, d'eau et d'acides.

Les corps durs se laissent facilement déceler en passant une petite quantité d'huile à travers un buvard. On fera bien de diluer l'huile avec une quantité égale ou double, suivant la consistance, de pétrole pur, exempt de toutes impuretés.

Un petit morceau de carbure immergé dans un verre rempli à moitié d'huile, montre, par le dégagement en quantité plus ou moins grande d'acétylène, la quantité d'eau contenue dans l'échantillon.

Pour savoir si l'huile contient des acides, on prépare un bout d'acier bien poli que l'on entoure d'un morceau de coton hydrophile ou d'un chiffon, fixé par un fil. On l'imbibe d'huile à essayer et l'on observe après quelques jours les traces d'attaque par l'acide.

CHAPITRE III

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX USUELS

CENTRES DE GRAVITÉ

Centre de gravité d'une surface ou d'un volume géométrique.

1. *Arc de cercle.*

$$OG = \frac{r \sin \alpha}{\alpha} = \frac{rc}{A},$$

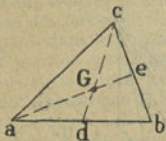
α en fonction du rayon.



2. *Triangle.*

Au point de concours des médianes :

$$ad = bd, \quad cG = \frac{2}{3} cd.$$



3. *Parallélogramme.*

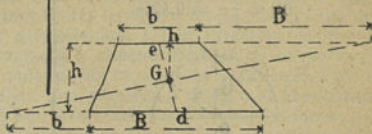
Au point de rencontre des diagonales.



4. *Trapeze.*

ed joignant les milieux des côtés

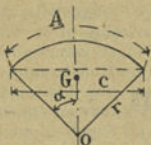
$$Gh = \frac{h}{3} \frac{b + 2B}{b + B}.$$



5. Secteur.

$$OG = \frac{2}{3} r \frac{\sin \alpha}{\alpha} = \frac{2}{3} \frac{rc}{A},$$

α en fonction du rayon.



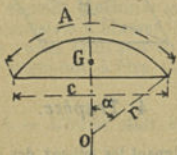
6. Segment.

(Fig. ci-après.)

$$OG = \frac{c^3}{12S},$$

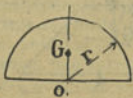
$$OG = \frac{2}{3} \frac{r \sin^3 \alpha}{\alpha - \sin \alpha \cos \alpha},$$

S = surface du segment;
 α en fonction du rayon.



7. Demi-cercle.

$$OG = \frac{4}{3} \frac{r}{\pi} = 0,424r.$$



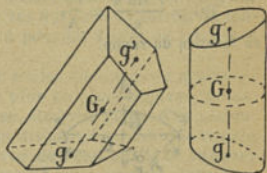
8. Segment de parabole.

$$OG = \frac{3h}{5}, \quad OS = \frac{3h}{5}, \quad GS = \frac{3l}{8}.$$



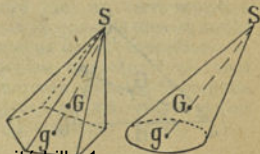
9. Prisme et cylindre à bases normales ou obliques.

G Milieu de la ligne joignant les centres de gravité des deux bases, cette ligne passant aussi par les centres de gravité des sections normales aux génératrices.



10. Pyramide, cône droits ou obliques.

G au $\frac{1}{4}$ de la ligne joignant le sommet au centre de gravité de la base.



11. Surface de zone sphérique.

Centre de gravité de la surface sphérique seulement :

$$GO = GO'.$$



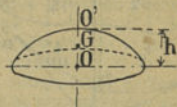
12. Volume de segment sphérique.

$$OG = \frac{3}{4} \frac{(2r - h)^2}{3r - h}.$$



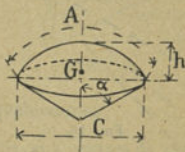
13. Surface de segment sphérique.

$$GO = GP.$$



14. Volume de secteur sphérique.

$$\begin{aligned} OG &= \frac{3}{4} r (1 + \cos \alpha) \\ &= \frac{3}{4} \left(r - \frac{h}{2} \right). \end{aligned}$$



Centre de gravité d'une surface quelconque.

On décompose la surface donnée en surfaces partielles dont on sait trouver les surfaces et les centres de gravité. On applique aux centres de gravité partiels des forces parallèles proportionnelles aux surfaces partielles. Le point d'application de leur résultante est le centre de gravité cherché (fig. 16). Les forces appliquées à des surfaces à soustraire, telles que 17 (fig. 17 et 18), sont dirigées en sens inverse des autres.

Pour trouver la direction de la résultante R, on construit le polygone des forces bc en portant toutes les forces les unes à la suite des autres, dans leur sens et parallèlement à leur direction commune. On joint un point quelconque o à chaque sommet de ce polygone (qui est une ligne droite, puisque les forces sont parallèles). Par un point quelconque a, on mène une parallèle à la ligne ob aboutissant au commencement de 1, jusqu'à sa rencontre d avec cette force ; par d on mène une parallèle à la ligne aboutissant au commencement

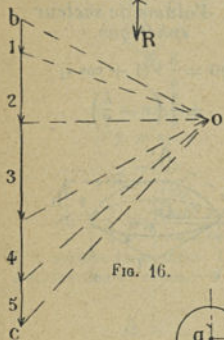
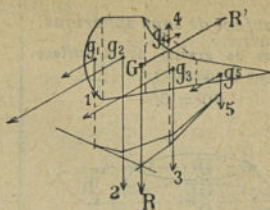
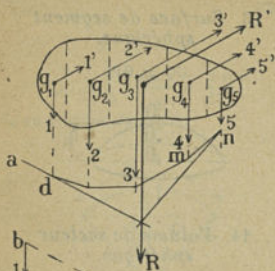


FIG. 16.

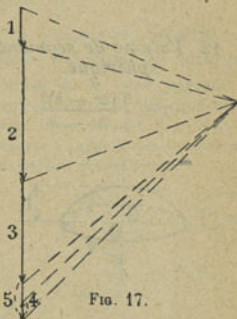


FIG. 17.

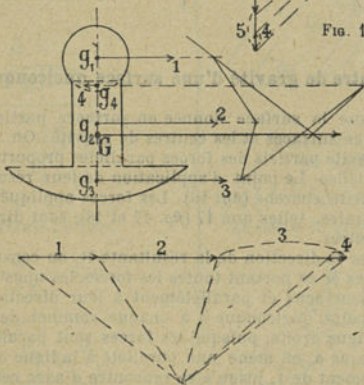


FIG. 18.

de 2 jusqu'à sa rencontre avec la force 3, et ainsi de suite jusqu'à la parallèle mn à la ligne $o5$ aboutissant au commencement de 5. La parallèle à oc menée par le point n coupe la première ligne ad en un point de la résultante R , qui est parallèle à la direction générale des forces et proportionnelle à bc .

Si la surface comporte un axe de symétrie (fig. 18), le centre de gravité est à la rencontre de cet axe et de la résultante. Si la surface est dissymétrique, on fait une seconde composition de forces dans une direction différente (fig. 16 et 17) et la rencontre des deux résultantes R et R' est le centre de gravité cherché.

Détermination expérimentale du centre de gravité.

On découpe dans une feuille de carton ou de métal homogène et d'égale épaisseur une surface égale ou semblable à la surface donnée, et on la place en équilibre dans deux directions différentes sur un biseau.

La rencontre des deux lignes d'équilibre est le centre de gravité de la surface (fig. 19).



FIG. 19.

Centre de gravité d'un volume quelconque.

On décompose ce volume en volumes partiels aux centres de gravité desquels on applique des forces parallèles dont on cherche le point d'application de la résultante, qui est le centre de gravité cherché.

MOMENTS D'INERTIE

Cette dénomination, due à Euler, désigne la somme des produits de chacune des masses élémentaires, dont l'ensemble constitue la masse totale du corps considéré, par le carré de la distance à l'axe envisagé :

$$I = \sum mr^2.$$

Le rayon de giration désigne la distance à laquelle il faudrait concentrer la masse totale du corps pour que le moment d'inertie ne changeât pas. Si ρ est le rayon de giration, M la masse totale, on a donc :

$$I = \sum mr^2 = M\rho^2;$$

d'où pour valeur du rayon de giration :

$$\rho^2 = \frac{I}{M}.$$

Par extension on peut considérer, au lieu du moment d'inertie des masses, les moments d'inertie des volumes, des surfaces et des lignes. L'on a donc analogiquement :

$$I = M\rho^2 \text{ (masse)}$$

$$I' = V\rho^2 \text{ (volume)}$$

$$I'' = S\rho_1^2 \text{ (surface)}$$

$$I''' = L\rho_2^2 \text{ (ligne).}$$

Le moment d'inertie d'une masse est appliqué dans les calculs de pièces en rotation; on se sert généralement dans ce but du moment d'inertie du volume, car, dans les corps homogènes, la masse étant fonction du volume, on passe directement du moment de volume au moment de masse, puisque :

$$I \frac{V}{M} = \frac{V}{M} M\rho^2 = V\rho^2 = I'.$$

Le moment d'inertie d'une surface est appliqué dans les calculs de résistance des matériaux.

Le moment d'inertie d'une ligne peut être appliqué aux tiges de faible section par rapport à la longueur.

Les études d'ensemble publiées sur les moments d'inertie sont très rares, ce qui est assez étonnant, étant donné l'importance pratique considérable du sujet; nous croyons utile de signaler le travail très remarquable de M. Ch. Beer, de Liège, qui constitue la mise au point la plus complète à notre connaissance.

Nous extrayons de ce travail les formules pratiques ci-dessous :

Rayons de giration et moments d'inertie des tiges.

Fig. 20, tige inclinée tournant autour de XX :

$$\rho^2 = \frac{1}{3} d^2 \quad I = \frac{1}{3} d^2 \times l.$$

Fig. 21, axe perpendiculaire en bout :

$$\rho^2 = \frac{1}{3} l^2 \quad I = \frac{1}{3} l^3.$$

Fig. 22, axe perpendiculaire au milieu :

$$\rho^2 = \frac{1}{12} l^2 \quad I = \frac{1}{12} l^3.$$

Fig. 23, arc de cercle autour du centre O :

$$\rho^2 = d^2 \quad I = d^2 \times \text{longueur de l'arc BB'}$$

Fig. 24, arc de cercle autour de l'axe XX :

$$e^2 = d \frac{\text{segment BAB'B}}{\text{arc BAB'B}} \quad I = d \times \text{segment BAB'B}.$$

Si l'arc est une demi-circonférence, on a :

$$e^2 = \frac{1}{2} d^2 \quad I = d \times \frac{\pi d^2}{2} = \frac{1}{2} \pi d^3.$$

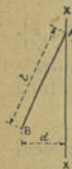


FIG. 20.

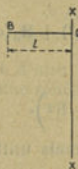


FIG. 21.

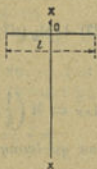


FIG. 22.



FIG. 23.

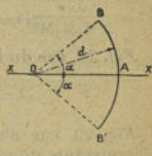


FIG. 24.

EXEMPLE. — Pour se servir de ces formules qui s'appliquent aux lignes, pour le cas de tiges matérielles de section droite = s , on admettra une assimilation pure et simple des rayons de giration.

Par exemple, dans le cas d'une tige inclinée (fig. 23), on aurait :

$$\text{moment d'inertie du volume } sl \text{ de la tige} \dots \quad I = \frac{1}{3} d^2 sl$$

$$\text{moment d'inertie de la masse } \frac{sl\delta}{g} \text{ de la tige} \dots \quad I = \frac{1}{3} d^2 sl \frac{\delta}{g}$$

δ étant la densité de la matière.

Rayons de giration et moments d'inertie des masses en rotation.

Cas général. — Si I est le moment d'inertie d'une masse M par rapport à l'axe de son centre de gravité, le moment d'inertie de cette masse par rapport à un axe parallèle placé à une distance R du premier (rayon du centre de gravité) sera :

$$I_{xx} = I + MR^2.$$

Cas particuliers. Jantes et bras de volants. — La section droite de la pièce en rotation affecte l'une des formes usuelles des figures ci-contre :

Fig. 25, la section de la jante est un rectangle :

$$\rho^2 = \frac{1}{8} (D^2 + d^2) \quad I_{xx} = \frac{1}{8} M (D^2 + d^2).$$

Fig. 26, la section de la jante est un T :

$$\rho^2 = \frac{I_{xx}}{\Sigma M_1 \cdot M_2} \quad I_{xx} = \frac{1}{8} M_1 (D^2 + d^2) + \frac{1}{8} M_2 (d^2 + d_1^2).$$

Fig. 27, la section de la jante est un double T :

$$\rho^2 = \frac{I_{xx}}{\Sigma M_1 M_2 M_3}; \quad I_{xx} = \frac{1}{8} \left\{ M_1 (D^2 + d^2) + M_2 (d^2 + d_2^2) + M_3 (d_2^2 + d_1^2) \right\}.$$

Fig. 28, cas du tore cylindrique :

$$\rho^2 = R^2 + \frac{1}{4} r^2 \quad I_{xx} = M \left(\frac{1}{4} r^2 + R^2 \right).$$

Fig. 29, cas d'un bras de section quelconque, mais uniformément décroissante du moyeu à la jante.

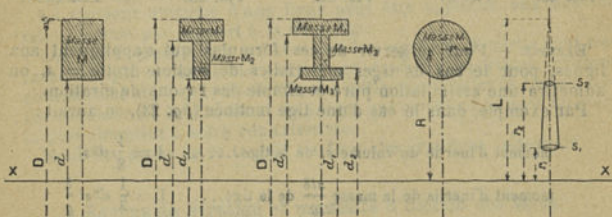


FIG. 25.

FIG. 26.

FIG. 27.

FIG. 28.

FIG. 29.

Appelons s_1 et s_2 les sections droites à chaque extrémité.
Appelons r_1 et r_2 les distances à l'axe de rotation.

Appelons R le rayon de giration de la surface s_1 par rapport à un axe parallèle à l'axe de rotation du volant, et passant par le centre de gravité de la section. On a :

$$I_{xx} = \frac{s_1}{(L - r_1)^2} \left\{ \frac{R^2}{(L - r_1)^2} \left[L^4 (r_2 - r_1) + 2L^2 (r_2^3 - r_1^3) - 2L^3 (r_2^2 - r_1^2) - L (r_2^4 - r_1^4) + \frac{1}{5} (r_2^5 - r_1^5) \right] \right. \\ \left. + \frac{1}{3} L^2 (r_2^3 - r_1^3) + \frac{1}{5} (r_2^5 - r_1^5) - \frac{1}{2} L (r_2^4 - r_1^4) \right\}.$$

Section quelconque. — Cas d'une masse de *section droite quelconque* (fig. 30), tournant autour de l'axe XX. Appelons : M la masse, R le rayon de giration de la section droite par rapport à un axe qui passe par son centre de gravité, et parallèle à l'axe de rotation ; D, la distance du centre de gravité de la section droite à l'axe de rotation. On a :

$$\rho^2 = R^2 + D^2$$

$$I_{xx} = M(R^2 + D^2).$$

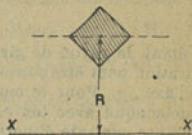


FIG. 30.

Moment d'une sphère. — Le moment d'inertie et le rayon de giration d'une sphère de rayon r par rapport à un diamètre sont :

$$\rho^2 = \frac{2}{5} r^2 \quad I_{xx} = \frac{2}{5} r^2 M.$$

Pour la sphère creuse, on a respectivement, R étant le rayon extérieur et r le rayon intérieur :

$$\rho^2 = \frac{2}{5} \cdot \frac{R^5 - r^5}{R^3 - r^3} \quad I_{xx} = \frac{2}{5} \cdot \frac{R^5 - r^5}{R^3 - r^3} \cdot M.$$

Moment d'un disque. — Tournant autour d'un diamètre (fig. 31), disque circulaire de masse M et de rayon r :

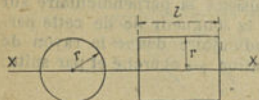


FIG. 31.

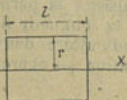


FIG. 32.

$$\rho^2 = \frac{1}{4} r^2 \quad I_{xx} = \frac{1}{4} r^2 \cdot M.$$

Moment d'un cylindre plein ou disque. — Cylindre droit à section droite circulaire, tournant autour de son axe longitudinal (fig. 32), rayon = r , longueur = l , δ = densité de la matière :

$$\rho^2 = \frac{1}{2} r^2 \quad I_{xx} = \frac{1}{2} r^2 \cdot M$$

$$I_{xx} = \frac{1}{2} \pi r^4 l \frac{\delta}{g}.$$

Moment d'un cylindre creux ou anneau. — Tournant autour de son axe longitudinal ; rayons R et r , longueur l , δ densité de la matière :

$$\rho^2 = \frac{1}{2} (R^2 + r^2) \quad I_{xx} = \frac{1}{2} (R^2 + r^2) M.$$

Moments d'inertie des surfaces planes. — Nous avons vu que le moment d'inertie d'une surface plane s'exprimait par :

$$I = S\varrho^2,$$

ϱ étant le rayon de giration et S la surface considérée. Le rayon de giration peut être considéré soit par rapport à l'axe xx , soit par rapport à l'axe yy . Pour le moment, par rapport à un axe faisant un angle quelconque avec les coordonnées rectangulaires, il faut considérer l'ellipse centrale d'inertie.

Ellipse centrale d'inertie. — Si nous tirons ϱ respectivement par rapport à xx et à yy , on a :

$$\varrho_{xx} = \sqrt{\frac{I_{xx}}{S}} \quad \varrho_{yy} = \sqrt{\frac{I_{yy}}{S}};$$

prenant ces longueurs comme demi-axes, on tracera ainsi l'ellipse centrale d'inertie de la surface considérée.

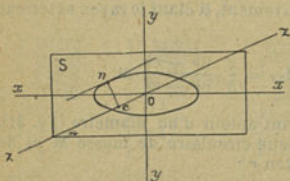


Fig. 33.

Le rayon de giration par rapport à un axe quelconque zz est alors donné par une simple opération graphique. Traçons une tangente parallèle à zz , qui détermine le point n sur l'ellipse; abaissant la perpendiculaire sur zz , la longueur nc de cette perpendiculaire donne le rayon de giration ϱ_{zz} cherché et par suite :

$$I_{zz} = S\varrho_{zz}^2.$$

Barèmes Lebeau. — M. Victor Lebeau, de Liège, a publié un ouvrage précieux qui donne les valeurs toutes calculées des surfaces, centres de gravité et moments d'inertie des profils les plus courants dans la pratique et notamment des fers profilés et des laminés courants.

Ce travail monumental est poussé à un degré de scrupule tel que l'auteur a tenu compte, dans ses calculs, des moments d'inertie, des congés et amincissements des ailes des fers du commerce.

Ce barème permet d'éviter des calculs fastidieux et constitue un document d'une inestimable valeur pour les bureaux d'études. Il est malheureusement assez difficile de s'en procurer aujourd'hui.

Méthode du polygone funiculaire pour la recherche des moments d'inertie de sections quelconques. — Soit une surface F , dont on cherche le moment d'inertie par rapport à l'axe neutre (axe

du centre de gravité). On décompose la surface totale en surfaces élémentaires rectangulaires f_1, f_2, f_3, \dots , dont on portera la valeur respective sur l'axe du centre de gravité de chacune des surfaces élémentaires (fig. 34). On a ainsi, en prenant une distance polaire $H = \frac{1}{2} F$ (surface totale), les éléments de construction de la courbe funiculaire portée sur la figure.

Cette courbe tracée, on mesure la surface F_0 , et le moment d'inertie cherché est donné par :

$$I = F \times F_0.$$

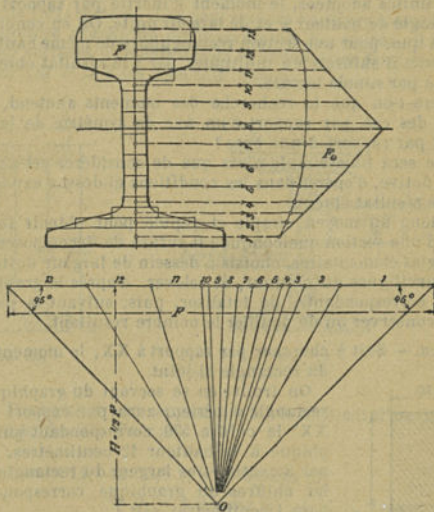


FIG. 34.

Graphique Garnier pour la recherche des moments d'inertie de sections quelconques. — M. Garnier a, dans un graphique d'un usage très commode, généralisé la méthode de division en rectangles élémentaires à la recherche des moments d'inertie.

Nous savons que le moment d'inertie I d'un rectangle par rapport à sa base est fourni par la formule :

$$I = \frac{lh^3}{3},$$

dans laquelle l est la largeur de ce rectangle et h sa hauteur. Si donc nous établissons la courbe plane représentée algébriquement par l'équation :

$$x = \frac{y^3}{3},$$

l'abscisse d'un point quelconque de cette courbe représente, dans le système d'unités adoptées, le moment d'inertie par rapport à sa base d'un rectangle de hauteur y et de largeur unité. On en conclut immédiatement que, pour une section rectangulaire de même hauteur, mais de largeur l , il suffirait de multiplier par l le résultat obtenu sur le graphique par simple lecture.

Objectera-t-on que la recherche des moments s'entend, dans la majorité des cas, par rapport à un axe de symétrie de la figure et rarement par rapport à une base ?

Rien ne sera plus simple alors que de considérer cet axe comme une base fictive, d'opérer dans les conditions ci-dessus exposées et de doubler le résultat obtenu.

Voilà donc un moyen simple et rapide pour obtenir le moment d'inertie d'une section quelconque : il suffira de décomposer la figure en rectangles élémentaires, choisis à dessein de largeur unité dans les parties curvilignes du contour, de relever, d'après le graphique, les moments correspondants, de totaliser, puis, suivant la position de l'axe, de conserver ou de doubler le nombre résultant.

EXEMPLE. — Soit à chercher par rapport à XX' , le moment d'inertie du rectangle ci-joint.

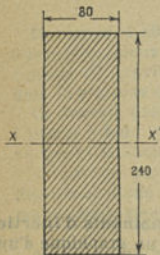


FIG. 35.

On trouve en se servant du graphique que le rectangle supérieur aura par rapport à sa base XX' le chiffre 576 correspondant sur le graphique à la hauteur 12 centimètres, multiplié par 8 centimètres largeur du rectangle (puisque les chiffres du graphique correspondent à la base 1 centimètre), soit :

$$\frac{I}{2} = 576 \times 8 = 4.608.$$

Le rectangle inférieur ayant mêmes proportions, le moment total du rectangle présenté sur la figure est :

$$I = \frac{I}{2} \times 2 = 9.216.$$

Le cas de sections compliquées se résout de façon analogue en réduisant la section à des surfaces simples.

EXEMPLE. — Chercher par rapport à XX' le moment d'inertie du fer double T, coté ci-contre (fig. 36).

Par le même mécanisme que nous venons d'expliquer, on trouvera que :

$I = 2$ (Moment du rectangle $7 \times 5^{\text{cm}}$ — 2 Moments du rectangle $3 \times 4^{\text{cm}}$)
c'est-à-dire :

$$I = 2(291,5 - 2 \times 63,9) = 326,8.$$

Dans le cas de forte section, il se peut que les hauteurs à considérer dépassent l'ordonnée graphique du diagramme. En ce cas, il suffit d'opérer sur des surfaces élémentaires de hauteurs deux fois moindres et de multiplier par $2^3 = 8$ les résultats obtenus.

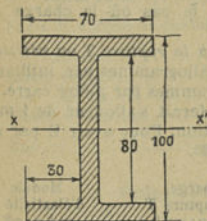


Fig. 36.

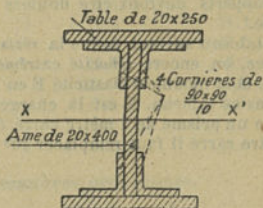


Fig. 37.

EXEMPLE. — Rechercher par rapport à XX' le moment d'inertie de la poutre ci-jointe (fig. 37). On aura :

$$\frac{1}{2} = 25 \times 8 \times \text{Moment } 11 - 2 [(2,5 \times 8 \times \text{Moment } 10) + (8 \times 8 \text{ Moment } 9,5) + (1 \times \text{Moment } 11)];$$

$$\frac{1}{2} = 25 \times 8 \times 443,7 - 2 [(2,5 \times 8 \times 333,3) + (8 \times 8 \times 285,7) + 443,7];$$

$$\frac{1}{2} = 88.740 - 50.790 = 37.950;$$

$$I = 75.900.$$

Cette méthode est très pratique et évite des calculs fastidieux.

RÉSISTANCE A LA TRACTION ET ÉLASTICITÉ

Lorsqu'un corps est soumis, dans le sens de la longueur, à des efforts de traction tels que la limite d'élasticité ne soit pas dépassée, l'allongement produit par mètre est :

$$\alpha = \frac{P}{E\Omega},$$

P désignant la force de traction totale en kilogrammes, Ω la section de la barre en mètres carrés et E un coefficient constant appelé le *module d'élasticité* ou *coefficient de résistance à l'allongement*.

Les rapports entre les charges qui entraîneraient la rupture des matériaux et les charges auxquelles on les fait travailler dans les constructions, ou *coefficients de sécurité*, doivent être supérieurs aux nombres suivants : 6 dans le cas des métaux et 10 dans le cas du bois. Ces rapports devront être doublés dans le cas où la charge sera mobile.

Le tableau suivant donne la *résistance à la rupture T* ou *résistance extrême*, ou encore *ténacité extrême*, en kilogrammes par millimètre carré, et le module d'élasticité E en kilogrammes par mètre carré.

Dans ce tableau, E est la charge qui ferait s'allonger de 1 millimètre un prisme de 1 mètre carré de section. Pour avoir E par millimètre carré il faut remplacer 10^9 par 10^3 .

	Charge de rupture T en kg : mm ²	Module d'élasticité E en kg : m ²
Pierres naturelles et artificielles.		
Ardoises	6,8 à 9,0	$9,2 \times 10^9$ $11,0 \times 10^9$
Briques	0,10 à 0,20	
Ciment.....		
Mortier ordinaire.....	0,04	
Verre.....	6,6	$5,6 \times 10^9$

Métaux.

Acier, barreaux.....	70,4 à 91,5	$20,4 \times 10^9$ à $29,6 \times 10^9$
Acier, tôles, moyenne.....	56,3	
Bronze ou métal des canons (8 de cuivre, 1 d'étain).....	25,3	

	Charge de rupture T en kg : mm ²	Module d'élasticité E en kg : m ²
Cuivre fondu.....	13,4	
— en feuilles.....	21,0	
— en boulons.....	25,3	
— en fils.....	42,0	12,0 × 10 ⁹
Etain fondu.....	3,2	
Fer, tôles.....	36,0	
— tôles à double ligne de rivets.	25,0	
— tôles à ligne de rivets unique.	20,0	
— barres et boulons.....	42,0	} 20,4 × 10 ⁹
	à 49,3	
Fer, bague, très bonne qualité....	45,1	
— fil.....	49,3	} 17,8 × 10 ⁹
	à 70,4	
— câbles en fils.....	63,4	10,6 × 10 ⁹
Fonte de différentes qualités.....	9,4	9,9 × 10 ⁹
	à 20,4	16,1 × 10 ⁹
— moyenne.....	11,6	12,0 × 10 ⁹
Laiton fondu.....	12,7	6,5 × 10 ⁹
— en fils.....	34,5	10,0 × 10 ⁹
Plomb, en feuilles.....	2,3	0,5 × 10 ⁹
Zinc.....	4,9	
	à 5,6	

Bois et autres matières organiques.

Acajou (<i>Swietenia Mahagoni</i>)....	5,6	} 0,9 × 10 ⁹
	à 15,3	
Bambou (<i>Bambusa arundinacea</i>).	4,4	
Bouleau (<i>Betula alba</i>).....	11,0	
Buis (<i>Buxus sempervirens</i>).....	14,0	
Câbles en chanvre.....	8,4 à 11,3	
Charme (<i>Carpinus betulus</i>).....	14,0	
Châtaignier (<i>Castanea vesca</i>)....	7,0	} 0,8 × 10 ⁹
	à 9,2	
Chêne d'Europe (<i>Quercus sessili- flora et Quercus pedunculata</i>).	7,0	0,8 × 10 ⁹
	à 14,0	1,2 × 10 ⁹
Chêne rouge d'Amérique (<i>Quercus rubra</i>).....	7,2	1,4 × 10 ⁹
Coudrier (<i>Corylus avellana</i>).....	13,0	
Cuir de bœuf.....	3,0	0,017 × 10 ⁹
Érable (<i>Acer campestre</i>).....	7,5	
Faux acacia (<i>Robinia pseudo- acacia</i>)....	14,3	

	Charge de rupture T en kg : mm ²	Module d'élasticité E en kg : m ²
Frêne (<i>Fraxinus excelsior</i>).....	12,0	1,1 × 10 ⁹
Gaïac (<i>Guaiacum officinale</i>).....	8,3	
Hêtre (<i>Fagus sylvatica</i>).....	8,1	1,10 ⁹
If (<i>Taxus baccata</i>).....	5,6	
Orme (<i>Ulmus campestris</i>).....	10,0	} 0,5 × 10 ⁹ à 0,9 × 10 ⁹
Peau de bœuf, brute.....	4,4	
Pin : pin rouge (<i>Pinus sylvestris</i>)	8,4	} 1,10 ⁹ à 1,3 × 10 ⁹
	à 10,0	
— sapin (<i>Abies excelsa</i>).....	8,7	} 1,0 × 10 ⁹ 1,3 × 10 ⁹
Pin : mélèze (<i>Larix Europæa</i>)...	6,3	} 0,6 × 10 ⁹ à 0,9 × 10 ⁹
	à 7,0	
Soie, fil.....	36,6	0,9 × 10 ⁹
Sycomore (<i>Acer pseudo-platanus</i>)..	9,2	0,7 × 10 ⁹
Teck indien (<i>Tectona grandis</i>)...	14,0	1,7 × 10 ⁹
— d'Afrique.....	15,0	1,6 × 10 ⁹

Les coefficients donnés ci-dessus pour des substances fibreuses sont relatifs aux tensions agissant suivant les fibres. La ténacité et l'élasticité du bois, lorsque les forces agissent perpendiculairement aux fibres, sont beaucoup plus petites. Le général Morin indique pour la résistance T :

Chêne, perpendiculairement aux fibres.....	1,60
Peuplier — —	1,25

RÉSISTANCE A L'EFFORT TRANCHANT ET AU CISAILLEMENT

La formule est analogue, dans ce cas, à celle donnée pour l'allongement. En désignant par L la distance qui sépare deux tranches, par γ leur glissement relatif, par Ω la surface totale, par G le module d'élasticité transversale de la matière et par Θ l'effort tranchant correspondant, nous aurons :

$$\frac{\gamma}{L} = \frac{\Theta}{\Omega G}$$

Voici un tableau de la résistance au cisaillement et de coefficients d'élasticité transverse de quelques bois.

	Résistance limite au cisaillement kil. par millim. carré	Module d'élasticité transversale en kil. par mètre carré
Cuivre.....		$4,4 \times 10^9$
Fer.....	35,2	$6,0 \times 10^9$
Fonte.....	19,5	$7,0 \times 10^9$
Laiton étiré.....		$2,0 \times 10^9$
Chêne.....	1,6	$3,8 \times 10^9$
Frêne et orme.....	1,0	$0,06 \times 10^9$
Pin : pin rouge.....	0,4 à 0,6	$0,05 \times 10^9$
— sapin.....	0,4	$0,04 \times 10^9$
— mélèze.....	0,7 à 1,2	$0,7 \times 10^9$

La résistance du bois aux efforts tranchants donnée dans ce tableau est, dans chaque cas, la force qui se développe entre deux couches continues de fibres.

On doit calculer les dimensions des pièces qui sont soumises à des efforts de cisaillement dans les constructions de telle sorte qu'elles aient la même résistance que les pièces qu'elles réunissent.

RÉSISTANCE A LA COMPRESSION

Les corps sont ruinés par la compression de plusieurs manières :

Ils se *fendent* en un certain nombre de parties prismatiques séparées les unes des autres par des surfaces unies (cas des substances homogènes dures à contexture vitreuse, telles que les briques vitrifiées) ;

Où il se produit un *glissement* suivant des surfaces de séparation obliques (cas des substances à texture granuleuse, telles que la fonte et le plus grand nombre des pierres et des briques) ;

Où les corps *se rompent en se dilatant* (cas des substances ductiles et déformables, telles que le fer) ;

Où l'*écrasement a lieu par suite de plissement* (cas des substances fibreuses sous l'action de pressions dirigées suivant les fibres). Dans ce dernier phénomène, la résistance des substances fibreuses à l'écrasement est de beaucoup inférieure à leur résistance extrême à l'allongement, surtout lorsque l'adhérence latérale des fibres entre elles est faible ; c'est ainsi que la résistance du plus grand nombre des espèces de bois à l'écrasement, lorsqu'ils sont secs, est de $\frac{1}{2}$ à $\frac{2}{3}$ de la résistance extrême à l'allongement. Dans le cas de bois humides, la résistance à la com-

pression est moitié de ce qu'elle est pour les mêmes bois supposés secs.

Ces divers modes de destruction par compression s'appliquent seulement aux cas dans lesquels les pièces considérées ne présentent pas une longueur telle que la rupture puisse résulter d'une flexion. Ces cas comprennent :

1° Les piliers en pierre et en briques et les blocs de dimensions ordinaires ;

2° Les piliers et étrésoillons en fonte pour lesquels la longueur est inférieure à environ 5 fois le diamètre ;

3° Les piliers et étrésoillons en fer pour lesquels la longueur est inférieure à environ 10 fois le diamètre ;

4° Les piliers et étrésoillons en bois sec pour lesquels la longueur est inférieure à 20 fois le diamètre.

Le tableau suivant donne pour ces divers cas la résistance à l'écrasement en kilogrammes par millimètre carré :

Pierres naturelles et artificielles.

	Résistance à l'écrasement. en kg : mm ²
Briques rouge pâle.....	0,4 à 0,5
— rouge foncé.....	0,7
— réfractaires.....	1,2
Calcaire, marbre.....	4,0
— à texture granulaire.....	2,8 à 3,2
Craie.....	0,2
Granit.....	3,9 à 7,0
Grès résistant.....	4,0
— ordinaire.....	2,3 à 3,0
— peu solide.....	1,3
Maçonnerie de blocage, environ les $\frac{3}{4}$ de celle de la pierre taillée.	

Métaux.

	Résistance à l'écrasement.
Fer, environ.....	23,0 à 28,2
Fonte, différentes qualités.....	58,0 à 102,0
— moyenne.....	78,0
Laiton fondu.....	7,5

Bois sec écrasé dans le sens des fibres.

Acajou.....	5,8
Bouleau.....	4,5

	Résistance à l'écrasement.
Buis.....	7,3
Charme.....	5,1
Chêne d'Angleterre.....	7,0
— de Dantzig.....	5,4
Ébénier, Inde occidentale (<i>Brya ebenus</i>).....	13,4
Frêne.....	6,3
Hêtre.....	6,6
Gaïac.....	7,0
Orme.....	7,3
Pin : pin rouge.....	3,08 à 4,4
— pin rouge d'Amérique.....	3,8
— mélèze.....	3,9
Teck indien.....	8,4

RÉSISTANCE A LA FLEXION

Appelons :

M , le moment fléchissant de la section transversale considérée en cm : kg ;

I , le moment d'inertie de la section considérée par rapport à l'axe neutre (axe passant par le centre de gravité et perpendiculaire au plan de flexion) en cm : kg ;

e , la distance de l'axe neutre à la fibre la plus fatiguée en centimètres ;

$W = \frac{I}{e}$, le moment résistant de la section par rapport à l'axe neutre, en cm : kg ;

k_f , la charge pratique admissible dans la fibre la plus fatiguée.

On a :

$$M = \frac{I}{e} k_f = W k_f.$$


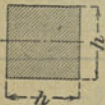
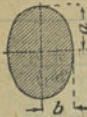


Les tables ci-après donnent les valeurs toutes solutionnées des moments d'inertie et des moments résistants, pour un certain nombre de sections usuelles.

Charges à la rupture par flexion. — Les valeurs de k_f (charge de sécurité à la flexion) pour les métaux ont été données à la table p. 76. De façon générale cette valeur devra être choisie de manière à ce qu'elle ne dépasse pas le sixième de la résistance à la rupture par flexion dans le cas des métaux et le dixième dans le cas du bois et autres substances, lorsqu'il s'agit de charges permanentes, et la moitié de ces valeurs pour une charge mobile.






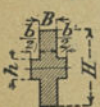
Le tableau suivant donne cette résistance de rupture :

	Résistance à la rupture par flexion en kg : mm ² .
Pierres.	
Ardoises	3,5
Grès.....	0,7 à 1,6
Bois.	
Acajou, Honduras.....	8,1
Bouleau.....	11,2 à 15,5
Châtaignier.....	5,2
Chêne.....	7,0 à 9,6
Ébénier des Indes occidentales.....	19,0
Frêne.....	8,4 à 9,9
Hêtre.....	6,3 à 8,4
Orme.....	4,2 à 6,8
Pin rouge.....	5,0 à 6,7
Sapin.....	7,0 à 8,7
Teck des Indes.....	8,4 à 13,4

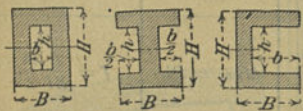
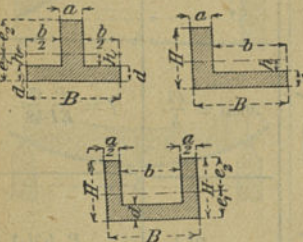
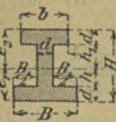

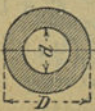
Valeur des moments d'inertie et des moments résistants
des sections usuelles (Flexion).

SECTION	MOMENT D'INERTIE	MOMENT RÉSISTANT
	$= \frac{bh^3}{12}$	$W = \frac{bh^2}{6}$
	$I = \frac{h^4}{12}$	$W = \frac{h^3}{6}$
	$I = \frac{\pi a^3 b}{4}$	$W = \frac{\pi a^2 b}{4}$
	$I = \frac{\pi}{4} (a^3 b - a_1^3 b_1)$ $I = \frac{\pi}{4} a^2 (a + 3b) d \text{ environ.}$	$W = \frac{\pi}{4} a (a + 3b) d \text{ environ.}$
	$I = \frac{bh^3}{36}$	pour $W = \frac{bh^2}{24}$ $e = \frac{2}{3} h.$

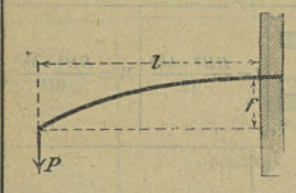
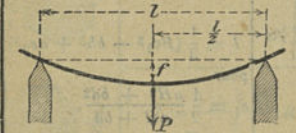
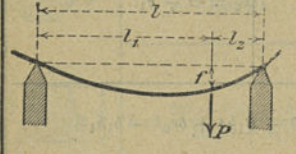
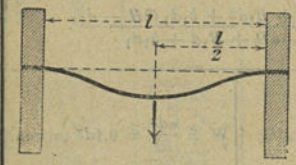
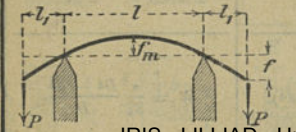
Valeur des moments d'inertie et des moments résistants
des sections usuelles.

SECTION	MOMENT D'INERTIE	MOMENT RÉSISTANT
	$I = \frac{5\sqrt{3}}{16} R^4,$ $= 0,5413R^4.$	$W = \frac{5}{8} R^3.$
		$W = 0,5413R^3.$
	$I = \frac{1 + 2\sqrt{2}}{6} R^4,$ $= 0,6381R^4.$	$W = 0,6906R^3.$
	$I = \frac{6b^2 + 6bb_1 + b_1^2}{36(2b + b_1)} h^3.$	$W = \frac{6b^2 + 6bb_1 + b_1^2}{12(3b + 2b_1)} h^2,$ pour $e = \frac{1}{3} \frac{3b + 2b_1}{2b + b_1} h.$
	$I = \frac{b(h^3 - h_1^3) + b_1(h_1^3 - h_2^3)}{12},$ $W = \frac{b(h^3 - h_1^3) + b_1(h_1^3 - h_2^3)}{6h}.$	
	$I = \frac{BH^3 + bh^3}{12},$ $W = \frac{BH^3 + bh^3}{6H}.$	

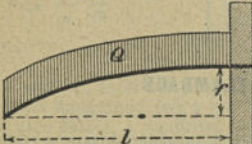

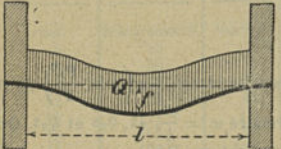
Valeur des moments d'inertie et des moments résistants
des sections usuelles.

SECTION	MOMENT D'INERTIE	MOMENT RÉSISTANT
		$I = \frac{BH^3 - bh^3}{12} \quad W = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$
		$I = \frac{1}{3} (Be_1^3 - bh^3 + ae_2^3)$ <p>pour</p> $e_1 = \frac{1}{2} \frac{aH^2 + bd^2}{aH + bd}$ $e_2 = H - e_1$
	$I = \frac{1}{3} (Be_1^3 - B_1h^3 + be_2^3 - b_1h_1^3)$ <p>pour</p> $e_1 = \frac{1}{2} \frac{aH^2 + B_1d^2 + b_1d_1(2H - d_1)}{aH + B_1d + b_1d_1}$	
	$I = \frac{\pi d^4}{64}$	$W = \frac{\pi d^3}{32} = 0,1d^3 \text{ environ.}$
	$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$	$W = \frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D}$

Moments fléchissants des pièces à section continue.

NATURE DE LA CHARGE	MOMENT fléchissant	FLÈCHE maximum
	$M_{\max} = Pl.$	$f = \frac{P}{EI} \frac{l^3}{3}$
	$M_{\max} = \frac{Pl}{4}$	$f = \frac{P}{EI} \frac{l^3}{48}$
	$M_{\max} = \frac{Pl_1 l_2}{l}$	$f = \frac{P}{EI} \frac{l_1^2 l_2^2}{3l}$
	$M_{\max} = \frac{Pl}{8}$	$f = \frac{P}{EI} \frac{l^3}{192}$
	$M = Pl_1 = C^{\circ}$	$f_m = \frac{P}{EI} \frac{l^3}{8} \frac{l_1}{l}$ <p style="text-align: center;">au milieu ;</p> $f = \frac{P}{EI} \left(\frac{l_1}{3} + \frac{l_1 2l}{2} \right)$ <p style="text-align: center;">aux appuis.</p>

Moments fléchissants des pièces à section continue.

NATURE DE LA CHARGE	MOMENT fléchissant	FLÈCHE maximum
	$M_{\max} = \frac{Ql}{2}$	$f = \frac{Q}{EI} \frac{l^3}{8}$
	$M_{\max} = \frac{Ql}{8}$	$f = \frac{Q}{EI} \frac{5l^3}{384}$
	$M_{\max} = \frac{1}{12} Ql$ <p style="text-align: center;">aux encastremens ;</p> $M = \frac{1}{24} Ql$ <p style="text-align: center;">au milieu.</p>	$f = \frac{Q}{EI} \frac{l^3}{384}$

Moments fléchissants dans les pièces à section continue. —

Appelons :

 M , le moment fléchissant en $\text{cm} : \text{kg}$; P , une charge isolée en kilogrammes ; Q , une charge uniformément répartie en kilogrammes ; l , la longueur libre de la pièce en centimètres ; E , le module d'élasticité de la matière en $\text{kg} : \text{cm}^2$; f et f_m , les flèches de flexion maximum prise par la pièce.

Le tableau ci-dessus donne les valeurs du moment fléchissant et de la flèche maximum pour poutres encastées et sur appuis, et pour charges isolées et uniformément réparties. Il y a lieu de considérer que les cas d'encastrement, en pratique, sont exceptionnels, une pièce même solidement enfoncée dans un mur ne rentrant pas dans la définition de « pièce encastée », c'est-à-dire telle que les variations de la tangente à la courbe, prise pour la fibre neutre, soient rendues impossibles.

RÉSISTANCE AU FLAMBAGE

Lorsque le rapport de la longueur à la largeur dépasse certaines proportions, la pièce chargée debout a tendance à flamber comme l'indiquent les croquis ci-après pour différents modes d'encastrement.

La charge de rupture est alors, d'après Euler :

$$P_r = w \frac{EI}{l^2},$$

dans laquelle

w est un coefficient variable suivant le mode d'encastrement ;

I , le plus petit moment d'inertie polaire de la section dangereuse en centimètres carrés ;

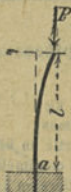
E , le module d'élasticité en $\text{kg} : \text{cm}^2$;

l , la longueur de la pièce en centimètres.

Si l'on désigne par σ le facteur de sécurité admissible ($\sigma = \frac{P_r}{P}$) pour les différents cas ci-après, on peut prendre $w = \frac{\pi^2}{4}$, π^2 , $2\pi^2$ et $4\pi^2$. On obtient aussi pour valeur de la charge pratique P :

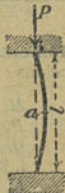
1. — Une extrémité libre et désaxée, l'autre encastée.

$$P = \frac{\pi^2}{4\sigma} \frac{EI}{l^2}$$



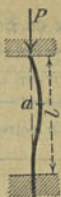
2. — Les deux extrémités libres et sur la même verticale.

$$P = \frac{\pi^2}{\sigma} \frac{EI}{l^2}$$



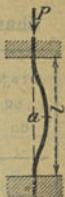
3. — Une extrémité encastrée, l'autre libre sur la même verticale.

$$P = \frac{2\pi^2}{\sigma} \frac{EI}{l^2}$$



4. — Les deux extrémités encastrées sur la même verticale.

$$P = \frac{4\pi^2}{\sigma} \frac{EI}{l^2}$$



La section, ainsi calculée pour le flambage, n'est nécessaire qu'à l'endroit dangereux (en a sur les croquis). Ailleurs la section peut être plus faible, à condition de satisfaire à la charge pratique à la compression calculée comme à l'ordinaire.

Charges de sécurité des colonnes pleines en fonte.

DIAMÈTRES	POIDS par mètre	CHARGES SUIVANT LES HAUTEURS				
		3 mètres	4 mètres	5 mètres	6 mètres	8 mètres
cm	kilogrammes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
5	15	2	1,16	0,76	"	"
8	36	11	7	4,5	3	1,9
10	56	23	15	11	7,65	4,5
12	82	42	30	20	14	9
14	111	69	50	36	27	16
16	145	96	78	60	47	25
18	183	135	107	82	65	40
20	226	175	149	120	93	60
22	275	232	191	159	130	86
24	330	290	243	205	172	122

La charge que peut porter une *colonne creuse* de diamètres D extérieur et d intérieur est égale à la différence entre la charge de deux colonnes pleines de diamètres D et d .

Charges de sécurité des poteaux en bois, ronds ou carrés.

DIAMÈTRE ou côté du carré	CHARGES SUIVANT LES HAUTEURS				
	3 mètres	4 mètres	5 mètres	6 mètres	8 mètres
cm.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
10	1.650	1.000	»	»	»
11	2.200	1.450	»	»	»
12	2.800	1.950	1.250	»	»
13	3.500	2.600	2.000	»	»
14	4.400	3.300	2.400	»	»
15	5.400	4.000	3.100	2.300	»
16	6.500	5.000	3.800	2.900	»
17	7.700	5.950	4.600	3.600	»
18	8.900	7.000	5.500	4.300	»
19	10.300	8.200	6.400	5.100	»
20	11.800	9.500	7.600	6.200	»
21	13.400	11.000	9.000	7.200	5.000
22	15.100	12.500	10.300	8.400	5.700
23	16.800	14.100	11.600	9.600	6.700
24	18.500	15.800	13.100	10.900	7.700
25	»	17.800	14.900	12.400	8.800
30	»	»	»	»	16.000

RÉSISTANCE A LA TORSION

Appelons :

M , le moment de la force produisant la torsion en $\text{cm} \cdot \text{kg}$;

$G = \frac{1}{\beta} = \frac{5}{13} E = 0,385E$, le module de torsion en $\text{kg} \cdot \text{cm}^2$;




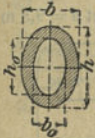



k_t , la charge pratique pour la résistance à la torsion en $\text{kg} \cdot \text{cm}^2$ (voir p. 76) ;

δ , l'angle de torsion mesuré à une distance de 1 centimètre de l'encastrement, et sur un rayon de 1 centimètre.

On a pour valeur de M et δ suivant les sections, les expressions portées au tableau ci-après.

Appelant l la longueur à partir de l'encastrement, l'angle de torsion ϕ au bout de cette longueur sera :

Valeur des moments et angles de torsion
de quelques sections usuelles.

SECTION	MOMENT DE TORSION	ANGLE DE TORSION
	$M = \frac{\pi}{16} d^3 k_t = 0,2 d^3 k_t$ environ.	$\delta = \frac{32}{\pi d^4} \frac{M}{G}$
	$M = \frac{\pi}{16} \frac{D^4 - d^4}{D} k_t$	$\delta = \frac{32}{\pi (D^4 - d^4)} \frac{M}{G}$
	$M = \frac{\pi}{16} b^2 h k_t$ ($h > b$).	$\delta = \frac{16}{\pi} \frac{b^2 + h^2}{b^3 h^3} \frac{M}{G}$
	$M = \frac{\pi}{16} \frac{b^3 h - b_0^3 h_0}{b} k_t$ ($h_0 : h = b_0 : b ; h > b$).	
	$M = \frac{2}{9} b^2 h k_t$ ($h > b$).	$\delta = 3,6 \frac{b^2 + h^2}{b^3 h^3} \frac{M}{G}$
	$M = \frac{2}{9} h^3 k_t$	$\delta = 7,2 \frac{1}{h^4} \frac{M}{G}$
	$M = \frac{2}{9} (h^3 + 2b_0^2 h) k_t$	

RÉSISTANCE DES RESSORTS

Appelons :

- P , la charge pratique que peut supporter le ressort en kilogrammes ;
 f , la flèche correspondant à la charge P pour une tension pratique du métal k_f pour les ressorts de flexion et k_t pour les ressorts de torsion ;
 l , la longueur du ressort en centimètres ;
 E , le module d'élasticité de la matière employée.

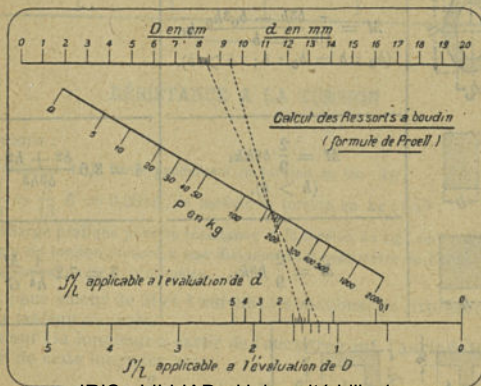
Le travail en cm : kg. accompli par un ressort se détendant d'une flèche f est :

$$T = \frac{P \cdot f}{2}$$

On a pour valeurs de P et f dans les différents types de ressorts les expressions indiquées aux tableaux ci-après.

Calcul des ressorts à boudin. — Nous donnons ci-dessous l'abaque de Proell (1). P est la charge sur le ressort en kg. ; d le diamètre du fil ; D le diamètre moyen du ressort ; f la flexion définie plus haut ; $l_0 = 1,1l$ le produit, en tenant compte d'un jeu de $\frac{1}{10}$, du nombre de spires par l'épaisseur du fil.

EXEMPLE. — Calculer un ressort devant satisfaire à $P = 160$ kg. = 205 mm., $l_0 = 188$ mm. — On a $l = \frac{l_0}{1,1} = 171$ mm. et $\frac{f}{l} = 1,2$. Joignant le point 1,2 au point 160, on trouve $D = 8,4$ cm. et $d = 9,5$ mm.



IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

(1) Voir article dans *Revue mécanique* d'octobre 1906.


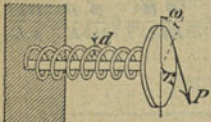

a) Ressorts de flexion.

1. — RESSORTS DROITS.

TYPE DE RESSORT	CHARGE du ressort	FLÈCHE OU AFFAISSEMENT
Lame plate.	$P = \frac{bh^2 kf}{6 l}$	$f = \frac{P l^3}{EI3} = 4 \frac{l^3 P}{bh^3 E} = \frac{2l^3 kf}{3h E}$
Lame en triangle.	$P = \frac{bh^2 kf}{6 l}$	$f = \frac{P l^3}{EI2} = 6 \frac{l^3 P}{bh^3 E} = \frac{l^2 kf}{h E}$
Lame plate à profil paraboloïde.	$P = \frac{bh^2 kf}{2 l}$	$f = \frac{P l^3}{EI2} = 6 \frac{l^3 P}{bh^3 E} = \frac{l^2 kf}{h E}$

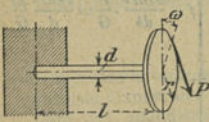
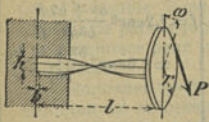
2. — RESSORTS DE FLEXION A ENROULEMENT.

l est la longueur de la lame enroulée.

TYPE DE RESSORT	CHARGE pratique	FLÈCHE
<p>Hélice avec section rectangulaire.</p> 	$P = \frac{bh^2}{6} \frac{k_f}{r}$	$f = r\omega = \frac{P}{EI} lr^2 = 12 \frac{Plr^2}{Ebh^3} = 2 \frac{rl}{h} \frac{k_f}{E}$
<p>Hélice avec section circulaire.</p> 	$P = \frac{\pi d^3}{32} \frac{k_f}{r}$	$f = r\omega = \frac{P}{EI} lr^2 = \frac{64}{\pi} \frac{Plr^2}{Ed^4} = 2 \frac{rl}{d} \frac{k_f}{E}$
<p>Ressort en spirale avec section rectangulaire de la lame.</p> 	$P = \frac{bh^2}{6} \frac{k_f}{r}$	$f = r\omega = \frac{P}{EI} lr^2 = 12 \frac{Plr^2}{Ebh^3} = 2 \frac{rl}{h} \frac{k_f}{E}$


b) Ressorts de torsion.

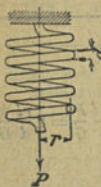


1. — RESSORTS DROITS.

TYPE DE RESSORT	CHARGE pratique	FLÈCHE
<p>Torsion d'une barre de section circulaire.</p> 	$P = \frac{\pi}{16} \frac{d^3}{r} k_t.$	$f = r\omega = \frac{32r^2l}{\pi d^4} \frac{P}{G} = 2 \frac{rl}{d} \frac{k_t}{G}.$
<p>Torsion d'une lame de section rectangulaire.</p> 	$P = \frac{2}{9} \frac{b^2h}{r} k_t.$	$f = r\omega = 3,6r^2l \frac{b^2 + h^2}{b^3h^3} \frac{P}{G}$ $= 0,8rl \frac{b^2 + h^2}{bh^2} \frac{k_t}{G}.$

2. — RESSORTS EN HÉLICE.

n est le nombre de spires, r le rayon moyen du ressort.

TYPE DE RESSORT	CHARGE pratique	FLÈCHE
<p>Ressort conique (section rectangulaire)</p> 	$P = \frac{2}{9} \frac{b^2h}{r} k_t.$	$f = 1,8r^2l \frac{b^2 + h^2}{b^3h^3} \frac{P}{G}$ $= 0,4rl \frac{b^2 + h^2}{bh^2} \frac{k_t}{G}$ $= 1,8\pi nr^3 \frac{b^2 + h^2}{b^3h^3} \frac{P}{G}$ $= 0,4\pi nr^2 \frac{b^2 + h^2}{bh^2} \frac{k_t}{G}.$

TYPE DE RESSORT	CHARGE pratique	FLÈCHE
 <p>Ressort à boudin cylindrique (section circulaire)</p>	$P = \frac{\pi d^3}{16 r} k_t.$	$f = \frac{64nr^3}{d^4} \cdot \frac{P}{G} = \frac{4\pi nr^2}{d} \frac{k_t}{G}.$
 <p>Ressort à boudin cylindrique (section rectangulaire)</p>	$P = \frac{2 b^2 h}{9 r} k_t.$	$f = 7,2\pi nr^3 \frac{b^2 + h^2}{b^3 h^3} \frac{P}{G}$ $= 1,6\pi nr^2 \frac{b^2 + h^2}{b h^2} \frac{k_t}{G}.$
 <p>Ressort conique (section circulaire)</p>	$P = \frac{\pi d^3}{16 r} k_t.$	$f = \frac{16r^2 l P}{\pi d^4 G} = \frac{r l k_d}{d G}$ $= 16n \frac{r^3}{d^4} \frac{P}{G} = \pi n \frac{r^2 k_t}{d G}.$

RÉSISTANCE DES ENVELOPPES CYLINDRIQUES ET SPHÉRIQUES

Cylindres creux minces. Chaudières. Tuyaux. — Considérons un cylindre mince de rayon r et d'épaisseur e , soumis à l'action intérieure d'un fluide qui exerce une pression uniforme d'intensité p . Un anneau de ce cylindre ayant pour longueur l'unité sera soumis à une tension dont la grandeur T , pour une section longitudinale, est :

$$T = 2pr$$

et dont l'intensité est de :

$$\frac{pr}{e},$$

en supposant la tension uniformément répartie sur cette section longitudinale diamétrale.

Dans les chaudières à vapeur, on ne fait travailler les tôles qu'au $\frac{1}{8}$ de la résistance extrême. Les joints des tôles sont à une seule ligne de rivets ; mais, par suite du croisement des joints, on admet que la ténacité de ces chaudières se rapproche beaucoup de celle d'un joint à double ligne de rivets. Fairbairn évalue la résistance extrême de pareils joints à 24 kilogrammes par millimètre carré, d'où 3 kilogrammes pour la tension à laquelle on peut faire travailler les chaudières.

L'ordonnance royale du 22 mai 1843 prescrit de déterminer l'épaisseur minimum en millimètres à donner aux chaudières, dans le cas où la pression intérieure est dominante, par la formule :

$$e = 0,0018nd + 0,003,$$

n représentant le nombre d'atmosphères de la pression effective.

Pour les tuyaux d'eau en fonte, on fait travailler le métal au sixième de la résistance à la rupture, laquelle est, en moyenne, pour la fonte, de 11^{ks},6 par millimètre carré, d'où une tension de 1,9.

Pour les tuyaux de vapeur comme pour les chaudières à vapeur, le coefficient de sécurité devrait être de 8.

Enveloppes sphériques minces. — On trouve facilement, en supposant la tension uniforme, que l'intensité de la tension sur une section diamétrale est égale à :

$$\frac{pr}{2e},$$

p et e désignant, comme ci-dessus, la pression intérieure et l'épaisseur respectivement.

Enveloppes cylindriques épaisses. — Considérons un cylindre ayant pour rayon extérieur R et pour rayon intérieur r , et soumis à l'action d'une pression intérieure d'intensité p_0 et d'une pression extérieure d'intensité p_1 (la pression intérieure est supposée dominante), les actions moléculaires en chaque point de l'enveloppe résultent de deux actions moléculaires principales, l'une qui est une pression dirigée suivant le rayon et qui a pour intensité :

$$\frac{a}{r'^2} - \frac{p_0 r^2 - p_1 R^2}{R^2 - r^2};$$

l'autre qui est une tension qui agit tangentiellement à la section droite du cylindre, et qui a pour intensité :

$$\frac{a}{r'^2} + \frac{p_0 r^2 - p_1 R^2}{R^2 - r^2}.$$















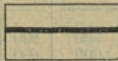
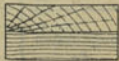






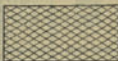

Dans ces formules, r' représente le rayon du point de la section considéré, et a a pour valeur :

$$\frac{(p_0 - p_1)R^2 r^2}{R^2 - r^2}.$$

CHAPITRE IV

MATIÈRES PREMIÈRES, DIMENSIONS DU COMMERCE

Aspect conventionnel des matières premières sur les dessins.

Fonte	Aluminium	Cuivre	Laiton
			
Acier	Acier coulé	Bronze	Plomb, Etain, Zinc
			
Futre	Ebonite	Fibre	Caoutchouc
			
Verre	Porcelaine	Isolants minces	Bois
			
Os, Ivoire	Soufre, Plâtre	Papier, Carton	Amiante
			
Cuir	Mica	Bobinage	Assemblage
			

NOTA. Les traits à 30° permettent l'assemblage de 4 pièces sans confusion de lignes comme l'indique la dernière coupe du tableau

CHARGES PRATIQUES A ADOPTER

La table ci-après donne les valeurs des charges pratiques :

k_a pour résistance à la traction (extension);

k_c — à la compression;

k_f — à la flexion;

k_e — à l'écrasement;

k_t — à la torsion;

en kg : cm² à adopter dans les calculs. Dans chaque cas, on a donné trois valeurs pratiques I, II, III.

Les valeurs en I s'appliquent aux cas de charges constantes.

Les valeurs en II s'appliquent aux cas de charges irrégulières, mais de même sens.

Les valeurs en III s'appliquent aux cas de charges alternatives.

Charges de sécurité en kg : cm².

NATURE de l'effort		FER soudé	ACIER DOUX		ACIER FORGÉ		ACIER COULÉ		FONTE
			de	à	de	à	de	à	
Traction k_a	I.	900	900	1.200	1.200	1.500	600	900	300
	II.	600	600	800	800	1.000	400	600	200
	III.	300	300	400	400	500	200	300	100
Compression k_c	I.	900	900	1.200	1.200	1.500	900	1.200	900
	II.	600	600	800	800	1.000	600	900	600
	III.	300	300	400	400	500	250	350	100
Flexion k_f	I.	900	900	1.200	1.200	1.500	750	1.050	»
	II.	600	600	800	800	1.000	500	700	»
	III.	300	300	400	400	500	250	350	»
Écrasement k_e	I.	720	720	960	960	1.200	480	840	300
	II.	480	480	640	640	800	320	560	200
	III.	240	240	320	320	400	160	280	400
Torsion k_t	I.	360	600	840	900	1.200	480	840	»
	II.	240	400	560	600	800	320	560	»
	III.	120	200	280	300	400	160	280	»

ESSAIS MÉCANIQUES

Module d'élasticité.— Si un corps est soumis à un effort de traction P , inférieur à la limite élastique E , il s'allonge d'une certaine quantité a proportionnelle à la charge et à l'élasticité du métal.

On a :

$$a = \frac{P}{\epsilon}, \text{ par unité de longueur et de section.}$$

La quantité ϵ s'appelle le module d'élasticité.

De sorte que si un corps de longueur L en millimètres et de section S en millimètres carrés, est soumis à une traction de P kilogrammes, il prendra un allongement

$$a = \frac{PL}{\epsilon S} \text{ millimètres,}$$

si ϵ le module est exprimé en kilogrammes par millimètre carré.

Essai de traction.— C'est le plus scientifique des essais mécaniques, car il met en évidence une véritable propriété de la matière : la *limite élastique*, c'est-à-dire la charge maximum à laquelle on peut soumettre un corps sans que la déformation soit permanente.

L'allure générale d'un essai de traction est la suivante : de O en A c'est sensiblement une droite, c'est-à-dire que les allongements sont proportionnels à la charge et par suite l'élasticité parfaite.

A partir du point A , il y a une inflexion, plus ou moins nette : le métal du barreau s'écroute, change de texture ; à partir de B , se forme le fuseau d'étirement : la striction commence. La section diminuant, la charge baisse jusqu'à la rupture qui a lieu en C .

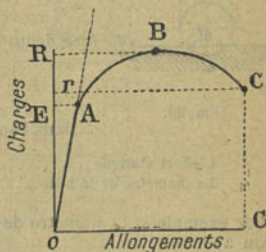


FIG. 38.

La charge correspondant au point A est la *limite élastique* E ;

La charge correspondant au point B est la *charge de rupture* R ;

L'allongement total OC , rapporté à la longueur du barreau, est l'*allongement* $A 0/0$.

Pratiquement le point intéressant est la *limite élastique*, en deçà de laquelle il importe de toujours se tenir dans la pratique des métaux; la notion de limite élastique est encore insuffisante pour donner une idée de la fragilité du métal: il faut y joindre celle de l'allongement. Il est évident que de deux métaux ayant même limite élastique, c'est celui qui présentera le plus grand allongement qui se rompra le moins vite.

La *limite élastique* est malheureusement assez difficile à saisir pendant l'essai, et bien souvent dans la pratique on part de la charge de rupture R en faisant intervenir un coefficient de sécurité de 6 à 10 suivant le cas.

Ceci même n'assure pas entière sécurité, puisqu'il a fallu envisager des essais au choc, directs, pour évaluer la fragilité d'un métal.

Essais de dureté (à la bille). — La méthode de Brinell est précieuse par sa commodité d'application; elle peut *pratiquement* remplacer l'essai de traction par suite de la proportionnalité reconnue entre la dureté et la charge de rupture.

PRINCIPE. — Une bille de diamètre D en millimètres est appliquée sur le métal avec une charge P en kilogrammes; elle détermine une empreinte (calotte sphérique) de surface S en millimètres carrés.

Le *chiffre de dureté* est défini par la relation

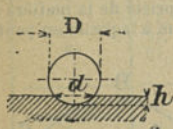


FIG. 39.

$$H = \frac{P}{S},$$

$$S \text{ calotte sphérique} = \pi Dh;$$

h se déduit de d :

$$h = \frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4}}.$$

Dans l'appareil de Guillery, le plus employé

L'effort statique..... $P = 3.000$ kilogrammes

Le diamètre de la bille..... $D = 10$ millimètres

Par exemple si le diamètre de l'empreinte est $5^{\text{mm}},2$.

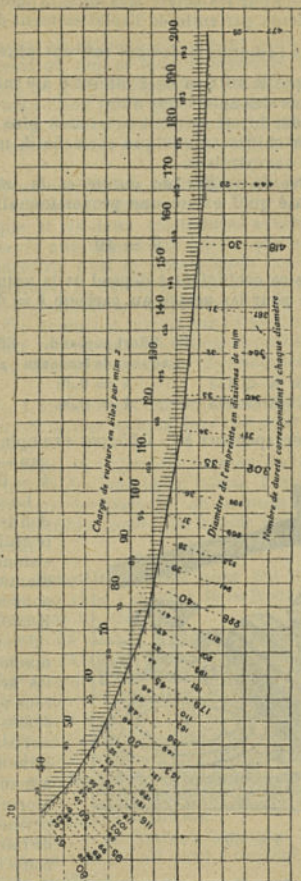
On a :

$$S = \pi \frac{D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2}) = 22,8 \text{ millimètres},$$

et le chiffre de dureté

$$H = \frac{P}{S} = \frac{3.000}{22,8} = 132 \text{ kilogrammes par millimètre carré.}$$

Graphique de la résistance mécanique en fonction du diamètre de l'empreinte dans l'essai à la bille.



REMARQUE. — Pour les aciers très durs, la déformation élastique de la bille intervient ; par suite de l'aplatissement de la bille le rayon R pénétrant dans l'empreinte devient souvent plus grand que $\frac{D}{2}$; on a pu constater que R au lieu de 5 atteint 8 à 9 millimètres lorsque la bille rentre dans des aciers très durs.

Le nombre de dureté devient ainsi non plus une constante physique, mais un chiffre en quelque sorte fictif, mais qui suffit néanmoins pour la comparaison.

Relation entre le chiffre de dureté et la charge de rupture R . — On a constaté qu'il existe une proportionnalité entre H et R ; on peut écrire :

$$R = kH.$$

La valeur de ce coefficient k dépend de la nature du métal.

Par exemple pour les aciers au carbone $k = 0,35$, ou plus exactement :

	Effort perpend. au sens de laminage	Effort parrall. au laminage
Si $H < 175$	$k = 0,36$	0,35
$H > 175$	$k = 0,34$	0,33

Pour les aciers spéciaux $k > 0,35$; par exemple pour les aciers manganosiliceux, on trouve $k = 0,39$.

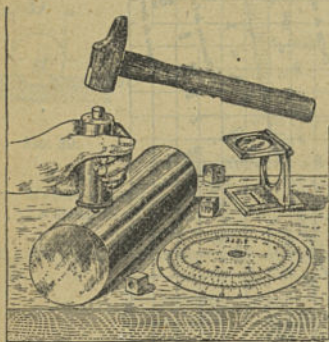


Fig. 40.

Le graphique (page 113) donne les relations entre le chiffre de dureté, la résistance à la traction et le diamètre de l'empreinte pour une valeur moyenne $K = 0,35$.

Il existe de nombreuses machines pour « biller » les aciers ; nous signalerons pour les ateliers modestes et aussi pour le cas de l'essai des pièces volumineuses peu commodes à transporter, la trousse Morin, très pratique, qui permet (par comparaison) de faire l'essai par simple coup de marteau.

On introduit dans l'appareil un cube étalon dont l'une des faces est

en contact avec la bille de 10 millimètres et la face opposée avec le percuteur.

On tient alors l'appareil en main comme un poinçon, la bille étant appliquée à l'endroit où doit se faire l'empreinte. On a eu soin de donner à cet endroit un coup de lime qui en facilitera la lecture.

Un coup de marteau d'une force quelconque, mais bien franc, est donné sur la tête du percuteur (*fig. 40*), de sorte que la bille fait son empreinte en même temps dans la pièce à essayer et dans la face du cube étalon.

On mesure ces deux empreintes au moyen du microscope, qui permet d'apprécier le 1/20 de millimètre.

Il est évident que si les deux empreintes avaient le même diamètre, la pièce essayée aurait la même dureté que le cube étalon.

Dans le cas contraire, c'est la comparaison des deux empreintes qui permet de déterminer la dureté du métal essayé.

On amène sur les graduations respectives de la règle circulaire, la division du chiffre de dureté inscrit sur l'étalon en regard du diamètre de l'empreinte relevée sur cet étalon et on lit, en face du diamètre de l'empreinte de la pièce essayée, la résistance en kilogrammes de cette pièce.

OBSERVATIONS. — L'appareil est employé aussi bien pour les essais de dureté des aciers et autres métaux durs que pour ceux des laitons, bronzes et aluminiums.

Pour les métaux durs, on utilise des étalons d'acier. Pour les métaux tendres, on utilise des étalons en laiton. Lorsque le chiffre de dureté tombe en dehors de l'échelle, on le multiplie par 2 et il ne reste qu'à diviser le nombre trouvé par 2 pour avoir la résistance en kilogrammes cherchée.

Essais au choc (fragilité). — Ont pour but de déterminer une qualité « Résistance au choc » inverse de la fragilité, qu'on ne peut pas déduire de l'essai de traction.

Il est bien certain qu'un métal à grand allongement résistera mieux au choc qu'un métal à faible allongement, mais cette considération est insuffisante. Les ruptures accidentelles de pièces ont presque toujours lieu à la suite de chocs et non pas d'efforts statiques lents, comme dans le cas de la machine d'essai à la traction.

Un corps dit « fragile » casse à la suite d'une très faible dépense de travail; par suite, la mesure de la fragilité peut s'exprimer par le *travail de rupture spécifique* nécessaire pour provoquer la rupture d'une éprouvette.

C'est ce travail qu'on nomme *résilience*.

Définition de l'épreuve. — Le barreau normal a 30×30 de section et 160 de longueur; sa section est donc 9 centimètres carrés; et la section de rupture $s = 4^{m=2,5}$.

MÉCANIQUE

Soit un mouton tombant sur l'entaille avec une force vive de F kilogrammètres, et possédant après rupture une force vive f kilogrammètres.

Le travail de rupture est $F - f$.

Le travail de rupture spécifique est $\frac{F - f}{s}$.

C'est là la **résilience**.

Appareils d'essai. — Il y a le mouton ordinaire de Frémont (chute d'un poids), le mouton de Guillery (force vive d'un volant) et le mouton de Charpy (force vive dans la chute d'un pendule).

Ce dernier est le plus employé pour sa commodité d'expérience.

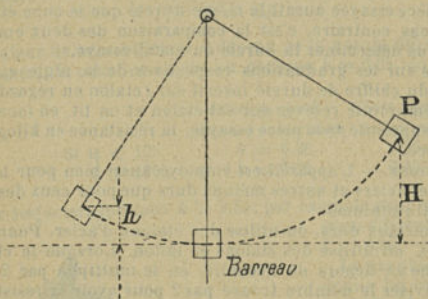


FIG. 41.

Un poids P , soulevé à une hauteur H , détermine en tombant la rupture du barreau, puis s'élève à une hauteur h qui mesure l'énergie résiduelle.

Le travail absorbé par le choc de rupture est donc proportionnel (au frottement près) à $H - h$, dont la mesure est aisée.

Il y a deux modèles de pendules Charpy, le grand modèle qui a une puissance de 200 kilogrammètres et convient pour le barreau normal, et le petit modèle, puissance 30 kilogrammètres, pour le barreau réduit.

EXÉCUTION DES ESSAIS MÉCANIQUES (1)

Essais de traction. — 1^o *Machines d'essai.* — Les organes servant à la production de l'effort, comme ceux qui servent à le mesurer et qui doivent être distincts, doivent donner un fonctionnement continu; la vitesse de l'action doit être uniforme et ne pas être supérieure à 2 centimètres par minute.

Les machines, comme les appareils d'attache, doivent présenter des dispositifs permettant au barreau de s'orienter librement dans la direction de la traction, sans qu'il puisse se produire d'effort de flexion transversal.

Les éprouvettes doivent être bien centrées dans les mordaches.

La précision des graduations doit permettre les lectures à moins de 0,5 0/0 de la charge maximum.

Les machines d'essai doivent être fréquemment vérifiées au point de vue de la sensibilité et de l'exactitude, par les procédés spéciaux qui conviennent à chaque type de mécanisme. On pourra toujours effectuer rapidement une vérification d'ensemble ou tarage au moyen de barreaux de traction spécialement préparés, dont on déterminé la résistance à la rupture, celle-ci étant supposée connue d'après des essais préalables soit sur une machine-type qui doit, de préférence, être vérifiée elle-même par suspension directe de poids marqués, soit par rupture directe de barreaux par suspension de poids marqués.

2^o *Éprouvettes d'essai.* — Sur les éprouvettes soumises à la traction, on marque des repères destinés à la mesure de l'allongement et situés à une distance des naissances des attaches ou des congés des têtes au moins égale au diamètre ou au plus grand côté de la section transversale de l'éprouvette.

Pour les éprouvettes découpées dans une masse métallique, on emploiera de préférence la forme du barreau normal, ayant comme partie utile un cylindre de 13^{mm},8 de diamètre (150 millimètres carrés de section) et 100 millimètres de longueur comprises entre repères.

On peut obtenir des résultats sensiblement comparables en employant des barreaux géométriquement semblables; en particulier si la pièce dans laquelle on prélève l'éprouvette est trop petite pour permettre le découpage du barreau normal, on emploiera le barreau réduit, géométriquement semblable, de 9^{mm},77 de diamètre (75 millimètres carrés de section) et 70 millimètres de longueur entre repères.

(1) Méthodes dites « UF » (Unifiées françaises), texte de la Commission permanente de standardisation.

Ces barreaux auront des têtes cylindriques, raccordées par des congés arrondis, s'appuyant sur les mordaches par tout le pourtour de leur circonférence ou saisies par des coins à griffes sur une longueur au moins égale au double du diamètre du barreau.

Lorsqu'on essaiera des barres rondes brutes de forgeage ou d'éti-rage, on pourra employer des barreaux sans tête en les saisissant par des coins à griffe sur une longueur égale à au moins trois fois le diamètre. La distance des repères destinés à la mesure de l'allongement sera déterminée par la formule :

$$L^2 = 66,67 S \text{ (S étant la section).}$$

Les barreaux plats, découpés dans des tôles ou des laminés et dont l'épaisseur est égale à celle du produit, auront une largeur et une longueur entre repères déterminées par le tableau suivant :

Les têtes pourront présenter un trou dans lequel on passe une broche dont la section sera au moins le double de celle de l'éprouvette, ou être saisies par des coins à griffes sur une longueur égale au double de la largeur de l'éprouvette.

3° *Prélèvement et préparation des éprouvettes.* — Dans la plupart des cas, les éprouvettes doivent être essayées dans l'état même où se trouve le métal de la pièce en examen, dont elles doivent caractériser les propriétés. Il sera nécessaire pour cela qu'elles soient découpées entièrement à froid à la machine-outil, et usinées avec des précautions telles qu'on ne produise ni écrouissage superficiel, ni échauffement appréciable du métal. En particulier, l'usinage sera toujours terminé par au moins une passe n'enlevant que 2 à 3 dixièmes de millimètre de métal. On fera ensuite disparaître les stries laissées par l'outil et la lime, soit par passage à la machine à rectifier (avec meule à eau), soit par polissage longitudinal à la lime douce et au papier d'émeri.

Dans les cas où le découpage au chalumeau du fragment destiné à fournir l'éprouvette sera autorisé, il devra rester une épaisseur de métal de 15 millimètres au moins à enlever à froid.

Lorsque l'éprouvette a pour but de caractériser un métal qui doit être ultérieurement soumis à des opérations de forgeage ou simplement de cémentation, de trempe et de recuit, il n'y a plus lieu de prendre autant de précautions pour le découpage des éprouvettes. Celles-ci peuvent même être préparées, ou au moins dégrossies, par forgeage, mais les dimensions successives à réaliser doivent être clairement indiquées dans chaque cahier des charges. Les éprouvettes peuvent ensuite recevoir un traitement thermique, déterminé dans chaque cas d'après l'emploi que l'on veut faire du métal. Ce traitement thermique, qu'il consiste en un simple recuit, ou en succession de trempes et de recuits, doit être défini de façon à pouvoir toujours

Dimensions des éprouvettes plates de traction.

ÉPAISSEUR	SECTION	ÉCARTEMENT entre repères	LONGUEUR de la partie calibrée
<i>Largeur uniforme de 30 millimètres.</i>			
5 millimètres.....	150	100	} 200
6 —	180	110	
7 —	210	120	
8 —	240	125	
9 —	270	135	
10 —	300	140	
<i>Largeur uniforme de 25 millimètres.</i>			
11 millimètres.....	275	135	} 200
12 —	300	140	
13 —	325	150	
14 —	350	155	
15 —	375	160	
16 —	400	165	
17 —	425	170	} 250
18 —	450	175	
19 —	475	180	
20 —	500	185	
<i>Largeur uniforme de 20 millimètres.</i>			
21 millimètres.....	420	170	} 250
22 —	440	175	
23 —	460	180	
24 —	480	185	
25 —	500	190	
26 —	520	195	
27 —	540	200	
28 —	560		
29 —	580		
30 —	600		

être reproduit sans incertitude, en indiquant, en fonction du temps, la succession des températures que doit prendre l'éprouvette. Les

températures doivent être exprimées numériquement, rapportées à l'échelle normale de température et mesurées au moyen de pyromètres convenablement vérifiés. Le chauffage doit être effectué dans des fours à température uniforme ou dans des bains métalliques, mais jamais dans des feux de forge.

Les durées d'échauffement et du maintien des températures indiquées doivent être fixées, en fonction des dimensions des pièces chauffées de façon à donner l'assurance que la température est bien uniforme jusqu'au cœur de la pièce.

Grandeurs mesurées dans l'essai de traction. — La limite élastique est la charge pour laquelle il commence à se produire une déformation permanente. Pratiquement, et sauf indications spéciales, la mesure se fera au 1/500^e près. On admettra donc que la clause fixant pour la limite élastique une valeur de n kilogrammes est remplie, si l'éprouvette ayant été soumise à la charge correspondant aux n kilogrammes par millimètre carré pendant 10 secondes, puis déchargée, revient à sa longueur primitive à 1/500^e près.

La résistance ou charge de rupture est la charge la plus élevée atteinte au cours de l'essai, exprimée en kilogrammes par millimètre carré de la section initiale.

L'allongement est l'augmentation de longueur rapportée à 100 millimètres, prise par l'éprouvette jusqu'à la rupture. On le mesure en rapprochant les deux parties de l'éprouvette brisée et relevant la distance des repères préalablement tracés sur l'éprouvette.

Cette mesure n'est valable que dans le cas où la cassure ne se produit pas trop près d'une tête. On devra donc éliminer du calcul des moyennes les barreaux pour lesquels la rupture se produira dans le quart extrême de la longueur utile (c'est-à-dire lorsque la distance de l'un des repères à la section de rupture est plus petite que le tiers de la distance de l'autre repère à la section de rupture).

On peut éviter d'avoir ainsi à éliminer certaines éprouvettes, en marquant à l'avance un certain nombre de divisions égales entre les repères; on pourra alors toujours déterminer l'allongement comme si la rupture se produisait au milieu de l'éprouvette, en tenant compte de ce que la déformation se produit symétriquement des deux côtés de la section de rupture.

La striction est le rapport de la diminution de la section de rupture à la valeur initiale de la section du barreau :

$$\frac{S - S'}{S}$$

S étant la section initiale du barreau, S' la section de rupture.

Essais par empreintes de bille. — L'essai par empreinte de bille — ou essai Brinell — détermine une grandeur qu'on appelle dureté

ou chiffre de dureté et qui est très sensiblement proportionnelle, pour une même catégorie de métaux, à la résistance à la traction.

La bille d'acier employée a un diamètre de 10 millimètres. L'usure et la sphéricité de la bille doivent être vérifiées fréquemment. Elle est appuyée sur la surface du métal à essayer par un levier, un piston, un ressort, etc., disposés de façon à développer graduellement l'effort d'une façon parfaitement continue et sans produire aucun à-coup. Cette condition est très importante; il importe, en outre, que l'appareil d'essai soit disposé de façon que la direction de l'effort soit bien normale à la surface de la pièce essayée.

La surface à essayer est dressée à la lime et, de préférence, polie au papier d'émeri fin en prenant bien garde de ne produire aucun écrouissage superficiel.

L'effort maximum est pris égal à 3.000 kilogrammes pour l'acier, à 500 kilogrammes pour le cuivre et ses alliages.

On mesure deux diamètres rectangulaires, de préférence au moyen d'un microscope à oculaire micrométrique ou d'un appareil équivalent et on prend la moyenne des deux mesures.

L'essai Brinell est surtout utile pour vérifier que la dureté est régulière en différents points d'une pièce ou pour les diverses pièces d'un même lot.

On peut aussi en déduire une valeur approchée de la résistance à la traction qui, pour une même catégorie de métaux, varie proportionnellement au chiffre de dureté Brinell, c'est-à-dire au rapport de la pression exercée sur la bille, à la surface de la calotte sphérique que forme l'empreinte.

Pour les aciers, essayés avec charge de 3.000 kilogrammes et bille de 10 millimètres de diamètre, la résistance à la traction est sensiblement égale au tiers du chiffre de dureté (efforts évalués en kilogrammes, surfaces évaluées en millimètres carrés). L'influence du temps pendant lequel est appliquée la charge étant très accentuée, il importe de ne comparer entre eux que des essais dans lesquels la durée d'action a été exactement la même. Quand on ne fait que des essais comparatifs aux différents points d'une même pièce ou sur différentes pièces, cette durée peut être quelconque (les Cahiers des charges de l'artillerie la fixaient à dix secondes).

Quand on fixera un chiffre de dureté sans indiquer explicitement la durée d'application de la charge, cette durée sera égale à 15 secondes.

Le tarage des appareils d'essai peut être effectué avec des barreaux de métal spécialement préparés sur lesquels on effectue successivement des empreintes avec l'appareil à essayer et avec un appareil pris comme type ou avec des poids marqués en agissant pendant le même temps dans les deux cas.

Essais de flexion par choc sur barreaux entaillés. — L'essai

de flexion par choc d'un barreau préalablement entaillé permet de mesurer le travail absorbé par la rupture, souvent appelé résilience et exprimé en kilogrammètres par centimètre carré de la section préparée pour la rupture. Cette évaluation, tout empirique, ne permet pas l'application de la loi de similitude aux barreaux de diverses dimensions.

1° *Appareils d'essai.* — On peut employer le mouton ordinaire à chute verticale libre, en vérifiant au moyen d'un choc unique que le travail nécessaire à la rupture est supérieur à une valeur donnée, ou encore en comptant le nombre de coups nécessaire pour produire la rupture.

Le plus souvent on emploie des appareils produisant sûrement la rupture en un seul coup et indiquant par divers dispositifs quelle fraction de l'énergie disponible a été absorbée par la rupture. Les graduations doivent permettre les lectures à moins de 0,5 0/0 de l'énergie disponible.

Ces appareils doivent être vérifiés fréquemment et très soigneusement.

Le tarage peut en être effectué en mesurant le travail absorbé par la flexion sous un angle donné d'un barreau non entaillé.

2° *Éprouvettes d'essai.* — La loi de similitude n'étant pas applicable aux essais de résilience, il importe d'employer un type d'éprouvette unique si on veut avoir des résultats numériques comparables.

Une Sous-Commission spéciale de la Commission des cahiers des charges a établi le type suivant pour les cahiers des charges UF.

Barreaux de $10 \times 10 \times 55$ millimètres. Entaille à fond cylindrique de 1 millimètre de rayon et 5 millimètres de profondeur. L'entaille peut être effectuée soit à la fraise, soit au foret, soit par rabotage ; mais on devra vérifier soigneusement dans tous les cas le rayon du fond de l'entaille et s'assurer

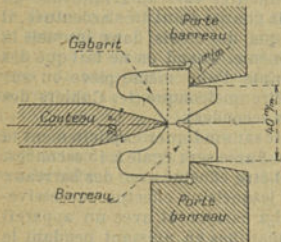


Fig. 42.

qu'il n'existe pas de stries parallèles aux génératrices de l'entaille.

Il est en outre recommandé d'ajouter aux chiffres donnant la résilience la mesure de l'angle de rupture, déterminé en rapprochant les deux moitiés de l'éprouvette de façon à faire coïncider, aussi exactement que possible, les parties de la cassure provenant de la région opposée à l'entaille.

3° *Conditions d'essai.* — Le type de l'appareil d'essai employé n'a pas besoin d'être fixé pourvu

que le principe de la mesure et l'exactitude de la graduation aient été préalablement vérifiés.

Toutefois les conditions suivantes devront être réalisées dans l'essai.

Le barreau reposera sur des appuis distants de 40 millimètres sur lesquels il devra être appliqué bien exactement avant de recevoir le choc. Les arrondis de ces appuis auront un rayon de 1 millimètre. Un dégagement conforme au croquis (Fig. 42) permettra de réduire le frottement des extrémités et d'éviter le coincement du barreau,

Le couteau fixé au mouton aura une section triangulaire, l'angle au sommet étant de 30° au maximum; l'arrondi de l'arête d'impact aura un rayon de 1 millimètre.

Il est indispensable de vérifier très fréquemment avec un gabarit spécial l'écartement des appuis et de s'assurer que le couteau fixé au mouton est exactement au milieu de cette distance.

La position du barreau sur les supports doit être aussi très soigneusement vérifiée à chaque essai avec un gabarit spécial tenant compte de la position de l'entaille.

La vitesse au choc ne doit pas être inférieure à 5 mètres par seconde.

Sauf indications spéciales, la température doit être comprise entre 15° et 20°. L'influence de la température est beaucoup plus accentuée que dans les autres modes d'essai.

Essais de pliage. — Une bande de 250 millimètres de longueur minima, 40 millimètres de largeur et 20 millimètres d'épaisseur (ou

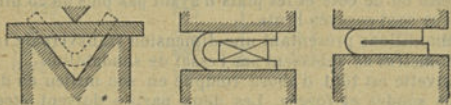


FIG. 43.

d'épaisseur égale à celle du produit essayé si celle-ci est inférieure à 20 millimètres), subit un premier pliage sur un empreint dont les faces obliques forment entre elles un angle de 60°. On applique sur le milieu de la bande un coin ou dégorgeoir arrondi suivant un rayon au plus égal à l'épaisseur de la bande et sur lequel on fait agir une presse ou un pilon jusqu'à ce que la bande s'applique sur l'empreint. On enlève ensuite l'empreint et le coin et on achève le pliage en amenant les faces soit à se toucher (pliage à bloc), soit à une distance déterminée par une cale que l'on place entre elles.

L'essai est considéré comme satisfaisant si la face extérieure ne présente aucune déchirure.

Cet essai peut être pratiqué soit à froid, soit à différentes températures. L'essai de forgeage pourra comporter deux pliages à bloc, l'un au rouge vif, l'autre au rouge sombre.

L'essai de pliage est souvent effectué sur des bandes préalablement trempées dans des conditions déterminées pour s'assurer que le métal ne durcit pas, par la trempe, d'une façon exagérée.

Essai de texture. — L'essai de texture consiste dans l'examen d'une cassure pratiquée à l'extrémité d'une barre choisie par l'agent réceptionnaire en vue de s'assurer s'il n'existe ni solution de continuité, ni inclusion de matières étrangères. La barre, entaillée par un procédé quelconque sur tout son pourtour, de manière à obtenir, dans la région centrale, une section de rupture égale à environ la moitié de la section primitive, doit être rompue brusquement en porte-à-faux soit au marteau, soit à la presse.

Pour les barres de grosses dimensions, afin d'éviter les difficultés d'exécution de l'essai, la section de rupture sera limitée à 30 centimètres carrés.

Essai de soudabilité(1). — Cet essai consiste dans le pliage à froid d'une éprouvette préalablement soudée, puis trempée.

Si le produit à essayer présente des dimensions transversales supérieures à 25 millimètres, on prépare par usinage, forgeage ou laminage, une éprouvette de $25 \times 25 \times 250$ millimètres.

Les échantillons ronds et carrés n'ayant pas plus de 25 millimètres de diamètre ou de côté et les plats n'ayant pas plus de 25 millimètres d'épaisseur sont essayés bruts.

Les échantillons présentant une dimension transversale inférieure à 15 millimètres ne subissent pas l'essai de soudabilité.

L'éprouvette est tout d'abord rompue en son milieu en deux parties, puis soudée et forgée. Les deux parties doivent être réunies bout à bout par une soudure dite par amorces et à chaude portée.

Chaque amorce, à forme convexe, inclinée à 45° , doit présenter une surface de soudure égale à deux fois environ la section droite primitive du barreau. La soudure est obtenue au moyen de deux chaudes, l'une, chaude suante, l'autre, chaude de ressuée. L'éprouvette est ensuite convenablement parée.

Après réchauffage à une température comprise entre 850 et 900° , le barreau soudé est trempé dans de l'eau à une température comprise entre 20 et 25° .

(1) Cette rédaction (évidemment provisoire) n'est que la reproduction textuelle des prescriptions inscrites dans les Cahiers des Charges des chemins de fer, les seuls documents relatifs à l'essai de soudabilité.

Le barreau trempé subit alors l'épreuve de pliage à froid définie dans le *Recueil des méthodes d'essais mécaniques usuelles*. Le pliage est effectué sur le plat de la soudure.

Après l'essai, l'écartement des branches du barreau, rendues parallèles, doit être égal à leur diamètre ou épaisseur.

TRAITEMENTS THERMIQUES

Forgeage, estampage, emboutissage. — Le réchauffage doit être lent jusqu'à 500°, il peut être rapide ensuite. La température de forgeage doit être d'autant plus basse que l'acier est plus carburé, autrement dit les aciers doux craignent moins d'être brûlés. On ne doit pas continuer à forger au-dessous du rouge cerise sombre (700°), car le métal s'écroutit, puis se fend.

Un acier « brûlé » et un acier « ecroui » se reconnaissent au fait qu'ils se désagrègent, présentent des criques et des failles. Le recuit, supprime l'écroutissage et régénère dans une certaine mesure la texture à grains fins dans un métal brûlé.

Les aciers fins dont on ne veut pas voir changer les caractéristiques doivent être chauffés *à l'abri du contact direct du charbon*.

On ne doit pas dépasser pour les aciers au carbone les températures de chauffe ci-dessous :

0/0 carbone.	Degrés C.	0/0 carbone.	Degrés C.
1,125	825	0,5	950
1,0	855	0,3	950
0,875	880	0,2	975
0,75	920		

Recuit. — Le forgeage (martelage, étirage, emboutissage) et le travail mécanique ont toujours pour effet d'écrouter les métaux, c'est-à-dire de les rendre plus difficiles à travailler et fragiles. La trempe produit le même effet.

En vue d'un usinage ultérieur, on découpe les pièces (à l'acide ou au jet de sable) et on les recuit. Le recuit se fait à température un peu plus élevée que la trempe; la durée de chauffage doit être limitée au temps minimum nécessaire pour que la pièce soit bien à la température partout.

On détermine une chute de température de 1/3 environ (en ouvrant la porte du four et sortant la pièce à l'air), suivie d'un refroidissement très lent (en refermant la porte du four et enfouissant les pièces dans de la chaux vive).

Températures de recuit des fers et aciers.

Pièces forgées laminées.		Pièces moulées.	
0/0 carbone.	Degrés C.	0/0 carbone.	Degrés C.
< 0,12	875-925	< 0,16	925
0,12-0,29	840-870	0,16-0,34	875
0,30-0,49	815-840	0,35-0,54	850
0,50-1,00	790-815	0,55-0,79	830

Température de recuit des métaux.

Laiton et bronze (jusqu'à 10 0/0 Sn).....	700°
Cuivre rouge.....	650°
Argent et or.....	650°
Nickel pur.....	500°
Aluminium.....	400°
Zinc.....	150°

Cémentation. — Se fait généralement avec aciers spéciaux au nickel. En ce cas, suivre les instructions du fournisseur d'acier.

Pour les aciers ordinaires, opérer avec de l'extra-doux (0,1 à 0,15 de carbone). Les pièces sont entourées de 3 à 4 centimètres de ciment dans des boîtes lutées à la terre à four ; on chauffe à 900°, et très uniformément.

Le meilleur ciment est de la simple poudre de charbon de bois mélangée de sable ou de chaux ; la vitesse de pénétration est de 0^{mm},1 par heure de chauffage.

Un ciment plus brutal consiste à ajouter 1/5 à 1/4 de cyanure au charbon de bois ou 1/4 de carbonate de baryte anhydre. La vitesse est alors de 0,2 à 0^{mm},3 par heure ; mais les pièces obtenues sont plus fragiles à la trempe.

Suivant les qualités à obtenir on variera la méthode :

1° Chaude à 875/900° suivie de trempe directe ; si le déboitage ne fait pas tomber la température au-dessous de 850°. l'extérieur est dur, cassant, le noyau assez gros grains ; convient pour pièces non soumises aux chocs ou efforts variables ;

2° Chaude à 875/900°, suivi de refroidissement lent en caisse ; puis rechauffage à 840/850° suivi de trempe et revenu ; l'extérieur est très dur, et le noyau a son grain fin retourné et est très ductile ; convient pour pièces soumises au choc.

Galvanisation. — La galvanisation au ciment (Shérardisation) est beaucoup plus résistante que la galvanisation au trempé. Les pièces décapées et séchées soigneusement sont traitées comme pour la cémentation au carbone, mais le ciment employé est de la poudre de zinc mélangée à 80 0/0 de sable de Fontainebleau.

On opère à 270° pour l'acier, 320° pour le fer doux, 350° pour la fonte ; on chauffe pendant dix ou douze heures au moins. L'alliage

fer-zinc qui protège la pièce est très résistant, susceptible d'un beau poli, et résiste à l'eau de mer.

Trempe. — L'acier est chauffé aux températures indiquées sur le tableau, et doit avoir au moment du trempage la température indiquée; on laisse refroidir quelques instants à la sortie du four.

860° pour l'acier extra-doux.	750°	—	demi-dur.
800° — doux.	725°	—	dur.

L'effet de trempe est d'autant plus actif que la teneur en carbone de l'acier est plus grande et la vitesse de refroidissement plus rapide.

Une installation de trempe rationnelle doit donc comprendre :

1° Un moyen de mesure de la température de la pièce au moment où elle est plongée ;

2° Une mesure de la température du liquide de trempe ;

3° Une mesure du temps en secondes pendant lequel l'objet reste plongé, temps pendant lequel il doit être agité continuellement.

Il est inutile de rechercher des formules compliquées : en réglant la température de l'eau et sa viscosité (mucilages de gomme), on obtient tous les effets voulus.

Les pièces délicates susceptibles de criquer, de se déformer, etc., doivent subir une trempe douce, par plongée dans de l'huile ou de l'eau tiède gommée de viscosité analogue.

Les trempes dures donnant une grande dureté, mais aussi une grande fragilité, doivent être corrigées par un revenu.

Le moyen de chauffage le plus commode pour les pièces à tremper seulement en un point est le bain de sel ; pour chauffer jusqu'à 1600°, on emploie 2 de chlorure de baryum pour 1 de chlorure de potassium (fusion à 670°).

Revenu. — Le revenu doit se faire de préférence au bain (plomb, huile ou sel) dont la température est facile à contrôler. Ce dernier est le meilleur système : quand la croûte qui se produit sur la pièce plongée disparaît, on est sûr que la pièce est à la température de fusion du sel. Ci-après table des colorations de l'acier poli d'après la température.

Jaune paille....	220°	Brun.....	260°	Violet	285°
foncé....	240°	Pourpre	270°	Bleu	300°

Influence du traitement thermique sur les qualités des métaux. — Le diagramme ci-après montre l'influence des traitements thermiques sur un acier mi-doux au carbone ; brut de forge et recuit, il a une résistance de 50 kilogrammes et une résilience de 10 ; la trempe avec revenu à 200° donne un métal aussi fragile mais d'une résistance d'environ 100 kilogrammes ; la trempe avec revenu à 650° donne un métal à 60 kilogrammes mais d'une résilience très élevée de 33 kilogrammètres, c'est-à-dire très peu fragile.

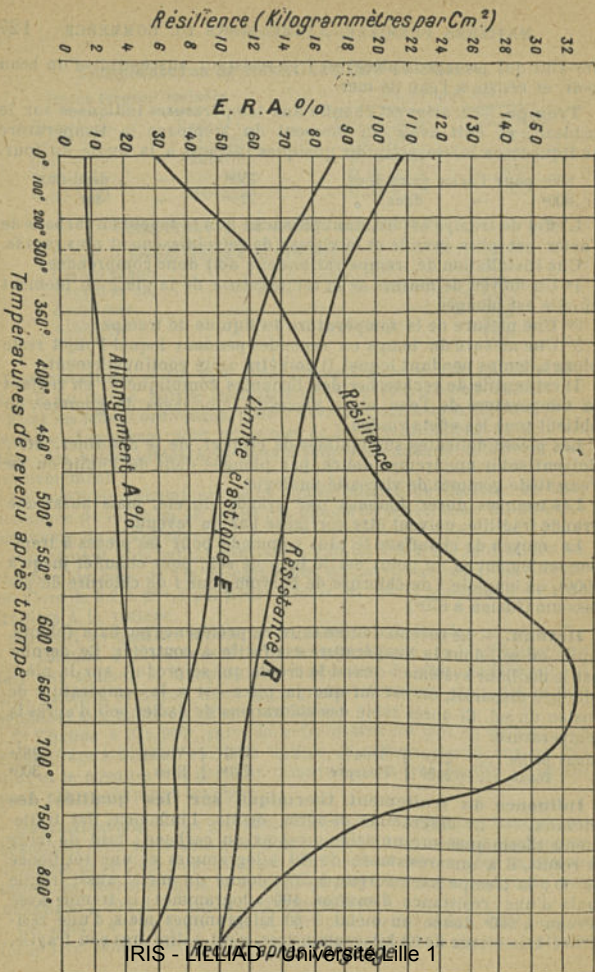


FIG. 44.

Mesure des températures. — Tout le succès des traitements thermiques repose sur une mesure *précise* des températures, les écarts des points de transformation étant assez faibles.

La mesure la plus exacte réalisée jusqu'ici dans le domaine des températures élevées l'était par l'emploi des couples thermo-électriques reliés à un galvanomètre, indicateur ou enregistreur.

Malheureusement le galvanomètre est très fragile, et sensible à la poussière; les cordons sont encombrants, la manipulation ne peut être confiée à n'importe qui, et de plus les indications varient à la longue (changement d'état de la soudure, mauvais contacts, etc.). Or l'étalonnage de ces instruments ne peut se faire que dans un laboratoire muni de tous les moyens modernes de réalisation et de contrôle des températures élevées. On se rend compte que de la sorte le pyromètre thermo-électrique n'ait pour ainsi dire pas pénétré dans la grande industrie.

La pyrométrie optique au contraire a fait de réels progrès dans le domaine technique, et un Wanner par exemple a un degré d'exactitude au moins égal à celui d'un couple, car si les lois ne sont théoriquement applicables qu'au corps noir absolu, les variations d'émission d'un corps incandescent à un autre n'influencent pas plus les indications d'un pyromètre optique que les variations de la soudure froide n'influencent un pyromètre thermo-électrique, et il reste deux énormes avantages *pratiques* à l'appareil optique : 1° sa facilité de réétalonnage, qui ne nécessite qu'un étalon lumineux, pratiquement une simple lampe à acétate d'amyle; 2° l'instantanéité des indications, et leur exactitude relative qui se maintient toujours constante, puisque aucun organe de transmission quelconque n'est en contact avec le feu et ne peut être détérioré par lui.

Le télescope Pyro (1) en particulier, que représente la figure 45 est un instrument pratique de valeur : par simple visée il fournit instantanément la température cherchée avec un haut degré de précision; il peut être mis entre les mains du premier ouvrier venu, car il ne comporte absolument aucun organe extérieur, cordons, etc., ni de mise en station.



FIG. 45.

(1) Demander notice spéciale aux Établissements Izart, à Sannois (Seine-et-Oise).

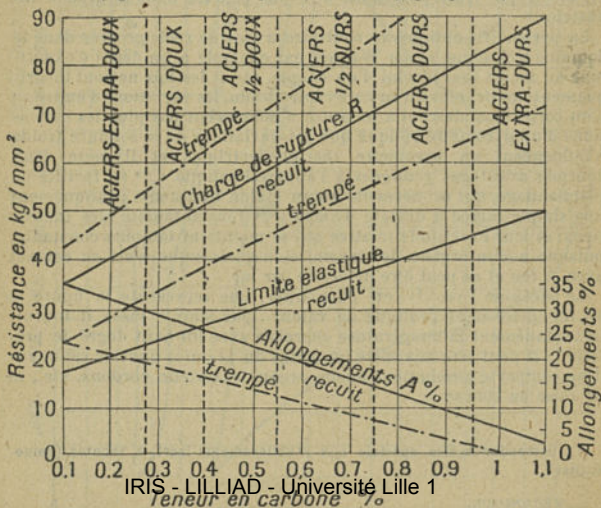
CLASSIFICATION ET EMPLOIS DES ACIERS

Influence de l'état du métal sur l'élasticité. — L'état du métal : recuit, trempé, écroui, fondu, etc., exerce une influence considérable sur la limite élastique.

On peut dire, en somme, qu'il s'agit de *frottement solide* dans les déformations de la matière; quand l'effort exercé dépasse la valeur de ce *frottement*, il y a disruption de l'équilibre et écrouissage, c'est-à-dire changement de texture, qui permet de retarder quelque peu la rupture finale.

D'après cela la *limite élastique* correspond à la force de frottement, et comme ce frottement dépend logiquement de la texture cristalline, grenue, fibreuse, etc., que provoquent les traitements thermiques, on voit l'importance énorme dans les essais mécaniques, de bien spécifier les conditions de traitement antérieur du métal essayé.

Caractéristiques des aciers au carbone ordinaire. — Le diagramme ci-dessous donne les caractéristiques des aciers ordinaires, suivant leur teneur en carbone, pour les deux états usuels : trempé et revenu (ligne un trait, un point) et recuit (ligne pleine).



Classification commerciale des aciers marchands.

Echelle de dureté	Degré de trempe	Charge de rupture par m/m. de section	Allongement p. 100 ^m d'une barre de 100 ^m de longueur	Contenu en carbone	Usages
1. Extra dur.	Trempe extra.	80 à 105	9 à 5%	0,65 à 0,80	Ressorts fins. Limes. Fraises. etc.
2. Très dur.	Trempe très bien	75 - 80	12 - 9	0,65 - 0,50	Outils. Leuchants. etc.
3. Dur.	Trempe bien.	70 - 75	15 - 12	0,50 - 0,45	Rails. Bandages spéciaux. Ressorts de voitures, wagons et locomotives. Glissières et pièces de machines soumise au frottement
4. Dur.	Trempe.	65 - 70	18 - 15	0,45 - 0,35	Objets de filatures. Marteaux. Limes de fortes dimensions. Hélices de mines. Fourches à soie. Fils durs. Jocs de charbon. Couleterie. Tralles. Gâtes. Bâches.
5. Demi-dur.	Trempe.	60 - 65	20 - 18	0,35 - 0,30	Rails et échelles grand et petit profil. Bandages et essieux pour wagons et locomotives. Pièces mécaniques soumise à des efforts de flexion et de torsion.
6. Doux.	Trempe peu.	55 - 60	22 - 20	0,30 - 0,25	Bandages de voitures et chariots.
7. Doux.	Ne trempe pas.	50 - 55	24 - 22	0,25 - 0,20	Ressorts de lits. Pièces d'armes.
8. Très doux.	Ne trempe pas	45 - 50	26 - 24	0,20 - 0,15	Côtard. cornières pour navires et ponts. Tôles de chaudrons.
9. Extra doux.	Devient nettement pas la trempe.	40 - 45	28 - 26	0,15 - 0,10	Lingotines et traverses de chemin de fer. Bâtons. Boulons. Bâilles pour le flage. Clous. Pointes. Clous. cavillons.
10. Extra extra doux.	Devient nettement pas la trempe.	35 - 40	32 - 28	0,10 - 0,05	Clous. solanques. Clous. remplissant le set de cuide.

Classification et traitement des aciers à outils au carbone.

TENEUR en carbone	DEGRÉ de dureté	EMPLOIS	TRAITEMENT
1,15 à 1,00	Extradur 1	Outils d'outillage moyen : mèches, tranches, ciseaux, limes, lames d'alésage et de cisailles. Petits outils à tourner, raboter, percer. Petites filières d'étrépage.	<i>Forgeage.</i> Du rouge cerise au rouge sombre (900°-650°). <i>Trempe.</i> Rouge cerise naissant (800°). <i>Revenu.</i> Suivant l'emploi.
0,95 à 0,85	Très dur 2	Outils de gros outillage : tarauds, alésoirs (jusqu'à 50 millimètres), fraises, forets, matrices, burins, bédanes. Barres à mines. Outils divers à travailler le bois, marbre.	<i>Forgeage.</i> Du rouge cerise au rouge sombre (900°-650°). <i>Trempe.</i> Rouge cerise naissant (800°-825°). <i>Revenu.</i> Suivant l'emploi.
0,80 à 0,70	Dur 3	Grosses lames cisailles, tarauds, fraises, forets, alésoirs de 55 à 100 millimètres de diamètre. Coussinets, filières à fileter. Tranches à chaud et à froid. Barres à mines. Outils de carriers. Emporte-pièce.	<i>Forgeage.</i> Du rouge cerise au rouge sombre (900°-650°). <i>Trempe.</i> Rouge cerise naissant à rouge cerise sombre (825°). <i>Revenu.</i> Suivant l'emploi.
0,65 à 0,55	Dur tenace 4	Fraises de grosses dimensions (100 millimètres). Crochets, marteaux, matrices à découper, à emboutir, à estamper de grosseur moyenne. Emboutisseurs. Outils de pointerie et de visserie.	<i>Forgeage.</i> Du rouge cerise clair au rouge sombre (950°-650°). <i>Trempe.</i> Rouge cerise sombre (850°). <i>Revenu.</i> Suivant l'emploi.
0,45 à 0,35	Tenace 5	Grosses matrices à découper, emboutir, estamper. Chasses, poinçons. Outillage de forge. Bouterolles pneumatiques. Outils de choes à chaud pour boulonnerie.	<i>Forgeage.</i> Du rouge cerise clair au rouge sombre (950°-650°). <i>Trempe.</i> Rouge cerise clair (875°). <i>Revenu.</i> Suivant l'emploi.

Classification des dimensions standardisées
des barres d'acier à outils.

	<p>RONDS CALIBRÉS</p> <p>A = 4 5 6 8 10 12 16</p>	<p>Emploi</p>																																																																																							
	<p>RONDS BRUTS</p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="5">A</td> <td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td></td> </tr> <tr> <td>14</td><td>16</td><td>18</td><td>20</td><td>22</td><td>24</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>27</td><td>30</td><td>33</td><td>36</td><td>39</td><td>42</td><td>45</td><td>48</td> </tr> <tr> <td>52</td><td>56</td><td>60</td><td>64</td><td>68</td><td>72</td><td>76</td><td>80</td> </tr> <tr> <td>85</td><td>90</td><td>95</td><td>100</td><td>105</td><td>...</td><td>...</td><td></td> </tr> </table>	A	6	7	8	9	10	11	12		14	16	18	20	22	24			27	30	33	36	39	42	45	48	52	56	60	64	68	72	76	80	85	90	95	100	105		<p>Outils taillés Foreuds, alésoirs, forets, fraises, etc</p>																																														
A	6		7	8	9	10	11	12																																																																																	
	14		16	18	20	22	24																																																																																		
	27		30	33	36	39	42	45	48																																																																																
	52		56	60	64	68	72	76	80																																																																																
	85	90	95	100	105																																																																																		
	<p>CARRÉS</p> <p>A = 8 10 13 16 20 25 32 ...</p>	<p>Outils forgés fours, raboteuses, étaux-limeurs</p>																																																																																							
	<p>MÉPLATS POUR OUTILS FORGÉS</p> <p>A = 8 10 13 16 20 25 32</p> <p>B = 14 18 22 28 35 44 55</p>	<p>Outils forgés fours, raboteuses, étaux-limeurs</p>																																																																																							
<p>PLATS</p>		<p>Lames à tronçonner dents rapportées lames d'alésage, etc</p>																																																																																							
<p>Largeurs</p> <table border="1"> <tr><td>16</td></tr> <tr><td>24</td></tr> <tr><td>36</td></tr> <tr><td>48</td></tr> <tr><td>64</td></tr> <tr><td>80</td></tr> <tr><td>100</td></tr> </table>	16	24	36	48	64	80	100	<p>Epaisseurs</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>3,5</td> <td>4,5</td> <td>5,5</td> <td>7</td> <td>9</td> <td>11</td> <td>14</td> <td>18</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>36</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>64</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </table>		3,5	4,5	5,5	7	9	11	14	18	22	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<p>Soit 36 sections, en tout</p>
16																																																																																									
24																																																																																									
36																																																																																									
48																																																																																									
64																																																																																									
80																																																																																									
100																																																																																									
	3,5	4,5	5,5	7	9	11	14	18	22																																																																																
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																
24	—	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																
36	—	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																
48	—	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																
64	—	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																
80	—	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																
	<p>OCTOGONAUX</p> <p>Octogonaux pour outils de marteaux pneumatiques</p>	<p>Burins, marteaux fleurets,</p>																																																																																							

Constituants des aciers spéciaux. — La présence d'une certaine quantité d'un métal étranger dans les aciers au carbone apporte une transformation notable des propriétés physiques.

On distingue usuellement les aciers spéciaux par l'appellation du métal additionné; on peut les classer de façon plus logique suivant leur réaction aux traitements thermiques

Ainsi on distingue :

1^o Catégorie des aciers perlitiques durcissant à la trempe comme les aciers carbonés (aciers à faible teneur en nickel, aciers au nickel-chrome, au silicium);

2^o Catégorie des aciers polyédriques adoucis par la trempe, qu'on peut rapprocher à cet égard du fer pur (aciers à forte teneur en nickel, ou en manganèse);

3^o Catégorie des aciers martensitiques indifférents à la trempe (aciers à moyenne teneur en nickel, aciers rapides au chrome-tungstène, etc.);

Les propriétés générales de ces trois catégories se rapprochent des caractéristiques annoncées par leur aspect micrographique : les perlitiques seront donc recuits, durs trempés; les polyédriques auront une très grande ductilité; les martensitiques une très grande fragilité.

Voici quelques notes sommaires indiquant quelle est la caractéristique marquée justifiant l'emploi de l'acier spécial suivant le but cherché.

Aciers nickel faible teneur (2 à 3 0/0 Ni). — Sont bien moins fragiles que les aciers carbonés et moins sensibles aux écarts possibles de température dans les traitements thermiques.

Pour ces deux raisons constituent l'acier de cémentation idéal.

Acier au nickel à moyenne teneur (10 à 12 0/0 Ni). — Présentent une charge de rupture très élevée (120 à 130 kilogrammes), une limite élastique presque aussi élevée, tout en conservant un allongement et une non-fragilité remarquables. On a $R = 120$ kg, $E = 100$, $A 0/0 = 10$.

Et ces qualités sont obtenues à l'état recuit, il n'est donc pas nécessaire de tremper, ce qui évite les déformations dues à la trempe. Sont très difficiles à travailler vu leur dureté, et coûtent cher,

Aciers au manganèse. — Leurs propriétés sont intermédiaires entre celle des aciers carbone (qui d'ailleurs renferment toujours un peu de manganèse) et celles des aciers au nickel.

Toutefois les qualités ne sont pas assez marquées par rapport à celles des aciers carbone pour que les applications pratiques s'en soient développées.

Exception est faite pour l'acier à moyenne teneur (12 à 13 0/0 Mn) dit acier Hadfield, qui est bien moins cher que la catégorie analogue des aciers nickel.

Il est à la limite des aciers indifférents ou adoucis par la trempe, et présente surtout un allongement extraordinaire, c'est-à-dire une non fragilité tout à fait remarquable.

Il présente $R = 95$ à 100 kg., $E = 35$ à 40 , $A 0/0 = 45$.

Convient pour les pièces d'usinage et de choc, sans besoin d'être trempé. Très difficile à travailler vu sa dureté.

Aciers au tungstène. — Rentrent dans la catégorie des aciers prenant la trempe à l'air, c'est-à-dire une grande dureté même avec une vitesse de refroidissement lente.

Ont été détrônés comme aciers à outils (aciers Mushet) par les aciers « rapides » au chrome-tungstène; les aciers carbone supportent 200° sans se détremper; les aciers tungstène 300° ; les aciers chrome-tungstène 600° sans se détremper.

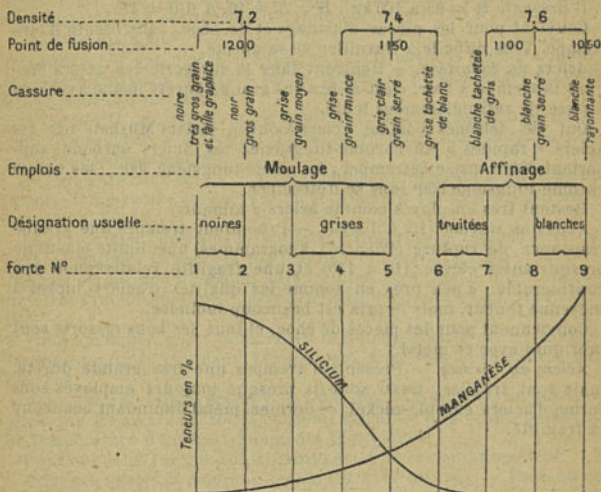
Restent très employés comme aciers à aimants.

Aciers au silicium (1,2 à 1,5 Si), — Présentent trempés une grande résistance de rupture (120 à 135 kilogrammes) une limite élastique presque aussi élevée (110 à 120) et une fragilité relativement peu considérable: à peu près en somme les qualités d'aciers nickel à moyenne teneur, mais le prix est beaucoup moindre.

Conviennent pour les pièces de choc, et tous les bons ressorts sont fabriqués avec ce métal.

Aciers au chrome. — Présentent trempés une très grande dureté, mais sont fragiles; aussi sont-ils presque toujours employés sous forme d'aciers chrome-nickel, ce dernier métal diminuant beaucoup la fragilité.

CLASSIFICATION ET EMPLOIS DES FONTES



CHARGES PRATIQUES à adopter	COMPOSITION SUIVANT L'EMPLOI				
	Pour maximum de résistance	Si	Gra- phite	Carbone combiné	Mn
Prendre 2 à 3 kilog. par millimètre carré pour bonne fonte mécanique travaillant à l'extension ou à la flexion.					
Prendre 7 à 8 kilog. par millimètre carré pour la compression continue ; 3 à 4 kilog. par millimètre carré pour la compression avec choc.					
	Au choc.....	2	2,5	0,4	0,9
	A la traction ...	1,9	2 à 2,2	0,5	0,8
	A la flexion...	1,5	1,8 à 2	0,6	0,9 à 1
	A la compression ou au frottement	0,9	1,5 à 1,8	1,1 à 1,5	1 à 1,2

Classification et constituants des alliages légers.

	COMPOSITION						DENSITÉ	CARACTÉRISTIQUES mécaniques	
	Al	Mg	Cu	Mn	Si	Éléments divers		R	A
I. Alliages d'Aluminium.									
a) <i>Alliages de forge :</i>									
Aluminium pur.....	100	—	—	—	—	—	—	7 à 12	2-3 coulé
Duralumin.....	94,25	0,6	4 à 5	0,5	0,5	—	—	11	40 laminé
Aluigronde.....	94,5	0,5	3	0,5	traces	Fe 0,4	35 à 40	15	
Alferium.....	—	0,5	4 à 5	—	traces	Ni 1,5	36	14	
Almag.....	98,0	0,5	—	—	1,5	Zn 2 à 8	35	15	
b) <i>Alliages sans Mg :</i>									
L. M.....	94,5	—	4,5	—	—	—	38 à 42	18	
Autres alliages sans Mg.....									
b) <i>Alliages de fonderie :</i>									
Alpax.....	87	—	—	—	13	—	19	5	
12 0/0 Cu.....	88	—	12	—	—	—	14	4	
8 0/0.....	92	—	8	—	—	—	12	3	
87.....	87	—	3	—	—	Zn 10	10	3	
II. Alliages de magnésium.									
Mg pur.....	—	94	—	—	—	—	22 à 28	10 forgé	
Jusqu'à.....	6	—	—	—	—	—	25 à 30	8 à 10	

CALCUL DU POIDS DES PIÈCES DE FONDERIE

Pièces coulées au modèle. — Le poids d'une pièce coulée = $p \times$ poids du modèle.

Le facteur p , dont les principales valeurs sont données ci-après, est obtenu par le rapport du poids spécifique du métal coulé et de la matière du modèle.

Si le modèle n'affecte pas la forme définitive de la pièce coulée, il faut alors, pour obtenir le poids de celle-ci, déterminer son volume en décimètres cubes que l'on multipliera par le poids spécifique du métal coulé. Procéder de même lorsque les dimensions de la pièce coulée ne sont établies que sur dessin.

Valeurs de p .

Matière du modèle	Facteur p quand la pièce est en:							
	Fonte	Laiton	Mallechort	Bronze	Zinc	Cuivre	Alumin.	10% Bronze d'aluminium
Acajou	11.7	13.2	13.7	13.5	11.2	13.7	4.4	12.7
Aune	12.8	14.3	14.9	14.7	12.2	15.0	4.6	13.2
Bouleau	10.6	11.9	12.3	12.2	10.2	12.3	4.0	11.7
Chêne	9.0	10.1	10.4	10.3	8.6	10.4	3.3	9.5
Etain	0.89	1.00	1.03	1.03	0.95	—	0.37	1.5
Fonte	0.97	1.09	1.13	1.12	0.93	—	0.36	1.6
Hêtre	9.7	10.9	11.4	11.3	9.4	11.4	3.5	10.0
Laiton	0.84	0.95	0.99	0.98	0.81	0.99	0.33	0.95
Plomb	0.64	0.72	0.74	0.74	0.61	—	0.23	0.67
Poirier	10.2	11.5	11.9	11.8	9.8	11.9	3.8	10.1
Sapin	14.0	15.8	16.7	16.3	13.5	14.5	5.3	15.3
Tilleul	13.4	15.1	15.7	15.5	12.9	16.7	4.8	13.9
Zinc	1.00	1.13	1.17	1.16	0.96	—	0.38	1.8

Poids des engrenages en fonte. — La table donnée au paragraphe *Engrenages* du chapitre vi fournit les poids approximatifs des engrenages les plus usuels.

Poids des poulies en fonte. — La table donnée au paragraphe *Poulies* du chapitre ix fournit les poids approximatifs des poulies usuelles.

POIDS ET DIMENSIONS DU COMMERCE

Poids des tôles des métaux usuels.

Fer soudé.....	1 dcm ³ = 7 ^{kg} ,800	Laiton.....	1 dcm ³ = 8 ^{kg} ,600
Acier doux....	1 » = 7 ,850	Zinc.....	1 » = 7 150
Cuivre.....	1 » = 8 ,940	Plomb.....	1 » = 11 ,370

Un mètre carré de « d » mm d'épaisseur pèse kgs :

d	FER SOUDÉ	ACIER DOUX	CUIVRE	LAITON	ZINC	PLOMB
0,25	1,950	1,963	2,235	2,150	1,788	2,843
0,5	3,900	3,925	4,470	4,300	3,575	5,685
1	7,800	7,850	8,940	8,600	7,150	11,370
1,5	11,70	11,78	13,41	12,90	10,73	17,06
2	15,60	15,70	17,88	17,20	14,30	22,74
2,5	19,50	19,63	22,35	21,50	17,88	28,43
3	23,40	23,55	26,82	25,80	21,45	34,11
3,5	27,30	27,48	31,29	30,10	25,03	39,80
4	31,20	31,40	35,76	34,40	28,60	45,48
4,5	35,10	35,33	40,23	38,70	32,18	51,17
5	39,00	39,25	44,70	43,00	35,75	56,85
5,5	42,90	43,18	49,17	47,30	39,33	62,54
6	46,80	47,10	53,64	51,60	42,90	68,22
6,5	50,70	51,03	58,11	55,90	46,48	73,91
7	54,60	54,95	62,58	60,20	50,05	79,59
7,5	58,50	58,88	67,05	64,50	53,63	85,28
8	62,40	62,80	71,52	68,80	57,20	90,96
8,5	66,30	66,73	75,99	73,10	60,78	96,65
9	70,20	70,65	80,46	77,40	64,35	102,33
9,5	74,10	74,58	84,93	81,70	67,93	108,02
10	78,00	78,50	89,40	86,00	71,50	113,70
11	81,9	86,4	98,3	94,6	78,7	125,1
12	95,6	94,2	107,3	103,2	85,8	136,4
13	101,4	102,1	116,2	111,8	93,0	147,8
14	109,2	109,9	125,2	120,4	100,1	159,2
15	117,0	117,8	134,1	129,0	107,3	170,6
16	124,8	125,6	143,0	137,6	114,4	181,9
17	132,6	133,5	152,0	146,2	121,6	193,3
18	140,4	141,3	160,9	154,8	128,7	204,7
19	148,2	149,2	169,9	163,4	135,9	216,0
20	156,0	157,0	178,8	172,0	143,0	227,4

Poids des fers carrés, ronds, etc.

Fer soudé, 1 dm³ = 7⁸/₁₀₀.

1. Fers carrés et ronds, d = épais. ou diam. en mm.; un mètre pèse kgs :

	CARRÉ	ROND	d	CARRÉ	ROND	d	CARRÉ	ROND	d	CARRÉ	ROND	d	CARRÉ	ROND
6	0,194	0,153	22	3,766	2,956	48	17,93	14,07	85	56,21	44,13	170	224,8	176,5
6	0,280	0,220	23	4,116	3,231	50	19,45	15,27	90	63,02	49,47	175	238,3	187,0
7	0,381	0,299	24	4,481	3,518	52	21,04	16,51	95	70,21	55,12	180	252,1	197,9
8	0,498	0,391	25	4,863	3,817	54	22,69	17,81	100	77,80	61,07	185	266,3	209,0
9	0,630	0,495	26	5,259	4,129	56	24,39	19,15	105	85,78	67,33	190	280,9	220,5
0	0,778	0,611	27	5,672	4,452	58	26,17	20,55	110	94,14	73,90	195	295,3	232,2
1	0,941	0,739	28	6,100	4,788	60	28,01	21,99	115	102,9	80,77	200	311,2	244,3
2	1,120	0,879	29	6,543	5,136	62	29,91	23,48	120	112,0	87,95	205	327,0	256,7
3	1,315	1,032	30	7,002	5,497	64	31,87	25,02	125	121,6	95,43	210	343,1	269,3
4	1,525	1,197	32	7,967	6,254	66	33,89	26,60	130	131,5	103,2	215	359,6	282,3
5	1,751	1,374	34	8,994	7,060	68	35,98	28,24	135	141,8	111,3	220	376,6	295,6
6	1,992	1,563	36	10,08	7,915	70	38,12	29,93	140	152,5	119,7	225	393,9	309,2
7	2,248	1,765	38	11,23	8,819	72	40,33	31,66	145	163,6	128,4	230	411,6	323,1
8	2,521	1,979	40	12,45	9,772	74	42,60	33,44	150	175,1	137,4	235	429,7	337,1
9	2,809	2,205	42	13,72	10,77	76	44,94	35,28	155	186,9	146,7	240	448,1	351,8
20	3,112	2,443	44	15,06	11,82	78	47,33	37,16	160	199,2	156,3	245	467,0	366,6
21	3,431	2,693	46	16,46	12,92	80	49,79	39,09	165	214,8	166,3	250	486,3	381,7

2. Fers à section hexagonale et fers à section octogone. d = petit diam. en mm. ; 1 m. pèse kgs :

d	HEXA	d	HEXA	d	HEXA	d	HEXA	d	OCTO	d	OCTO	d	OCTO
5	0,169	19	2,435	36	8,742	64	27,63	5	0,459	19	2,296	36	8,243
6	0,243	20	2,698	38	9,740	66	29,38	6	0,229	20	2,544	38	9,184
7	0,331	21	2,975	40	10,79	68	31,19	7	0,312	21	2,805	40	10,18
8	0,432	22	3,265	42	11,90	70	33,05	8	0,407	22	3,078	42	11,22
9	0,546	23	3,568	44	13,06	72	34,97	9	0,515	23	3,364	44	12,31
10	0,675	24	3,885	46	14,27	74	36,94	10	0,636	24	3,663	46	13,46
11	0,816	25	4,216	48	15,54	76	38,96	11	0,770	25	3,975	48	14,65
12	0,971	26	4,560	50	16,86	78	41,04	12	0,916	26	4,299	50	15,90
13	1,140	27	4,917	52	18,24	80	43,17	13	1,075	27	4,636	52	17,20
14	1,332	28	5,288	54	19,67	85	48,74	14	1,247	28	4,986	54	18,55
15	1,518	29	5,673	56	21,15	90	54,64	15	1,431	29	5,349	56	19,95
16	1,727	30	6,071	58	22,69	95	60,88	16	1,628	30	5,724	58	21,40
17	1,949	32	6,907	60	24,28	100	67,45	17	1,838	32	6,113	60	22,90
18	2,185	34	7,798	62	25,93			18	2,061	34	7,352	62	24,45

3. Fers à section triangulaire (équilatérale). C, côté en mm. ; 1 m. pèse kgs :

C	kg	C	kg	C	kg	C	kg	C	kg	C	kg
5	0,084	10	0,337	15	0,758	20	1,348	25	2,106	29	2,834
6	0,121	11	0,408	16	0,863	21	1,486	26	2,278	30	3,033
7	0,165	12	0,485	17	0,974	22	1,631	27	2,457	31	3,239
8	0,216	13	0,570	18	1,092	23	1,783	28	2,642	32	3,451
9	0,273	14	0,661	19	1,217	24	1,941			36	4,368
										37	4,614
										38	4,866
										39	5,126
										40	5,392

Poids par mètre courant des plats en acier.

Épaisseur	Largeurs									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60
1	0.078	0.117	0.156	0.195	0.234	0.273	0.312	0.350	0.389	0.467
2	0.156	0.234	0.312	0.389	0.467	0.545	0.623	0.701	0.779	0.935
3	0.234	0.350	0.467	0.584	0.701	0.818	0.935	1.051	1.168	1.402
4	0.311	0.467	0.623	0.779	0.935	1.090	1.246	1.402	1.558	1.869
5	0.389	0.584	0.779	0.974	1.168	1.363	1.558	1.752	1.947	2.336
6	0.467	0.701	0.935	1.168	1.402	1.635	1.869	2.103	2.336	2.804
7	0.545	0.818	1.090	1.363	1.635	1.908	2.181	2.453	2.726	3.271
8	0.623	0.935	1.246	1.558	1.869	2.181	2.492	2.804	3.115	3.738
9	0.701	1.051	1.402	1.752	2.103	2.453	2.804	3.154	3.505	4.206
10	0.779	1.168	1.558	1.947	2.336	2.726	3.115	3.505	3.894	4.673
11	0.867	1.285	1.713	1.142	2.570	2.998	3.427	3.855	4.283	5.140
12	0.935	1.402	1.869	1.336	2.804	3.271	3.738	4.206	4.673	5.607
13	1.012	1.519	2.025	1.531	3.037	3.544	4.050	4.556	5.062	6.075
14	1.090	1.635	2.181	1.726	3.271	3.816	4.361	4.906	5.452	6.542
15	1.168	1.752	2.336	1.921	3.505	4.089	4.673	5.257	5.841	7.009
16	1.246	1.869	2.492	3.115	3.738	4.361	4.984	5.607	6.230	7.476
17	1.324	1.986	2.648	3.310	3.972	4.634	5.296	5.958	6.620	7.944
18	1.402	2.103	2.804	3.505	4.206	4.906	5.607	6.308	7.009	8.411
19	1.480	2.220	2.959	3.699	4.439	5.179	5.919	6.659	7.399	8.878
20	1.558	2.336	3.115	3.894	4.673	5.452	6.230	7.009	7.788	9.546
23	1.791	2.687	3.582	4.478	5.374	6.269	7.165	8.061	8.956	10.748
25	1.947	2.920	3.894	4.868	5.841	6.815	7.789	8.762	9.736	11.682
27	2.103	3.154	4.206	5.257	6.303	7.360	8.411	9.462	10.514	12.616
29	2.258	3.388	4.517	5.646	6.776	7.905	9.034	10.163	11.292	13.552
30	2.336	3.505	4.673	5.841	7.009	8.177	9.346	10.514	11.682	14.018
32	2.492	3.738	4.984	6.230	7.476	8.723	9.969	11.210	12.460	14.952
34	2.648	3.972	5.296	6.620	7.944	9.268	10.692	11.916	13.240	15.888
35	2.726	4.089	5.452	6.815	8.177	9.540	10.904	12.267	13.630	16.354
36	2.804	4.205	5.607	7.009	8.411	9.813	11.214	12.616	14.018	16.822
38	2.959	4.439	5.919	7.399	8.878	10.358	11.838	13.318	14.798	17.756
40	3.115	4.673	6.230	7.788	9.346	10.905	12.460	14.018	15.576	18.692
45	3.505	5.257	7.009	8.762	10.514	12.266	14.018	15.771	17.524	21.028
50	3.894	5.841	7.788	9.735	11.682	13.629	15.576	17.523	19.470	23.364

Poids par mètre courant des plats en acier (suite).

Épaisseur	Largeurs								
	70	80	90	100	110	120	135	150	160
1	0.645	0.623	0.701	0.778	0.867	0.935	1.051	1.168	1.246
2	1.090	1.246	1.402	1.558	1.713	1.869	2.103	2.336	2.492
3	1.636	1.869	2.103	2.336	2.570	2.804	3.154	3.505	3.738
4	2.181	2.492	2.804	3.115	3.427	3.738	4.207	4.673	4.984
5	2.726	3.115	3.505	3.894	4.283	4.673	5.257	5.841	6.230
6	3.271	3.738	4.206	4.673	5.140	5.607	6.308	7.009	7.476
7	3.816	4.361	4.906	5.452	5.997	6.542	7.360	8.177	8.722
8	4.361	4.984	5.607	6.230	6.853	7.476	8.411	9.345	9.968
9	4.906	5.607	6.308	7.010	7.710	8.411	9.463	10.515	11.214
10	5.452	6.230	7.009	7.789	8.567	9.346	10.515	11.683	12.460
11	5.997	6.853	7.710	8.567	9.423	10.280	11.565	12.850	13.706
12	6.542	7.476	8.411	9.346	10.280	11.214	12.617	14.019	14.952
13	7.087	8.100	9.112	10.124	11.137	12.150	13.758	15.186	16.200
14	7.632	8.723	9.812	10.904	11.994	13.084	14.720	16.356	17.446
15	8.178	9.346	10.514	11.682	12.850	14.018	15.771	17.523	18.692
16	8.722	9.968	11.214	12.460	13.706	14.952	16.821	18.690	19.936
17	9.268	10.592	11.916	13.240	14.564	15.888	17.874	19.860	21.184
18	9.812	11.214	12.616	14.018	15.420	16.822	18.924	21.027	22.428
19	10.358	11.838	13.318	14.798	16.277	17.756	19.977	22.197	23.676
20	10.904	12.460	14.018	15.576	17.154	18.692	21.028	23.364	24.920
23	12.538	14.330	16.122	17.912	19.704	21.496	24.181	26.868	28.660
25	13.630	15.578	17.524	19.472	21.418	23.364	26.287	29.208	31.156
27	14.720	16.822	18.924	21.028	23.130	25.232	28.358	31.542	33.644
29	15.810	18.068	20.326	22.584	24.844	27.104	30.489	33.876	36.136
30	16.354	18.692	21.028	23.364	25.700	28.036	31.641	35.046	37.384
32	17.446	19.938	22.420	24.920	27.412	29.904	33.643	37.380	39.876
34	18.536	21.184	23.832	26.480	29.128	31.776	35.748	39.720	42.368
35	19.080	21.808	24.534	27.260	29.984	32.708	36.800	40.890	43.616
36	19.626	22.428	25.232	28.036	30.840	33.644	37.849	42.054	44.866
38	20.716	23.676	26.636	29.596	32.554	35.512	39.954	44.394	47.352
40	21.806	24.920	28.036	31.152	34.268	37.584	42.056	46.728	49.840
45	24.532	28.036	31.542	35.048	38.552	42.056	47.314	52.572	56.072
50	27.258	31.152	35.046	38.940	42.834	46.728	52.569	58.410	62.304

Poids par mètre courant des cornières égales en acier.

Désignation en m/m.	Épaisseur en millimètres.																		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20				
10 X 10	0,28	0,40																	
13 X 13	0,37	0,54																	
15 X 15	0,44	0,65	0,81																
20 X 20	0,57	0,87	1,12	1,37	1,73														
25 X 25	0,74	1,10	1,44	1,76	2,20	2,52	2,87												
30 X 30	0,93	1,33	1,75	2,15	2,53	3,09	3,50	3,90											
35 X 35	1,12	1,57	2,06	2,54	3,00	3,63	4,12	4,60	5,07										
40 X 40	1,30	1,80	2,37	2,93	3,46	3,99	4,49	5,30	5,85										
45 X 45	1,50	2,05	2,68	3,32	3,93	4,53	5,12	6,00	6,63										
50 X 50		2,30	3,00	3,70	4,40	5,08	5,74	6,39	7,02	8,11	8,80	9,48							
55 X 55		2,50	3,30	4,10	4,87	5,62	6,37	7,10	7,80	8,97	9,74	10,50							
60 X 60		2,80	3,62	4,50	5,34	6,17	6,99	7,79	8,58	9,35	10,11	10,85	11,58						
65 X 65				5,80	6,72	7,61	8,49	9,36	10,21	11,05	11,86	12,67	13,46						
70 X 70				6,27	7,26	8,24	9,20	10,14	11,07	11,98	12,88	13,76	14,63						
75 X 75						7,81	8,86	9,90	10,92	11,93	12,92	13,89	14,85	15,80					
80 X 80						8,85	9,49	10,60	11,70	12,78	13,85	14,91	15,94	16,97					
85 X 85						8,90	10,11	11,30	12,48	13,64	14,79	15,92	17,04	18,14					
90 X 90						10,73	12,00	13,26	14,50	15,73	16,93	18,13	19,31	20,48	21,66				
95 X 95						11,36	12,71	14,04	15,36	16,66	17,95	19,22	20,48	21,75	23,01				
100 X 100						11,38	13,41	14,82	16,22	17,60	18,96	20,31	21,65	23,08	24,51				
105 X 105								15,60	17,07	18,53	19,98	21,40	22,82	24,24	25,66				
110 X 110								16,38	17,93	19,47	20,99	22,50	24,00	25,50	27,00				
120 X 120								17,94	19,65	21,34	23,02	24,68	26,33	28,00	29,66				
130 X 130										22,21	23,95	25,68	27,44	29,19	30,94				
140 X 140											27,07	28,91	30,74	32,56	34,38				
150 X 150												31,23	33,35	35,47	37,59				
160 X 160													35,70	37,82	39,94				

Poids des fils de laiton & Cuivre.

d: diam. en ^{mm} — P. poids du mètre en grammes.

d mm	P cuivre	P laiton	d mm	P cuivre	P laiton	d mm	P cuivre	P laiton
0.1	0.07	0.07	4.3	11.81	11.39	4.5	144.55	136.48
0.2	0.28	0.27	4.4	13.66	13.21	5	174.75	167.50
0.3	0.63	0.61	4.5	15.73	15.46	5.5	214.45	202.68
0.4	1.12	1.08	4.6	17.84	17.25	6	254.64	241.20
0.5	1.74	1.69	4.7	20.20	19.48	6.5	305.32	283.08
0.6	2.51	2.43	4.8	22.58	21.84	7.0	342.51	328.30
0.7	3.42	3.30	4.9	25.23	24.94	7.5	393.18	379.12
0.8	4.46	4.31	2.	27.96	26.96	8	447.36	431.36
0.9	5.65	5.50	2.5	43.62	42.43	8.5	504.80	486.96
1.0	7.00	6.74	3.	62.97	60.66	9	566.19	545.94
1.1	8.46	8.16	3.5	85.63	82.56	9.5	630.80	608.31
1.2	10.07	9.71	4	114.84	107.84	10	699.00	674.00

Poids des barres rondes, carrées et six pans en laiton.

m/m	ROND	6 PANS s/plats	CARRÉ s/plats	m/m	ROND	6 PANS s/plats	CARRÉ s/plats	m/m	ROND
2	0,027	0,028	0,034	36	8,545	9,432	10,886	69	31,569
4	0,106	0,118	0,136	37	9,027	9,921	11,499	70	32,498
5	0,167	0,180	0,211	38	9,520	10,504	12,129	71	33,438
6	0,240	0,265	0,304	39	10,027	11,067	12,776	72	34,483
7	0,337	0,360	0,414	40	10,550	11,645	13,440	73	35,139
8	0,427	0,471	0,540	41	11,083	12,225	14,120	74	36,108
9	0,540	0,596	0,684	42	11,625	12,833	14,810	75	37,091
10	0,657	0,735	0,845	43	12,188	13,454	15,530	76	37,179
11	0,807	0,891	1,020	44	12,764	14,100	16,260	77	39,188
12	0,960	1,060	1,210	45	13,447	14,741	17,010	78	40,165
13	1,127	1,240	1,420	46	13,932	15,406	17,770	79	41,202
14	1,307	1,436	1,655	47	14,564	16,086	18,550	80	42,251
15	1,501	1,650	1,901	48	15,232	16,781	19,350	81	43,314
16	1,708	1,878	2,160	49	15,833	17,479	20,160	82	44,390
17	1,904	2,103	2,427	50	16,081	18,203	21,000	83	45,480
18	2,136	2,355	2,721	51	17,251			84	46,582
19	2,380	2,626	3,032	52	17,930			85	47,698
20	2,637	2,911	3,360	53	18,505			86	48,827
21	2,907	3,205	3,704	54	19,342			87	49,969
22	3,291	3,519	4,065	55	20,060			88	51,124
23	3,488	3,848	4,443	56	20,795			89	52,293
24	3,798	4,191	4,838	57	21,549			90	53,474
25	4,127	4,535	5,250	58	22,176			91	54,669
26	4,457	4,916	5,678	59	22,940			92	55,878
27	4,806	5,302	6,081	60	23,740			93	57,099
28	5,169	5,705	6,585	61	24,528			94	58,333
29	5,545	6,115	7,064	62	25,342			95	59,581
30	5,934	6,546	7,560	63	26,157			96	60,842
31	6,333	6,992	8,072	64	26,896			97	62,116
32	6,752	7,452	8,601	65	27,840			98	63,407
33	7,181	7,919	9,147	66	28,719			99	64,704
34	7,622	8,408	9,710	67	29,593			100	66,018
35	8,077	8,913	10,290	68	30,483				

Poids et dimensions des tuyaux.— Voir au chapitre VIII *Tuyauteries et tubes* les dimensions usuelles et poids correspondants des tubes à gaz, tubes en acier, cuivre et laiton, tuyaux de plomb, etc.

Dimensions des feuilles de zinc laminées (jauge française).

Numéro du Zinc.	Épaisseur approximative en millimètres	Poids moyen approximatif d'une feuille des dimensions suivantes pour toitures et autres emplois.				Poids moyen approximatif du mètre carré
		2 ^m × 1 ^m	2 ^m × 0 ^m .80	2 ^m × 0 ^m .65	2 ^m × 0 ^m .50	
4	0,228	"	"	"	"	"
5	0,250	"	"	"	"	"
6	0,300	4 ^k .200	3 ^k .360	2 ^k .730	2 ^k .100	2 ^k .100
7	0,350	4,900	3,920	3,185	2,450	2,450
8	0,400	5,600	4,480	3,640	2,800	2,800
9	0,450	6,300	5,040	4,095	3,150	3,150
10	0,500	7,000	5,600	4,550	3,500	3,500
11	0,580	8,120	6,496	5,278	4,060	4,060
12	0,660	9,240	7,392	6,006	4,620	4,620
13	0,740	10,360	8,288	6,734	5,180	5,180
14	0,820	11,480	9,184	7,462	5,740	5,740
15	0,950	13,300	10,640	8,645	6,650	6,650
16	1,080	15,120	12,096	9,828	7,560	7,560
17	1,210	16,940	13,552	11,011	8,470	8,470
18	1,340	18,760	15,008	12,194	9,380	9,380
19	1,470	20,580	16,464	13,377	10,290	10,290
20	1,600	22,400	17,920	14,560	11,200	11,200
21	1,780	24,920	19,936	16,198	12,460	12,460
22	1,960	27,440	21,952	17,836	13,720	13,720
23	2,140	29,960	23,968	19,474	14,980	14,980
24	2,320	32,480	25,984	21,112	16,240	16,240
25	2,500	35,000	28,000	22,750	17,500	17,500
26	2,680	37,520	30,016	24,388	18,760	18,760

Dimensions des tôles ondulées galvanisées (jauge française).

Largeur des Ondes	Dimensions des Feuilles		Épaisseurs avant Galvanisation en $\frac{1}{10}$ de millim.											
	Longueur	Largeur totale	Largeur utile	4/10	5/10	6/10	7/10	8/10	9/10	10/10	15/10	20/10		
76 ^{mm}	2 ^m 00	0.92	0.84	9 ^k	10 ^k	12 ^k	14 ^k	16 ^k	18 ^k	19 ^k	26 ^k	34 ^k		
100				à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à
125				9.900	11	13	15	17	18.9	25	33	plus	plus	plus
135				6.500	8	9	10	12	14	15	22	28	plus	plus
100	2 ^m 00	0.74	0.68	7	8.9	9.9	11	13	14.9	21	27	plus		
125				à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	
135				5	6	7	8	9	11	12	17	22	plus	
76				5.9	6.9	7.9	8.9	10.9	11.9	16	21	plus	plus	
100	1 ^m 65	0.60	0.53	4	5	6	7	8	9	10	14	18		
125				à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	
135				4.9	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	13	17	plus	plus	
76				0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
100	3 ^m 25	0.90	0.83	19	20	22	23	24	26	28	28	28		
125				à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	
135				19.5	21	23	25	27	29	29	29	29	29	29
76				4.5	5.6	6.7	7.8	8.9	9.10	10.11	15.16	20.21	20.21	20.21

Dimensions des toiles métalliques (jauge française).

Le numéro d'une toile indique le nombre de mailles dans une longueur de 27 millimètres (pouce français) quel que soit le sens, chaîne ou trame, et non le nombre de mailles compris dans un carré de 27 millimètres de côté.

Les fils se comptant d'axe en axe, leur nombre dans un pouce est le même que celui des mailles.

Pour connaître la longueur de la maille (vide), on emploie la formule suivante ;

$$M = \frac{P}{N} - d,$$

P, longueur du pouce, soit 27 millimètres,

M, vide de la maille en millimètres,

N, numéro de la toile, c'est-à-dire nombre de mailles ou de fils au pouce,

D, diamètre du fil (jauge de Paris).

EXEMPLE. — Une toile de 18 mailles au pouce, en fil n° 1, c'est-à-dire $d = 0^{\text{mm}},6$, présentera un vide de la maille égal à $\frac{27}{18} - 0,6 = 0^{\text{mm}},9$.

Pour calculer la surface totale de vide libre au mètre carré, on emploiera la formule :

$$S = (37N)^2 M^2,$$

M étant le vide de la maille calculé comme ci-dessus et N le nombre de mailles au pouce.

EXEMPLE. — La même toile n° 18 en fil n° 1 qui présente un vide de la maille de $0^{\text{mm}},9$ aura une surface libre par mètre carré de :

$$S = (37 \times 18)^2 \cdot (0,9 \times 0,9) = 0,3593 \text{ m}^2.$$

Le tissu uni est celui qui, à numéro ou maille égale, donne le meilleur tamisage, surtout pour le travail des matières compactes, grasses ou humides. Un tissu en fil de faible diamètre donne un plus grand rendement comme tamisage que celui composé d'un fil extra-fort, mais par contre ne fait pas un usage en rapport avec le diamètre du fil.

Le tissu croisé tamise moins bien, produit moins, nécessite un nettoyage plus fréquent que le tissu uni. Il n'a sa raison d'être que dans les numéros plus fins que le n° 120.

EXEMPLE. — Un tissu fabriqué avec un fil de 1 millimètre n'atteindra pas le tiers de la durée de celui fabriqué avec un fil de 2 millimètres. Pour une même production, il est donc avantageux de prendre une maille un peu plus ouverte avec un fil plus fort, et de laminer légèrement le tissu.

Dimensions des fils métalliques (jauges usuelles).

Numéro de la Jauge	Jauge Américaine (Wheeler et Chappe)		Jauge de Birmingham		Jauge Française (Nbs. British Standard)		Jauge Suisse		Jauge de Paris 1857	
	Diamètre en 1/1000 ^e de pouce.	Diamètre en millimètres.	Diamètre en 1/1000 ^e de pouce.	Diamètre en millimètres.	Diamètre en 1/1000 ^e de pouce.	Diamètre en millimètres.	Diam. en 1/100 ^e de mm.	Diamètre en 1/10 ^e de millim.		
0000000	—	—	—	—	500	12.7	—	—	—	—
000000	—	—	—	—	464	11.785	—	—	—	—
000000	—	—	—	—	432	10.973	—	—	—	—
0.000	460	11.684	454	11.532	400	10.16	—	—	—	—
000	409.6	10.404	425	10.795	372	9.449	—	—	—	—
00	361.8	9.266	380	9.652	348	8.839	—	—	—	—
0	324.9	8.252	340	8.636	324	8.229	—	—	—	5
1	289.3	7.348	300	7.62	300	7.62	—	—	—	6
2	257.6	6.543	284	7.214	276	7.01	—	—	—	7
3	229.4	5.827	259	6.573	253	6.401	—	—	—	8
4	204.3	5.189	238	6.045	232	5.893	—	—	—	9
5	181.9	4.62	220	5.588	212	5.385	—	—	—	10
6	162	4.114	203	5.156	192	4.877	—	—	—	11
7	144.3	3.665	180	4.572	176	4.47	—	—	—	12
8	128.5	3.264	165	4.191	160	4.064	—	—	—	13
9	114.4	2.906	148	3.759	144	3.658	—	—	—	14
10	101.9	2.588	134	3.404	128	3.251	—	—	—	15
11	90.74	2.305	120	3.018	116	2.946	—	—	—	15
12	80.81	2.053	109	2.767	104	2.642	—	—	—	18
13	71.96	1.828	95	2.413	92	2.337	—	—	—	20
14	64.08	1.628	83	2.108	80	2.032	—	—	—	22
15	57.07	1.45	72	1.829	72	1.829	—	—	—	24
16	50.82	1.291	65	1.651	64	1.626	—	—	—	27
17	45.26	1.15	58	1.473	56	1.422	—	—	—	30
18	40.3	1.024	49	1.245	48	1.219	—	—	—	34
19	35.89	0.912	42	1.067	40	1.016	—	—	—	39

20	51.96	0.812	35	0.889	36	0.914	32	44
21	28.46	0.723	32	0.813	32	0.813	30	49
22	25.35	0.644	28	0.711	28	0.711	28	54
23	22.57	0.573	25	0.635	24	0.61	26	59
24	20.1	0.51	22	0.559	22	0.559	24	64
25	17.9	0.455	20	0.508	20	0.508	23	70
26	15.94	0.405	18	0.457	18	0.457	22	76
27	14.2	0.361	16	0.406	16.4	0.416	21	82
28	12.64	0.321	14	0.356	14.8	0.376	20	88
29	11.26	0.286	13	0.330	13.6	0.345	19	94
30	10.03	0.255	12	0.305	12.4	0.315	18	100
31	8.93	0.227	10	0.254	11.6	0.294	17	—
32	7.95	0.202	9	0.229	10.8	0.274	16	—
33	7.08	0.18	8	0.203	10	0.254	15	—
34	6.3	0.16	7	0.178	9.2	0.234	14	—
35	5.62	0.143	5	0.127	8.4	0.213	13	—
36	5	0.127	4	0.102	7.6	0.193	12	—
37	—	—	3	0.076	6.8	0.172	11.5	—
38	—	—	2	0.051	6	0.152	11	—
39	—	—	1	0.025	5.2	0.132	10.5	—
40	—	—	—	—	4.8	0.122	10	—
41	—	—	—	—	4.4	0.111	9.5	—
42	—	—	—	—	4	0.101	9	—
43	—	—	—	—	3.6	0.091	8.5	—
44	—	—	—	—	3.2	0.081	8	—
45	—	—	—	—	2.8	0.071	7.5	—
46	—	—	—	—	2.4	0.061	7	—
47	—	—	—	—	2	0.05	6.5	—
48	—	—	—	—	1.6	0.04	6	—
49	—	—	—	—	1.2	0.03	5.5	—
50	—	—	—	—	1	0.025	5	—
51	—	—	—	—	—	—	4.5	—

Tableau de correspondance des jauges
pour fils, pointes et toiles métalliques.

DIAMÈTRES des fils en millimètres	NUMÉROS CORRESPONDANTS DES JAUGES EMPLOYÉES			
	Jauge de Paris	Jauge allemande	Jauge américaine	Jauge anglaise R. W. G.
0,6	1	6	23-22	24-23
0,7	2	7	21	22
0,8	3	8	20	21
0,9	4	9	19	20
1,0	5	10	18	19
1,1	6	11	17	19
1,2	7	12	16	18
1,3	8	13	16	18
1,4	9	14	15	17
1,5	10	15	15	17
1,6	11	16	14	16
1,8	12	18	13	15
2,0	13	20	12	14
2,2	14	22	11	14
2,4	15	24	10	13
2,7	16	27	10	12
3,0	17	30	9	11
3,4	18	34	8-7	10
3,9	19	39	6	9-8
4,4	20	44	5	7
4,9	21	49	4	6
5,4	22	54	4	5
5,9	23	59	3	4
6,4	24	64	2	3
7,0	25	70	1	2
7,6	26	76	1	1
8,2	27	82	0	1-0
8,8	28	88	0	0
9,4	29	94	00	00
10,0	30	100	000	000

CHAPITRE V

USINAGE, OUTILLAGE

CONDITIONS D'EMPLOI

DES OUTILS TRANCHANTS POUR MACHINES-OUTILS

Débit. — Nous appellerons *débit* le nombre de centimètres cubes (ou le poids si l'on fait intervenir la densité du métal) de matière enlevée avant émoussage de l'arête tranchante.

Il est difficile de donner une définition scientifique de l'émoussage ; la pratique indique le moment où un outil doit être réaffûté, et les courbes de débit doivent pratiquement s'entendre comme le nombre de décimètres cubes de matière enlevée avant la nécessité de réaffûtage de l'outil.

Copeau. — La section du copeau n'est pas, dans les outils travaillant obliquement, outils de tour par exemple, le simple produit de la profondeur de coupe (ou passe) par l'avance (ou serrage).

Le croquis ci-contre montre bien, dans les outils à coupe oblique, la section du copeau, base du débit.

Le meilleur mode d'évaluation en pareil cas est le *poids* de matière enlevée dans l'unité de temps.

Puissance absorbée. — Une machine déterminée ne peut supporter qu'un débit limité, au delà duquel il se produit des vibrations qui nuisent au travail exécuté.

On peut évaluer grossièrement, d'après le diamètre de la poulie ou du cône de commande, connaissant la vitesse normale de la machine, pour quelle puissance elle a été prévue (1).

Par contre, les travaux sur la puissance nécessaire pour couper le métal sont assez incomplets.

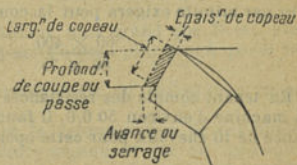


FIG. 46.

(1) Voir *Mesure de la Puissance* au chapitre II.

Si l'on a :

s , la section du copeau en millimètres carrés ;

k , la résistance à la coupe en kilogrammes par millimètre carré ;

v , la vitesse de coupe en mètres par minute.

La puissance absorbée par l'outil est en chevaux :

$$N = \frac{s \cdot k \cdot v}{60 \times 75} \text{ HP.}$$

Pour la fonte $k = 70$ à 100 en kilogrammes par mm^2

— le fer forgé $k = 110$ à 160 — —

— l'acier $k = 160$ à 220 — —

Si l'on connaît le poids de métal, enlevé en grammes par minute, on peut grossièrement évaluer la puissance absorbée en considérant qu'il faut un travail $K = 50$ à 70 kilogrammètres par gramme de métal enlevé suivant sa dureté.

On a :

$$N = \frac{K \cdot P}{60 \times 75} \text{ HP.}$$

Par exemple un chariotage débitant 400 grammes d'acier dur par minute exigera pour la coupe une puissance de :

$$\frac{60 \times 400}{60 \times 75} = 5,3 \text{ chevaux.}$$

En tenant compte des résistances passives, avec un rendement de la machine d'environ 50% , il faudra donc pratiquement une puissance de 10 chevaux pour cette opération de tour.

Facteurs du débit. — Les facteurs influant sur le débit de métal enlevé sont :

- | | |
|---|---|
| 1. Forme de l'arête tranchante | } Conditions de tranchant ou d'attaque. |
| 2. Position par rapport à la pièce | |
| 3. Nature du métal de l'outil | |
| 4. Nature du métal travaillé | } Conditions de débit. |
| 5. Travail d'arrachement, c'est-à-dire vitesse de coupe, avance, et profondeur de passe | |
| 6. Emploi ou non de lubrifiants | |

Ces deux conditions principales de travail des outils sont données ci-après.

CONDITIONS D'ATTAQUE DES OUTILS TRANCHANTS

Les conditions de coupe d'une arête tranchante peuvent être considérées comme les mêmes pour tous les outils.

Seuls les modes d'attaque de l'outil par rapport à la pièce varient suivant le travail à effectuer : perçage, tournage, etc.

Conditions générales de coupe d'un outil. — Un outil de forme quelconque peut toujours être considéré comme un coin pénétrant dans le métal de la pièce.

L'angle de coin est le *taillant* T. Pour éviter le frottement à l'arrière de l'outil (le talonnement), celui-ci doit former avec la face coupée dans la pièce un angle dit d'*incidence* I.

L'angle complémentaire D :

$$90 - (T + I)$$

est l'angle de *dépoilure* ; de cet angle dépend l'effort de courbure du copeau et le frottement de celui-ci sur la face de l'outil.

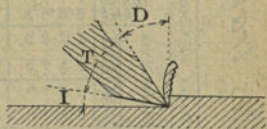


Fig. 47.

Le frottement du copeau est d'autant plus grand que D est plus grand ; l'effort pour courber le copeau d'autant plus grand que D est plus petit.

Entre ces deux conditions contradictoires on choisit une valeur de D intermédiaire.

Les travaux et expériences pour la détermination de ces angles sont nombreux ; on ne peut en déduire cependant une loi théorique. On admet en général les angles suivants que la pratique suggère et aux environs desquels on se tient pour le taillage des outils :

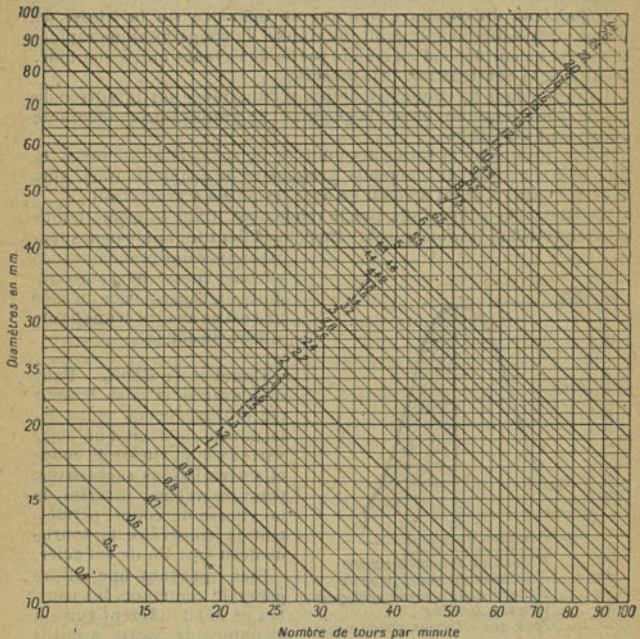
Pour les métaux...	Incidence.....	{	de 4° à 6° en général.
			de 5° à 10° pour métaux tendres (Al, bronze, laiton).
	Taillant.....	{	Fer et acier 50° à 60°
			Acier dur 65°
Fonte tendre 60° à 70° Fonte dure 80° à 85° Bronze 65° à 80°			
Pour le bois.....	Fibre.....	{	Incidence 10° à 15°
			Taillant 25° à 30°
	Bois de noyer..	{	Incidence 20° Taillant 25°

Vitesse de coupe pour les travaux mécaniques

Type des Travaux	Vitesse de Coupe en mètres par minute																
	Fonte				Acier-coulé				Acier-doux				Fer Forgé, et acier				
	Ordinaire		Dure		Acier-coulé		Acier-doux		Acier-coulé		Acier-doux		30-50 Kilos		50-70 Kilos		80-90 Kilos
Acier Ordin.	Acier Rapide	Acier Ordin.	Acier Rapide	Acier Ordin.	Acier Rapide	Acier Ordin.	Acier Rapide	Acier Ordin.	Acier Rapide	Acier Ordin.	Acier Rapide	Acier Ordin.	Acier Rapide	Acier Ordin.	Acier Rapide	Acier Ordin.	Acier Rapide
Tournerage	8-12	16-20	5-6	6-10	8-12	14-18	10-14	15-22	14-16	24-30	12-14	18-24	6-10	14-18			
	14-18	20-24	8-10	16-18	12-18	18-24	16-20	24-28	16-20	30-35	14-18	24-28	10-12	18-20			
	4-6	8-10	2-3	2-4	2-4	3-5	3-6	4-5	3-6	4-5	4-5	4-5	2-3	2-4			
	6-8	12-15	3-6	6-10	5-8	10-15	5-8	10-15	10-12	14-18	6-10	12-16	4-7	10-12			
Dressage au tour	8-12	16-20	5-6	6-10	8-12	14-18	10-14	15-22	16-18	26-30	14-18	18-24	8-10	14-18			
	14-18	20-24	8-10	16-18	12-18	18-24	16-20	24-28	16-20	30-32	16-18	24-28	10-12	18-20			
	3-5	5-10	1-2	2-4	2-4	3-5	3-6	4-5	3-6	5-8	3-5	5-8	1-2	2-4			
	2-4	5-8	2-3	2-4	2-4	3-5	2-4	3-5	2-4	3-6	2-4	3-5	1-2	2-3			
Forage Lamage	6-12	16-24	6-8	10-12	8-12	15-22	10-14	18-24	14-18	25-30	13-18	20-25	10-12	16-20			
	8-12	16-20	4-6	6-10	8-12	14-18	10-14	15-20	14-16	18-22	6-10	12-18	6-8	10-12			
	2-4	4-8	2-3	2-4	2-4	3-5	2-4	3-4	3-6	5-8	2-4	3-5	1-2	2-4			
	12-16	20-25	8-10	12-16	10-14	18-24	12-16	20-30	18-22	25-30	14-18	18-24	8-10	14-18			
Fraisage	10-14	16-24	6-8	8-12	6-12	16-22	10-14	16-24	16-20	20-25	10-15	16-22	8-10	10-15			
	9-12	16-20	4-6	8-10	8-10	14-20	8-12	14-22	10-15	16-24	8-14	12-18	4-8	8-12			
	14-20	25-35	8-12	14-18	10-12	18-25	12-18	20-30	20-25	35-45	14-18	25-30	8-12	16-22			
											10-15	16-20	6-10	12-18			
Rabotage et Mortaisage	8-10	10-14	7-9	10-12	8-10	10-14	8-10	10-15	8-12	12-16	8-10	10-14	7-9	10-12			

Abaque des vitesses tangentielles de coupe en mètre par minute.

Cet abaque est utilisé pour déterminer très rapidement les vitesses d'attaque des outils, soit en calculant la vitesse périphérique de la pièce si l'outil est fixe, soit la vitesse de l'outil si la pièce est fixe.



Exemple : Un diamètre de 20 mm tournant à 40 tours donne une vitesse de coupe 2,5 m/min ; un de 200 mm à 40 tours ou de 2 mm à 400 tours donnent 25 m/min etc.

CONDITIONS DE DÉBIT DES OUTILS TRANCHANTS

Vitesse de coupe. — La table peut servir de base approximative pour déterminer les vitesses de coupe les plus appropriées aux travaux ordinaires.

Les vitesses de coupe les plus avantageuses doivent être fixées suivant les cas particuliers. On peut donc rester en dessous ou dépasser les valeurs portées dans cette table.

L'épaisseur du copeau a une grande influence sur la vitesse de coupe, c'est-à-dire si elle croît, la vitesse de coupe diminue rapidement. Sa valeur dépend en grande partie de l'avance qui, à son tour, résulte de la construction de la machine.

La profondeur de coupe est de peu d'importance sur la vitesse de coupe, c'est pourquoi, en règle générale, de grandes profondeurs de coupe sont utilisables.

En ce qui touche la forme des outils de tournage et de rabotage, la vitesse de coupe croît lorsque la profondeur de coupe diminue, plus avec les outils à profil arrondi qu'avec les outils à profil droit.

La vitesse de coupe influence le rendement. Dans le même temps et avec la même profondeur de coupe, on obtient un rendement supérieur

avec une grande avance et une vitesse de coupe réduite en conséquence qu'avec une petite avance et une haute vitesse de coupe.

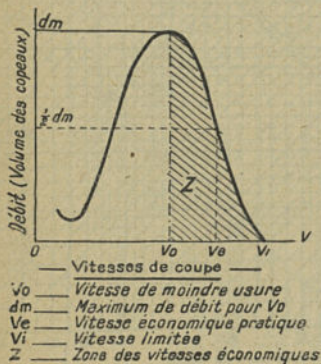


FIG. 48.

Courbes de débit. — Pour une avance et une largeur (ou profondeur) de coupe déterminées, le débit d'un acier varie avec la vitesse de coupe et ses variations successives, pour les valeurs diverses de la vitesse de coupe, permettent de construire la courbe de débit (fig. 48) de cet acier.

Bien qu'ayant une allure générale commune, les courbes de débit diffèrent suivant la nature de l'acier à outils et la dureté de la matière usinée (voir ci-après).

Vitesse de moindre usure. — D'après le commandant Denis, l'emploi de la vitesse de moindre usure V_0 donnant à l'outil le maximum de débit s'impose dans les travaux d'usinage suivants, où l'on a intérêt à faire produire à l'outil avant son démontage et son réaffûtage le plus grand débit possible :

1° Confection en série de pièces de même forme, lorsque l'affûtage modifie le profil de l'outil (fraises ou lames de forme, par exemple);

2° Travaux particuliers qui, soit par suite de l'organisation du travail, soit à cause de la longueur et de la difficulté du réglage de l'outil sur la machine, conduisent à faire produire à cet outil le poids maximum de copeaux ou le plus grand nombre de pièces semblables avant d'effectuer son démontage et son réaffûtage.

Vitesses de coupe économiques. — Si l'affûtage et le réglage consécutif de l'outil peuvent se faire rapidement et sans apporter de modification dans sa forme (outils à chariotier, fraises), il est nécessaire, pour exécuter un travail déterminé dans le minimum de temps, d'adopter les vitesses de coupe supérieures à la vitesse de moindre usure et comprises dans la zone hachurée s'étendant entre cette vitesse et la vitesse limite de l'outil.

Ces vitesses de coupe correspondant à des débits plus faibles que le débit maximum, l'enlèvement d'un volume déterminé de copeaux exige des affûtages plus nombreux, mais le résultat final se traduit néanmoins par un gain de temps considérable, de sorte que l'utilisation de cette gamme de vitesses de coupe correspond à un régime de travail économique (vitesses de coupe économiques).

L'expérience montre que dans le plus grand nombre de travaux d'usinage, le meilleur régime de travail économique est obtenu en prenant la vitesse de coupe : $V_0 + \frac{1}{3} V_0$, formule dans laquelle V_0 est la vitesse de moindre usure. Le débit correspondant de l'outil est égal à la moitié de débit maximum pour V_0 .

Vitesse limite. — C'est la vitesse de coupe la plus élevée qu'il convient évidemment de ne pas adopter, car elle produit l'émoussage presque immédiat de l'outil; elle est d'ailleurs égale à $V_0 + \frac{2}{3} V_0$.

Courbes de débit des diverses catégories d'aciers à outils. — **Influence de la dureté de la matière usinée.** — a) *Travaux de chariotage à sec.* — La figure 48 représente les courbes de débit obtenues avec trois outils à chariotier de même forme (fig. 50) et de nature différente, ayant subi le meilleur traitement thermique (trempe, suivie ou non d'un revenu) convenant à l'emploi sur les machines-outils.

Les trois courbes ont des formes analogues, mais les vitesses de moindre usure, les débits maxima correspondants et les vitesses limites diffèrent d'une façon très sensible, démontrant très clairement la supériorité des aciers rapides et principalement des aciers rapides supérieurs sur les aciers au carbone ou les aciers spéciaux (au chrome ou au tungstène) dans les travaux de chariotage.

La figure 51 reproduit les courbes de débit obtenues dans le chariotage à sec d'aciers de duretés diverses avec un outil en acier rapide ordinaire.

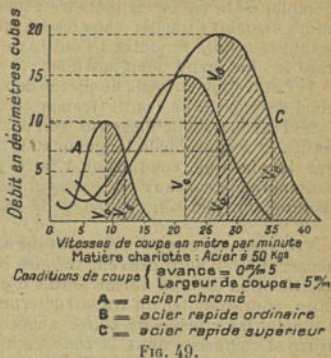


Fig. 49.

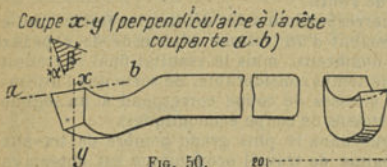


Fig. 50.

dant diminuent lorsque la dureté (ou la résistance à la rupture) du métal usiné augmente; il en est de même pour la vitesse limite. Cette diminution de la valeur des caractéristiques des courbes de débit est encore plus accentuée pour les aciers au carbone et spéciaux et leur infériorité sur les aciers rapides devient de plus en plus grande à mesure que la dureté de la matière usinée s'élève, au point que leur

L'examen de ces courbes montre que les valeurs de la vitesse de moindre usure et le débit maximum de copeaux correspon-

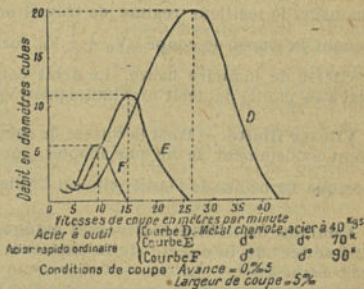


Fig. 51.

emploi devient pour ainsi dire impossible dans l'usinage des aciers très durs que les métallurgistes ont mis sur le marché pour satisfaire aux besoins du Service de l'Artillerie et des Industries de l'Automobile et de l'Aéronautique.

b) *Travaux de fraisage avec lubrifiant.* — Les courbes de débit relatives aux travaux de fraisage (avec lubrifiant) ont la même forme et présentent les mêmes particularités que les courbes de débit relatives aux travaux de chariotage, mais la diminution de valeur des caractéristiques de ces courbes (vitesse de moindre usure, débit maximum, vitesse limite), lorsque la dureté de la matière usinée augmente, est d'autant moins prononcée que cette matière est plus dure.

Influence des variations des conditions de coupe ou des dimensions des copeaux. — L'examen des courbes de débit d'un acier à outils relatives aux travaux de chariotage d'une même matière première et obtenues en donnant au copeau des dimensions différentes (variations de l'avance et de la largeur de coupe) montre tout d'abord que le débit maximum de copeaux reste le même (fig. 52)

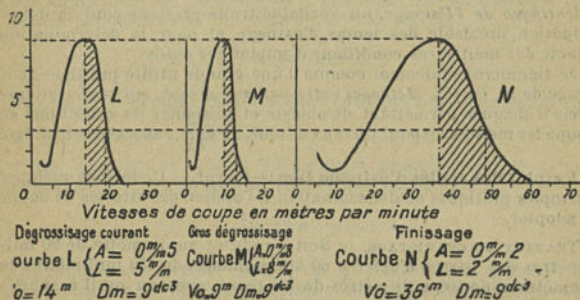


FIG. 52.

En outre, les particularités et inflexions de l'une de ces courbes se répètent sur les autres ; mais, tandis que les débits de copeaux (ordonnées) correspondant à ces différents points conservent la même valeur, les vitesses de coupe (abscisses) et, en particulier, les vitesses de moindre usure qui correspondent au maximum de débit, sont très différentes. Ces courbes semblables les unes aux autres représentent,

en définitive, les déformations que subit l'une d'elles (courbe initiale), quand on fait varier l'échelle des abscisses (vitesses de coupe).

Dès lors, si V_0 désigne la vitesse de coupe de la courbe de débit initiale, correspondant à des conditions de coupe déterminées E_0 et L_0 (conditions types), les vitesses de coupe ou abscisses des autres courbes (obtenues en faisant varier les conditions de coupe) seront représentées par l'expression αV_0 , dans laquelle α est un coefficient de correction qui est fonction des conditions de coupe nouvelles E et L et des conditions types E_0 et L_0 . La connaissance de ce coefficient de correction permet de déterminer les valeurs nouvelles de la vitesse de coupe correspondant à des conditions de coupe quelconques.

La règle de correction de la vitesse de coupe du commandant Denis (construite par la Maison H. Morin) dispense de calculer le coefficient de correction de cette vitesse et donne directement, par une double lecture, la nouvelle valeur V de la vitesse de coupe (vitesse de moindre usure ou vitesse économique suivant le cas) correspondant à un travail de coupe quelconque, en supposant connue la valeur V_0 de cette vitesse pour les conditions types E_0 et L_0 .

On trouvera dans l'ouvrage du commandant Denis, *Organisation scientifique de l'Usinage*, un véritable traité pratique pour la détermination préalable des temps d'usinage et pour la détermination exacte des meilleures conditions d'emploi des outils.

Je signalerai également comme d'une grande utilité pratique l'ouvrage de M. Guyot, *Méthodes rationnelles d'usinage*, qui renferme une série d'abaques permettant de choisir et raisonner les conditions de coupe les meilleures pour travaux de tour, alésage, rabotage et fraisage.

Emploi des règles d'usinage Denis-Poyet. — Ci-dessous quelques exemples pratiques de détermination à l'atelier des vitesses de coupe à adopter.

TRAVAUX DE CHARIOTAGE. — Soit à réduire au diamètre de 90 millimètres des barres d'acier à 60 kilogrammes, de 100 millimètres de diamètre et de 400 millimètres de longueur, avec un outil à charioter en acier rapide ordinaire travaillant à sec.

L'avance par tour choisie est égale à 0^{mm},65 et la profondeur de coupe à $\frac{100 - 90}{2}$ ou 5 millimètres.

Cherchons les résultats obtenus suivant la valeur de la vitesse de coupe adoptée.

La vitesse de moindre usure correspondant au travail considéré et aux conditions de coupe-types (0^{mm},5 et 5 millimètres), lue au verso de la Règle de correction, est égale à 18 mètres; le débit maximum de l'outil, pour cette vitesse de coupe, lu au verso de la Règle des temps d'usinage, est égal à 14 décimètres cubes.

1° En adoptant cette vitesse de moindre usure, la valeur de cette vitesse qui correspond aux conditions de coupe choisies (0^{mm},65 et 5 millimètres) est égale à 15 mètres (emploi de la Règle de correction) et correspond à un nombre de tours par minute à donner aux pièces

$$\text{égal à } \frac{15000}{3,14 \times 100} = 47.$$

Le débit de l'outil pour cette nouvelle vitesse est toujours de 14 décimètres cubes et la section des copeaux est égale à 0^{mm},65 × 5 millimètres ou 3^{mm}2,25.

La durée T de l'outil avant réaffûtage, donnée par la Règle des temps d'usinage, pour les éléments suivants :

$$D = 14 \text{ décimètres cubes,}$$

$$S = 3^{\text{mm}}2,25,$$

$$V = 15 \text{ mètres,}$$

est égale à 4 h. 50' ou 290 minutes.

D'autre part, la durée du chariotage proprement dit d'une pièce est égale au quotient de la longueur à charioter (400 millimètres) par l'avance par minute (47 × 0^{mm},65 ou 30^{mm},5), soit à :

$$\frac{400}{30,5} = 13' \text{ environ.}$$

Par suite, le nombre de pièces que l'outil peut charioter avant son réaffûtage est égal à $\frac{290'}{13'} = 23$.

2° En adoptant la vitesse économique pratique dont la valeur moyenne pour les conditions de coupe-types est égale à :

$$18 \text{ m.} + \frac{1}{3} \times 18 \text{ m.} = 24 \text{ mètres ;}$$

la nouvelle valeur de cette vitesse pour les conditions de coupe 0^{mm},65 et 5 millimètres est égale à 20 mètres et correspond à un nombre de tours par minute à donner aux pièces égal à 63.

Le débit moyen de l'outil est égal à 0,5 × 14 dcm³ = 7 dcm³ (voir le tableau au verso de la Règle des temps d'usinage).

La section des copeaux est toujours de 3^{mm}2,25.

La durée de l'outil avant réaffûtage pour les éléments suivants de travail : D = 7 décimètres cubes, S = 3^{mm}2,25, V = 20 mètres, n'est plus que de 1 h. 50' ou 110'.

Par contre, la durée du chariotage proprement dit d'une pièce est égale à $\frac{400 \text{ mm}}{63 \times 0^{\text{mm}},65} = 9,75$, et le nombre de pièces pouvant être cha-

riotées avant réaffûtage de l'outil est de $\frac{110'}{9,75} = 11$.

En résumé dans le deuxième cas, l'outil nécessite environ deux fois et demi plus de réaffûtage que dans le premier cas, mais, par contre, il exécute le chariotage d'une pièce dans 9',75 au lieu de 13', soit avec un gain de 3' au moins par pièce.

3° Supposons que le même travail de chariotage en série, au lieu d'être exécuté à sec, le soit avec emploi abondant de lubrifiant sous pression, qui lubrifie la pièce et l'outil.

Dans ce cas, la vitesse de moindre usure relative aux conditions de coupe-types doit être augmentée de la moitié de sa valeur, soit $V_0 + 1/2.V_0$ ou $18 \text{ m.} + \frac{1}{3} \times 18 \text{ m.} = 27 \text{ mètres}$ et le débit maximum correspondant est toujours de 14 dcm^3 comme dans le travail à sec.

En adoptant, par exemple, la vitesse de coupe économique pratique dont la valeur correspondante est égale à :

$$27 \text{ m.} + \frac{1}{3} \times 27 \text{ m.} = 36 \text{ mètres.}$$

le débit de l'outil est égal à $0,5 \times 14 \text{ dcm}^3 = 7 \text{ décimètres cubes}$ comme précédemment.

La nouvelle valeur de cette vitesse économique pratique pour les conditions de coupe adoptées est égale à 30 mètres (emploi de la Règle de correction) et elle correspond à un nombre de tours par minute à donner aux pièces égal à 95 et donne à l'outil le même débit moyen 7 décimètres cubes que la vitesse de base 36 mètres.

Dans ce cas, la durée de l'outil pour : $D = 7 \text{ dcm}^3$, $S = 3^{\text{mm}2,25}$, $V = 30 \text{ mètres}$ est égal à 1 h. 12' ou 72' (emploi de la Règle des temps d'usinage) et la durée du chariotage proprement dit d'une pièce à :

$$\frac{400}{95 \times 0,65} = 6',5 \text{ environ.}$$

Dès lors, le nombre de pièces que l'outil peut charioter avant réaffûtage est égal à $\frac{72'}{6',5} = 11$, c'est-à-dire comme dans le même travail à sec, mais le gain obtenu dans le chariotage d'une pièce est de 9',75-6',5, soit de 3' environ.

TRAVAUX DE FRAISAGE. — Soit à exécuter en série, sur une machine à fraiser horizontale par exemple, à l'aide d'une fraise cylindrique en acier au carbone (diamètre 60 millimètres, nombre de dents 10, inclinaison de l'hélice des dents 30°), le travail de fraisage lubrifié défini ci-après sur des pièces d'acier à 50 kilogrammes.

Longueur de la partie à fraiser :	200	millimètres
Largeur — — —	53	—
Épaisseur — — —	3	—

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1
L'avance unitaire (avance par tour et par dent de fraise) étant

égale à $0^{\text{mm}},03$ par exemple, les conditions de coupe sont les suivantes :

Largeur de coupe.....	35 millimètres,
Profondeur de passe.....	3 —
Avance unitaire.....	$0^{\text{mm}},03$.

1° La *vitesse de moindre usure* relative au travail de fraisage considéré (fraise lubrifiée en acier au carbone, acier à 50 kilogrammes) et aux conditions de coupe-types $0^{\text{mm}},05$ (avance unitaire) et 50 millimètres (somme des largeurs de coupe et de passe) est égale à 13 mètres (donné au verso de la Règle de correction).

Le *débit maximum* correspondant de la fraise est égal à 11 décimètres carrés (donné au verso de la Règle des temps d'usinage).

En adoptant la vitesse économique pratique dont la valeur pour les conditions de coupe-types est égale à $13 \text{ m.} + \frac{1}{3} \times 13 \text{ m.} = 17$ mètres environ, le débit correspondant de la fraise est égal à :

$$0,5 \times 11 \text{ dcm}^3. = 5,5 \text{ décimètres cubes.}$$

2° La *nouvelle valeur* de cette vitesse économique pratique relative aux conditions de coupe choisies $0^{\text{mm}},05$ (avance unitaire) et 35 mm. + 3 millimètres ou 38 millimètres (somme des largeurs de coupe et de passe) est égale à 26 mètres et le débit correspondant de la fraise est égal à 5,5 décimètres cubes comme pour la vitesse de base 17 mètres.

Elle correspond à un nombre de tours à donner à la fraise égal à :

$$\frac{26000}{3,1 \times 60} = 138.$$

La *section de passe* est égale à $35 \times 3 = 105$ millimètres carrés ou $1 \text{ cm}^2,05$ et l'*avance par minute* à donner au chariot de la machine à $0,03 \times 10 \times 138 = 40$ millimètres environ ou 4 centimètres.

3° La durée de travail de la fraise avant son réaffûtage, pour les éléments suivants : $D = 5,5 \text{ dcm}^3$, $S = 1 \text{ cm}^2,05$, $V = 4$ centimètres, est égale à vingt-deux heures ou $1320'$ (emploi de la Règle des temps d'usinage).

La durée du fraisage proprement dit d'une pièce étant égale très sensiblement à $\frac{200}{40} = 5'$, le nombre de pièces que la fraise peut usiner avant réaffûtage est égal à $\frac{1.320'}{5'} = 260$ environ.

TRAVAUX DE PERÇAGE. — Supposons qu'il s'agisse de pratiquer, en série et dans des pièces d'acier de 50 à 55 kilogrammes, un trou de $21^{\text{mm}},8$ de diamètre et de 78 millimètres de longueur, à l'aide d'un foret tors lubrifié.

L'avance par tour choisie est de $0^{\text{mm}},25$ par exemple.

1° La *vitesse de moindre usure* relative au travail lubrifié considéré (foret en acier rapide, acier de 50 à 55 kilogrammes) et aux conditions de coupe-types $0^{\text{mm}},25$ (avance par tour) et 25 millimètres (diamètre du foret) égale à 142 tours par minute et le *débit maximum* correspondant à $9,250$ décimètres cubes (voir au verso de la Règle pour le perçage).

En adoptant la vitesse économique pratique dont la valeur pour les conditions de coupe-types est égale à $142 + \frac{1}{3} \times 142 = 189$ tours par minute, le débit moyen correspondant du foret est égal à $0,5 \times 9,250 \text{ dcm}^3 = 4,625$ décimètres cubes.

2° La *nouvelle valeur* de cette vitesse économique pratique pour les conditions de coupe choisies $0^{\text{mm}},25$ (avance par tour) et $21^{\text{mm}}, 8$ (diamètre du foret) est égale à 210 tours par minute et le débit du foret à $4,625$ décimètres cubes comme pour la vitesse de base 189 tours par minute.

La *section du trou percé* est égale à $3,14 \times \frac{21,8^2}{4} = 373$ millimètres carrés ou $3^{\text{cm}^2},73$ et l'*avance par minute* à $0^{\text{mm}},25 \times 220 = 55$ millimètres environ ou $5^{\text{cm}},5$.

3° La *durée de travail* du foret avant réaffûtage, pour les éléments suivants :

$$D = 4,625 \text{ décimètres cubes,} \quad S = 3^{\text{cm}^2},73, \quad V = 5^{\text{cm}},5,$$

égale à 3 h. 45' ou 225' (emploi de la Règle des temps d'usinage).

La durée du perçage proprement dit d'une pièce étant très sensiblement égale à $\frac{78}{55} = 1,4$ environ, le nombre de pièces que le foret peut percer avant réaffûtage est égal à :

$$\frac{225'}{1,4} = 160 \text{ pièces.}$$

CONDITIONS D'EMPLOI DES OUTILS DE TOUR

Quelques règles pour l'affûtage des outils de tours. — Plus l'angle de l'outil sera aigu, plus celui-ci pourra enlever de forts copeaux. Toutefois, ne pas oublier que cette augmentation de l'inclinaison de l'outil accroît les risques d'ébrécher le tranchant. Dans le travail de la fonte, un angle d'inclinaison inférieur à 68° nécessite une vitesse de coupe plus réduite. — L'usinage de l'acier doux, à l'aide d'outils ayant un angle d'inclinaison supérieur à 60° , entraîne une réduction de la vitesse de coupe et une augmentation de la consommation de force.

Plus l'angle d'incidence sera grand, plus l'outil pénétrera dans la matière. Lorsque les outils sont affûtés à la main, l'angle d'incidence doit varier entre 9 et 12° .

Plus l'angle de dépouille sera grand, plus la pression de la pièce contre l'outil se trouvera réduite, c'est-à-dire le diamètre tourné sera d'autant plus précis. Certaines limites doivent cependant être respectées, autrement les copeaux sont conduits contre le porte-outil et s'y coincent facilement. En dépassant les limites indiquées dans le tableau ci-après, l'outil est d'autant plus exposé à plonger dans la pièce.

Plus l'angle de dégagement latéral sera ouvert, plus les copeaux se dégageront facilement sur les côtés et par conséquent ne viendront pas buter contre le porte-outil. En outre, l'effort basculant exercé sur l'outil sera considérablement réduit. Un angle de dégagement latéral, supérieur à celui indiqué dans le tableau ci-dessus, peut aisément faire plonger l'outil.

Les outils en acier rapide sont exécutés avantageusement avec tranchant rapporté, c'est-à-dire formés d'une petite pièce d'acier rapide soudée sur une tige d'un métal d'un prix moins élevé. Pour cela la tige, forgée à son extrémité antérieure, est chauffée au rouge ainsi que la petite pièce en acier rapide. Retirées du feu, elles sont alors recouvertes de poudre à souder, superposées, puis chauffées au blanc.

La trempe de la lamé s'effectue sans égard à la soudure, par chauffage au blanc et refroidissement brusque, soit dans un bain de pétrole, soit dans un violent jet d'air.

Outils de tours standard (Taylor).

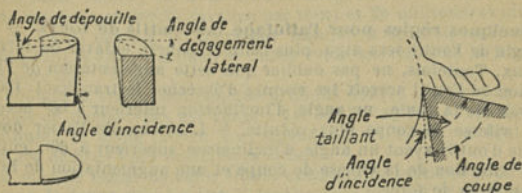


FIG. 53.

MATIÈRE	ANGLE de taillant	ANGLE d'incidence	ANGLE de dépouille	ANGLE de dégagement latéral	ANGLE de coupe
Fonte et acier durs (de plus de 0,45 0/0 de teneur en carbone), résistance à la traction, 45 kilogrammes par millimètre carré	68°	6°	8°	14°	74°
Fonte dure.....	86°-90°	—	—	—	—
Acier dur étiré.....	74°	6°	5°	9°	80°
Acier doux (de moins de 0,45 0/0 de teneur en carbone et inférieur à 45 kilogrammes/millimètre carré de résistance à la traction)....	61°	6°	8°	22°	67°
Acier extra-doux (0,1-0,15 de teneur en carbone et d'environ 34 kilogrammes - millimètre carré de résistance à la traction)	moins de 61°	6°	12°	18°	moins de 67°

CONDITIONS D'EMPLOI DES OUTILS DE PERÇAGE

Influence du mode d'opération sur la rectitude du perçage

— On distinguera :

- 1° Le cas où le foret tourne ;
- 2° Le cas où la pièce tourne.

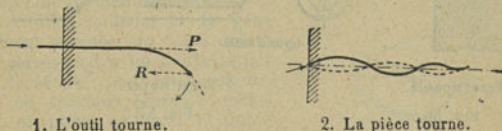


FIG. 54.

Dans le premier cas, si, pour une raison quelconque, le foret vient à dévier, l'action de la pression exercée suivant l'axe de la tige, et celle de la réaction exercée suivant l'axe de la pointe, provoquent un couple qui tend à faire dévier de plus en plus.

La rigidité de l'outil est donc l'élément essentiel de la rectitude du perçage ; le foret américain, qui remplit tout le trou, est donc le meilleur ; le demi-rond est moins rigide ; quant au foret langue d'aspic, c'est le plus mauvais de tous.

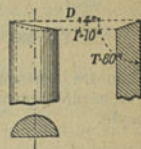
Dans le second cas, lorsque la pièce tourne, la flexibilité du foret tend au contraire à ramener automatiquement le centrage du trou suivant l'axe de rotation, même si on part d'une direction un peu oblique.

Le procédé qui consiste à faire tourner la pièce, et à employer des outils flexibles (foret demi-rond et variantes) est donc celui qu'on devra employer pour le perçage des trous longs (canons, fusils, etc.).

Foret demi-rond. — L'arête coupante est légèrement inclinée (3 à 4°) de façon à ne tailler que sur une moitié du diamètre.

Par suite de sa flexibilité, et de la facilité d'ajouter un tube d'injection d'huile ou d'eau de savon, ce foret est usité pour le perçage de trous de faible diamètre et de grande longueur ; on rend la pièce mobile et le foret est fixe.

Si le trou est de diamètre relativement grand, on fait le foret à plusieurs étages



Foret demi-rond.

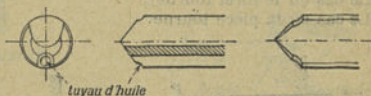
FIG. 55.

Le foret Heyer de la firme Pratt et Whitney, est analogue, sauf qu'il est taillé en cône, et qu'on donne la dépouille, à l'arrière de la force tranchante, suivant une hélice.



Foret épaulé.

Fig. 56.



Foret Heyer.

Fig. 57.

Ce foret, qui se fait également à plusieurs étages, convient bien pour les métaux tendres et acier doux, mais ne vaut pas le demi-rond ordinaire pour les aciers durs et demi-durs.

Foret russe. — Est constitué par un outil-lame fixé à l'extrémité d'un tube.

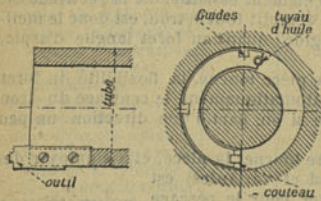


Fig. 58. — Foret russe.

La lame est épaulée pour diviser le copeau.

Ce foret est excellent, la friction faible, le travail réduit, puisqu'on laisse une carotte centrale.

Malheureusement il ne peut pas être employé pour les trous borgnes, puisqu'il faut pouvoir saigner la carotte.

C'est le mode employé pour le perçage des trous de grand

diamètre (âmes de canons, etc.).

Généralement on fait tourner la pièce, quand sa fixation est comode.

Foret américain ou hélicoïdal. — Sauf pour les trous de grande longueur (où l'injection d'huile est à peu près impossible, même avec l'emploi de cannelures ou tuyaux d'huile ménagés dans l'âme), le foret hélicoïdal est l'instrument de perçage par excellence.

En principe, l'inclinaison de l'hélice devrait varier suivant matière

à percer, de façon à ce que l'arête coupante présente l'angle de taillant convenable.

Nous avons vu que pour l'acier cet angle théorique est voisin de 51° , c'est-à-dire une inclinaison d'hélice de 4,5 fois le diamètre.

Pour généraliser, on adopta en général huit fois le diamètre, ce qui convient à peu près pour tous les métaux, excepté très durs ou trempés où l'on augmente T.

Avec une incidence de 10° généralement adoptée, un pas 8 diamètres correspond à un angle de taillant de $58^\circ 30'$; pour les aciers très durs ou spéciaux (chrome, nickel, etc.), on prend un pas = 12 diamètres, ce qui avec la même incidence donne $T = 65^\circ, 20'$.

L'affûtage correct des forets hélicoïdaux est très important; il importe notamment que l'inclinaison des deux faces tranchantes soit rigoureusement symétrique par rapport à l'axe.

Quelques règles pour l'affûtage des mèches. — C'est un fait qu'aucun outil ne subit autant de mauvais traitements que le foret hélicoïdal. Il est donc tout indiqué d'appeler l'attention sur les fautes qui se commettent le plus fréquemment. A l'affûtage comme au réaffûtage du taillant émoussé, on a le plus souvent le tort de donner un angle trop aigu au lieu de le maintenir à 120° ; ou bien, si l'on a conservé cet angle, de donner trop ou trop peu de coupe. Il arrive même que l'arête coupante tombe plus bas que la surface du tranchant, ou bien encore que les deux surfaces ne sont pas sur le même angle.

Il est clair que, dans tous ces cas, on doit s'attendre à ce que le foret s'écaille, se fende ou même se brise tout à fait et il n'est pas possible d'en obtenir de bons résultats.

Une autre faute dans l'emploi des forets consiste dans une vitesse de rotation trop faible.

L'habitude est alors de chercher à compenser la diminution de rendement qui en résulte par un accroissement de la pression sur la mèche, en produisant un copeau épais, ce qui entraîne dans la plupart des cas le bris ou la déchirure du foret.

Nous conseillons donc avec insistance de se conformer au tableau qui suit pour les vitesses, c'est-à-dire de diminuer l'épaisseur du copeau, en augmentant le nombre de tours et en réduisant l'avance-

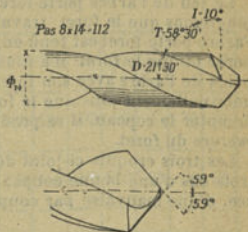


FIG. 59. — Foret américain.

ment de la mèche. De cette façon et avec un graissage et un refroidissement suffisants au moyen d'eau de savon, le foret chauffera moins et les plaintes relatives à une dureté trop faible s'évanouiront d'elles-mêmes.

Le jeu de l'arbre porte-foret est un autre danger à redouter. Aussi longtemps que le foret travaille en plein dans la matière le jeu de l'arbre porte-foret est tenu en suspens; mais dès que la pointe transperce et que le foret n'a plus qu'un faible bord à franchir, tout le poids de l'arbre avec son foret vient aider à l'avancement final. C'est habituellement plus que le foret ne peut supporter et si il ne peut pas dompter le copeau, il se produit naturellement une déchirure ou une rupture du foret.

Les trois croquis ci-joint donnent les aspects de la mèche dans les trois cas d'une bonne coupe, d'une mauvaise par coupe trop prononcée, d'une mauvaise par coupe insuffisante.

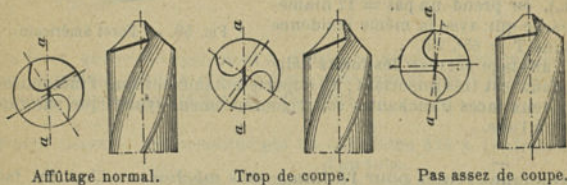


FIG. 60.

En s'établissant de petits calibres à profils, on pourra vérifier aisément et correctement si les meilleures conditions d'attaque sont bien remplies.

Celles-ci se ramènent à trois:

1° L'angle au sommet de la pointe est de 118° (le calibre donne cet angle);

2° Les deux taillants sont *rigoureusement* de même longueur (la partie inclinée du calibre porte à cet effet les divisions graduées);

3° La dépouille ou coupe doit être suffisante sans être exagérée.

Une mèche insuffisamment dépouillée talonne et ne coupe pas franchement.

Dans le cas d'une mèche correctement dépouillée, l'arête qui relie les deux tranchants forme avec eux un angle de 125° environ;

un angle moindre indique une dépouille insuffisante et *vice versa*.

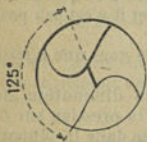


FIG. 61.

Table des vitesses pour mèches hélicoïdales en acier carbone.

Nombre de tours par minute.

L'avancement ne doit pas comporter plus de 0^{mm},25 par tour avec les vitesses de la table ci-dessous.

Diamètre. . . mm.	1	2	5	10	15	20	25	30	35	40	50
Pour l'acier.....	1.800	1.000	450	280	180	120	100	90	80	70	50
Pour le fer.....	2.800	1.400	600	350	220	160	130	110	90	80	65
Pour le laiton.....	3.500	2.200	1.000	450	320	240	180	160	130	110	80

Pour le perçage de la fonte et d'autres matières dures, le nombre de tours est à diminuer en proportion.

Pour le perçage du fer et de l'acier, les mèches doivent être bien réfrigérées avec de l'eau de savon ou de l'huile.

CONDITIONS D'EMPLOI DES OUTILS DE FRAISAGE (1)

Le fraisage est de plus en plus employé dans la construction mécanique.

Les pièces peuvent se faire rapidement et exactement sans une grande habileté. Pour obtenir un rendement avantageux des fraises et pour garantir le meilleur travail, il est important de choisir l'espèce des fraises. D'autre part, il faut faire attention que la fraise travaille en tournant rigoureusement rond; s'il n'en est pas ainsi, le travail exécuté pour une révolution de la fraise sera seulement celui correspondant à une ou deux dents. Cela a pour conséquence, que le travail n'est pas suffisamment propre, que la fraise est émoussée prématurément et que la machine souffre des vibrations produites.

(1) Ces excellentes généralités ci-après sont empruntées aux Aciéries Belmont et Moine à Saint-Etienne.

En second lieu, intervient l'affûtage auquel il faut faire particulièrement attention. Si l'on n'obtient avec un outil droit insuffisamment affûté que des résultats médiocres, il en sera de même et à un bien plus haut degré avec une fraise mal affûtée, elle fait du mauvais travail, s'use rapidement et parfois les dents se cassent. Au cours de l'affûtage, il faut veiller à ce que les dents ne s'échauffent pas trop; c'est pourquoi nous recommandons d'affûter souvent.

Les fraises se divisent en deux groupes d'après la forme de leurs dents coupantes :

- 1° Les fraises à dents aiguës ou à denture droite;
- 2° Les fraises à dents dépouillées ou à profil constant.

Examinons en quoi consiste l'une et l'autre denture :

1° La dent de la fraise à denture aiguë forme un carré irrégulier qui, par l'affûtage de la face coupante B, prend la forme E. A mesure que par l'affûtage la dent prend la forme E, la fraise coupe de moins en moins, elle ne produit plus qu'un simple grattage; de plus, l'intervalle entre les dents diminue après chaque affûtage ainsi que le logement des copeaux: ceux-ci se trouvent comprimés, ce qui érousse rapidement la coupe des dents;



Fig. 62.

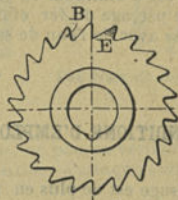


Fig. 63.

2° La dent de la fraise à denture dépouillée a aussi la forme d'un carré; cette forme est beaucoup plus avantageuse, comme l'indique la figure 62 ci-dessus. Il existe un intervalle très grand entre chaque dent pour le logement des copeaux N; l'affûtage de la dent se faisant sur la face A, cet intervalle va en augmentant après chaque affûtage; par la suite, la dent prend la forme indiquée par la lettre D.

Avantages des fraises à denture dépouillée sur les fraises à denture aiguë. — 1° Les fraises à denture dépouillée résistent à un

travail plus dur que les fraises à denture droite à cause de la forme plus robuste de leurs dents ;

2° L'épaisseur du métal enlevé peut être augmentée de 5 à 10 fois plus ;

3° L'affûtage se faisant dans la rainure et parallèlement à la dent (comme l'indique la figure ci-après) sur le devant des dents et non sur le sommet, les fraises conservent rigoureusement le même profil. Grâce à cette façon d'affûter, la dent peut être affûtée aussi longtemps qu'il lui reste assez de résistance ; elles sont, par conséquent, d'une grande durée et, par suite, relativement peu coûteuses, bien qu'elles soient d'un prix plus élevé que les fraises à denture ordinaire ;

4° L'affûtage des fraises à denture aiguë diminue la hauteur des dents et, par suite, le dégagement des copeaux après chaque affûtage : dans les fraises à dents dégagées, c'est le contraire qui se produit.

La fraise à denture dépouillée est supérieure à la fraise à denture aiguë pour toutes les formes et pour toutes les dimensions. C'est le grand avantage que possède la fraise à denture dépouillée lorsqu'il s'agit de conserver exactement un profil, l'affûtage n'offre aucune difficulté et le profil est rigoureusement maintenu. L'emploi des fraises à denture dépouillée se recommande lorsqu'il est question de grosses productions, à cause de leur forme plus robuste.

Si l'on emploie encore les fraises à denture droite malgré les avantages démontrés que possèdent les fraises à denture dépouillée, la raison en est que les fraises à denture droite sont, dans certains cas, meilleur marché et qu'elles cassent moins facilement surtout dans les petits diamètres.

L'affûtage des fraises à denture dépouillée doit être fait avec beaucoup d'attention ; il faut que les surfaces tranchantes des dents soient toujours dirigées suivant le rayon.

Très souvent le défaut consiste en ce que la face antérieure M, au lieu d'être dirigée selon le rayon, a la forme de la dent R.

L'angle de coupe n'a plus le profil convenable ; pendant le travail, la fraise s'échauffe beaucoup parce que la dent travaille très mal et la machine absorbe plus de force. Les surfaces travaillées ne sont pas unies. Les mêmes effets se produisent quand les dents des fraises ne sont pas maintenues en bon état d'affûtage ; elles doivent être affûtées très souvent.

D'autre part, les dents émoussées causent de grandes pertes de temps et, en plus, peuvent occasionner la rupture de la fraise.

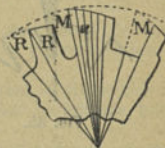


FIG. 64.

Genres de fraises. — Les fraises peuvent s'employer isolément ou en combinaison avec d'autres au moyen de rondelles ou bagues :

1° Les fraises périphériques ont la denture disposée sur la périphérie de la fraise ;

2° Les fraises axiales dont les dents sont parallèles à l'axe de la fraise ;

3° Les fraises frontales dont les dents sont perpendiculaires à l'axe de la fraise ;

4° Les fraises à coupe intérieure dont la denture est dans un alésage.

Affûtage des fraises. — Il est absolument indispensable pour que les fraises donnent un bon rendement de travail que l'affûtage soit fait d'une façon irréprochable, car c'est de l'exactitude de l'affûtage que dépend l'uniformité de la répartition du travail sur toutes les dents,

La forme des fraises à denture droite diffère de beaucoup de la forme des dents des fraises à denture dégagée, leur affûtage présente des différences que nous examinerons séparément :

L'affûtage des fraises à denture dégagée ou à profil constant.

L'affûtage des fraises à denture droite ou fraisée.

1° L'affûtage des fraises à denture dégagée consiste en un affûtage sur la face antérieure des dents (*fig. 65*).

Il faut que les surfaces tranchantes des dents soient toujours dirigées suivant le rayon de la fraise.

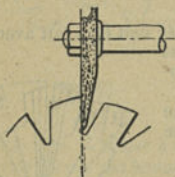


FIG. 65.

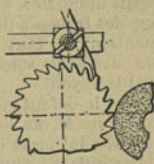


FIG. 66.

Il est absolument nécessaire d'affûter souvent, sinon le tranchant s'arrondit et il faut alors enlever une grande partie de la dent, pour obtenir de nouveau un tranchant parfait, d'ordinaire il suffit d'enlever un dixième.

2° L'affûtage des fraises à denture droite se fait au moyen d'une meule plate (*IRIS* *LILLIAD* Université Lille 1 *me boisseau* (*fig. 67*)).

Dans le premier cas, il se présente plusieurs inconvénients; la dent affûtée suivant la figure 66 se termine par un arc de cercle dont le centre est extérieur, ce qui affaiblit les arêtes coupantes; bien souvent, la dent voisine est endommagée; pour ces raisons, ce mode d'affûtage est très difficile à exécuter.

Nous conseillons le second cas.

L'affûtage indiqué par la figure 67, la dent acquiert des arêtes coupantes beaucoup plus résistantes, on doit tenir compte qu'un seul côté de la meule doit attaquer le métal; pour cela, l'axe du cylindre de l'affûtage n'est pas tout à fait perpendiculaire à la fraise en travail (fig. 67).

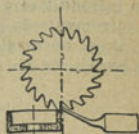


FIG. 67.

NOTIONS SUR LE TRAVAIL DES TôLES

Cintrage des tôles. — Les tôles sont toujours cintrées suivant des profils circulaires ou pouvant se décomposer en profils circulaires élémentaires.

Un cercle est déterminé par trois éléments; ces trois éléments sont constitués par trois rouleaux entre lesquels passera la tôle. La circonférence tangente commune à ces trois circonférences fixe la courbure que prendra la tôle.

Un des premiers appareils construits se composait de deux cylindres fixant et entraînant la tôle, le troisième par sa position déterminait le cintrage.

On peut adopter une infinité de solutions dans la disposition de ces trois cylindres (fig. 68); la plus fréquente pour les grosses tôles est celle du croquis C.

En réalité, il y a trois opérations faites simultanément sur la tôle : un serrage, un cintrage et un entraînement. Les trois rouleaux sont montés sur le même bâti : dans le cas où il faut obtenir une virole fermée, une disposition permet d'ôter le cylindre supérieur.

S'il faut obtenir, ce qui est le cas général, des surfaces cylindriques, les axes des rouleaux seront parallèles; l'obliquité de ces axes donnera des pièces coniques.

Pour avoir une pièce donnée, il faut partir d'une maquette ou

flan qui lui corresponde. Si la surface est développable, le flan devra être le développement exact de la surface à obtenir.

Il peut être nécessaire d'obtenir des surfaces non développables, le flan introduit sera plan cependant; il en résultera des glissements ou étirements de métal pouvant produire des criques. Pour les éviter, il est nécessaire alors d'opérer à chaud et d'augmenter le nombre des passes, en les faisant suivre de recuits.

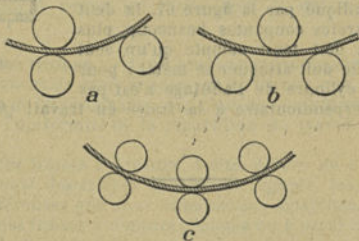


FIG. 68. — Principe du cintrage.

Il faut avoir soin d'introduire la pièce perpendiculairement aux axes des rouleaux pour éviter le gauchissement.

Si une série de tôles destinées à être assemblées sont cintrées successivement, il faut pour avoir des pièces identiques repérer exactement la position des rouleaux lors du dernier passage.

Le cintrage n'est pas toujours possible; dans certaines circonstances une tôle pourrait se comporter comme une lame de plomb qui s'enroulerait autour des cylindres sans s'infléchir régulièrement.

En se cintrant, le métal travaille à l'allongement sur sa fibre extérieure et à la compression sur sa fibre intérieure. Si la limite élastique est atteinte, l'allongement devient permanent, la tôle subira une série de déformations définitives et n'aura pas de cintrage.

D'autre part, en prenant des métaux durs, leur limite élastique sera près de leur résistance à la rupture et ils auront un allongement presque nul; de semblables métaux ne se cintreront pas sans présenter de criques, il ne faut donc pratiquer ces opérations de cintrage que sur des tôles de nuances douces.

Même avec des métaux doux, l'opération se fera plus ou moins bien; le cintrage n'est possible que si l'élasticité du métal est suffisante pour conserver aux réactions des valeurs telles que le frotte-

ment sur les rouleaux entraîneurs puisse assurer l'avancement de la pièce; dans le cas contraire, il faut, soit la pousser, soit la tirer, soit mettre du sable ou prendre des rouleaux cannelés; le mieux serait encore de diminuer la courbure.

Le travail se fait en général à froid; lorsque la déformation est considérable, la tôle est chauffée, mais ce chauffage ne doit pas dépasser 400°; il est toujours mauvais pour le métal, qu'un chauffage sous de petites épaisseurs tend toujours à altérer. On ne doit donc opérer à chaud que très exceptionnellement.

Le cintrage des tôles peut aussi se faire sur mandrin, ce n'est alors qu'un cas particulier de l'emboutissage.

Emboutissage des tôles. — L'emboutissage d'une tôle est l'opération qui consiste à transformer une tôle plane en pièce creuse ayant des rebords sur tout ou partie de son pourtour.

Cette opération est indispensable dans la chaudronnerie; les joints qui sont des parties faibles ne peuvent être placés aux changements de courbure qui sont eux aussi des parties faibles.

Les difficultés rencontrées dans cette opération de l'emboutissage sont de deux sortes; à la courbure il y aura étirage et amincissement du métal; à la partie relevée, il y aura surépaisseur du métal et la conséquence sera une doublure ou une crique.

L'amincissement du métal à la partie courbée est dangereux, car c'est en général le point où il travaille le plus et il est impossible d'y remédier en prévoyant sur ce point une surépaisseur de métal.

Dans le cas de confection de pièces isolées, pour la réparation d'une chaudière par exemple, l'opération se fait à la main. Pour faire un embouti de fond de chaudière, l'ouvrier prend un flan circulaire, martèle la partie centrale en cercles concentriques pour étendre le métal, le flan se déforme et prend une courbure de plus en plus prononcée à mesure qu'on s'écarte du centre. Les bords sont terminés sur des tas en bois. Des opérations de cette nature bien faites servent à reconnaître les bons ouvriers chaudronniers; elles sont indispensables pour la réparation des chaudières.

S'il y a une série de pièces embouties de même nature à exécuter, on fait passer les tôles dans des matrices et étampes appropriées; le procédé est plus rapide, plus sûr et plus économique. Ces matrices et poinçons sont montés sur des presses hydrauliques.

Pour la confection des matrices, on adopte pour la matrice mâle les dimensions exactes de la pièce à emboutir en tenant compte de la dilatation de la tôle.

La matrice femelle est établie ensuite de façon à laisser entre les deux matrices mâle et femelle un jeu égal à l'épaisseur de la tôle plus 3 millimètres. Ces 3 millimètres tiennent compte des excédents

d'épaisseur des tôles et du jeu nécessaire pour éviter les arrachements de la tôle à emboutir.

Les matrices mâles et femelles sont faites en une ou plusieurs parties assemblées au moyen de boulons, suivant les besoins, pour faciliter les montages sur la presse à emboutir.

Les coudes doivent avoir le plus grand rayon possible. L'amincissement est réduit lorsque le jeu entre les deux matrices mâle et femelle est suffisant pour éviter les allongements du métal. Pendant l'opération d'emboutissage, les coudes doivent être obtenus en attaquant le métal le plus loin possible du coude pour éviter les arrachements.

Dans ce but, les matrices femelles ont une forme évasée comme l'indique le croquis ci-contre (fig. 69).

L'amincissement sera aussi évité en ne donnant pas au poinçon une course trop grande par rapport à la matrice.

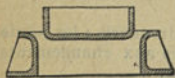


FIG. 69.

Lorsque le bord tombé d'une tôle à emboutir est de dimension importante, il est nécessaire de faire l'emboutissage en plusieurs chaudes successives pour éviter les replis. A la première chaude, le bord est tombé à 30° par exemple, puis à la deuxième chaude il est porté à 60° et terminé si possible à la troisième chaude. La pratique permet seule de déterminer le nombre de chaudes à donner en tenant compte de l'épaisseur des tôles.

On peut obtenir en apportant du soin à l'emboutissage des bords tombés dont la hauteur est égale à quatorze ou quinze fois l'épaisseur de la tôle. Au delà, les plissages sont à craindre.

Si dans l'emboutissage il se produit des plis d'un seul côté, c'est l'indication que le flan n'a pas été serré de ce côté.

Une pièce gauchie est le résultat d'une action non symétrique du poinçon sur la matrice.

Une opération demandant à la tôle une grande déformation est toujours suivie d'un recuit.

Lorsqu'il s'agit de pièces de dimensions importantes (emboutis de chaudière), le travail se fait en général à froid avec des presses à action lente.

On peut arriver à obtenir des emboutis de forme très compliquée. Il suffit d'augmenter suffisamment le nombre des passes, d'opérer à chaud et d'utiliser des presses très puissantes par rapport au poids de la pièce travaillée.

Dans le cas où l'on opère à chaud, les presses doivent être à action rapide pour éviter les déperditions de la chaleur.

Poinçonnage et cisailage des tôles. — Le poinçonnage et le cisailage des tôles se font sur des machines à excentrique munies de gros volants. La force nécessaire est proportionnelle au carré de l'épaisseur de la tôle.

Les lames vont légèrement en oblique pour faciliter le dégagement de la tôle une fois cisailée; l'inclinaison est de $1/20$ environ.

Il est nécessaire pour soulager la presse et l'outillage que le découpage de la tôle ne soit pas simultané sur tout son pourtour; les lames ont une inclinaison de $1/10$ environ et les obliquités de ces lames sont alternées.

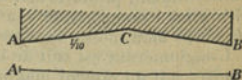


FIG. 70.

Grâce à cette précaution, la plaque de tôle est saisie par un certain nombre de ses points au début du découpage et immobilisée. La justesse de cette opération est ainsi assurée.

Pour découper une ligne AB, le couteau aurait une forme ACB; en descendant, les points A et B sont les premiers maintenus et la pièce ne peut bouger.

Dans le poinçonnage, il faut éviter les arrachements du métal, c'est une question variable avec la nuance du métal et les épaisseurs à poinçonner.

Si des arrachements se produisent, il faut réduire la vitesse, ou au besoin opérer à chaud.

Dans un poinçonnage, il y a lieu de vérifier constamment l'usure et la flexion du poinçon; les dimensions et les positions du trou obtenu en sont en effet la conséquence. Fréquemment l'appareillage fixant la position de la pièce à poinçonner sur la machine-outil porte un guide pour le poinçon. Le guide évite la flexion du poinçon; il est d'autant plus utile que le trou à poinçonner est plus petit et que la course de la machine est plus grande.

NOTIONS SUR LE MEULAGE

On emploie comme matière soit l'émeri naturel ou corindon le plus dur des corps connus après le diamant, soit l'alumine fondue, soit le carborundum, produits artificiels. On fait aussi des meules bon marché, dites « composition » avec du sable ou du sillex concassé, c'est un corps bien moins dur que l'émeri.

L'agglomérant est soit de la gomme laque, soit du caoutchouc vulcanisé, soit du ciment magnésien, ce dernier donnant les meules les plus dures, insensibles à la chaleur. Enfin viennent les meules céramiques ou vitrifiées, dans

lesquelles le grain est lié par un fondant qui se vitrifie à haute température.

Les meules tendres à gros grain sont usitées pour le dégrossissage; les meules très dures, à grain serré, sont usitées pour la rectification ou l'affûtage.

Une meule est faite pour travailler à une certaine vitesse tangentielle fixée par le fabricant, fréquemment voisine de 25

m : sec. Au-dessous de la vitesse fixée, la meule s'émiette sans produire de bon travail; au-dessus elle peut se fissurer, éclater ou se vitrifier par l'excès de chaleur.

Formes de meules. —

On distingue essentiellement : 1° meules travaillant pour la périphérie (cylindrique ou aiguë); 2° meules travaillant sur la tranche (lapidaires verticaux ou horizontaux).

Les premières sont généralement montées entre deux plateaux, sur des axes fixes ou interchangeables; les secondes par un emmanchement cône.

Pour serrer énergiquement sans détériorer les meules, on interpose généralement du feutre du carton ou du tissu caoutchouté.

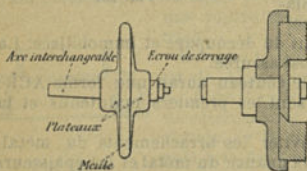
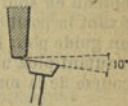


Fig. 71.

Meules en bout:



Meules sur plat:

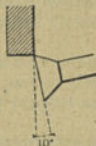


Fig. 72.

Choix des meules. — De plus en plus, à part les meules d'ébarbage très grossières, on tend à substituer à l'émeri naturel les produits alumineux artificiels dont les plus connus sont ceux mis sur le marché par la C^{ie} Norton sous le nom d'alundum et de crystolon.

La meilleure qualité d'émeri est l'émeri de Naxos; il contient environ 60 0/0 d'alumine, qui est l'élément résistant de l'abrasif. Les émeris ordinaires n'en contiennent guère plus de 10 à 30 0/0. L'oxyde de fer magnétique s'y rencontre en grande quantité, sous forme de grains séparés et de grains mélangés à ceux du corindon.

Par contre, les abrasifs alumineux artificiels Norton possèdent les degrés de pureté suivants: L'Alundum ordinaire contient plus de 90 0/0; d'alumine, l'Alundum n° 19, plus de 92 0/0 et l'Alundum n° 38 plus de 98 0/0; pratiquement, l'oxyde de fer magnétique ne s'y rencontre pas :

En résumé, les abrasifs alumineux artificiels Norton sont supérieurs aux émeris parce que :

1° Ils contiennent un plus grand pourcentage d'alumine.

2° Les grains étant exempts d'impuretés, présentent une meilleure adaptation de résistance pour le travail à exécuter.

Les deux points principaux à envisager pour le choix d'une meule sont le *grain* et le *grade*; par « grain » il faut entendre la grosseur des particules coupantes de l'abrasif dont est constituée la meule, et par « grade » il faut entendre le degré de dureté de la meule, on force de cohésion des grains entre eux.

Les grains standard sont les suivants du très fin au très gros.

TRÈS GROS	GROS	MOYEN	FIN	TRÈS FIN
8	20	40	80	150
10	24	50	90	180
12	30	60	100	200
14	36	70	120	
16				

Les grades standard sont les suivants du très tendre au très dur.

TRÈS TENDRE	TENDRE	MOYEN	DEMI-DUR	DUR	TRÈS DUR
G	H	L	O	R	W
F	I	M	P	S	Z
—	J	N	Q	T	
	K			U	

Le tableau général ci-après résume tous les facteurs d'influence qu'il importe d'examiner pour choisir en meilleure connaissance de cause le type de meule convenant le mieux à un travail voulu.

Choix de l'abrasif. — Facteurs d'influence :

Propriétés physiques de la matière à travailler	Employer les meules en Alundum pour les matières de grande résistance à la traction.	}	Aciers au Carbone.
			Aciers spéciaux.
			Aciers ordinaires.
			Aciers recuits.
			Fers corroyés.
			Fers malléables.
			Bronzes très durs,
			Tungstène, etc.
			Fonte grise.
			Fontes de moulage.
			Laiton et bronze.
			Cuivre et Aluminium.
			Marbre.
			Graphite.
			Perle.
			Caoutchouc.
			Cuir, etc.
	Employer les meules en Crystolon pour les matières de basse résistance à la traction.		

Choix du procédé de fabrication. — Facteurs d'influence

Dimensions des meules	Les meules de plus de 915 m/m de diamètre sont faites par le procédé Silicate.	}	Les meules pour le tronçonnage, et extrêmement fines, peuvent être faites par les procédés élastiques et vulcanite.
			Les meules destinées à être soumises à des pressions inégales et devant présenter un certain degré d'élasticité peuvent être faites par les procédés élastique et vulcanique.
Vitesse de production	Employer les meules vitrifiées pour les productions les plus rapides.		
Fini désiré	Employer les meules silicate au lieu des meules en grès naturel pour la coutellerie, etc.		
	Employer les meules élastique pour le haut fini désiré, quand le facteur production n'est par une nécessité.		

Choix du grain. — Facteurs d'influence :

Quantité de de matière à enlever	}	Employer des meules à gros grains pour les fortes quantités à enlever.
Fini désiré		Employer des meules à grains fins pour les beaux finis, sauf dans les opérations de meulage à la machine.
Propriétés physiques des matières à travailler	}	Employer les meules à gros grains pour les matières ductiles, et des meules à grains plus fins pour matières dures, ou à textures lisse.

Choix du grade. — *Facteurs d'influence :*

Propriétés physiques de la matière travaillée	}	Employer des meules dures pour le travail des matières tendres et inversement
Surface de contact		Plus la surface de contact sera étroite, plus la meule devra être dure.
Vitesse de la pièce	}	Plus la vitesse de la pièce sera grande, plus le grade devra être dur et inversement.
État de la machine		Les paliers peuvent être ajustés. La machine peut être parfaitement fixée. La machine doit être de construction rigide.
Habilité de l'ouvrier	}	Un ouvrier habile peut employer des meules plus tendres qu'un ouvrier maladroit, c'est-à-dire que les meules tendres signifient « production plus économique ».
		Le travail aux pièces nécessite des meules plus dures que le travail à la journée.

Machines à rectifier. — Les machines à rectifier ont pris ces dernières années une extension de plus en plus grande. Elles sont nécessaires, pour pouvoir produire, dans un temps relativement court, des pièces d'une très grande précision.

Dans le but de les simplifier autant qu'il est possible, on a cherché à spécialiser la plupart des machines à rectifier, supprimant sur chacune d'elles en faveur des qualités désirables, tout ce qui pouvait être un supplément inutile et par conséquent une complication. On rencontre couramment des machines spéciales pour la rectification de vilebrequins d'automobile, pour la rectification des arbres à cames, la rectification des engrenages, etc... Certaines machines sont équipées avec deux meules de diamètres différents permettant d'obtenir sur une même pièce, des parties rectifiées à des cotes différentes.

D'autres machines sont prévues avec des meules très larges pour la rectification en plongée, c'est-à-dire sans chariotage. Un dispositif mis au point par la Norton Co sur ce dernier modèle de machine permet d'obtenir automatiquement un déplacement longitudinal de la meule d'une amplitude de quelques millimètres, afin d'avoir à la face, les avantages du travail en plongée et l'usure régulière résultant du travail avec chariotage.

Enfin, le plus récent type de machine spéciale qui soit apparu sur le marché est la machine dite, sans centre, dans laquelle les pièces glissant sur un guide, passent entre deux meules, dont l'une les rectifie et l'autre les entraîne. Cette machine a permis d'augmenter considérablement la production de certaines pièces cylindriques faites en grande série et qu'on peut ainsi obtenir avec une très grande précision.

Nous ne pouvons songer naturellement à donner la description dans ce petit formulaire de ces diverses machines.

Emploi et entretien des meules. — Respecter les conditions de vitesse circonférentielle et de travail à sec ou à l'eau pour lesquelles la meule a été prévue.

Avoir soin que la meule tourne *bien rond* ; c'est essentiel. Dans ce but entretenir toujours sans jeu les tourillons de l'arbre de la meule dans le coussinet, afin d'éviter des excentrages dus à l'usure.

Toujours disposer les pièces sur appui mobile qu'on fait aller et venir tout le long de la meule pour éviter usure inégale, gorges et déformations sur la tranche de la meule. Cet appui doit être aussi rapproché que possible de la meule pour éviter entraînement et coincement de la pièce à meuler.

N'appuyer que *légèrement* la pièce sur la meule ; la pression est inutile et au contraire nuisible.

La correction et l'avivage de la tranche des meules se fait par des ou-

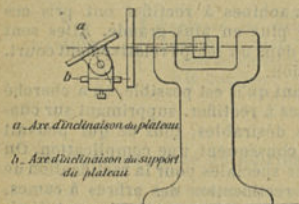


Fig. 73.

tils en diamant, ou plus simplement par des molettes d'acier trempé très dur en forme de coupelle (fig. 73), qui attaquent la meule à retoucher sous un angle de 10° environ.

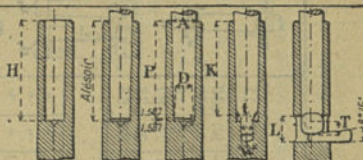
Pour les grandes meules, la molette est montée sur une boîte à translation, faisant une véritable machine.

Pour les petites meules on peut opérer simplement à la main en montant la molette sur un manche en bois.

EMMANCHEMENTS CONES POUR MONTAGE D'OUTILS

Série des cônes Brown et Sharpe.

Tous les cônes Brown & Sharpe ont une conicité 1:24
Leur échelle n'est pas régulière, plusieurs grandeurs sont exécutées en différentes longueurs

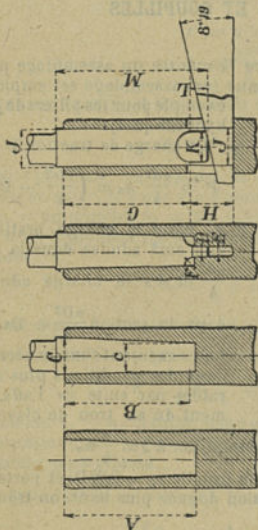


N ^o	Diamètre du cône à l'extrémité la plus faible	Diamètre à l'extrémité de la douille	Longueur normale du cône	Longueur de l'alesage conique	Longueur de la douille jusqu'à la lumière	Longueur de la lumière pour le chasse-cône	Hauteur du meneur	Épaisseur du meneur	Largeur de la lumière pour le chasse-cône
	D mm.	A mm.	P mm.	H mm.	K mm.	L mm.	T mm.	t mm.	w mm.
1	5,08	6,07	23,81	26,99	23,81	9,52	9,52	3,17	3,43
2	6,35	7,59	30,16	33,34	29,76	12,70	6,35	3,97	4,21
3	7,92	9,78	44,45	47,62	43,65	15,87	7,94	4,76	5,00
3	7,92	10,03	60,80	53,97	50,00	15,87	7,94	4,76	5,00
4	8,89	10,21	31,75	34,92	30,56	17,46	8,73	8,73	5,79
5	11,43	13,28	44,45	47,62	42,86	19,05	9,52	6,35	6,60
6	12,70	15,21	50,32	63,50	58,34	22,22	11,11	7,14	7,39
6	12,70	16,13	82,55	85,72	80,56	22,22	11,11	7,14	7,39
7	15,24	18,41	76,20	79,37	73,82	23,81	11,91	7,94	8,18
7	15,24	19,46	101,60	104,77	73,82	23,81	11,91	7,94	8,18
8	19,05	22,80	90,48	93,66	87,71	25,40	12,70	8,73	8,96
9	22,86	27,08	101,60	104,77	98,42	28,57	14,29	9,52	9,78
10	26,53	32,00	127,00	130,17	123,03	33,34	16,67	11,11	11,35
10	26,53	32,74	144,46	147,63	140,49	33,34	16,67	11,11	11,35
10	26,53	33,32	157,95	161,13	153,98	33,34	16,67	11,11	11,35
11	31,75	38,39	171,45	174,62	167,48	33,34	16,67	11,11	11,35
12	38,09	45,62	180,97	184,15	176,21	38,00	19,05	12,70	12,95

Série des cônes métriques.

		Cônes avec meneur										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Diamètre maximum du cône Longf. du cône dans la douille Longf. du cône hors de douille Diamètre minimum du cône Longueur du meneur Épaisseur du meneur	D	12	18	24	32	40	50	60	70	80	90	100
	$L = 2D + 60$	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260
	$l = 0,1D$	4	4	4	4	4	5	6	7	8	9	10
	$d = 0,9D - 3$	9	14	19	26	33	42	51	60	69	78	87
	$a = 0,2D + 8$	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
$b = 0,3D + 2$	5	6,5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	
		Cônes à bout fileté										
Diamètre maximum du cône Longf. du cône dans la douille Longf. du cône hors de douille Diamètre minimum du cône	D	24	32	40	50	60	70	80	90	100	"	"
	$L_1 = 1,8D + 52$	88	106	124	142	160	178	196	214	232	"	"
	$l = 0,1D$	4	4	4	5	6	7	8	9	10	"	"
	d_1	19,6	26,7	33,8	42,9	52	61,1	70,2	79,3	88,4	"	"
		Cône intérieur de la douille ou dimensions de la queue de l'alesoir										
Diamètre maximum du cône Longf. du cône dans la douille Longf. du cône hors de douille Diamètre minimum du cône	D	12	18	24	32	40	50	60	70	80	90	100
	$L_2 = 1,85D + 52$	54	71	88	108	126	144,5	163	181,5	200	218,5	237
	l	4	4	4	4	4	5	6	7	8	9	10
	d_2	9,3	14,45	19,6	26,6	33,7	42,775	51,85	60,925	70	79,075	88,15

Série des cônes Morse.



N°	A	B	C	c	D	E	F	G	H	J	j	K	L	M	Conicité %
0	52.387	50.800	9.042	6.400	3.968	4.064	3.968	49.212	14.287	9.245	6.477	5.969	6.350	59.531	5 1/4
1	55.562	53.975	12.065	9.372	5.159	5.410	4.762	52.387	19.650	12.217	9.448	8.712	9.525	65.087	5
2	66.675	65.087	17.780	14.528	6.350	6.004	6.350	63.500	22.225	18.034	14.605	13.494	11.112	79.375	5
3	82.550	80.962	23.825	19.761	7.937	8.178	7.143	79.375	26.987	24.054	19.837	18.256	14.287	98.425	5
4	104.77	103.19	31.267	25.908	11.906	12.141	7.937	101.60	31.750	31.597	25.984	24.606	15.875	123.82	5 1/4
5	133.35	131.76	44.373	37.465	15.875	16.129	9.525	130.17	38.100	44.729	37.566	35.719	19.050	155.57	5 1/4
6	187.32	185.74	62.407	53.746	19.050	19.304	12.700	177.80	44.450	63.678	53.822	50.800	22.225	211.14	5 1/4
7	255.59	254.00	83.058	69.850	28.575	28.829	19.050	241.30	66.675	83.489	69.926	66.675	34.925	295.27	5 1/4

CHAPITRE VI

ÉLÉMENTS D'ASSEMBLAGE

CLAVETTES ET GOUPILLES

Clavettes en coin. — La figure 74 montre un assemblage par clavette en coin pour charge continue (cet assemblage est employé par exemple pour les piliers de presses hydrauliques).

La charge de traction P est :

$$P = \frac{\pi d^2}{4} k_a = \left(\frac{\pi D^2}{4} - D s_1 \right) k'_a$$

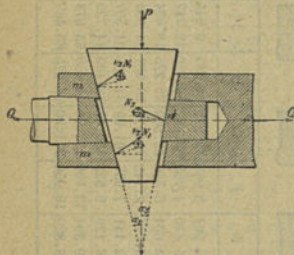


Fig. 74.

k_a étant la charge pratique en $\text{kg} : \text{cm}^2$ admise dans la section $\frac{\pi d^2}{4}$ et k'_a la charge admissible

dans la section $\frac{\pi D^2}{4} - D s_1$. L'effort s'exerçant dans le second cas dans des conditions plus défavorables par suite de l'affaiblissement dû au trou de clavette, on

prend toujours $k'_a < k_a$, et pour simplifier $k'_a = \frac{\pi}{4} k_a$.

En prenant pour s_1 la proportion usuelle $s_1 = 0,25D$, et portant ces valeurs de s_1 et k'_a dans l'expression donnée plus haut, on trouve :

$$D = d \sqrt{\frac{4}{\pi - 1}} = \frac{4}{3} d \text{ en chiffres ronds.}$$

La pression k au contact sur la section $D s_1$ entre la clavette et la tige se tire de :

$$D s_1 k = \frac{\pi d^2}{4} k_a = \frac{D^2}{4} k ;$$

d'où

$$k = \frac{7}{4} k_a \text{ environ.}$$

On admet cette même pression pour le manchon extérieur à la tige, de sorte qu'on a :

$$2s_1 k' = D s_1 k,$$

d'où l'on tire $s = 0,5D$;

la hauteur moyenne h_1 de la clavette se tire des formules de flexion. On a :

$$\frac{P}{2} \left(\frac{D}{2} + \frac{s}{2} - \frac{D}{4} \right) = \frac{s_1 h_1^2}{6} k_f,$$

dans laquelle k_f est la charge admissible à la flexion,

$$s_1 = 0,25D$$

et

$$s = 0,5D,$$

$$P = \frac{\pi d^2}{4} k_a.$$

Portant ces valeurs et tirant celle de h_1 , on trouve

$$h_1 = d \sqrt{\frac{3\pi}{2} \cdot \frac{k_a}{k_f}}.$$

En règle générale, on suppose la tige en fer soudant ou fondu, et la clavette en acier, de sorte que d'après les charges pratiques indiquées au chap. iv on prendra $k_a = 900$ et $k_f = 1.350 \text{ kg/cm}^2$.

Dans cette hypothèse on trouve pour h_1 les valeurs approximatives simplifiées :

$$h_1 = \frac{7}{4} d = \frac{4}{3} D.$$

La pente donnée à la clavette est comprise entre $\frac{1}{20}$ et $\frac{1}{15}$. La hauteur h est généralement prise égale à :

$$h = \frac{2}{3} h_1 \quad \text{ou} \quad \frac{7}{9} h_1$$

et l'on admet $h_2 = h_1$ étant supposé que, l'effort total en tenant compte des circonstances extérieures, supportées par le manchon, n'exige pas une hauteur plus grande.

Clavettes plates. — Suivant leur forme, on distingue les lan-

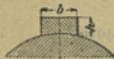


FIG. 75.

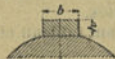


FIG. 76.

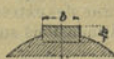


FIG. 77.



FIG. 78.

guettes et les clavettes proprement dites, qui ont une tête ou talon et une inclinaison de l'une des faces (coin).

La languette a seulement pour but d'arrêter un moyeu sur un arbre ;

elle ne produit pas de tension, et on l'emploie surtout lorsque le moyeu doit se déplacer longitudinalement, tout en restant solidaire de l'arbre.

Suivant le mode de fixation entre le moyeu et l'arbre, on distingue :

La clavette à friction (*fig. 75*); la clavette à méplat (*fig. 76*), pour les petites forces et faibles dimensions;

La clavette plate (*fig. 77*), qui est la clavette classique; elle doit être encastrée dans l'arbre sur la moitié de sa hauteur exactement.

La clavette tangentielle (*fig. 78*), qui est l'assemblage présentant le maximum de sécurité en présence de chocs, ou de renversements fréquents et rapides du sens de rotation.

Les dimensions usuelles des clavettes pour différents diamètres d'arbres jusqu'à 180 millimètres sont données dans le tableau des pages suivantes.

Clavettes demi-rondes. — La clavette demi-ronde, dite Woodruff, présente une grande supériorité sur la clavette plate tant au point de vue de la facilité et de la précision du rainurage que de la sécurité

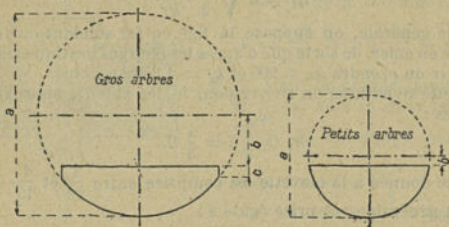


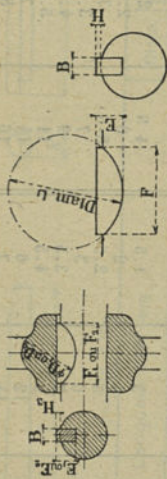
Fig. 79.

du clavetage, l'ajustage pouvant être très rigoureux. L'encastrément dans le moyeu à claveter sera pris de la même hauteur que pour la clavette plate.

Le démontage de la clavette s'opère sans détérioration de celle-ci en frappant à plat sur l'une des extrémités.

Elles se font en trois dimensions suivant tableau ci-après.

Série unifiée des clavetages demi-ronds
d'après la Commission permanente de Standardisation



CLAVETTES DEMI-ROUNDES

Diamètre d'arbre A	Largeur B	Saillie par rapport à l'arbre H	Clavette courte			Clavette moyenne			Clavette longue		
			Longueur F_1	Épaisseur E_1	Diamètre de la Fraise D_1	Longueur F_2	Épaisseur E_2	Diamètre de la Fraise D_2	Longueur F_3	Épaisseur E_3	Diamètre de la Fraise D_3
7 à 9	3	1.4	9	4	12	12	4.5	16	20	6	30
10 à 14	4	1.7	12	5	18	18	6	24	30	8	48
16 à 20	6	2.1	19	7	24	27	9	36	39	10	60
22 à 27	8	2.9	26	11	36	36	12	48	48	12	72
30 à 36	10	3.1	31	13	45	48	15	60	60	16	90
40 à 50	12	3.8	38	15	56	56	18	72	76	20	110

Les données techniques de ce document ont été établies en collaboration avec les organismes nationaux de normalisation et de certification.

Série unifiée des clavetages ordinaires et coulissants
d'après la Commission permanente de Standardisation

Diamètres des Arbres $\frac{D}{mm}$	CLAVETAGE ORDINAIRE			CLAVETAGE COULISSANT		
	Largeur de la rainure $\frac{b}{mm}$	Clavette, gros bout Épaisseur $\frac{E_1}{mm}$	Clavetage ordinaire à talon Saillie par rapport à l'arbre, gros bout $\frac{H_1}{mm}$	Clavetage coulissant Saillie par rapport à l'arbre $\frac{H_2}{mm}$	Épaisseur de la clavette $\frac{E_2}{mm}$	Diamètres des vis $\frac{a}{mm}$
A	B	C ¹	H ¹	H ²	C ²	a
7 à 9	3	3	1.5	2	4.5	9
10 à 14	4	4	2	2.5	6	9
16 à 20	6	5	2.5	3	8-6	3
22 à 27	8	6	3	3.5	7	4
30 à 36	10	7	3.5	4.5	9	5
39 à 48	12	9	4.5	6	11	6
52 à 64	16	12	6	7	14	8
68 à 80	20	14	7	8	16	10
85 à 105	24	16	8	10	20	10
110 à 130	30	20	10	12	24	14
135 à 160	36	24	12	13.5	30	14
165 à 200	38	27	13.5		36	18

BOULONS, ÉCROUS ET RONDELLES

Tableau des boulons et écrous réguliers S. I. — Les dimensions du tableau ci-dessous ont été établies comme suit :

Les diamètres nominaux de 6 et au-dessus, ainsi que les pas de filetage, hauteurs et diamètres de têtes et d'écrous y afférents, conformément aux règles du système international définies par le Congrès de Zurich du 2 au 4 octobre 1898 et par la Conférence internationale du 20 octobre 1900.

Les diamètres de 3, 4 et 5, ainsi que les pas de filetage, hauteurs et diamètres de têtes et d'écrous y afférents, conformément aux règles établies arbitrairement et adoptées d'ailleurs par un grand nombre d'industriels et la plupart des grandes administrations, dont la Marine nationale française.

Les croquis se réfèrent au tableau ci-après :

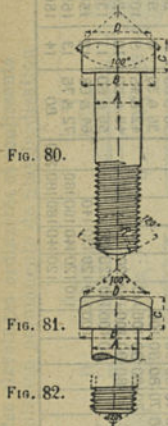


Fig. 80.

Fig. 81.

Fig. 82.

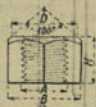


Fig. 83.



Fig. 84.



Fig. 85.

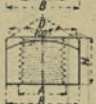


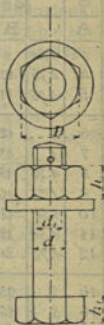
Fig. 86.

Tableau des vis, boulons et écrous de petit diamètre. — Pour les assemblages par vis de 2,5 à 12 millimètres, on trouvera plus loin le tableau de normalisation des vis à métaux à tête ronde, fraisée, sur pans, etc., généralement adoptées dans les constructions mécanique et électrique françaises.

Diamètre nominal	Pas	Boulons						Épingle (Fig. 3)	Ecrus					
		Têtes 6 pans (Fig. 1)			Têtes carrées (Fig. 2)				Six pans et carrés (Fig. 4 & 7)					
		Quantité de la tête sur plateau	Hauteur de la tête	Quantité de plat sur la tête	Quantité de la tête sur plateau	Hauteur de la tête	Quantité de plat sur la tête		Hauteur écrou nominal (1)	Hauteur écrou (2)	Diamètre sur plateau	Quantité de plat sur la tête (4)	Rayon de l'écrou	Quantité de Claf
A	B	C	D	B	C	D	R	H	E	B	D	r		
3 $\frac{1}{2}$	0,50	8	2,10	6,50	8	2,10	6,50	4	3	1,80	8	6,50	1	9
4	0,75	10	2,80	8,50	10	2,80	8,50	4	4	2,40	10	8,50	2	11
5	0,75	11	3,50	9,50	11	3,50	9,50	4	5	3	11	9,50	2,50	12
6	1	12	4,20	10,50	12	4,20	10,50	5	6	3,6	12	10,50	3	13
7	1	13	4,90	11,5	13	4,90	11,50	5,5	7	4,20	13	11,50	3,50	14
8	1,25	15	5,60	13	15	5,60	13	6,5	8	4,80	15	13	4	16
9	1,25	16	6,30	15	16	6,30	15	7	9	5,40	16	15	4,50	17
10	1,50	18	7	16	18	7	16	8	10	6	18	16	5	19
11	1,50	19	7,70	17	19	7,70	17	9	11	6,60	19	17	5,50	20
12	1,75	21	8,40	19	21	8,40	19	9	12	7,20	21	19	6	22
14	2	23	9,80	21	23	9,80	21	11	14	8,40	23	21	7	24
16	2	26	11,20	24	26	11,20	24	11	16	9,60	26	24	8	27
18	2,5	29	12,60	26	29	12,60	26	15	18	10,80	29	26	9	30
20	2,5	32	14	29	32	14	29	15	20	12	32	29	10	33
22	2,5	35	15,40	31	35	15,40	31	19	22	13,20	35	31	11	36
24	3	38	16,80	34	38	16,80	34	19	24	14,40	38	34	12	39
27	3	42	18,20	38	42	18,20	38	22	27	16,20	42	38	13,5	43
30	3,5	46	21	42	46	21	42	24	30	18	46	42	15	47
33	3,5	50	23,10	45	50	23,10	45	24	33	19,80	50	45	16,5	51
36	4	54	25,20	49	54	25,20	49	26	36	21,60	54	49	18	55
39	4	58	27,30	53	58	27,30	53	26	39	23,40	58	53	19,5	59
42	4,5	63	29,40	58	63	29,40	58	35	42	25,20	63	58	21	64
45	4,5	67	31,50	61	67	31,50	61	35	45	27	67	61	22,5	68
48	5	71	33,60	65	71	33,60	65	43	48	28,80	71	65	24	72
52	5	77	36,40	71	77	36,40	71	Spécification devant Fig. 3	52	31,20	77	71	26	78
56	5,5	82	39,20	76	82	39,20	76		56	33,60	82	76	28	83
60	5,5	88	42	81	88	42	81		60	36	88	81	29	89
64	6	94	44,80	87	94	44,80	87		64	38,40	94	87	32	95
68	6	100	47,60	93	100	47,60	93		68	40,80	100	93	34	101
72	6,5	105	50,40	97	105	50,40	97		72	43,20	105	97	36	106
76	6,5	110	53,20	102	110	53,20	102		76	45,60	110	102	38	111
80	7	116	56	108	116	56	108		80	48	116	108	40	117

Tableau des boulons et écrous Withworth.

Diamètre nominal d		Diamètre du noyau d_1		Nombre de filets au pouce.	Hauteur de l'écrou h		Charge pratique	
pouce	m/m	pouce	m/m		m/m	m/m		
1/4	6.3	0.186	4.72	20	6	4	15	100
5/16	7.9	0.241	6.09	18	8	6	16	150
3/8	9.5	0.226	7.36	16	10	7	19	220
7/16	11.1	0.346	8.64	14	11	8	21	300
1/2	12.7	0.393	9.91	12	13	9	23	390
5/8	15.9	0.509	12.92	11	16	11	27	610
3/4	19.0	0.622	15.74	10	19	13	33	865
7/8	22.2	0.733	18.74	9	22	15	36	1180
1	25.4	0.840	21.33	8	25	18	40	1550
1 1/8	28.6	0.942	23.87	7	29	20	45	1970
1 1/4	31.7	1.067	26.92	7	32	22	50	2400
1 3/8	34.9	1.162	29.46	6	35	24	54	2920
1 1/2	38.1	1.287	32.68	6	38	27	58	3480
1 5/8	41.3	1.369	35.28	5	41	29	63	4090
1 3/4	44.4	1.494	37.84	5	44	32	67	4730
1 7/8	47.6	1.591	40.38	4 1/2	48	34	72	5440
2	50.8	1.716	43.43	4 1/2	51	36	76	6200
2 1/4	57.1	1.930	49.02	4	57	40	85	7800
2 1/2	63.5	2.180	55.37	4	64	45	94	9700
2 3/4	69.8	2.384	60.35	3 1/2	70	49	103	11700
3	76.2	2.634	66.80	3 1/2	76	53	112	13950
3 1/4	82.5	2.867	72.57	3 1/4	83	58	121	16350
3 1/2	88.9	3.107	78.92	3 1/4	89	62	130	18950
3 3/4	95.2	3.323	84.40	3	95	67	136	21750
4	101.6	3.573	90.75	3	102	71	147	24700
4 1/4	107.9	3.805	96.65	2 3/4	108	76	156	28000
4 1/2	114.3	3.055	103.00	2 3/8	114	80	165	31500
4 3/4	120.6	4.285	108.84	2 3/8	121	85	174	34800
5	127.0	4.535	115.19	2 3/8	127	89	183	38700
5 1/4	133.3	4.790	121.67	2 3/8	133	93	192	42700
5 1/2	139.7	5.020	127.51	2 3/8	140	98	201	46800
5 3/4	146.0	5.238	133.05	2 1/2	146	102	209	51200
6	152.4	5.488	139.40	2 1/2	152	106	218	55800



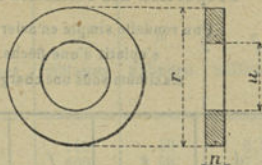
Poids de 100 boulons S. I. en acier, y compris têtes et écrous 6 pans.

Longueur tête non comprise mm	Diamètres.									
	6	7	8	9	10	11	12	14		
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.		
10	0,833	1,289	1,756	2,806	3,670	4,828	6,337	10,291		
15	0,943	1,539	1,952	3,054	3,976	5,198	6,778	10,891		
20	1,053	1,589	2,148	3,302	4,282	5,568	7,188	11,490		
25	1,163	1,739	2,344	3,550	4,588	5,958	8,069	12,090		
30	1,273	1,889	2,540	3,798	4,894	6,308	8,509	12,600		
35	1,383	2,039	2,736	4,046	5,200	6,678	8,950	13,289		
40	1,493	2,189	2,932	4,294	5,506	7,048	9,390	13,889		
45	1,603	2,339	3,128	4,542	5,842	7,418	9,831	14,448		
50	1,713	2,489	3,324	4,790	6,118	7,788	10,271	15,067		
55	1,823	2,639	3,530	5,038	6,424	8,158	10,712	15,687		
60	1,933	2,789	3,716	5,286	6,730	8,258	11,152	16,286		
65	2,043	2,939	3,912	5,534	7,036	8,898	11,593	16,886		
70	2,153	3,089	4,108	5,782	7,342	9,268	12,033	17,485		
75	2,263	3,239	4,304	6,030	7,648	9,638	12,474	18,085		
80	2,373	3,389	4,500	6,278	7,954	10,008	12,914	18,684		
85	2,483	3,539	4,696	6,526	8,260	10,378	13,355	19,284		
90	2,593	3,689	4,892	6,774	8,566	10,748	13,795	19,885		
95	2,703	3,839	5,088	7,022	8,872	11,118	14,236	20,485		
100	2,813	3,989	5,284	7,270	9,178	11,488	14,676	21,082		
110		4,289	5,676	7,518	9,484	11,858	15,116	21,678		
120		4,589	6,068	8,014	10,096	12,598	15,557	22,281		
130		4,889	6,460	8,510	10,708	13,338	16,438	23,480		
140			6,852	9,006	11,320	14,078	17,319	24,679		
150			7,244	9,502	11,932	14,818	18,200	25,878		
160			7,636	9,998	12,544	15,558	19,081	27,077		
170				10,494	13,156	16,298	19,962	28,276		
180				10,990	13,768	17,038	20,843	29,475		
190				11,486	14,380	17,778	21,724	30,674		
200					14,992	18,518	22,605	31,875		

Poids de 100 boulons S. I. (suite).

Longueur tête non comprise	Diamètres							
	16	18	20	22	24	27	30	33
m/m	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
20	16,340	22,120	30,152	36,000	47,300	63,500	86,000	110,150
25	16,123	23,111	31,376	37,400	49,000	65,850	88,750	113,500
30	16,906	24,102	32,600	38,850	49,000	68,100	91,500	116,800
35	17,689	25,094	33,824	40,300	52,650	70,330	94,250	120,120
40	18,472	26,086	35,048	41,750	54,400	72,530	97,000	123,450
45	19,255	27,077	36,272	43,200	56,200	74,830	99,750	127,000
50	20,038	28,068	37,496	44,700	58,000	77,200	102,500	130,200
55	20,821	29,060	38,720	46,200	59,750	79,200	105,250	133,400
60	21,604	30,051	39,944	47,700	61,500	81,410	108,000	136,850
65	22,387	31,043	41,168	49,200	63,250	83,650	110,750	140,100
70	23,170	32,034	42,392	50,650	65,000	85,900	113,500	143,500
75	23,953	33,026	43,616	52,100	66,750	88,100	116,250	146,820
80	24,736	34,017	44,840	53,400	68,500	90,300	119,000	150,150
85	25,519	35,009	46,064	54,900	70,300	92,500	124,500	156,800
90	26,302	36,000	47,288	56,200	73,830	97,000	130,000	163,450
95	27,085	36,992	48,512	58,000	77,360	101,500	135,500	170,100
100	27,868	38,975	50,960	62,000	80,900	106,000	141,000	176,750
110	29,434	40,958	53,408	64,800	84,450	110,500	146,500	183,500
120	31,000	42,941	55,856	67,750	88,000	115,000	152,000	190,150
130	32,566	44,924	58,304	70,650	91,550	119,500	157,500	196,800
140	34,132	46,907	60,752	73,600	94,060	124,000	163,000	203,450
150	35,698	48,890	63,200	76,750	97,000	128,500	168,500	210,100
160	37,264	50,873	65,648	80,000	101,200	133,000	174,000	217,000
170	38,830	52,856	68,006	83,500	105,000	137,500		
180	40,396	54,839	70,544	86,500				
190	41,962	56,822	72,992					
200	43,528							

Séries normales de rondelles sur fer et sur bois



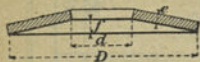
Diam nominal du boulon	Rondelle sur fer	Rondelle sur bois	Trou pour boulon brut	Trou pour boulon tourné	Diam nominal du boulon	Rondelle sur fer	Rondelle sur bois	Trou pour boulon brut	Trou pour boulon tourné
	$r \times n$	$r_1 \times n_1$	u	u_1		$r \times n$	$r_1 \times n_1$	u	u_1
5	12 x 1.5	16 x 1	6		30	60 x 7	70 x 4	32	
6	14 x 2	18 x 1.5	7		33	65 x 7	75 x 4	35	
7	16 x 2	20 x 1.5	8		36	70 x 8	80 x 4.5	38	
8	18 x 2.5	23 x 1.5	9		39	75 x 8	85 x 4.5	41	
9	20 x 2.5	25 x 1.5	10		42	80 x 9	90 x 5	44	
10	23 x 3	27 x 2	11		45	85 x 9	100 x 5	47	
11	25 x 3	30 x 2	12		48	90 x 10	105 x 5.5	50	
12	27 x 3.5	34 x 2	13		52	100 x 10	115 x 5.5	55	
14	30 x 4	37 x 2.5	15		56	105 x 11	120 x 6	59	
16	34 x 4	40 x 2.5	18		60	115 x 11	130 x 6	63	
18	37 x 5	45 x 3	20		64	120 x 12	135 x 6.5	67	
20	40 x 5	50 x 3	22		68	130 x 12	140 x 6.5	71	
22	45 x 5	55 x 3	24		72	135 x 13	145 x 7	75	
24	50 x 6	60 x 3.5	26		76	140 x 14	160 x 7	79	
27	55 x 6	65 x 3.5	29		80	150 x 14	170 x 7.5	83	

Les rondelles pour assemblages sur fer sont brutées ou tournées suivant les cas.

Les rondelles pour assemblages sur bois restent toujours brutées.

Les cotes du tableau sont les cotes finies dans tous les cas.

Proportion des rondelles Belleville.



Une rondelle simple en acier à ressort
s'aplatit d'une flèche f
maximum sous une charge R :

R	D	d	e	f	POIDS de la rondelle simple en kilogrammes
kilogrammes	millimètres	millimètres	millimètres	millimètres	
60.000.....	300	100	20	5	10,1
40.000.....	280	80	17	5,3	7,7
	280	85	17	5,3	7,6
35.000.....	280	80	16,5	5,4	7,5
32.000.....	280	80	16	5,5	7,25
25.000.....	280	86	14	5,8	6,25
23.000.....	250	70	15	5	5,4
	250	70	14,7	5	5,3
22.000.....	220	60	11	5,4	3,1
	130	36	12	2,1	1,2
20.000.....	280	86	11	6	5,4
	130	36	12	2,3	1,1
	220	60	10,5	5,5	2,95
	170	36	10	3,5	1,74
18.000.....	165	36	10	3,5	1,6
	130	36	10	2,5	0,98
16.000.....	280	86	10	6,8	4,5
	200	54	10	5	2,33
15.000.....	205	90	10	4,6	2,1
	165	36	9,5	3,7	1,5
14.000.....	250	90	10	6	3,2
	205	56	9,5	5,2	2,25
13.000.....	180	60	10	3,8	1,75
	165	36	9	4	1,45
12.000.....	170	36	9	4	1,5
	165	80	8,75	4	1,12
11.000.....	100	36	10	2,3	0,55
10.000.....	205	90	9	4,8	1,9
	180	50	9	4	1,65
	250	90	8	6,5	2,75
9.000.....	165	45	8	4,2	1,3
	160	45	8	4,2	1,25
	100	36	8	2	0,43
8.500.....	165	42	7,5	4,2	1,2

R	D	d	e	f	POIDS de la rondelle simple en kilogrammes
kilogrammes	millimètres	millimètres	millimètres	millimètres	
8.500.....	140	40	6,25	4	0,7
8.200.....	160	48	7,25	4	1,05
	205	50	8	6	1,96
	180	60	8	4,7	1,4
8.000.....	165	42	7	4	1,10
	160	60	7,25	4	0,99
	140	45	6	4	0,66
	110	52	6,5	1,5	0,38
	160	56	7	4	0,98
7.500.....	150	56	7	3,8	0,85
	80	26	7	1	0,25
	150	71	4	4	0,88
7.000.....	100	36	2,2	2,2	0,32
6.600.....	150	38	4	4	0,86
	160	52	4,5	4,5	0,94
6.500.....	150	50	3,8	3,8	0,82
	140	36	3	3	0,80
	100	40	2,2	2,2	0,32
	205	56	6,2	6,2	1,7
	164	46	5,3	5,3	0,95
6.000.....	150	50	4	4	0,75
	150	60	3,8	3,8	0,74
	130	40	3	3	0,60
	130	26	3,5	3,5	0,50
5.800.....	170	68	6	6	0,99
5.500.....	120	40	3	3	0,50
	180	50	5,3	5,3	1,1
	160	60	4,5	4,5	0,82
	160	70	4,2	4,2	0,80
5.000.....	150	60	4	4	0,65
	100	30	2,5	2,5	0,27
	100	32	2,5	2,5	0,28
	100	36	2,5	2,5	0,3
	80	25	1,5	1,5	0,2
	140	60	3,5	3,5	0,6
	115	48	2,6	2,6	0,41
4.500.....	90	25	1,8	1,8	0,26
	90	26	2,2	2,2	0,21
	80	27	1,5	1,5	0,18
4.400.....	140	36	4	4	0,58
4.200.....	90	25	1,8	1,8	0,25
4.000.....	130	36	3,1	3,1	0,53

R	D	d	e	f	POIDS de la rondelle simple en kilogrammes
kilogrammes	millimètres	millimètres	millimètres	millimètres	
4.000..	70	26	5	1,5	0,13
	140	41	5	4	0,54
3.900....	90	25	5	2	0,23
3.600....	100	27	4,8	2,5	0,29
	140	45	5	4	0,55
3.500.....	115	45	5	2,8	0,35
	100	36	4,5	2,5	0,26
3.200.....	130	39	5	3,3	0,48
3.100.....	100	26	4,5	2,8	0,36
	140	60	4,8	4	0,48
	130	47	5	3,3	0,46
	120	36	5	3,3	0,41
	120	37	5	3,3	0,41
3.000.....	120	39	5	3,3	0,40
	120	42	5	3,3	0,41
	120	45	5	3,5	0,40
	100	30	4,5	2,8	0,39
	100	46	4,7	2,5	0,26
	100	22	4	3	0,29
2.600.....	100	30	4	3	0,24
	90	26	4	2,3	0,23
	100	27	4	3	0,19
2.500.....	100	40	4	2	0,23
	100	36	3,8	3	0,21
	80	27	4,3	2	0,16
2.300.....	90	27	4	2,3	0,185
2.200.....	90	32	4	2,3	0,18
2.100.....	120	40	4	3,5	0,32
	140	60	3,7	4,2	0,38
2.000.....	120	37	3,8	3,5	0,31
	110	41	4	2,8	0,26
	80	36	3,7	2	0,12
	90	26	3	2,8	0,14
1.800.....	32	10	3	0,8	0,02
1.500.....	130	56	3,5	4	0,30
	120	45	3,8	3,5	0,29
1.400.....	130	53	3	4	0,26
1.300.....	100	60	4	6	0,62
1.200.....	70	25	3	2,1	0,08
	120	30	3	4	0,25
1.100.....	100	26	3	3,2	0,175
1.000.....	100	27	3	3,2	0,17

R	D	d	e	f	POIDS de la rondelle simple en kilogrammes
kilogrammes	millimètres	millimètres	millimètres	millimètres	
1.000.....	80	10	2,5	2,4	0,10
	80	20	2,5	2,2	0,09
	70	27	3,8	2	0,09
	66	33	3	1,4	0,06
	60	20	2,5	1,5	0,05
950.....	80	30	2,5	2	0,088
900.....	80	34	2,5	2	0,084
800.....	50	20	2,2	1,5	0,029
700.....	100	20	2	3,5	0,12
	90	26	2,5	2,8	0,116
600.....	55	24	3	1,4	0,046
	32	10	2	1,2	0,011
540.....	55	16	2	1,5	0,034
500.....	66	33	2	1,5	0,041
300.....	28	12	1,5	1	0,006

VIS ET FILETAGES

Les principaux systèmes employés sont :

- le pas Withworth pour mécanique et tubes à gaz ;
- le pas métrique dit S. I. pour mécanique ;
- le pas Briggs pour la robinetterie ;
- le pas Thury pour l'horlogerie et la petite mécanique.

Il en existe bien d'autres : Sellers, Loewenherz, etc. dont nous ne parlerons pas.

Filetage Withworth. — Le plus ancien de tous est dû à l'anglais Joseph Withworth qui le fit adopter en 1841 par l'Institution of Civil Engineers.

La figure 87 donne le profil du pas Withworth.

La hauteur t , du triangle générateur, qui est un isocèle à 55° , a pour valeur :

$$t = \frac{P}{2} \cot 27^\circ 30' = 0,96049P.$$

P étant le pas.

L'arrondi au sommet et à la racine est de $\frac{1}{6}$ de la hauteur du triangle ; la hauteur proprement dite du filet est donc :

$$t_0 = \frac{2}{3} t = 0,64033P.$$

Le diamètre extérieur de la vis au sommet du filet étant d , le diamètre du noyau, à fond du filet, est donc :

$$d_0 = d - 2t_0 = d - 1,28065P.$$

Le diamètre à flanc de filet est $d_1 = d - 0,64033P$.

Les tableaux ci-après donnent les caractéristiques du filetage Withworth pour la mécanique et les tubes à gaz.

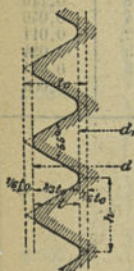


FIG. 87.

Pas P		Vérification				Carac. et filées (Forçeurs)		Percage métaux pour l'usage main (à perceuse)	
		Solet ^e vis D	Int. écrou D ₀	Flancs, fillet D ₁	Solet ^e taraud m/m	Int. filière m/m	Solet ^e taraud m/m	Int. taraud m/m	
60	0,423	1/16	1,05	1,32	1,64	1,00	0,95	0,97	
48	0,53	3/32	1,70	2,04	2,43	1,65	1,60	1,62	
40	0,635	1/8	2,36	2,77	3,23	2,30	2,40	2,45	
32	0,794	5/32	3,96	3,46	4,05	2,85	3,00	3,05	
24	1,06	3/16	4,76	4,08	4,85	3,30	3,55	3,60	
24	1,06	7/32	5,56	4,88	5,70	4,05	4,5	4,60	
20	1,27	1/4	6,35	5,54	6,50	4,55	4,9	5,00	
18	1,41	5/16	7,94	7,05	8,15	5,90	6,3	6,40	
16	1,59	3/8	9,52	8,51	9,75	7,25	7,7	7,80	
14	1,81	7/16	11,11	9,95	11,40	8,50	8,95	9,10	
12	2,11	1/2	12,70	11,34	13,00	9,70	10,15	10,3	
12	2,11	9/16	14,29	12,93	14,60	11,25	11,85	11,9	
11	2,31	5/8	15,87	14,40	16,20	12,60	13,1	13,3	
10	2,54	3/4	19,05	17,42	19,40	15,45	16,0	16,2	
9	2,82	7/8	22,22	18,61	22,60	18,25	18,8	19,0	
8	3,17	1	25,40	23,37	25,80	20,95	21,5	21,8	

Filetage international. — Le système international fut adopté par le Congrès international pour l'unification des filetages, de Zurich, qui se tint du 2 au 4 octobre 1898, à l'invitation de l'Union suisse des industriels mécaniciens, avec la Société d'encouragement pour l'industrie nationale de Paris, l'Association des ingénieurs allemands, la Société des ingénieurs et architectes de Milan et de Turin, l'Institut royal hollandais des ingénieurs, l'Association des ingénieurs et architectes suisses, etc.

La hauteur t du triangle générateur, qui est un isocèle à 60° , a pour valeur :

$$t = 0,866P,$$

P étant le pas.

Le filet porte un aplatissement au sommet et à la base qui détermine donc un jeu normal; ce jeu à fond de filet est de $\frac{1}{16}$ de la hauteur du triangle, soit :

$$a = \frac{t}{16}.$$



FIG. 88.

Il en résulte que la hauteur de filet, tant pour la vis que pour l'écrou, est :

$$t_0 = t - \frac{3}{16} t = \frac{13}{16} 0,866P = 0,7036P,$$

P étant le pas de l'hélice.

Si D est le diamètre réel de la vis, on a respectivement

Pour la vis :

Diamètre extérieur de la vis ou tige, ... D .

Diamètre à fond de filet ou noyau, ... $d = D - 2t_0 = D - 1,407P$.

Pour l'écrou :

Diamètre au sommet du filet, ... $D_0 = D + \frac{1}{8} t = D + 0,108P$.

Diamètre intérieur à fond de filet, ... $d_0 = D_0 - 2t_0 = D - 1,3P$.

Le diamètre à flanc de filet est :

$$d_1 = D - 0,65P.$$

Le tableau ci-après donne les caractéristiques du filetage S. I. avec les dimensions des forets de perçage et tarauds :

Tableau du filetage S. 1.

Pas P	Vérification			Carauds à fileter (fraisiseurs)		Perçage Métaux pour	
	Ext. vis D	Int. écrou D ₀	Flanc de filet D ₁	Ext. taraud D ₂	Int. filezée D ₃	taraudage main (3 passes)	machine (1 passe)
<i>mm</i> 0.25	1.	0.67	0.84	1.02	0.65	0.75	0.78
0.35	1.5	1.04	1.27	1.53	1.00	1.20	1.22
0.45	2.	1.41	1.71	2.04	1.37	1.50	1.55
0.45	2.5	1.91	2.21	2.54	1.87	2.05	2.15
0.60	3.	2.22	2.61	3.05	2.16	2.35	2.40
0.60	3.5	2.72	3.10	3.55	2.66	2.85	2.90
0.75	4.	2.94	3.47	4.07	2.94	3.25	3.30
0.90	5.	3.83	4.41	5.08	3.73	4.25	4.35
1.	6	4.70	5.35	6.11	4.59	4.85	4.95
1.	7	5.70	6.35	7.11	5.59	5.85	5.95
1.25	8	6.38	7.19	8.13	6.24	6.55	6.65
1.25	9	7.38	8.19	9.13	7.24	7.55	7.65
1.5	10	8.05	9.03	10.16	7.89	8.2	8.35
1.75	12	9.73	10.87	12.19	9.54	9.85	10.00
2.	14	11.40	12.70	14.20	11.19	11.55	11.7
2.	16	13.40	14.70	16.20	13.19	13.55	13.7
2.5	18	14.75	16.38	18.25	14.48	14.9	15.10
2.5	20	16.75	18.38	20.25	16.48	16.9	17.10
3.	25	21.10	23.05	25.33	20.78	21.35	21.6
3.5	30	25.45	27.73	30.38	25.10	25.70	26.0

Filetage système « Acme » pour vis et vis sans fin. — Ce système

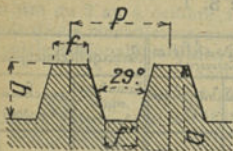


FIG. 89.

Forme du filet. — La section du filet est un trapèze à côtés inclinés à $14^{\circ} 30'$. La hauteur est la même que celle du filet carré, c'est-à-dire que $h = \frac{p}{2} + 0^{\text{mm}},25$.

Le plat au sommet de la vis $f = p \times 0,3707$. Le plat au fond du creux de la vis $f' = p \times 0,3707 - 0^{\text{mm}},13$.

Filetages Thury et British Association pour petites vis. —

M. Thury l'a fait adopter en 1878 par la Société des Arts de Genève, et la British Association l'a également adopté en 1897.

Forme du filet. — La forme du filet est montrée par la gravure ci-contre. La profondeur est les $\frac{3}{5}$ du pas; le sommet se termine par un arc de cercle dont le rayon est égal à $\frac{1}{6}$ du pas et le vide se termine du côté du noyau par un rayon égal à $\frac{1}{5}$ du pas.

La British Association recommande toutefois d'employer le même rayon, soit les $\frac{2}{11}$ du pas pour l'arrondi du sommet et du fond du filet.

On a :

$$t = 1,136 p, \quad t_0 = 0,60 p \left(\frac{3}{5} \text{ de } p\right), \\ t_1 = 0,268 p \quad \text{et} \quad r = 0,1818 p \left(\frac{2}{11} \text{ de } p\right).$$

Diamètre des vis. — Chaque vis est indiquée par un numéro et les diamètres (qui se mesurent sur le sommet extérieur de l'arrondi) ainsi que les pas sont des fractions de millimètres.

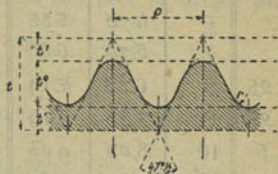


FIG. 90.

La table ci-dessous donne la série complète des vis Thury qui sont généralement désignées par leur numéro :

Tableau du filetage Thury.

NUMÉRO	DIAMÈTRE	PAS	NUMÉRO	DIAMÈTRE	PAS
	mm.	mm.		mm.	mm.
0	6	1	9	1,9	0,39
1	5,3	0,9	10	1,7	0,35
2	4,7	0,81	11	1,5	0,31
3	4,1	0,73	12	1,3	0,28
4	3,6	0,66	13	1,2	0,25
5	3,2	0,59	14	1	0,23
6	2,8	0,53	15	0,90	0,21
7	2,5	0,48	16	0,79	0,19
8	2,2	0,43			

Filetage métrique pour petites vis. — Dans sa séance du 22 juin 1905, la Société d'encouragement pour l'industrie nationale a proposé l'extension du S. I. aux petites vis au-dessous de 6 millimètres de 1/2 en 1/2 millimètre.

La série dont le tableau ci-dessous donne les caractéristiques a été adoptée par la plupart des constructeurs mécaniciens, les Chemins de fer et la Marine française (décision ministérielle du 15 janvier 1907).

Diamètre en mm.	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
Pas en mm.	0,25	0,35	0,45	0,45	0,60	0,60	0,75	0,75	0,90	0,90

L'industrie électrique française a récemment adopté la série normalisée donnée ci-après.

Filetage système « Briggs » pour robinetterie. — En Europe, on l'emploie d'une façon fréquente dans les installations de chauffage à la vapeur, à l'eau chaude, etc.

La section du filet est formée d'un triangle équilatéral dont les sommets sont arrondis de telle sorte que la hauteur est égale aux $\frac{4}{5}$ du pas. Le filetage est conique de $\frac{1}{16}$ ou 6,25 0/0.

Diamètre des tubes			Épaisseur du métal	Filetage		Longueur de filetage plein	Diamètre du forêt de taraudage
Nominal	Reel intérieur	Reel extérieur		Filets par pouces	Pas équivalent en mm.		
Pouces	mm	mm	mm			mm	mm
1/8	6,858	10,287	1,727	27	0,940	4,826	8,33
1/4	9,245	13,716	2,235	18	1,411	7,366	11,51
3/8	12,547	17,145	2,311	18	1,411	7,620	15,08
1/2	15,824	21,336	2,768	14	1,814	9,906	18,25
3/4	20,929	26,670	2,870	14	1,814	10,160	23,81
1	26,619	33,401	3,403	11 1/2	2,208	12,954	30,16
1 1/4	35,053	42,164	3,556	11 1/2	2,208	13,716	37,30
1 1/2	40,894	48,260	3,683	11 1/2	2,208	13,970	43,65
2	52,501	60,325	3,911	11 1/2	2,208	14,732	55,56
2 1/2	62,687	73,025	5,184	8	3,175	22,606	68,26
3	77,901	88,900	5,511	8	3,175	24,130	84,14
3 1/2	90,119	101,600	5,740	8	3,175	25,400	—
4	102,260	114,300	6,019	8	3,175	26,670	—
4 1/2	114,503	127,000	6,248	8	3,175	27,940	—
5	128,143	141,300	6,578	8	3,175	29,464	—
6	154,051	168,275	7,112	8	3,175	32,004	—
7	178,384	193,675	7,645	8	3,175	34,544	—
8	202,742	219,075	8,178	8	3,175	37,084	—
9	228,600	246,075	8,737	8	3,175	39,878	—
10	254,482	273,050	9,296	8	3,175	42,672	—

Filetage système Withworth pour tubes à gaz. — Les tubes en fer dits « tubes à gaz » sont universellement employés en Europe pour toutes les canalisations d'eau, gaz ou vapeur dont l'assemblage est fait par raccords filetés en acier, connus sous le nom de « raccords suisses ».

Le profil du filet est la Withworth ordinaire mais avec un nombre de filets au pouce plus élevé que pour la série mécanique.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques du filetage pour les différents diamètres de tubes.

<i>Série normale Withworth (Tubes à gaz)</i>					
<i>Pas P</i>		<i>Dimension du tube</i>		<i>Vérification</i>	
<i>filets au pouce</i>	<i>mm</i>	<i>pouces</i>	<i>mm</i>	<i>Ext. vis mm.</i>	<i>Int. écrou mm.</i>
28	0,90	1/8	5 × 10	9,71	8,55
19	1,33	1/4	8 × 13	13,16	11,44
19	1,33	3/8	12 × 17	16,66	14,96
14	1,81	1/2	15 × 21	20,97	18,65
14	1,81	3/4	20 × 27	26,44	24,12
11	2,31	1	26 × 34	33,27	30,29
11	2,31	1 1/4	33 × 42	41,91	38,96
11	2,31	1 1/2	40 × 49	47,80	44,85
11	2,31	2	50 × 60	59,61	56,64
11	2,31	2 1/4	60 × 66	65,70	62,76
11	2,31	2 1/2	66 × 76	76,22	73,28
11	2,31	2 3/4	72 × 82	82,47	79,5
11	2,31	3	80 × 90	88,52	85,55
11	2,31	3 1/2	90 × 102	99,36	96,39
11	2,31	4	102 × 114	110,21	107,25

Unification des écrous, vis et boulons de 2,5 à 12 mm.

Diamètres nominaux			Ecrus				Vis et Boulons									
			Epaisseur		Diamètre		Diamètre de tête		Hauteur de la tête			Fente		Longueur des têtes		
			Haut	Bas	Carré Régulier (sur plat)	Carré Régulier (sur plat)	Ronde Circulaire	Ronde Cylindrique	Fraisée			Largeur	Profondeur		Minime	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
2,5	0,45		2	1	4,5	4,5	2	1,11	0,2	1,31	0,7	0,7	0,7	4		
3	0,6		2	1	5	5	2	1,11	0,3	1,41	0,7	0,7	0,7	4		
3,5			2,5	1,5	5,5	5,5	2,5	1,11	0,3	1,41	0,7	0,8	0,7	4		
4	0,75		3	2	6	6	3	1,11	0,4	1,51	0,7	1	0,7	5		
4,5			3,5	2,5	7	7	3	1,39	0,4	1,79	0,7	1	0,9	5		
5	0,9		4	2,5	8	8	3,5	1,66	0,5	2,16	1,2	1,2	1,1	7		
5,5			4,5	3	9	9	4	1,94	0,5	2,44	1,2	1,3	1,2	7		
6	1	12	5	3,5	10	10	4,5	2,22	0,5	2,72	1,2	1,5	1,4	10		
7			13	5,5	3,5	11	11	5	2,22	0,5	2,72	1,2	1,7	1,4	10	
8	1,25		15	4	12	12	5,5	2,22	0,6	2,82	1,2	1,8	1,4	14		
9			16	7	4,5	13	14	6,5	2,77	0,6	3,37	2	2,2	1,7	14	
10	1,5		18	5,5	15	16	7	3,33	0,8	4,13	2	2,3	2	19		
11			19	9	6	16	18	7,5	3,88	0,8	4,68	2	2,5	2,3	19	
12	1,75	21	10	6,5	18	20	8,5	4,44	0,9	5,34	2	2,6	2,7	19		

RIVETAGE

Série normale des Rivets (Commission de standardisation)

	Diamètre nominal	Tête ronde avec ou sans bavure		Tête goutte de suif		Tête fraisée avec ou sans tombé		Tête plate
		$a \times b$	$g \times e$	$a \times b$	f	$a \times b$	c	$a \times b$
R	1,	1,8×0,7				2×0,5		2×0,5
	1,5	2,7×1,1				3×0,75		3×0,75
	2	3,5×1,5				4×1		4×1
Rb	2,5	4,5×2				5×1,25		5×1,25
	3	5,5×2,5				6×1,5		6×1,5
	3,5	6,5×2,5				7×1,75		7×1,75
G	4	7×3		8×2	6.	8×2	1	8×2
	4,5	8×3,5		9×2,25	6,75	9×2,25	1,12	9×2,25
	5.	9×4		10×2,5	7,5	10×2,5	1,25	10×2,5
F	5,5	10×4		11×2,75	8,25	11×2,75	1,4	11×2,75
	6	11×4,5		12×3	9	12×3	1,5	12×3
	7	12×5		14×3,5	10,5	14×3,5	1,75	14×3,5
F ₉₀	8	14×5,5		16×4.	12	16×4	2	16×4
	9	16×6		18×4,5	13,5	18×4,5	2,25	18×4,5
	10	17×7	20×0,8	20×5	15	20×5	2,50	20×5
FB	11	19×8	22×0,8	22×5,5	16,5	22×5,5	2,75	
	12	21×9	24×0,8	24×6	18	24×6	3	
	14	24×10	28×1	28×7	21	28×7	3,5	
C	16	28×11	32×1	32×8	24	32×8	4	
	18	31×12	36×1,5	36×9	27	36×9	4,5	
	20	34×14	40×2	40×10	30	40×10	5	
	22	38×16	44×2	44×11	33	44×11	5,5	
	24	41×17	48×2	48×12	36	48×12	6	
	27	46×19	54×2	54×13,5	40,5	54×13,5	6,75	
	30	51×21				60×15	7,5	
	33	56×23				66×16,5	8,25	

Les rivets à tête fraisée qui, pour des raisons spéciales, ne pourraient être établis à l'angle de 90°, devront l'être à un des angles de la série normale de fraises (30, 45, 60, 75, 90, 120°)

Tableau des rivures simples employées pour les récipients soumis à pression.





































































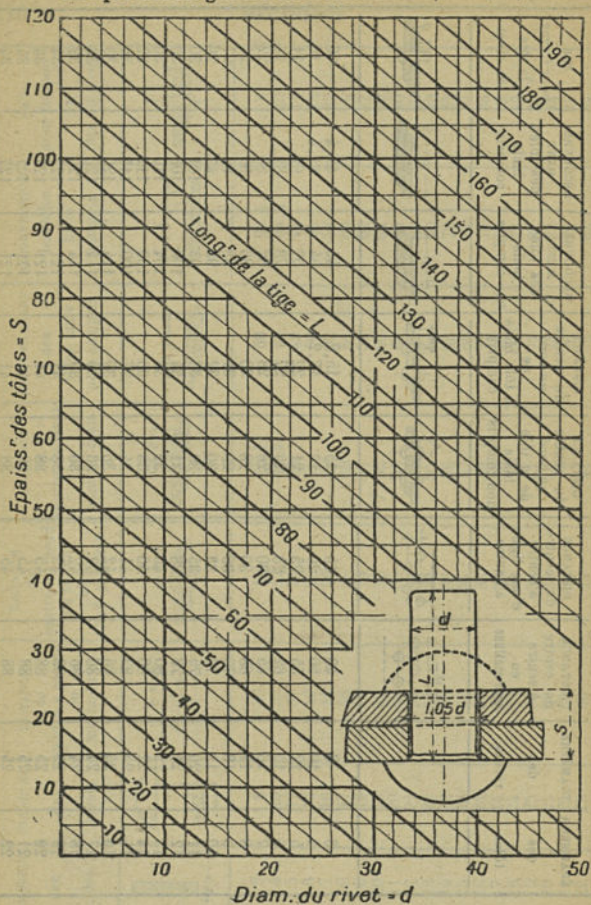
ÉPAISSEUR des tôles	DIAMÈTRE des rivets	DISTANCE de centre à centre en millimètres	DISTANCE du centre au bord de la tôle biais non compris	DISTANCE du centre du rivet au pied du biais	RECOURVEMENT des tôles biais non-compris	RECOURVEMENT des tôle biais compris	FER pour former la tête du rivet
							
3	8	30	15	15,2	30	30,4	8
4	10	32	17	17,2	34	34,4	10
5	12	37	21	22	42	44	11
6	15	40	25	26	50	54	18
7	16	44	26	28	52	56	22
8	17	46	28	30	56	60	24
9	18	47	29	31	58	62	27
10	19	49	30	32	60	64	29
11	20	50	30	33	60	66	30
12	21	54	31	34	62	68	30
13	22	55	32	35	64	70	30
14	22	55	33	36	66	72	32
15	23	56	34	37	68	74	32
16	24	58	36	39	72	78	33
17	24	58	36	39	72	78	33
18	24	58	36	39	72	78	33
19	25	60	38	41	76	82	34
20	25	60	38	41	76	82	34
21	25	60	38	41	76	82	34
22	25	60	38	41	76	82	34

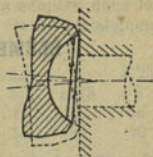
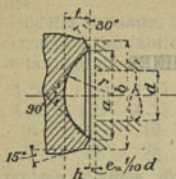
Tableau des rivures doubles employées pour les récipients soumis à pression.

ÉPAISSEUR des tôles	DIAMÈTRE des rivets	DISTANCE de centre à centre en ligne continue	DISTANCE de centre à centre d'une ligne à l'autre	DISTANCE du centre au bord de la tôle biais non compris	DISTANCE du centre au bord de la tôle biais compris	RECOURVE- MENT des tôles biais non compris	RECOURVE- MENT des tôles biais compris	FER pour former la tête du rivet
3	8	40	15	15	15,2			
4	10	50	20	17	17,2			
5	12	55	25	21	22			
6	15	62	28	25	27			
7	16	65	30	26	28			
8	17	68	30	28	30			
9	18	70	30	29	31			
10	19	73	33	30	32			
11	20	75	35	30	33			
12	21	78	38	31	34			
13	22	80	40	32	35			
14	22	80	40	33	36			
15	23	83	41	34	37			
16	24	86	42	36	38			
17	24	86	42	36	39			
18	24	86	42	36	39			
19	25	88	45	38	41			
20	25	88	45	38	41			
21	25	88	45	38	41			
22	25	88	45	38	41			

Abaque des longueurs des rivets $L = 1,35d + 1,1s$.



Formes des bouterolles et têtes de rivets.



$h = 0,6 d$ pour rivetage de chaudières
 $h = 0,55 d$ pour constructions métal^{res}

Positions de la
 bouterolle au rivetage.

Toute rivetage de chaudières.					Toute constructions métalliques.						
ϕ du rivet = d		a	b	r	t	ϕ du rivet = d		a	b	r	t
m m	pouce angl.	a = 18d	b = 2d + 4	r = d	t = 0,5d	m m	pouce angl.	a = 1,875 r	b = 1,7d + 4	r = 0,8d	t = 0,45d
6	1/4	10.8	16	6	3	6	1/4	9.3	15	5	2.8
7	1/4	12.6	18	7	3.5	7	1/4	10.3	16	5.5	3.1
8	5/16	14.4	20	8	4	8	5/16	12.2	18	6.5	3.7
9	3/8	16.2	22	9	4.5	9	3/8	13.1	20	7	3.9
10	3/8	18	24	10	5	10	3/8	15	21	8	4.5
11	7/16	19.8	26	11	5.5	11	7/16	16.9	23	9	5.1
12	7/16	21.6	28	12	6	12	7/16	17.8	24	9.5	5.3
13	1/2	23.4	30	13	6.5	13	1/2	19.7	26	10.5	5.9
14	1/2	25.2	32	14	7	14	1/2	20.6	28	11	6.2
15	1/2	27	34	15	7.5	15	1/2	22.5	30	12	6.8
16	5/8	28.8	36	16	8	16	5/8	24.4	32	13	7.3
17	5/8	30.6	38	17	8.5	17	5/8	25.3	33	13.5	7.6
18	5/8	32.4	40	18	9	18	5/8	27.2	35	14.5	8.2
19	3/4	34.2	42	19	9.5	19	3/4	28.1	36	15	8.5
20	3/4	36	44	20	10	20	3/4	30	38	16	9
21	3/4	37.8	46	21	10.5	21	3/4	31.9	40	17	9.6
22	7/8	39.6	48	22	11	22	7/8	32.8	42	17.5	9.9
23	7/8	41.4	50	23	11.5	23	7/8	34.7	43	18.5	10.4
24	7/8	43.2	52	24	12	24	7/8	35.6	45	19	10.7
25	1	45	54	25	12.5	25	1	37.5	46	20	11.3
26	1	46.8	56	26	13	26	1	39.4	48	21	11.8
27	1	48.6	58	27	13.5	27	1	41.2	50	22	12.4
28	1 1/8	50.4	60	28	14	28	1 1/8	41.2	50	22	12.4
29	1 1/8	52.2	62	29	14.5	29	1 1/8	43.1	54	23	12.9
30	1 1/8	54	64	30	15	30	1 1/8	45	55	24	13.5
31	1 1/8	55.8	66	31	15.5	31	1 1/8	46.8	57	25	14.1
32	1 1/4	57.6	68	32	16	32	1 1/4	48.7	59	26	14.6

ÉLÉMENTS DE MACHINES

ENGRENAGES

Engrenages à profils normaux. — Pratiquement le profil le plus uniformément adopté est celui de la développante, avec angle de pression de 15° jusqu'au module 12 et angle de pression de 20° pour les gros modules.

Le profil de la développante présente plusieurs avantages : toutes les roues d'un même pas engrènent entre elles, quel que soit le nombre de dents, une légère variation dont la distance des centres n'empêche pas le roulement de se faire géométriquement ; la génération du profil

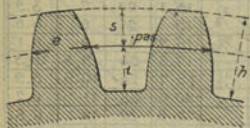


FIG. 91.

s'obtient mécaniquement par le mode de fonctionnement des machines avec une précision absolue, ce qui justifie l'adoption de ce profil.

Les proportions généralement adoptées sont les suivantes :

On sait que le *pas diamétral* ou *module* est le quotient du diamètre primitif exprimé en millimètres par le nombre de dents. Le *pas cir-*

conférentiel étant le quotient de la circonférence primitive par le nombre de dents, on voit de suite que le pas conférentiel est égal au module multiplié par π . C'est la longueur de l'arc *aa*.

La *saillie* *s* est égale au module. Le *creux* *t* est égal au module augmenté du dixième de l'épaisseur *e*. La *hauteur* *h* de la dent est donc égale au double du module augmenté du dixième de l'épaisseur de la dent. Ces conventions sont générales.

Il faut remarquer que l'épaisseur de la dent est mesurée sur la circonférence primitive et que cette épaisseur est égale à la largeur du vide compris entre 2 dents, largeur mesurée aussi sur la circonférence primitive.

Toutes les roues d'un même module engrènent entre elles. Mais les roues au-dessous de 12 dents présentent un étranglement à la base qui compromet la solidité des dents. Quand deux roues engrènent,

la distance des centres est égale à la demi-somme des diamètres primitifs.

Les *modules normaux*, qu'on a avantage à adopter dans les calculs de construction, les fabricants d'engrenage étant spécialement outillés pour le taillage de ces modules, sont les suivants :

1	1,25	1,50	1,75	2	2,25	2,5	3	3,25	3,75
4	4,25	4,5	4,75	5	5,25	5,5	5,75	6	6,5
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
20	22	25	28	30	32	35	38	40	50

Le tableau ci-après, d'après la maison Malicet et Blin, fournit les données relatives à ces modules normaux, permettant de tracer le profil exact de la denture.

Données relatives aux modules normaux compris entre 1 et 50

MODULE	PAS circonférentiel	SAILLIE	ÉPAISSEUR au primitif	HAUTEUR de la dent	MODULE	PAS circonférentiel	SAILLIE	ÉPAISSEUR au primitif	HAUTEUR de la dent
1	3,14	1	1,57	2,2	6,5	20,42	6,5	10,21	14
1,25	3,93	1,25	1,96	2,7	7	21,99	7	11	15,1
1,5	4,71	1,5	2,36	3,2	8	25,13	8	12,57	17,3
1,75	5,5	1,75	2,75	3,8	9	28,27	9	14,14	19,4
2	6,28	2	3,14	4,3	10	31,42	10	15,71	21,6
2,25	7,07	2,25	3,53	4,8	11	34,56	11	17,28	23,7
2,5	7,85	2,5	3,93	5,4	12	37,70	12	18,85	25,9
2,75	8,63	2,75	4,32	5,9	14	43,98	14	21,99	30,2
3	9,42	3	4,71	6,5	15	47,12	15	23,56	32,3
3,25	10,2	3,25	5,1	7	16	50,26	16	25,13	34,5
3,5	11	3,5	5,5	7,5	18	56,55	18	28,27	38,8
3,75	11,77	3,75	5,88	8,1	20	62,83	20	31,41	43,1
4	12,57	4	6,28	8,6	22	69,11	22	34,55	47,4
4,25	13,35	4,25	6,67	9,2	25	78,54	25	39,27	53,9
4,5	14,14	4,5	7,07	9,7	28	87,96	28	43,98	60,4
4,75	14,92	4,75	7,48	10,2	30	94,25	30	47,12	64,7
5	15,71	5	7,85	10,8	32	100,53	32	50,26	69
5,25	16,49	5,25	8,24	11,3	35	109,96	35	54,98	75,5
5,5	17,28	5,5	8,64	11,9	38	119,38	38	59,69	81,9
5,75	18,06	5,75	9,03	12,4	40	125,66	40	62,83	86,3
6	18,85	6	9,42	12,9	50	157,08	50	78,54	107,8

Ces chiffres correspondent aux proportions admises plus haut, c'est-à-dire :

Module.....	$m = \frac{D}{N}$; D, diamètre primitif ; N, nombre de dents ;
Pas circonférentiel.....	$p = \pi m$ en millimètres ;
Saillie.....	$s = m$ en millimètres ;
Épaisseur au primitif...	$e = \frac{p}{2}$ en millimètres ;
Creux.....	$t = m + \frac{e}{10}$ en millimètres ;
Hauteur.....	$h = s + t$ en millimètres.

Calcul des dentures. — On admet que les dents travaillent à la flexion, en supposant que l'effort tangentiel F est appliqué à une seule dent considérée comme encastree, l'engrènement se faisant toujours sur deux dents au moins dans les engrènements bien taillés ; cette base est donc une condition de sécurité.

On prend pour valeur de la charge pratique les chiffres indiqués au chapitre IV pour les différents matériaux travaillant à la flexion.

Calcul exact. — Le problème le plus général qu'on se pose dans le calcul des engrènements consiste à avoir, pour un rapport de réduction donné, le moindre encombrement.

Le plus petit pignon pratiquement réalisable étant, avons-nous vu, de 12 dents, le problème consiste donc à partir d'un pignon de 12 à 14 dents, ce qui détermine le nombre de dents de l'autre roue, et il suffit de déterminer le module en se donnant la largeur de la denture qu'on prend égale à 4, 5, 6, 8 ou 10 modules généralement.

Dans d'autres cas, la distance des centres et les rayons étant déterminés, le module se trouve

établi, et la largeur seule de la dent est à rechercher. C'est la méthode inverse.

De toutes façons, les inconnues se déduiront de l'équation de résistance à la flexion (*fig. 92*) :

$$t = \frac{6Fh}{lb^2}$$

F étant l'effort tangentiel ;
 h , la hauteur de la dent ;
 b , la base au cercle fond de dent ;
 l , la longueur de la dent.

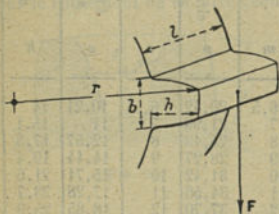


FIG. 92.

En prenant pour simplifier $h = 2m$ exactement, et

$$b = e = \frac{p}{2} = \frac{\pi m}{2},$$

il vient

$$t = \frac{48F}{\pi^2 lm} = 4,8 \frac{F}{lm} \text{ environ.}$$

Connaissant F , effort tangentiel, on en tirera donc l ou m suivant qu'on se donnera m ou l , comme nous l'avons dit. On peut établir un double graphique qui donne d'une part F , de l'autre l ou m dans les conditions les plus courantes en pratique.

Voici les graphiques qu'a établis à ce sujet la maison Malicet et Blin sur l'abaque de Mohr, et qui facilitent beaucoup les calculs d'établissement des engrenages.

On a pris l'expression

$$t = 3,4 \frac{F}{lm},$$

qui correspond à la formule précédente, mais avec les valeurs

$$h = 2,1 m \text{ (au lieu } 2 m.),$$

$$b = 1,2e \text{ (au lieu } = e),$$

et :

$$\pi^2 = 9,86 \text{ (au lieu } = 10).$$

L'un des graphiques sert à déterminer les efforts tangentiels en tenant compte de la vitesse circonférentielle et de la puissance.

n étant le nombre de tours par minute, D les diamètres en mètres, les vitesses circonférentielles portées au graphique sont données par :

$$v = \frac{\pi D n}{60} \text{ mètres par seconde.}$$

Si N est la puissance en chevaux, v , la vitesse tangentielle en m : sec. l'effort tangentiel cherché est évidemment :

$$F = \frac{75N}{v} \text{ kilogrammes.}$$

Le deuxième graphique (*fig. 93*) est partagé en deux par la ligne MF .

Le tableau supérieur $MGHL$ comporte sur le côté OF les efforts en kilogrammes sur la denture, et les lignes obliques correspondent chacune à un module.

Le tableau inférieur porte sur le côté FL la longueur des dents en millimètres, et les lignes obliques indiquent la pratique admise dans les tensions des dentures en kilogr., par millimètre carré. Cette charge pratique sera de 1,5 kg : mm² pour le bois, 3 pour la fonte et 10 pour l'acier.

Pour faire comprendre l'usage de ce graphique, nous allons prendre un exemple.

EXEMPLE. — Un engrenage de 250 millimètres de diamètre tourne

à 610 tours par minute en transmettant 30 chevaux. Nous voulons prendre du module 4 et la tension du métal ne doit pas dépasser 12 kilogrammes par millimètre carré. Quelle longueur doit avoir la denture ?

Sur le premier tableau, non reproduit ici, nous trouverons, comme

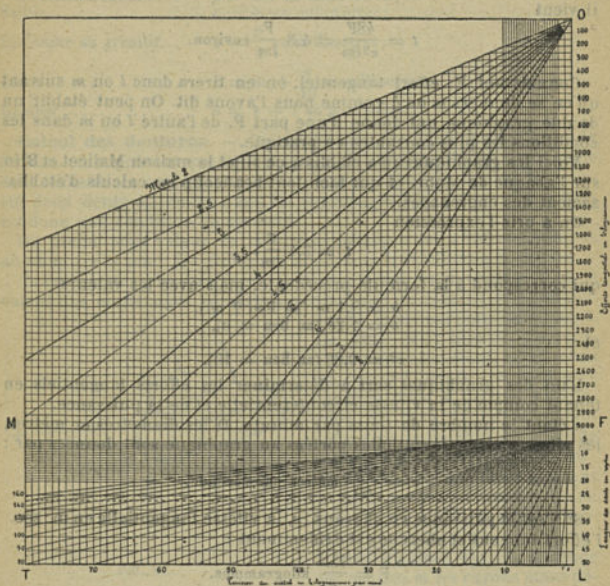


Fig. 93.

Abaque donnant les largeurs des dentures en fonction de l'effort tangentiel, du module et de la tension du métal.

aussi bien par le calcul, que l'effort tangentiel est, dans les conditions données, de 280 kg.

Prenons maintenant le deuxième graphique. Sur la ligne OF, nous prenons le chiffre 280 qui représente l'effort tangentiel trouvé. Comme ce point est trop rapproché du pôle, la lecture serait difficile. Dans ce cas, il suffit de multiplier par 10 et nous prendrons 2.800 kilo-

grammes, en ayant soin de prendre alors 120 kilogrammes au lieu de 12 kilogrammes pour la tension du métal. La ligne horizontale 2.800 rencontre la ligne polaire du module 4 en un point d'où nous abaissons la verticale jusqu'à sa rencontre avec le vecteur de tension 120. De ce dernier point nous menons l'horizontale qui coupe la ligne FL au point 28.

La denture devra donc avoir 28 millimètres de longueur.

Lorsque l'on étudie des engrenages coniques, les opérations sont exactement les mêmes en partant du point situé au milieu de la longueur de la dent, et prenant les diamètres et le module pour ce point. Mais il faut avoir soin de déterminer ensuite les cotes correspondantes pour le grand diamètre.

Taille des engrenages à la fraise module. — Nous avons vu que la notion de module simplifie beaucoup le tracé des dents ; quand on connaît le module et le nombre de dents, on a immédiatement le diamètre primitif.

Soit une roue de module 5 et de dents $n = 40$, le diamètre primitif est de

$$5 \times 40 = 200 \text{ millimètres.}$$

Les constructeurs établissent des séries de fraises suivant le tracé en développante avec angle de pression de 15° par rapport à la tangente du cercle primitif.

Pour ne pas être dans l'obligation d'acheter une fraise spéciale pour chaque nombre de dents, on se contente dans la pratique d'un plus petit nombre de différentes fraises, en employant toujours la même fraise pour plusieurs nombres de dents consécutifs ; ce qui est permis, vu les petites différences dans les formes de ces dents, d'où on peut conclure que huit fraises sont généralement suffisantes pour tailler toutes les roues d'un même pas, depuis le module 1 jusqu'à 10. Pour les pas plus grands que le module 10, nous conseillons d'employer quinze fraises différentes.

Ces séries permettent la taille des engrenages droits depuis 12 dents jusqu'à la crémaillère.

Ces fraises modules donnent aux dentures les proportions suivantes :

Saillie s sur le primitif = module m en millimètres ;

Creux t sous le primitif = module $m + 1/10$ de l'épaisseur e ;

Épaisseur e au primitif = $\frac{m \times \pi}{2}$;

Hauteur totale h de la dent = saillie $s +$ creux $c =$ module $\times 2,166$;

Diamètre primitif = module $m \times$ nombre de dents n ;

Diamètre extérieur = module $m \times (\pi + 2)$.

Taille des engrenages coniques. — Pour la taille d'un pignon conique, il faut se fixer le nombre de dents de chacune des roues

constituant le couple, l'angle de pression adopté (généralement $14^{\circ} 30'$, 18 ou 20°), le module (ou le plus grand diamètre primitif et non le moyen), enfin la position de la denture par rapport à la surface d'appui.

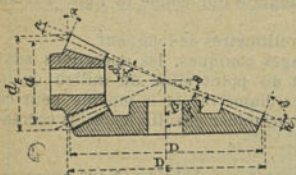


FIG. 94.

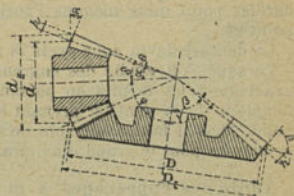


FIG. 95.

Il importe d'observer rigoureusement le diamètre et l'angle extérieurs, obtenus au moyen des formules suivantes :

1^o Les axes des deux pignons coniques font un angle de 90° (fig. 94) :

Si n = nombre de dents du pignon ;
 N = — — — de la roue ;
 d = diamètre primitif du pignon ;
 D = — — — de la roue ;
 h = hauteur de la tête de dent ;

on a :

$$\text{tangente } \alpha = \frac{n}{N} ;$$

$$\text{Diamètre extérieur du pignon } d_g = d + 2h \cos \alpha ;$$

$$\text{— de la roue } D_g = D + 2h \sin \alpha ;$$

$$\beta = 90^{\circ} - \alpha ;$$

$$\text{tangente } \theta = \frac{2h \sin \alpha}{d} ;$$

$$\text{Angle extérieur du pignon } \delta = \alpha + \theta ;$$

$$\text{— de la roue } \gamma = \beta + \theta .$$

2^o Les axes des deux pignons font un angle quelconque (fig. 95) :

Si φ = angle des axes ;
 n = nombre de dents du pignon ;
 N = — — — de la roue ;
 d = diamètre primitif du pignon ;
 D = — — — de la roue ;
 h = hauteur de la tête de dent ;

on a :

$$\text{tangente } \frac{\beta - \alpha}{2} = \frac{N - n}{N + n} \text{ tangente } \frac{\sigma}{2};$$

$$\text{Angle primitif du pignon } \alpha = \frac{\sigma}{2} - \frac{\beta - \alpha}{2};$$

$$\text{— de la roue } \beta = \frac{\sigma}{2} + \frac{\beta - \alpha}{2};$$

$$\text{Diamètre extérieur du pignon } d_E = d + 2h \cos \alpha;$$

$$\text{— de la roue } D_E = D + 2h \cos \beta;$$

$$\text{tangente } \theta = \frac{2h \sin \alpha}{d};$$

$$\text{Angle extérieur du pignon } \delta = \alpha + \theta;$$

$$\text{— de la roue } \gamma = \beta + \theta.$$

Alluchons. — Avec les roues d'une certaine dimension, il est fréquent d'employer des dents en bois (alluchons) pour donner plus de douceur au roulement et diminuer le bruit. Si t est le pas circonférenciel, l'épaisseur des dents en bois est généralement prise égale :

$$s = \frac{23}{40} t.$$

La figure 96 a donne les proportions usuelles des alluchons en fonction du pas t .

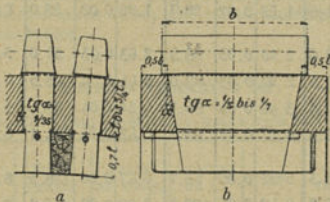


FIG. 96.

Le bois le plus employé est le charme sec, qu'on fait bouillir dans l'huile afin de le rendre plus durable ; il faut pour augmenter la durée, que la direction des fibres soit parallèle à la hauteur des dents.

Le mode de fixation employé pour les alluchons est indiqué figure 96 b ; les queues sont en forme d'aronde et l'on place entre elles une cale qui épouse la forme inverse ; en outre une petite clavette assure la dent.

Poids approximatifs des engrenages en fonte.

La formule ci-dessous est d'application commode.

$$\text{Poids } P = z(\alpha + \beta b) - \gamma \text{ kg}$$

z = nombre de dents. b = largeur de la dent en mm.

en mm	4 Bras			6 Bras			8 Bras			10 Bras		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
15	0,03	-	0,3	0,04	-	0,5	0,05	-	1,1	0,07	-	1,3
20	0,08	-	0,8	0,10	-	1,3	0,13	-	2,3	0,15	-	3,4
25	0,15	0,01	1,5	0,20	0,01	3,2	0,25	0,01	4,9	0,30	0,01	6,5
30	0,25	0,01	2,7	0,34	0,01	5,2	0,43	0,01	8,5	0,51	0,01	11,1
35	0,40	0,01	4,3	0,54	0,01	8,0	0,68	0,01	12,6	0,81	0,01	17,2
40	0,60	0,01	5,5	0,81	0,01	12,7	1,01	0,02	19,9	1,21	0,02	26,2
45	0,86	0,02	8,1	1,15	0,02	17,5	1,44	0,02	28,0	1,73	0,02	37,3
50	1,18	0,02	11,5	1,58	0,02	24,7	1,98	0,03	38,0	2,38	0,03	51,2
55	1,56	0,02	15,6	2,10	0,03	33,3	2,63	0,03	51,0	3,16	0,03	67,4
60	2,03	0,03	20,5	2,72	0,03	42,0	3,41	0,04	65,5	4,10	0,04	88,8
65	2,58	0,03	24,8	3,46	0,04	54,1	4,34	0,04	83,4	5,22	0,05	112,7
70	3,22	0,04	31,4	4,32	0,05	68,1	5,42	0,05	104,1	6,52	0,05	141,4
75	3,97	0,05	39,3	5,32	0,05	85,7	6,67	0,06	128,3	8,02	0,06	172,7
80	4,81	0,05	46,2	6,42	0,06	102,0	8,09	0,07	155,8	9,73	0,07	209,6
85	5,77	0,06	56,2	7,74	0,07	122,2	9,70	0,07	186,1	11,67	0,08	252,0
90	6,85	0,07	67,6	9,19	0,07	144,2	11,52	0,08	222,3	13,85	0,09	299,7
95	8,06	0,07	77,8	10,80	0,08	170,4	13,55	0,09	260,6	16,29	0,10	353,2
100	9,40	0,08	92,0	12,60	0,09	198,0	15,60	0,10	304,0	19,00	0,11	410,0

CHAINES ET ROUES DE CHAINES

Chaines Galle et Vaucanson.

La figure 97 donne le modèle des chaînes Galle à mailles évidées et la figure 98 celle des chaînes Galle à mailles droites; enfin la figure 99 celle des chaînes Vaucanson.

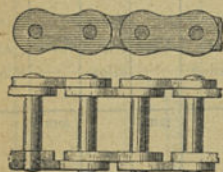


Fig. 97.

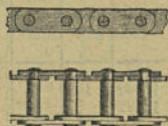


Fig. 98.



Fig. 99.

Les trois tables ci-après donnent les dimensions courantes en millimètres et les résistances pratiques en kilogrammes de ces chaînes. On notera que la résistance de rupture est au moins triple de celle qui est portée sur ces tables.

Chaines Vaucanson fer.

La rupture a lieu pour un effort au moins trois fois plus grand.

NUMÉROS du fil	PAS	ÉCAR- TEMENT	FORCE en kilog.	NUMÉROS du fil	PAS	ÉCAR- TEMENT	FORCE en kilog.
	mm.	mm.			mm.	mm.	
8	41	3 1/2	5	19	15 ⁹	16	60
10	55	5	10	20	21	16	70
12	65	6	15	21	24 1/2	16	90
14	77	6 1/2	20	22	26 1/2	20	100
16	99	7 1/2	30	23	30	25	120
17	105	9 1/2	40	24	32	30	150
18	133	11	50	25	37	30	180

Chaines Galle à fuseaux et mailles évidées.

Les forces indiquées étant un minimum, la rupture de ces chaînes n'a lieu qu'à un effort au moins 3 fois plus grand.

NUMÉROS	CHAÎNE											
	Simple						Double		Triple		Quadruple	
	Pas	Axes	Écartement	Mailles		Force en kilog.	Axes	Force en kilog.	Axes	Force en kilog.	Axes	Force en kilog.
				Épaisseur	Largueur							
	mm.	mm.	mm.	mm.		mm.		mm.		mm.		
A	48	2	6	1 1/2	4 1/2	35						
B	53	2	7	1 1/2	5	50						
1	65	2 1/2	9	2	6	70						
2	8	2 1/2	9	2	7	100	3 1/2	150				
3	93	3 1/2	10	2	8	140						
4	11	3 1/2	12	2 1/2	10	170	5	300	5	300		
5	121	4	13	2 1/2	11	200						
6	133	4 1/2	14	2 1/2	12	220	5	400	5	400		
7	147	5	15	2 1/2	13	250						
8	164	5	16	3	15	290	6	550	6	600		
9	177	6	20	3	17	340						
10	195	6	21	3	18	330						
11	208	7	24	3	20	400	9	800	9	900	10	1.000
12	23	7	26	3	22	440						
13	26	8	28	3	24	500						
14	268	8	28	3	25	550	10	1.100	12	1.200	12	1.500
15	28	9	30	3	27	570						
16	30	9	30	3	28	620	12	1.200	12	1.400	14	2.000
17	32	10	30	3	30	650					14	2.000
18	361	10	30	3	32	700	12	1.400	14	2.000	14	2.500
19	40	11	32	3	34	750	13	1.600	16	2.500	16	3.000
20	46	12	34	3	36	820			16	2.700	16	3.500
21	528	12	35	3	38	900	14	1.800	16	3.000	16	4.000

Chaines Galle à fuseaux et à mailles droites.

Les forces indiquées étant un minimum, la rupture de ces chaînes n'a lieu qu'à un effort au moins trois fois plus grand.

FORCE en kilogrammes	PAS	AXES	ÉCAR- TEMENT	MAILLES		NOMBRE de mailles
				Épaisseur	Largeur	
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
50	10	3	10	1	6 1/2	1
100	12	4	10	1 1/2	8 1/2	1
150	15	5	10	1 1/2	11	1
200	16	5 1/2	12	2	11 1/2	1
250	18	6	14	2	13	1
500	21	7 1/2	15	3	16 1/2	1
750	23	9	16	2	19	2
1.000	28	10	18	2	23	2
1.500	32	12	20	3	25	2
2.000	38	14	24	3	31	2
3.000	41	17	28	3	34	3
4.000	44	19	32	4	36	3
5.000	51	20	35	4	42	3
7.500	66	23	40	4	56	3
10.000	71	28	45	4	61	4
15.000	86	34	55	5	73	4
20.000	100	40	65	6	85	4
25.000	112	44	70	7	96	4
30.000	130	50	80	8	108	4

Proportion des roues de chaînes à simple rouleau. — Si l'on écrit : n nombre de dents, P pas de la chaîne, d diamètre des rouleaux.

On a :

$$\alpha = \frac{180^\circ}{n},$$

Diamètre primitif.....	$D = \frac{P}{\sin \alpha};$
— extérieur.....	$= D + d;$
— intérieur.....	$= D - d.$

Proportion des roues de chaînes à double rouleau. — Si l'on écrit de même n nombre de dents, P le grand pas, p le petit pas, d diamètre des rouleaux.

On a :

$$\alpha = \frac{180^\circ}{n} \quad \text{et} \quad \tan \beta = \frac{\sin \alpha}{\frac{P}{p} + \cos \alpha}.$$

Diamètre primitif.....	$D = \frac{P}{\sin \beta};$
— extérieur.....	$D + d;$
— intérieur.....	$D - d.$

SYSTÈME BIELLE ET MANIVELLE

Efforts généraux dans le système bielle-manivelle. — Soit, figure 100, le mécanisme piston-bielle-manivelle dans son ensemble.

Appelons P la pression sur le piston en kilogrammes; elle se décompose en deux efforts :

L'un, pression normale sur la glissière, a pour valeur :

$$N = P \tan \gamma;$$

L'autre, sur la bielle, a pour valeur :

$$S = \frac{P}{\cos \gamma}.$$

Au bouton de manivelle, S se décompose à son tour en une

$$\text{Composante tangentielle } T = \frac{P}{\cos \gamma} \cdot \sin (\alpha + \gamma),$$

et une

$$\text{Composante radiale } D = \frac{P}{\cos \gamma} \cos (\alpha + \gamma).$$

Les valeurs maxima de ces efforts sont :

Pression sur glissière :

$$N = P \operatorname{tang} \gamma = S \sin \gamma.$$

Pour $\alpha + \gamma = 90^\circ$, on a $N = P \frac{r}{l}$,

Pour $\alpha = 90^\circ$ et $\gamma = \gamma_{\max}$, on a $N_{\max} = P \operatorname{tang} \gamma_{\max}$

(cette valeur s'éloigne peu de la précédente).

Pression sur la bielle :

$$S = \frac{P}{\cos \gamma}.$$

Pour $\alpha = 90^\circ$ et $\gamma = \gamma_{\max}$, on a $S_{\max} = \frac{P}{\sqrt{1 - \left(\frac{r}{l}\right)^2}}$;

Pour $l = \infty$, on a $S = P$.

Effort tangentiel au bouton de manivelle :

$$T = P \frac{\sin(\alpha + \gamma)}{\cos \gamma}.$$

Pour $\alpha = 0^\circ$ et $\alpha = 180^\circ$, on a $T = 0$;

Pour $\alpha = 90^\circ$ et $\gamma = \gamma_{\max}$, on a $T = P$;

Pour $\alpha + \gamma = 90^\circ$, on a $T_{\max} = S = P \sqrt{1 + \left(\frac{r}{l}\right)^2}$;

Pour $l = \infty$, on a $T = P \sin \alpha$.

Contrepoids. — Les contrepoids d'équilibrage introduisent une nouvelle force, la force centrifuge R dont la valeur est :

$$R = \frac{Gv^2}{gr},$$

G étant le poids des contrepoids rapporté au bouton de manivelle
Cette force se décompose en deux autres :

$$R \cos \alpha \quad \text{et} \quad R \sin \alpha,$$

comme il est indiqué sur la figure 100.

BIELLE

La bielle se compose du corps ou tige, de la tête et du pied de bielle, ces deux dernières articulations étant parfois semblables.

Corps de la bielle. — Les efforts qui agissent sur la tige d'une bielle sont assez complexes ; elle travaille à la traction et à la compression suivant les positions de la manivelle, à la flexion en raison

de son poids, et à différents effets d'inertie en raison de son mouvement alternatif.

Soit :

P , la force maximum sur la bielle, en kilogrammes ;

l , la longueur d'axe en axe des tourillons ;

I , le plus petit moment d'inertie de la section transversale au milieu de la bielle ;

E , le module d'élasticité du métal employé ;

σ , le coefficient de sécurité ;

r , le rayon de manivelle ;

n , le nombre de tours par minute.

La condition de résistance au flambage, la pièce étant chargée en debout (voir p. 89), est :

$$P = \frac{\pi^2}{\sigma} \cdot \frac{EI}{l^2}.$$

Nous considérerons les deux cas suivants :

1° *Bielles pour petites et moyennes vitesses.* — Pour les bielles de machines à vapeur avec des vitesses moyennes de piston comprises entre 1,50 m. et 2 mètres par seconde et une section circulaire de diamètre d_m au milieu de la bielle, on prendra $\sigma = 25$.

Avec un module d'élasticité $E = 2.000.000$ kg : cm², la formule précédente devient :

$$P = \frac{\pi^2}{25} \frac{d_m^4}{l^2} 2.000.000 = 40.000 \frac{d_m^4}{l^2} \text{ environ.}$$

Pour les moteurs à explosion, avec bielle à section circulaire et vitesse de piston dans les mêmes limites, on prendra seulement $\sigma = 20$.

Pour les machines autres que des machines motrices, par exemple pompes, machines-outils, etc., on pourra prendre $\sigma = 30, 40$ et même 60 si le mouvement est absent de tous chocs ou vibrations excessives.

Avec les bielles à section annulaire, D étant le diamètre extérieur et d le diamètre intérieur en centimètres, la valeur du moment d'inertie à admettre dans la formule générale est :

$$I = \frac{D^4 - d^4}{20}.$$

Avec les bielles à section rectangulaire, largeur b centimètres et hauteur $h = 1,75b$ à $2b$, la formule devient :

$$P = \frac{\pi^2}{\sigma} \cdot E \cdot \frac{b^3 h}{12 l^2},$$

qui donne si l'on fait $\sigma = 15$, $h = 1,8b$ et $E = 2.000.000$

$$P = 200.000 \frac{b^4}{l^2} \text{ pour bielles en fer,}$$

et si l'on fait $\sigma = 15$, $h = 1,5b$ et $E = 120.000$

$$P = 10.600 \frac{b^4}{l^2} \text{ pour bielles en bois.}$$

2° *Bielles pour grande vitesse.* — Ces bielles (locomotives, moteurs d'automobiles, etc.), en raison des effets d'inertie, doivent être aussi légères que possible; la valeur admissible du coefficient de sécurité baisse beaucoup.

Pour les bielles rectangulaires de largeur b et de hauteur h , la formule à employer, en admettant $\sigma = \frac{20}{3}$ à $\frac{10}{3}$, $h = 2b$ et $E = 2.000.000$, est

$$P = 500.000 \frac{b^4}{l^2} \text{ à } 1.000.000 \frac{b^4}{l^2}.$$

Il convient de vérifier en outre que les forces d'inertie ne font pas travailler le métal au delà de la charge admissible à la flexion k_f , ce qui a lieu pour la condition :

$$\frac{bh}{P} + \frac{1}{30} \left(\frac{n}{1.000} \right)^2 \frac{l^2 r}{h} \leq k_f,$$

avec $k_f = 300$ à 400 kg. : cm² pour du bon fer soudant et $k = 500$ kg. : cm² pour de l'acier fondu.

Tête et pied de bielle. — Les têtes et pieds de bielle ne sont pas autre chose que des paliers en mouvement; on les calcule donc d'après cette conception. Toutefois, on adoptera des pressions unitaires admissibles sur la surface des coussinets plus faibles, en raison des inégalités de contact qui peuvent avoir lieu.

En outre, pour maintenir la distance d'axe en axe constante, et éviter les chocs, il faudra prévoir un moyen de rattrapage de l'usure des coussinets.

La figure 101 représente une bielle pour machine à vapeur verticale, avec tête de bielle ouverte, dont on voit les proportions principales.

Le diamètre et la longueur des tourillons et paliers se calculeront à partir de la force P à laquelle est soumise la bielle, comme il a été dit.

L'épaisseur du chapeau s , avec une charge admissible $k_f = 600$ kilogrammes : cm² (fer soudant) est donnée par :

$$0,5P_x = \frac{bs^2}{6} k_f.$$

La fatigue de la section AB résulte de l'effort $\frac{P}{2}$ agissant alternativement par traction et compression, et du moment de flexion $0,5P \left(\frac{a}{2} - z \right)$ dans laquelle z est la distance du centre de gravité de la section au côté considéré.

Pour simplifier, remplaçons la section curviligne par un rectangle équivalent, de hauteur a_m , de sorte que la tension unitaire due à l'effort de traction et compression est :

$$\sigma_1 = \frac{0,5P}{a_2 a_m},$$

et celle due à l'effort de flexion est :

$$\sigma_2 = \frac{0,5P \left(\frac{a}{2} - \frac{a_m}{2} \right)}{\frac{a_2 a_m^2}{6}}$$

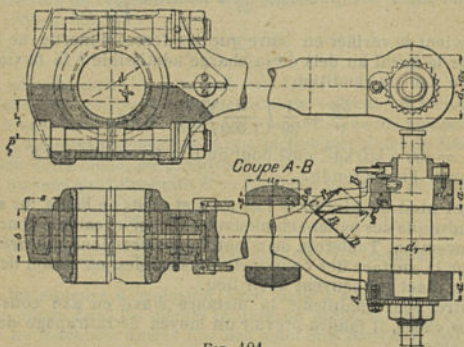


FIG. 101.

La tension totale $\sigma_1 + \sigma_2 = \sigma$ ne doit pas dépasser 300 kilogrammes par centimètre carré pour le bon fer soudant.

La fatigue de la section CD résulte (voir fig. 100) d'un effort de cisaillement P d'un effort normal de traction et P_{km} , compression et d'un effort de flexion $0,5 P_y$. On peut calculer l'épaisseur minimum a en ce point à l'aide de l'expression :

$$0,5P \cdot \frac{d_1 + a_1}{8} = \frac{a a_1^2}{6} k_f,$$

avec $k_f \leq 600$ kilogrammes pour du bon fer soudant.

ARBRES CHARGÉS

Pour certains cas, il faut vérifier que l'arbre a un diamètre suffisant pour ne pas fléchir.

Le nomogramme indiqué au chapitre *Transmissions* donne la valeur des efforts supportés par l'arbre. Soit Q_1, Q_2 les tensions réparties aux poulies, de telle sorte que, tenant compte du poids de l'arbre, etc., on ait la tension totale $U = Q_1 + Q_2$.

On construira, comme l'indique la figure, le polygone des forces et le polygone funiculaire.

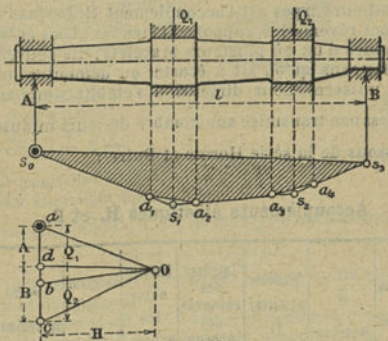


Fig. 102.

On porte sur la verticale du point a les deux valeurs Q_1 et Q_2 et on réunit au pôle O , la distance H étant la distance polaire en kilogrammes à l'échelle des forces.

On trace alors le polygone funiculaire en faisant S_0S_1 parallèle à aO , S_2S_3 parallèle à cO ; la parallèle dO italique de fermeture S_0S_3 détermine sur le polygone des forces la valeur des réactions aux paliers : $ad = A$ et $dc = B$.

La hauteur verticale y en chaque point du funiculaire donne la tension en chaque section considérée.

Le moment de flexion pour chacune de ces sections est :

$$M_f = H \cdot y = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 k_f.$$

En prenant pour l'acier doux une charge pratique de 900 kg : cm² et $\frac{\pi}{32} = \frac{1}{10}$ on a pour le diamètre cherché à la section considérée :

$$d = \sqrt[3]{\frac{10M_f}{900}} = \sqrt[3]{\frac{H \cdot Y}{90}} \text{ en centimètres.}$$

ACCOUPEMENTS ÉLASTIQUES

L'un des meilleurs types est l'accouplement Haberman à bracelets de cuir, qui sont réversibles, supportent bien les chocs et fonctionnent malgré la rupture d'un ou plusieurs bracelets; ils peuvent en outre se désaccoupler sans qu'on ait à écarter ou démonter les deux machines qu'ils unissent. Leur dimension s'établit simplement par le rapport $\frac{N}{n}$ puissance transmise sur nombre de tours-minute, porté au tableau ci-dessous de la série Horme et Buire :

Accouplements élastiques H. et B.

Numéros	ALÉSAGE		$\frac{N}{n}$	Diamètre extérieur D	Longueur des rainures des arbres	Distance entre les arbres	Longueur totale L	POIDS approximatif	NOMBRE de bracelets de cuir
	normal	maximum							
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	kg.		
0	10 à 14	0,0008	100	35	4	74	2,5	6	
1	15 19	0,0025	125	40	4	84	3,5	7	
2	20 25	0,004	160	45	4	94	7	7	
3	30 35	0,009	210	55	4	114	11,5	7	
4	40 45	0,025	270	70	4	144	25	8	
5	50 55	0,06	330	93	5	191	45	8	
6	60 65	0,12	390	115	6	236	80	10	
7	70 75	0,18	450	130	7	267	115	10	
8	80 85	0,30	520	140	8	288	150	10	
9	90 95	0,45	610	158	9	325	220	11	
10	100 110	0,75	730	180	10	370	330	12	

MANIVELLES

Manivelles de machines. — La figure 103 montre le type de manivelle classique, avec fixation du tourillon par clavetage, qui est le mode de connexion le plus usité. De toutes façons le cône du tourillon doit être très soigneusement rodé sur son siège, et le clavetage énergique.

Pour les tourillons normalement chargés, on peut admettre les proportions générales suivantes comme satisfaisantes :

$$l_1 = 1,5d \text{ à } 1,75d ;$$

$$h_1 = 0,3l_1 \text{ à } 0,4l_1 ;$$

$$s_1 = 0,2d \text{ à } 0,25d ;$$

$$\frac{d_1 - d_2}{2l_1} = \frac{1}{25} \text{ à } \frac{1}{15}.$$

$D_1 = 2d$ pour manivelles forgées ;

$D_1 = 2,5d$ pour manivelles fondues.

Usuellement on prend $D_2 < D_3$ de quelques millimètres, et l'on fait :

$$l_2 \cong D_2 \text{ à } 1,25D_2,$$

suivant que la manivelle est pressée sur l'arbre, ou qu'elle est clavetée (affaiblissement dans ce cas).

L'épaisseur du moyeu est $n = 0,4D_2 + 1$ centimètre pour manivelle forgée. Pour les manivelles fondues, on prend n de 30 à 50 0/0 plus grand.

Le calcul de la section bh du bras doit se faire en tenant compte des efforts au tourillon.

La pression P sur le tourillon se décompose, comme nous savons, en deux autres :

Une composante radiale D ;

Une composante tangentielle T .

La force D soumet la pièce à un effort de traction et à un effort de flexion autour de xx dont le moment est :

$$M_2 = Dv.$$

La force T soumet la pièce à un effort de flexion autour de yy , dont le moment est :

$$M_1 = Tv,$$

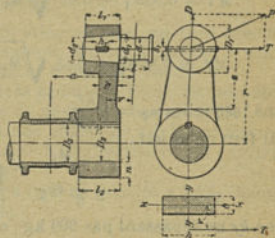


Fig. 103.

et a un effort de torsion dont le moment est :

$$M_d = T_r.$$

La composition de ces efforts aboutit aux moments idéaux, permettant de vérifier si l'on n'atteint pas de tension dangereuse en différentes sections de la manivelle :

$$M_i = 0,35M_1 + 0,65 \sqrt{M_1^2 + \left(\frac{3}{2} \alpha_0 M_d\right)^2} = \frac{1}{6} b h^2 k_f,$$

et :

$$M_i' = 0,35M_2 + 0,65 \sqrt{M_2^2 + \left(\frac{3}{2} \alpha_0 M_d\right)^2} = \frac{1}{6} b^2 h k_f,$$

dans lesquelles $\alpha_0 = \frac{k_f}{1,3k_t}$.

Il faut qu'on ait :

$$\frac{M_1}{\frac{1}{6} b h^2} + \frac{M_2}{\frac{1}{6} b^2 h} \leq k_f,$$

avec k_f ne dépassant pas 600 kg : cm² pour manivelles en fer forgé.

Le diamètre D^3 de la portée, dans le palier, soumise à un effort de flexion dont le moment est $M_b = P_a$ et à un effort de torsion dont le moment est $M_d = T_r$, doit satisfaire à la condition :

$$M_i = 0,35M_b + 0,65 \sqrt{M_b^2 + M_d^2} = 0,41D_3^3 k_f.$$

Manivelles à main. — Les figures 102 et 103 donnent deux types

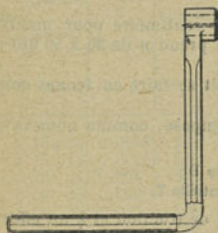


FIG. 104.

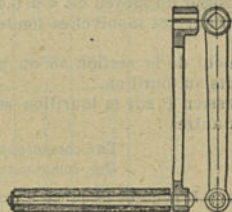


FIG. 105.

courants de manivelles à bras. La figure 104 est une manivelle en deux pièces, la douille étant constituée par une pièce en bois. La figure 105

est entièrement métallique, et d'une seule pièce; la douille est constituée par un tronçon de tube à gaz.

Le diamètre à la poignée est de 40 à 50 millimètres; le rayon de manivelle de 350 à 400 millimètres; la longueur de la poignée, pour 1 seul homme 300 millimètres environ, pour 2 hommes 500 millimètres.

Le diamètre d_1 de la broche (âme de la poignée) se calcule en partant de l'effort P kilogramme exercé à une distance x de la section de rupture. On a

$$Px = 0,1d_1^3kf.$$

P pour un ouvrier est d'environ 20 kilogrammes; on peut prendre 40 kilogrammes pour l'effort de 2 hommes. On peut prendre comme dans le cas des manivelles de machine $kf = 600 \text{ kg} : \text{cm}^2$.

La section du bras de manivelle peut se calculer à l'aide des formules précédemment données. Le diamètre d_2 de l'arbre de manivelle peut se déterminer de même, en partant des efforts de flexion et torsion combinés; il est suffisant de prendre $d_2 = 3$ centimètres pour 1 ouvrier, et $d_2 = 4$ centimètres pour 2 ouvriers.

Enfin, le diamètre du moyeu est pris égal en général à $1,5d_2$ (manivelle forgée) et $2d_2$ (manivelle fondue).

ARBRES-MANIVELLE

Calcul des arbres à plateau-manivelle. — Soit à calculer un



FIG. 106.

arbre du type de la figure 106 à deux paliers et volant intermédiaire, Appelons :

- P , la pression maximum au bouton de manivelle en kilogrammes;
- r , le rayon de manivelle en centimètres;
- l , la largeur du maneton en centimètres.

Posons la proportion l_1 portée du coussinet = $1,8d_1$ et $l_2 = d_1$.
On a alors pour le calcul du diamètre d_1 l'expression :

$$0,35M_f + 0,65 \sqrt{M_f^2 + M_t^2} = 0,1d_1^3k_f,$$

dans laquelle

M_f , moment de flexion = $P(0,5l + d_1 + 0,9d_1) = P(0,5l + 1,9d_1)$;

M_t , moment de torsion = Pr ;

k_f , charge pratique à la flexion du métal employé (qu'on peut prendre pour le fer = à 500 kg : cm²).

On a ainsi toutes les données permettant de tirer de l'expression la valeur du diamètre d_1 et, par suite, de la portée l_1 au coussinet.

Calcul des arbres coudés. — Le cas le plus simple est celui d'un arbre à un seul coude, avec palier et volant.

La méthode à adopter sera le calcul de l'arbre coudé au seul point de vue de la résistance, avec vérification, comme dans le cas précédent, de la dimension des portées des coussinets, au point de vue de la pression et de l'échauffement.

Le premier point consiste à déterminer quelles sont les forces agissant sur l'arbre et intervenant dans le calcul.

Les unes sont simplement statiques :

Pression due à l'effort maximum P du fluide moteur sur le piston ;

Pression due aux poids G du volant et à la tension de la courroie motrice.

Les autres sont dynamiques et comprennent : forces d'inertie correspondant au moment moteur maximum ; force centrifuge en cas de moteur non équilibré.

Suivant qu'on considérera le calcul du maneton ou celui des portées, il faudra décomposer la résultante P' de ce moment maximum en deux composantes, l'une radiale, l'autre tangentielle ; de même pour le poids G du volant.

Il convient de rechercher pour quelle position de la bielle-manivelle la résultante P' est maximum. L'on y arrive au moyen du diagramme des déplacements du piston composé avec le diagramme d'indicateur ; le diagramme résultant étant appelé diagramme des efforts tangentiels.

Pour les proportions usuelles de bielles (rapport $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{6}$), on peut admettre approximativement que l'effort maximum a lieu pour un angle de la manivelle $\alpha = 34^\circ$, et une obliquité de la bielle $\beta = 5^\circ 30'$, la valeur correspondante de P' étant alors $P' = \frac{3}{4} P$ environ.

Le calcul des vilebrequins est trop complexe pour que nous puis-

sions l'exposer ici ; nous renvoyons à notre *Formulaire de l'ingénieur et du mécanicien* où la question est traitée complètement avec exemple.

Tourillons. — *Tourillon encastré à un bout.* — Bouton de manivelle, fer ou acier.

P, charge en kilogrammes ; l , longueur ; d , diamètre ;

$$d = \text{approx } \sqrt{P}, \text{ pour } \frac{d}{l} = 1,3.$$

Bouton creux :

d_0 , diamètre extérieur ;

d_1 , diamètre intérieur ;

d , diamètre du tourillon plein équivalent ;

On a $d_0 = 1,10d$, pour $\frac{d_1}{d_0}$ variant de 0,5 à 0,7

Tourillon d'arbre à manivelle :

d , diamètre du tourillon, en centimètres ;

n , distance du milieu de la portée du bouton de manivelle au milieu de la portée de l'arbre ;

r , rayon de la manivelle ;

P, effort sur ce rayon en kilogrammes.

$$d = 0,2 \sqrt[3]{P(1,84n + 0,84r)}.$$

Tourillon de crosse à fourche de longueur l :

$$d \text{ millimètre} = 0,7 \sqrt{P}, \quad \text{pour } \frac{l}{d} = 4.$$

CALCUL DES VOLANTS

Degré d'irrégularité. — Le degré d'irrégularité δ_0 est la caractéristique principale de la détermination du poids du volant. C'est la traduction numérique de la variation de force vive pendant une course du piston.

Généralement on se donne d'avance le degré de régularité $\frac{1}{\delta_0}$ pour une application donnée ; par exemple : $\frac{1}{\delta_0} = 250$, soit $\delta_0 = 0,004$ ou 0,4 0/0 pour les machines génératrices électriques. On peut toutefois relever pratiquement le degré d'irrégularité connaissant le dia-

gramme des efforts tangentiels et les caractéristiques principales du moteur considéré.

Énergie du volant. — Appelant V et v les vitesses tangentielles normale et réduite ; t le temps en secondes pendant la variation de vitesse, c'est-à-dire le temps qui s'écoule quand la vitesse V tombe à v ; G le poids de la jante ; P le poids total du volant, égal à $1,4G$ en général, on a :

Force vive des masses en mouvement pour le nombre de tours normal :

$$E = \frac{P}{g} \cdot \frac{V^2}{2}$$

Variation de force vive pendant le temps t ; en d'autres termes, puissance emmagasinée ou restituée par le volant :

$$N = \frac{1}{75} \cdot \frac{P(V^2 - v^2)}{2g} \cdot \frac{1}{t}$$

Cette variation de force vive est à considérer quand on calcule le volant pour une charge variable, car un moteur peut avoir une très bonne régularité à charge constante et être inapte à faire un service à charge variable.

On est alors conduit, soit à augmenter la masse du volant, soit à augmenter la puissance du moteur, et l'on est guidé dans ce choix par la considération des puissances fournies respectivement par le moteur et le volant pour satisfaire à la puissance totale absorbée.

Pour les applications usuelles on se servira de la table ci-après, d'après Haeder, pour choisir des valeurs convenables de $\frac{1}{\delta_0}$.

Calcul du poids de jante. — On prendra pour base du calcul la plus grande des valeurs de $\frac{1}{\delta_0}$ données dans ce tableau.

Le poids de la jante se calculera d'après la formule

$$G = 100i \frac{N}{n \cdot V^2} \cdot \frac{1}{\delta_0}$$

dans laquelle :

N est la puissance normale indiquée du moteur en chevaux ;

n , le nombre de tours normal par minute ;

V , la vitesse tangentielle du centre de gravité de la jante en m : sec. ;

$\frac{1}{\delta_0}$, le degré de régularité (δ_0 , degré d'irrégularité) ;

i , un coefficient dont les valeurs sont les suivantes, calculées d'après les diagrammes des efforts tangentiels des machines ci-après.

Valeurs types pour le calcul du poids d'un volant.

GENRE de l'installation	PUISSANCE de l'installation en CV.	VALEUR usuelle prise pour $\frac{1}{\delta_0}$	On doit prendre à cause variations de la charge		Pour l'éclairage élec- trique avec com- mande par courroie on ne doit pas prendre $\frac{1}{\delta_0}$ inférieur à
			E : N pas plus petit que	et $\frac{1}{\delta_0}$	
Pompes; broyage		20	—	—	—
Briqueteries (1)	Petites 20 CV		300	$60 \cdot \frac{n}{i}$	100
	Moyennes 80 CV	30	250	$50 \cdot \frac{n}{i}$	85
	Grandes		200	$40 \cdot \frac{n}{i}$	60
Menuiseries mé- caniques avec scie circulaire et scieries	Petites 20 CV		400	$80 \cdot \frac{n}{i}$	150
	Moyennes 120 CV	35	350	$70 \cdot \frac{n}{i}$	90
	Grandes		300	$60 \cdot \frac{n}{i}$	60
Constructions mécaniques	Petites 10 CV		200	$40 \cdot \frac{n}{i}$	100
	Grandes	40	150	$30 \cdot \frac{n}{i}$	60
Filatures au delà de 300 chevaux		65	350	$70 \cdot \frac{n}{i}$	—
		80	435	$87 \cdot \frac{n}{i}$	—
Fabriques de papier		67	350	$70 \cdot \frac{n}{i}$	—

(1) Pour les matières très tendres, les volants peuvent être de 30 à 50 0/0 plus légers

TYPE :	MACHINES A VAPEUR				
	Mono-cylindre	Compound		Triple expansion	
		Tandem	Cross	2 manivelles	3 manivelles
Nombre des cylindres	1	2	2	2	3
Valeurs de i :	pour chevaux indiqués .		pour chevaux effectifs .		
	86	80	50	35	21
	95	89	56	39	24

TYPE :	MOTEURS A EXPLOSION						
	Machine à 4 temps						Machine à 2 temps
	Simple effet			Double effet			Simple effet
Nombre de cylindres	1	2	4	1	2	4	1
Valeurs de i :	pour chevaux indiqués .		pour chevaux effectifs .				
	800	345	44	540	67	19	350
	1.060	445	55	675	81	23	—

Si nous appelons P le poids de masse tournante ($P = 1,1G$) et D le diamètre du centre de gravité de la jante, nous aurons, en introduisant dans la formule précédente le moment PD^2 et la valeur de la vitesse $V = \frac{\pi Dn}{60}$, l'expression générale :

$$PD^2 = \frac{400}{n^3} \cdot 100i \cdot N \cdot \frac{1}{80},$$

pour le calcul des dimensions du volant.

Exemple de calcul d'un volant. — Soit à créer une installation de 70 chevaux pour une briqueterie. Soit $n = 150$, le diamètre du centre de gravité de la jante $D = 3,2$ mètres, alors $V = \frac{3,2 \cdot \pi \cdot 150}{60} = 25$ mètres par seconde. Nous allons comparer les calculs pour le cas d'un moteur

à 4 temps 1 cylindre et pour le cas d'une machine à vapeur à 1 cylindre.

Moteur à gaz à simple effet. — Prenons $N = 70$ chevaux effectifs, $n = 150$ tours.

D'après le premier tableau, on a :

$$i = 1.060.$$

D'après le second tableau, on doit avoir :

$$\frac{1}{\delta_0} > \frac{50 \cdot n}{i} = \frac{50 \cdot 150}{1.060} = 7,1,$$

et pour une installation sans dynamo, $\frac{1}{\delta_0} = 30$. La valeur maxima à adopter est donc $\frac{1}{\delta_0} = 30$, qui donne avec la formule générale pour le poids de la jante :

$$G = 100 \cdot 1.060 \cdot \frac{70}{25^2 \cdot 150 \cdot \frac{1}{30}} = 2.380 \text{ kilogrammes.}$$

S'il y a une dynamo, on doit prendre, d'après le même tableau, $\frac{1}{\delta_0} = 85$ ce qui donne pour le poids de la jante :

$$G = 100 \cdot 1.060 \cdot \frac{70}{25^2 \cdot 150 \cdot \frac{1}{85}} = 6.750 \text{ kilogrammes.}$$

Machine à vapeur à un cylindre. — Prenons également : $N = 70$ chevaux effectifs ; $n = 150$ tours.

Le premier tableau donne pour valeur de i :

$$i = 95.$$

Le second tableau donne :

$$\frac{1}{\delta_0} = \frac{50 \cdot n}{i} = \frac{50 \cdot 150}{95} = 78,$$

et pour le cas où il n'y a pas de dynamo $\frac{1}{\delta_0} = 30$, la valeur maxima est $\frac{1}{\delta_0} = 78$, ce qui donne avec la formule pour poids de la jante :

$$G = 100 \cdot 95 \cdot \frac{70}{25^2 \cdot 150 \cdot \frac{1}{78}} = 500 \text{ kilogrammes.}$$

Dans le cas où il y a une dynamo, on doit avoir $\frac{1}{\delta_0} = 85$, ce qui

donne pour poids de la jante :

$$G = 100 \cdot 95 \cdot \frac{70}{25^2 \cdot 150 \cdot \frac{1}{85}} = 610 \text{ kilogrammes.}$$

Le volant du moteur à gaz devrait donc être sensiblement plus lourd que celui de la machine à vapeur (pour les mêmes valeurs de N et n); 4 fois plus lourd dans le cas où il n'y a pas de dynamo et 11 fois dans le cas où il y a une dynamo.

Tension due à la force centrifuge; éclatement. — On prend dans ce calcul comme poids de la masse tournante $P = 1,1G$, qu'on suppose appliqué au centre de gravité de la section de la jante.

Appelons

R , le rayon au centre de gravité de la jante en mètres;

$V = \frac{\pi n R}{30}$, la vitesse tangentielle au centre de gravité en m : sec.;

v , la vitesse tangentielle au centre de gravité S' d'une moitié du volant

σ , la distance du centre de gravité S' au centre du volant;

e , la tension dans la jante en kg : cm²;

f , la section de la jante en centimètres carrés.

La moitié de poids de la jante, soit $\frac{1,1G}{2}$, tend à briser la roue en deux sections opposées; on a ainsi pour valeur de la force centrifuge d'une moitié :

$$C = \frac{1,1G}{2g} \cdot \frac{v^2}{e}$$

On a d'autre part :

$$e = \frac{2R}{\pi} \quad \text{et} \quad v = \frac{e}{R} V = \frac{2V}{\pi}$$

Substituant ces deux valeurs, il vient :

$$C = 1,1 \frac{G}{g} \cdot \frac{V^2}{\pi R} = 0,036 \frac{GV^2}{R^3}$$

Cette valeur de la force centrifuge s'exerce sur la double section de jante, de sorte qu'on a :

$$2f\sigma = 1,1 \frac{G}{g} \cdot \frac{V^2}{\pi R}$$

Le poids de jante a d'autre part pour expression :

$$G = 20\pi R \cdot 0,01f \cdot 7,3,$$

7,3 étant le poids du décimètre cube de fonte. On trouve donc finale-

ment pour valeur de la tension due à la force centrifuge :

$$\sigma = 0,11 \frac{7,3V^2}{g} = 0,082V^2 \text{ kg : cm}^2.$$

Cette formule ne tient pas compte de l'influence de la tension des bras sur la jante ; usuellement on prendra pour expression de la tension :

$$\begin{aligned} \sigma &= 0,09V^2 \text{ pour les volants ordinaires ;} \\ \sigma &= 0,17V^2 \text{ pour les volants servant de poulie.} \end{aligned}$$

Pour différentes vitesses tangentielles on trouve comme valeur de la tension développée dans les volants-poulie :

$$\begin{array}{cccccccc} V & = & 10 & 20 & 30 & 40 & 50 & 60 & 80 & 100 \text{ m : sec ;} \\ \sigma & = & 12 & 48 & 108 & 192 & 300 & 430 & 770 & 1.200 \text{ kg : cm}^2. \end{array}$$

On voit ainsi qu'on peut admettre des vitesses de volant en fonte jusqu'à 40 m : sec. ; à 80 m : sec., la limite d'élasticité est atteinte, et à 100 m : sec., la charge de rupture.

PRESSE-ÉTOUPE

Un presse-étoupe ordinaire (*fig. 107*) est constitué par les organes suivants : la bague *b* qui sert à serrer la garniture, et le plus souvent une bague *g* en métal antifriction.

Les proportions usuellement admises sont, pour les garnitures en chanvre, coton, amiante, etc.

$$\begin{aligned} s &= 0,65 \sqrt{d} \text{ à } 0,8 \sqrt{d} ; \\ d_1 &= d + 2s ; \\ h &= d_1 \text{ approximativement ;} \end{aligned}$$

et :

$$d_1 = d \text{ approximativement.}$$

Les raisons militent en faveur d'une grande hauteur de garniture sont : un temps plus long entre deux remplacements du bourrage, une moins grande pression pour maintenir l'étanchéité, d'où moins grande usure de la tige. La seule critique réside dans l'augmentation de travail perdu en frottement.

Pour les gaz très pénétrants, on pourra prendre $h > d_1$, ce qui correspond à une grande hauteur ; par contre, pour les liquides, on se contentera de $h < d_1$.

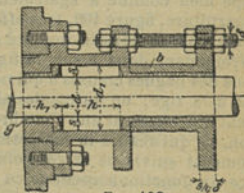


FIG. 107.

Si nous appelons :

i , le nombre des boulons de serrage ;

δ , le diamètre extérieur (en centimètres) des boulons de serrage ;

p , la pression du fluide à étancher ;

on tirera le diamètre des boulons d'après

$$\frac{\pi}{4} (d_1^2 - d^2) 3p = 120\delta^2 i \text{ à } 135\delta^2 i.$$

On prendra pour p le minimum : 3 kg : cm².

Garnitures métalliques. — L'adoption des hautes pressions et températures élevées de la vapeur rend de plus en plus nécessaire l'emploi des garnitures métalliques.

La garniture Hahn est constituée par des anneaux de métal antifric-tion remplis intérieurement de gra-phite que la pression de serrage fait sortir par des ouvertures ménagées à cet effet.

La garniture Howalt comprend un certain nombre d'anneaux antifric-tion ; ces anneaux sont coupés pour faciliter l'introduction, et placés à joints alternés.

Dans la garniture Gminder (*fig. 108*), les anneaux de métal antifric-tion sont munis de rainures visibles sur le dessin qui sont favorables à l'étanchéité ; ce type de bourrage est un des meilleurs qui existe.

Garniture à labyrinthe. — Ces garnitures sont très employées pour assurer l'étanchéité des turbines à vapeur ; elles sont essentiellement constituées par des alternances d'étranglements suivis de chambre de grande capacité, où la vapeur, qui a traversé l'étranglement, se détend subitement et de ce fait se condense.

Pour les machines à piston Lentz, l'auteur de la distribution à sou-pape bien connue a également imaginé la garniture, figure 109, très efficace. Elle comprend un certain nombre de bagues à frottement doux b sur la tige, placées dans des bagues creusées a qui ne touchent pas à la tige ; on intercale alternative-ment une bague et une chambre d'expansion, ce qui réalise la succession d'étran-glements suivis de larges volumes, prop-ice au fonctionnement de ce dispositif. En plaçant des tubes manométriques, on

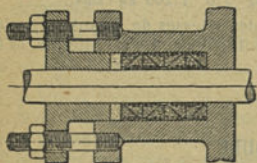


FIG. 108.

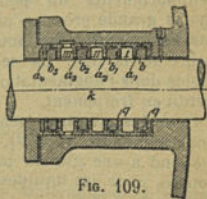


FIG. 109.

constate que les pressions de la vapeur qui a passé par les fuites décroissent très rapidement dans les chambres I, II, III, etc., et arrivent à être nulles si le nombre des chambres est suffisant, ce nombre dépendant de la pression initiale de la vapeur.

Ces garnitures présentent sur les autres le très gros avantage de ne pas nécessiter de remplacements fréquents de la garniture, les bagues s'usant fort peu, et de supprimer les serrages nécessaires avec les presse-étoupe ordinaires.

PISTONS ET CYLINDRES

Suivant que la garniture destinée à assurer l'étanchéité est disposée sur le cylindre ou sur le piston, on distingue le *piston plongeur* ou le *piston à plateaux ou segments*.

Pistons plongeurs. — Les figures 110 et 111 montrent deux modes de construction diffé-

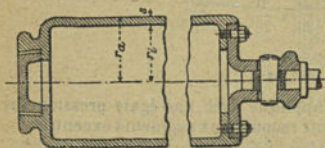


FIG. 110.



FIG. 111.

rents de pistons plongeurs en acier embouti.

Les dimensions de ces pistons tubulaires se calculent, d'après Bach, en partant de la pression extérieure à supporter p_a , en $\text{kg} : \text{cm}^2$.

On a :

$$r_e = r_i \sqrt{\frac{k}{k - 1,7p_a}}$$

dans laquelle :

r_e , est le rayon extérieur du piston, en centimètres ;

r_i , — intérieur — — — — —

k , la résistance pratique à la compression admissible, en $\text{kg} : \text{cm}^2$

$s = r_e - r_i$, l'épaisseur de paroi, en centimètres.

Pour la fonte, le bronze, le fer, on peut prendre $k = 600 \text{ kg} : \text{cm}^2$.

Pour l'acier, on ira jusqu'à $k = 900 \text{ kg} : \text{cm}^2$.

Pistons sans garniture; pistons rodés. — Pour les petits alésages on peut employer des pistons rodés; ils se font surtout en bronze. L'étanchéité, si l'exécution est bonne, est parfaitement assurée.

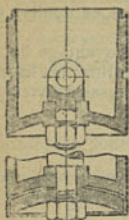


Fig. 112.

Un piston de ce genre est indiqué figure 112; on doit toujours prévoir une rainure circulaire, qui recueillera les saletés résultant d'une usure quelconque.

On peut augmenter le nombre de ces rainures et réaliser le piston en labyrinthe, dans lequel les rainures sont remplies de liquide ou d'huile si le piston agit sur des gaz.

On peut aussi, comme l'indique la figure 112, munir en bout le piston d'une garniture en cuir.

Pistons à segments métalliques. — Ils sont à peu près exclusivement employés pour les gaz et vapeurs. L'étanchéité est obtenue par l'élasticité propre des segments.

L'on prend en général une épaisseur des segments :

$$s \approx \frac{D}{30} \text{ à } \frac{D}{20},$$

et une hauteur :

$$h \approx 1,5s.$$

Si l'on veut que le segment s'applique avec une égale pression sur toute sa circonférence, il faut avoir recours aux segments excentrés.

Tiges de piston. — Les tiges de piston travaillent surtout à la traction ou compression; on peut considérer le travail de traction ou de compression comme chargé en bout, quand le piston est à une de ses extrémités; dans les machines horizontales il faut également tenir compte de la flexion.

La charge en bout se calculera au moyen de l'expression :

$$P = \frac{\pi^2}{n} \cdot \frac{IE}{l^2},$$

dans laquelle :

P, l'effort suivant l'axe que le piston transmet à la tige, en kilogrammes ;

I, le moment d'inertie de la section de la tige, en cm^4 ;

l, la longueur de la tige en centimètres (mesurée de l'axe médian du piston à l'axe du fourillon de la crosse) ;

E, le module d'élasticité, en $\text{kg} : \text{cm}^2$;

n, le coefficient de sécurité admissible.

Si la tige est de section circulaire, et que nous appelions d son diamètre si elle est pleine; d_1 et d_2 les diamètres intérieur et extérieur si elle est creuse, l'expression précédente devient :

$$P = \frac{E \cdot d^4}{2nl^2} \text{ environ pour tige pleine ;}$$

$$P = \frac{E}{2n} \cdot \frac{d_2^4 - d_1^4}{l^2} \text{ environ pour tige creuse.}$$

On prendra dans ces formules :

$n = 8$ à 11 , quand la charge varie entre $+P$ et zéro ;

$n = 15$ à 22 — entre $+P$ et $-P$.

Pour les machines horizontales, il y a aussi lieu de rechercher la flexion (fig. 113). Soit :

L , la longueur de la tige entre appuis, en centimètres ;

G_k , le poids du piston (supposé appliqué au milieu de la tige) ;

G_s , le poids de la tige de piston, en kilogrammes ;

I , le moment d'inertie de la section de la tige, en centimètres carrés

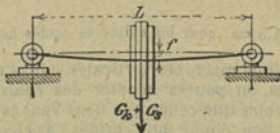


FIG. 113.

On a pour valeur de la flèche maximum en centimètres, au milieu de la tige :

$$f = \frac{L^3}{48} \cdot \frac{G_k + \frac{5}{8} G_s}{EI}.$$

On ne doit pas trouver pour f une valeur supérieure à $1,0$ à $1^{\text{mm}},5$, sans quoi le frottement résultant de la flexion de la tige aurait des effets nuisibles à la fois pour le cylindre (ovalisation), pour le piston (gripages) et pour la tige (déformations).

Cylindres hydrauliques. — L'épaisseur de paroi s après alésage peut être prise égale à :

$$s = \frac{1}{50} D + 1,0 \text{ cm. quand le cylindre est coulé verticalement ;}$$

$$s = \frac{1}{40} D + 1,2 \text{ cm. quand il est coulé horizontalement.}$$

En général, une pression hydrostatique interne de p_i kg : cm² exige une épaisseur de paroi donnée par :

$$s = 0,5 \left[\sqrt{\frac{k_a + 0,4p_i}{k_a - 1,3p_i}} - 1 \right] D + a \text{ cm,}$$

dans laquelle :

k_a est la charge admissible à la traction du métal employé ;

a , une valeur constante de sécurité qu'on prendra égale à 0^{cm},3 à 0^{cm},6 ;

D , diamètre intérieur du cylindre en centimètres.

Pour la fonte, on prendra $k_a = 100$ à 200 kilogrammes ; pour le bronze et l'acier, on prendra $k_a = 200$ à 400 kilogrammes.

Les cylindres de gros diamètres ou pour fortes pressions devront en outre être consolidés par des brides et nervures venues de fonte.

Cylindres à vapeur et à gaz. — Pour les cylindres soumis à l'action de températures plus ou moins élevées, l'épaisseur de paroi devra être plus grande. On prendra :

$$s = \frac{1}{50} D + 1,3 \text{ cm. pour les cylindres coulés debout ;}$$

$$s = \frac{1}{40} D + 1,5 \text{ cm. pour les cylindres coulés horizontalement.}$$

Pour les cylindres de machines verticales, dont l'usure est régulière, et d'ailleurs réduite, on pourra adopter des épaisseurs de paroi de 10 à 20 0/0 plus faibles que celles que nous venons d'indiquer.

L'épaisseur que l'on donne aux brides, à chaque extrémité du cylindre, est usuellement de :

$$1,3s \text{ à } 1,4s.$$

Le nombre de boulons fixant les fonds au cylindre se détermine d'après :

$$i = \frac{1}{8} D + 4,$$

et l'on fera travailler la matière des boulons à 300 kg : cm².

La section f des canaux d'admission, ménagés dans le corps du cylindre, se calcule pour la vapeur saturée et avec une vitesse maximum de vapeur w_{\max} de 30 à 40 m : sec. correspondant à une vitesse maximum de piston c_{\max} , F étant la surface de piston en centimètres carrés, d'après

$$c_{\max} = F \frac{c_{\max}}{w_{\max}} \text{ centimètres carrés.}$$

Pour la vapeur surchauffée, on pourra admettre une section un peu plus faible.

Le rapport de la largeur à l'épaisseur des conduits sera pris égal à 1/4 pour les petites, 1/6 pour les moyennes et 1/6 à 1/10 pour les grosses machines.

ROULEMENTS A BILLES

Les roulements à billes permettent de substituer le frottement de roulement au frottement de glissement et n'exigent que très peu de graissage et de surveillance. Partout où les paliers ordinaires donnent des ennuis ou bien sont, par leur frottement, une source de dépense élevée, on doit donc penser à appliquer des roulements à billes.

Construction des roulements à billes. — Les anciens roulements à cône et cuvette ont été abandonnés pour des constructions plus rationnelles, différentes selon que le palier doit supporter des *charges purement radiales*, des *charges radiales et axiales combinées*, ou des *charges purement axiales*.

a) Pour les *charges purement radiales*, on emploie les roulements annulaires. La capacité de charge P d'un roulement se calcule par la formule de Stribeck :

$$P = \frac{Knd^2}{5},$$

dans laquelle n est le nombre de billes, d leur diamètre en 1/8 de pouce anglais, et K un coefficient appelé « charge spécifique ». La valeur de ce coefficient, pour un petit roulement de bonne construction et de bonne qualité d'acier, est voisine de 20; cette valeur s'abaisse jusqu'à 4 et 2 seulement pour les roulements de grandes dimensions.

Les proportions de la grosseur des billes et de l'épaisseur des bagues sont fixées par la pratique, et les dimensions du roulement lui-même, c'est-à-dire les *cotes d'alésage, de diamètre extérieur et de largeur*, sont standardisées chez les divers constructeurs. On voit donc que pour augmenter la capacité de charge radiale, il faut augmenter le plus possible le nombre des billes, tout en les conservant de bonne grosseur.

On y arrive en disposant *deux rangées de billes* au lieu d'une seule, et en logeant ces billes en quinconce dans les alvéoles de la cage qui les empêche de frotter les unes contre les autres.

Un exemple de construction ainsi réalisée est celle du roulement SKF à rotule sur billes, montrée par la figure 114. Le chemin de rou-



FIG. 114.

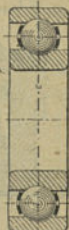


FIG. 115.

lement des billes dans la bague extérieure étant sphérique, les deux rangées de billes sont toujours également chargées. De plus, les petites flexions des arbres et les petites divergences des axes des paliers n'affectent en rien la bonne marche des roulements.

b) Pour les charges radiales et axiales combinées, on emploie des roulements rigides à gorges profondes, convenant plus particulièrement pour supporter les vibrations, les chocs en bout, et pour remplacer

les butées à billes aux vitesses de rotation élevées.

Ces roulements rigides possèdent une seule rangée de billes, engagées profondément dans des gorges qui se font face sur la bague intérieure et dans la bague extérieure (fig. 115).

Pour introduire les billes, on se sert de l'espace libre obtenu en excentrant la bague intérieure dans la bague extérieure.

c) Pour les charges purement axiales, on emploie des butées à billes soit simples, soit à double effet. Ces butées peuvent être munies de rondelles sphériques facilitant le montage, et dans ce cas elles peuvent être employées avec des contreplaques ou cuvettes sphériques fournies par le constructeur.

Bien noter que, contrairement aux roulements à billes radiaux bien construits qui peuvent supporter une certaine proportion de charge axiale, les

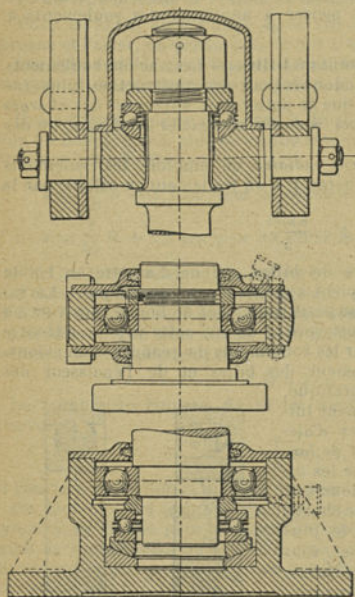


FIG. 116.

butées à billes ne doivent jamais supporter aucune charge radiale; cette charge doit être supportée séparément par des paliers radiaux.

En combinant ensemble une butée sphérique et un roulement à rotule, on obtient un ensemble « combiné » orientable, très robuste et très pratique.

La figure 116 donne des exemples de montage d'arbres verticaux avec butée axiale.

Montage des roulements. — Observer les prescriptions suivantes :

1° *Ne déballer les roulements qu'au moment du montage.*

2° Monter les roulements à ajustage dur, sur des portées d'arbre parfaitement rondes (les tolérances à observer sont indiquées par les constructeurs).

La mise en place est facilitée par dilatation dans un bain d'huile à 70° maximum. On peut aussi l'effectuer à froid, en poussant la bague intérieure à petits coups d'un marteau en plomb. *Ne jamais frapper sur la bague extérieure, ni sur les billes.*

La fixation sur l'arbre s'effectue ordinairement par serrage de la bague intérieure par un écrou contre un épaulement ou une entretoise. L'écrou peut être arrêté par un des dispositifs A ou B de la figure 117.

Pour les roulements à manchons coniques, serrés directement sur l'arbre, les écrous doivent être toujours vissés dans un sens tel que la rotation ait tendance à les serrer.

Les bagues extérieures se montent à ajustage glissant dans les logements destinés à les recevoir, eux-mêmes alésés bien ronds, en se basant sur les tolérances indiquées.

Lorsque plusieurs roulements sont montés sur le même arbre, ils doivent tous être libres latéralement dans leurs logements, à l'exception d'un seul ; ce dernier est emboîté sans jeu et maintient en place la partie tournante.

Les roulements doivent être à l'abri de l'humidité, et leurs logements entièrement clos par des couvercles et des rondelles de feutre formant joint sur les arbres.

EXEMPLE DE MONTAGE CORRECT. — On ne saurait apporter trop de soins à ces questions de montage ; la C^{ie} d'applications mécaniques

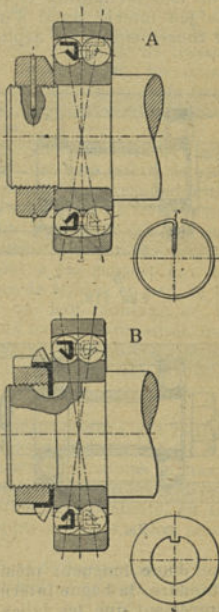
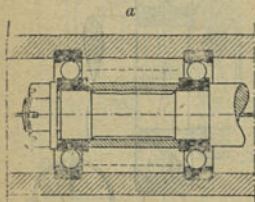


FIG. 117.

illustre dans les croquis rapportés ci-dessous les défauts trop souvent classiques en pareille matière.

Le premier procède d'une mauvaise conception (*fig. 118*). Dans le carter, les bagues intérieures des roulements sont solidaires de l'arbre et les bagues extérieures sont bloquées latéralement dans leur logement. Cela est mauvais et voici pourquoi :

Le jeu interne axial d'un roulement à billes est inappréciable. Par conséquent, pour déplacer la bague extérieure parallèlement à



b
FIG. 118.

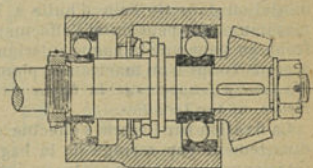


FIG. 119.

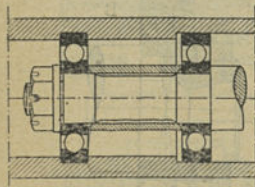


FIG. 120.

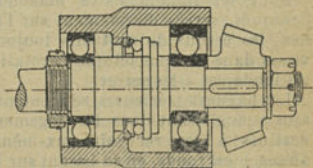


FIG. 121.

l'axe, d'une longueur même très faible, de quelques centièmes de millimètre, la bague intérieure étant fixée sur l'arbre, il faut obligatoirement que les billes et les chemins de roulement subissent un aplatissement. Il en résulte une surcharge considérable qui fait équilibre aux forces internes mises en jeu. Dès que le roulement tourne, les billes sont coincées (*fig. 118*).

Or, aussi bien exécuté que soit le montage représenté, la distance *a* sera différente de la distance *b* et cette différence, même si elle n'est que de quelques centièmes de millimètre, suffira à provoquer le coincement des billes. D'autre part, comme l'arbre et le carter ne se dilatent pas de la même façon, l'écart entre les dis-

tances a et b s'accroîtra encore, ce qui est une nouvelle raison de coïncement.

Que faut-il faire pour que ce montage mal conçu devienne un bon montage? Il suffit simplement de ne pas gêner les roulements (*fig. 120*). On fixe seulement une des bagues extérieures, l'autre est libre latéralement. Cette fixation n'est pas rigide, on laisse entre les épaulements et les faces de la bague du roulement un jeu de $1/10$ de millimètre, de façon que les imperfections d'usinage du logement ne puissent pas voiler la bague et par suite coincer les billes. Les bagues extérieures sont, en outre, ajustées glissant dans leur logement, de manière à leur permettre de se placer d'elles-mêmes dans la position correcte pendant la rotation.

Dans notre second exemple (*fig. 119*) l'erreur commise est une erreur d'exécution. Le diamètre des logements est trop faible, de sorte que le montage réalisé pour les bagues extérieures correspond à un ajustage fixe ou légèrement dur, au lieu d'un ajustage à frottement doux. Il en résulte que la charge axiale, due au pignon conique calé sur l'arbre, est supportée non par la butée, mais par les roulements. Les bagues extérieures sont « déportées » par rapport aux bagues intérieures et les roulements sont hors de service en peu de temps.

Là encore, il suffit, pour réaliser un bon montage, de ne pas gêner les roulements (*fig. 121*). Les deux bagues extérieures, montées à frottement doux dans leur logement, se placeront d'elles-mêmes dans la bonne position et c'est la butée qui supportera la totalité de la charge axiale.

Choix des roulements — Une des particularités des roulements modernes est leur diversité et de nombreux types en ont été conçus, de façon à réaliser, dans chaque catégorie d'applications, le maximum d'avantages, les dimensions et caractéristiques de leurs divers organes étant établies à l'aide des théories de l'élasticité, en faisant intervenir notamment les caractéristiques de l'acier utilisé pour leur fabrication.

Pour choisir le roulement qu'il convient d'adopter dans un cas bien déterminé, il faut considérer d'une part le type de roulement, d'autre part ses dimensions.

Le choix du type de roulement dépend de la nature et de l'importance de la charge à supporter, ainsi que de la vitesse de rotation. Dans le cas général cette charge est oblique par rapport à l'arbre. On peut alors la décomposer en deux charges, l'une parallèle à l'arbre : la charge axiale; l'autre perpendiculaire à l'arbre : la charge radiale. Nous aurons divers types de roulements selon que l'on envisage la charge radiale seule, la charge axiale seule ou toutes deux simultanément.

Les roulements à billes ont à leur disposition des H, V ou VTR, ne

doivent supporter que des charges radiales. Les roulements à billes, type annulaire ou type démontable, peuvent, comparativement aux précédentes, supporter en plus une légère charge axiale. Si la charge axiale est importante, on peut utiliser un roulement à billes, type oblique, ou un roulement à billes à gorges profondes. Pour supporter une charge axiale seule, on emploie des butées à simple ou à double effet selon que la charge est de sens invariable ou peut changer de sens.

La vitesse influe également sur le choix du type de roulement. Plus la vitesse est grande et plus l'application des roulements à galets ou à rouleaux est délicate. Pour de très grandes vitesses, nous conseillons d'employer de préférence des roulements à billes. Dans le cas où l'on a à supporter une charge axiale importante à très grande vitesse, on ne peut plus adopter une butée à billes à cause de l'influence considérable de la force centrifuge. Il convient alors d'adopter un roulement à gorges profondes du type 6.000 RBF ou bien un roulement à billes à contact oblique.

Choix des dimensions. — Pour définir les dimensions du roulement, on considère l'intensité des charges supportées, la vitesse de rotation, puis la température à laquelle peut se trouver porté le roulement.

Les catalogues des fabricants donnent, pour chaque type de roulement et pour chaque dimension, les charges admissibles, dans les meilleures conditions de fonctionnement et pour une température comprise entre -16° C. et $+50^{\circ}$ C. On devra pratiquement faire intervenir un coefficient de sécurité S, tel que :

$$R \times S \leq P.$$

R étant la charge supportée par le roulement et P la charge admissible donnée par le catalogue.

Dans des conditions normales de fonctionnement, S est pris égal à 2 pour les roulements à billes, 1,5 à 2 pour les roulements à galets et les butées. Mais si le roulement doit subir des chocs ou des vibrations, le coefficient de sécurité ne sera pas pris inférieur à 3.

Les roulements à rouleaux élastiques BBF, type H et type VTR sont établis de façon que le coefficient de sécurité S soit égal à l'unité.

Pour les roulements à rouleaux élastiques RBF, type V, et pour les roulements type H employés sans bague intérieure, le coefficient S dépend de la dureté Brinell de l'arbre sur lequel roulent directement les rouleaux.

Lorsque le fonctionnement du roulement à rouleaux élastiques est intermittent, on peut envisager des charges admissibles plus élevées

que la charge du catalogue et admettre un *multiplicateur M* compris entre 1 et 2 tel que :

$$R \times S \leq P \times M.$$

Influence de la température. — De 50° C. à 160° C. il faut faire intervenir un *coefficient thermique d'utilisation* θ tel que :

$$R \times S \times \theta \leq P$$

dans le cas des roulements et butées à billes et des roulements à galets, et :

$$R \times S \times \theta \leq P \times M$$

dans le cas des roulements à rouleaux élastiques.

Au-dessus de 160° C. les roulements et les butées à billes, les roulements à galets ne sont plus utilisables.

De 160° C. à 300° C. on peut utiliser les roulements à rouleaux élastiques RBF, type V ou type VTR. Mais, dans ce cas, on ne prendra jamais un coefficient S inférieur à l'unité.

Jeux de montage des roulements. — Pour monter les roulements on utilise trois types d'ajustages :

Avec jeu ou glissant (A. 3) ;

Cote pour cote ou fixe (A. 4) ;

Avec serrage ou dur (A. 5).

Le jeu ou le serrage à réaliser dépendant du diamètre des pièces à assembler, les tableaux ci-dessous donnent les jeux ou serrages à adopter d'après la C. A. M. :

Portées.

ALÉSAGES des roulements	AJUSTAGE GLISSANT A ³ jeu à réaliser	AJUSTAGE FIXE A ⁴	AJUSTAGE DUR A ⁵ serrage à réaliser
6 à 10,5	0,01		0,005
11 à 18	0,01		0,01
19 à 30	0,01	Diamètre de la portée de l'arbre égal au diamètre de l'alésage du roulement.	0,015
31 à 48	0,015		0,02
49 à 75	0,02		0,03
76 à 119	0,02		0,035
120 à 175	0,025		0,04
176 à 199	0,025		0,045
200 à 265	0,03		0,05

Logements.

DIAMÈTRES EXTÉRIEURS des roulements	AJUSTAGE GLISSANT A ³ jeu à réaliser	AJUSTAGE FIXE A ⁴
10 à 49	0,01	Diamètre du logement égal au diamètre exté- rieur du roulement.
50 à 99	0,015	
100 à 199	0,02	
200 à 300	0,025	

L'ajustage glissant (A . 3) s'effectue en faisant glisser, à la main, le roulement sur sa portée ou dans son logement.

L'ajustage fixe (A . 4) peut se réaliser en frappant de légers coups de maillet sur tout le pourtour de la bague, par interposition soit d'un jet de bronze, soit d'un morceau de tube laissant passer l'arbre et ne prenant appui que sur la face de cette bague.

Quant à l'ajustage dur (A . 5) on peut le réaliser facilement en chauffant au préalable le roulement à 80° C. environ, par immersion dans un bain d'huile parfaitement neutre, de même température. Vu la dilatation de l'alésage, on peut alors installer le roulement sur sa portée en procédant comme dans le cas de l'ajustage fixe.

Le choix d'un ajustage déterminé est soumis à quelques règles fort simples, qui tiennent compte de la nature et du mode d'action des charges supportées, de la vitesse de rotation des bagues, des particularités de la machine. Nous résumerons, sommairement ci-dessous, les principales règles.

Dans le cas le plus fréquent d'un arbre à un seul sens de rotation, les portées sont ajustées pour un montage fixe A . 4.

Si l'arbre est à deux sens de rotation, il convient d'adopter le montage dur A . 5. On ne peut utiliser ce montage que pour des roulements avec jeu interne spécial (roulements marqués M), permettant sans inconvénient un certain gonflement inévitable de la bague intérieure.

Le montage glissant A . 3 est toujours à éviter pour les arbres tournants. On ne doit l'employer que si les nécessités de la mise en place y obligent absolument. Au contraire, le montage glissant A . 3 est sans inconvénient, lorsqu'il s'agit, non plus d'un arbre tournant, mais d'un axe fixe.

Dans la généralité des cas, les logements sont ajustés pour un montage glissant A . 3.

Le montage fixe A . 4 convient pour les logements dans les cas suivants :

Roulements à billes installés sur des axes fixes (pour un même arbre, une seule des bagues intérieures doit alors être maintenue latéralement);

Roulements à galets;

Roulements démontables.

Toutefois, ce montage fixe A . 4 ne doit être employé que pour des logements parfaitement exécutés, qui ne risquent pas de déformer les bagues extérieures des roulements. Autrement il faut s'en tenir exclusivement au montage glissant A . 3.

Le montage dur A . 5 ne s'emploie pas pour les bagues extérieures.

Graissage des roulements. — Le coefficient de frottement d'un roulement à billes bien conçu et dans lequel les gorges de roulement et les billes possèdent le poli spéculaire, est légèrement plus grand lorsque le roulement est graissé que lorsqu'il est complètement sec.

Il est néanmoins absolument nécessaire de graisser les roulements pour protéger ce poli spéculaire et éviter l'oxydation qui est le principal ennemi du roulement.

Graissage à l'huile. — Il faut choisir une huile minérale soigneusement raffinée ne contenant pas d'alcali, contenant au maximum 0,10 0/0 d'acide libre et ne laissant pas de cendres. La viscosité de l'huile doit être choisie suivant la vitesse à laquelle tourne le roulement. L'huile doit être d'autant plus fluide que la vitesse est plus grande.

Jusqu'à 3.000 tours par minute environ, une bonne huile minérale ayant une fluidité de 80° Barbey (à 35° C.) ou une viscosité de 17° Engler (à 20° C.) donne de bons résultats.

De 5.000 à 10.000 tours par minute, une bonne huile de vaseline ayant une fluidité de 280° Barbey (à 35° C.) ou une viscosité de 5° Engler (à 20° C.) donne de bons résultats.

Entre 3.000 et 5.000 tours par minute, on peut également employer l'huile de vaseline ou ajouter simplement un peu de pétrole lampant de première qualité à l'huile minérale.

Il ne faut pas trop d'huile dans les paliers. Au repos, le niveau d'huile doit passer par le centre de la bille ou du galet situé au point le plus bas du roulement.

Graissage à la graisse — Pour de faibles vitesses (inférieures à 1.500 tours par minute pour un roulement moyen), on emploie avec succès la *Roubiléine*, graisse consistante spéciale préparée par la Compagnie d'applications mécaniques pour ses roulements R. B. F.

C'est une graisse consistante homogène, onctueuse, sans aucun corps étranger, d'une propreté absolue et dont le point de fusion est supérieur à 145° C. Elle ne présente pas le phénomène de liquation et elle est totalement exempte de ses qualités

lubrifiantes, cette graisse constitue un excellent matelas protecteur contre les poussières et contre l'humidité.

Graissage des roulements soumis à une température élevée. — Nous avons vu qu'il était possible d'utiliser les roulements à billes, à galets, à rouleaux élastiques type H, jusqu'à une température de 160° C. et les roulements à rouleaux élastiques, types V ou V. T. R., jusqu'à 300° C.

Jusqu'à 100° on utilisera, suivant les cas, soit l'huile minérale, soit la « Roubiléine ».

De 100 à 168° on utilisera de l'huile à cylindre parfaitement neutre, ne contenant aucune matière étrangère en suspension.

De 160° à 300° il n'est pas facile de trouver dans le commerce un lubrifiant répondant aux qualités exigées. Nous avons effectué des essais qui ont donné de bons résultats avec le mélange ci-dessous :

2/3 d'huile à cylindre ;

1/3 de savon de Marseille à 72 0/0 de matières grasses.

La préparation de ce produit s'effectuera de la façon suivante :

Le savon de Marseille, coupé en lames minces, est incorporé à l'huile à cylindre, le tout est chauffé lentement jusqu'à 300° C. Au cours du chauffage, il se forme une mousse assez abondante qui provient de l'eau apportée par le savon. On aura soin d'agiter et de brasser continuellement la masse de façon à obtenir une pâte bien homogène. Le mélange étant entré en fusion tranquille, on maintient quelque temps la température à 300° et on abandonne au refroidissement.

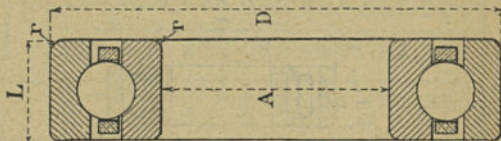
Ce mélange forme, à la température ambiante, une masse encore très plastique.

A 300° C. la viscosité de ce mélange lubrifiant est encore très suffisante pour assurer un graissage rationnel et une préservation efficace des organes de roulements.

Dimensions du commerce. — Les tableaux qui suivent donnent les dimensions des modèles courants de roulements à billes et à rouleaux des principaux constructeurs.

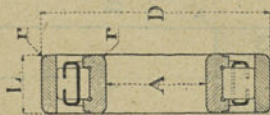
Roulements à billes (Série 6300 RBF, à gorges profondes).

Nos des coullo.	Dimensions en mm :					Charges radiales admissibles en kilogrammes, selon le nombre de tours par minute :									
	A	D	L	r	r	50	150	300	500	1000	1500	2000	3000	4000	6000
6300 C	10	35	11	1,0		240	175	140	120	95	80	70	60	50	40
6301 C	12	37	12	1,0		270	200	160	130	105	90	80	70	60	50
6302 C	15	42	13	1,5		300	220	175	145	115	100	90	80	70	55
6303 C	17	47	14	1,5		375	270	220	180	145	125	110	95	85	70
6304 C	20	52	15	2,0		480	350	280	240	190	160	145	120	110	90
6305 C	25	62	17	2,0		760	560	445	365	290	250	225	190	170	135
6306 C	30	72	19	2,0		1010	740	590	490	385	330	295	245	215	170
6307 C	35	80	21	2,5		1300	955	760	630	500	425	380	320	280	220
6308 C	40	90	23	2,5		1580	1160	925	765	610	515	465	390	340	265
6309 C	45	100	25	3,0		1950	1430	1140	940	745	635	570	475	410	320
6310 C	50	110	27	3,0		2370	1740	1390	1150	910	775	700	585	510	390
6311 C	55	120	29	3,0		2800	2060	1635	1355	1075	915	825	690	595	455
6312 C	60	130	31	3,5		3300	2420	1925	1600	1265	1080	970	810	700	
6313 C	65	140	33	3,5		3560	2610	2080	1720	1360	1160	1040	870	750	
6314 C	70	150	35	3,5		4380	3220	2560	2120	1680	1430	1285	1080	950	
6315 C	75	160	37	3,5		4990	3660	2900	2400	1910	1630	1460	1230		
6316 C	80	170	39	3,5		5720	4200	3340	2770	2200	1870	1680	1415		
6317 C	85	180	41	4,0		6300	4630	3680	3040	2420	2060	1850	1560		
6318 C	90	190	43	4,0		7040	5160	4110	3400	2700	2300	2060			
6319 C	95	200	45	4,0		7800	5720	4550	3770	2990	2540	2290			
6320 C	100	215	47	4,0		8630	6320	5030	4170	3300	2820	2530			
6321 C	105	225	49	4,0		9420	6900	5500	4550	3610	3080	2750			
6322 C	110	240	50	4,0		11250	8250	6560	5450	4300	3680	3300			



Roulements à galets (Série 7300 RBF).

N° des Roules	Dimensions en mm					Charges admissibles en kilogrammes. Coef. par minute										Poids en kgs.
	A	D	L	r	R	50	150	300	500	1000	1500	2000	2500	3000		
7303	17	47	14	4,5	1035	799	635	500	355	280	250	235	215	0,120		
7304	20	52	15	2,0	1155	885	710	555	395	310	280	260	240	0,155		
7305	25	62	17	2,0	1640	1255	1020	790	560	440	380	355	330	0,240		
7306	30	72	19	2,0	2420	1875	1500	1190	835	660	570	530	500	0,365		
7307	35	80	21	2,5	2660	2040	1610	1290	910	720	655	580	550	0,460		
7308	40	90	23	2,5	3390	2600	2080	1650	1145	905	780	730	690	0,640		
7309	45	100	25	3,0	4300	3300	2640	2070	1455	1150	990	925	885	0,880		
7310	50	110	27	3,0	5200	3980	3180	2480	1740	1370	1180	1105	1055	1,130		
7311	55	120	29	3,0	6280	4800	3840	3000	2100	1650	1460	1370	—	1,415		
7312	60	130	31	3,5	6800	5200	4160	3250	2280	1720	1545	1440	—	1,800		
7313	65	140	33	3,5	7900	6040	4810	3760	2620	2060	1750	—	—	2,260		
7314	70	150	35	3,5	9280	7100	5660	4420	3080	2420	2050	—	—	2,720		
7315	75	160	37	3,5	10450	7960	6350	4950	3450	2680	2280	—	—	3,620		
7316	80	170	39	3,5	12000	9150	7300	5680	3940	3080	—	—	—	4,320		
7317	85	180	41	4,0	12900	9850	7850	6100	4240	3320	—	—	—	5,030		
7318	90	190	43	4,0	14250	10830	8600	6700	4630	3600	—	—	—	5,850		
7319	95	200	45	4,0	16150	12300	9800	7600	5250	4070	—	—	—	6,710		
7320	100	215	47	4,0	17450	13280	10570	8160	5610	—	—	—	—	8,500		
7321	105	225	49	4,0	19220	14680	11630	9000	6070	—	—	—	—	9,650		
7322	110	240	50	4,0	20500	15600	12400	9650	6480	—	—	—	—	11,500		



Roulements à billes (Série SKF étroite).

Nos	Millimètres				TOURS PAR MINUTE										POIDS en kgs	
	Intérieur	Extérieur	Largeur	Congé	Charges admissibles en kgs											
					25	50	100	150	300	500	1000	1500	2000	3000		5000
1300	10	35	11	1	450	370	305	270	225	195	160	140	125	110	85	0.058
1	12	37	12	1	580	475	395	350	285	250	200	180	155	135	110	0.067
2	15	42	13	1	710	580	480	425	350	305	250	215	190	165	130	0.095
1303	17	47	14	1	845	695	575	510	425	365	295	260	235	200	155	0.130
4	20	52	15	1	1060	875	725	645	535	460	370	325	295	250	200	0.165
5	25	62	17	1	1320	1090	900	800	660	575	460	405	365	315	245	0.250
1306	30	72	19	2	1640	1350	1110	990	820	710	580	510	460	390	310	0.390
7	35	80	21	2	2070	1700	1410	1250	1040	900	735	645	580	495	390	0.515
8	40	90	23	2	2600	2120	1760	1560	1300	1120	920	805	720	620	490	0.725
1309	45	100	25	2	3060	2510	2080	1860	1540	1340	1080	965	870	750	590	0.96
10	50	110	27	2	3600	3080	2440	2180	1810	1570	1270	1140	1020	880	690	1.22
11	55	120	29	2	4170	3570	2820	2520	2100	1820	1470	1310	1180	1020	800	1.58
1312	60	130	31	3	4730	3870	3210	2880	2480	2070	1700	1500	1350	1160	920	2.00
13	65	140	33	3	5220	4300	3550	3240	2640	2300	1880	1650	1500	1280	1020	2.45
14	70	150	35	3	5800	4770	3950	3250	2940	2550	2090	1840	1660	1420	—	3.01
1315	75	160	37	3	6370	5250	4320	3880	3220	2800	2360	2020	1830	1560	—	3.70
16	80	170	39	3	7030	5780	4760	4270	3550	3100	2600	2220	2020	1720	—	4.25
17	85	180	41	3	7820	6420	5300	4770	3950	3450	2900	2470	2240	1910	—	5.20
1318	90	190	43	3	8680	7150	5910	5800	4400	3890	3190	2760	2500	—	—	5.90
19	95	200	45	3	9370	7720	6400	5720	4750	4150	3400	2980	2700	—	—	6.95
20	100	215	47	3	10200	8420	6960	6370	5170	4520	3700	3250	2950	—	—	8.35

Roulements à billes (Série SKF large).

Nos	Millimètres				Cône	TOURS PAR MINUTE										POIDS en kgs
	Intérieur	Extérieur	Largeur	Cône		Charges admissibles en kgs										
						25	50	100	150	300	500	1000	1500	2000	3000		5000
2300	10	35	17	1	695	570	470	415	340	295	240	210	190	160	130	0.085
1	12	37	17	1,5	750	615	505	450	370	320	260	225	205	175	140	0.095
2	15	42	17	1,5	800	660	540	480	395	340	280	240	215	185	150	0.120
2303	17	47	19	1,5	980	805	660	590	485	420	340	300	265	230	185	0.170
4	20	52	21	2	1240	1020	845	750	620	535	430	380	340	290	230	0.230
5	25	62	24	2	1710	1400	1160	1030	850	735	595	520	470	400	315	0.370
2305	30	72	27	2	2430	1990	1650	1460	1210	1050	845	740	660	570	450	0.55
7	35	80	31	2,5	3020	2490	2060	1830	1510	1310	1060	930	840	720	560	0.77
8	40	90	33	2,5	3520	2900	2400	2130	1770	1530	1250	1100	990	845	670	1.03
2309	45	100	36	2,5	4220	3470	2860	2550	2110	1830	1500	1310	1180	1010	800	1.38
10	50	110	40	3	4950	4060	3360	3000	2480	2150	1750	1540	1390	1190	935	1.84
11	55	120	43	3	5720	4700	3900	3450	2850	2480	2050	1780	1610	1370	—	2.37
2312	60	130	46	3,5	6450	5300	4400	3900	3250	2800	2290	2020	1810	1550	—	2.95
13	65	140	48	3,5	7250	5950	4900	4370	3620	3130	2560	2250	2030	1730	—	3.56
14	70	150	51	3,5	8070	6610	5460	4860	4040	3500	2850	2510	2270	1930	—	4.33
2315	75	160	55	3,5	8850	7250	6000	5320	4430	3840	3130	2750	2490	—	—	5.25
16	80	170	58	3,5	9680	7940	6560	5850	4840	4200	3430	3010	2720	—	—	6.23
17	85	180	60	4	10000	8240	6800	6050	5020	4340	3550	3120	2810	—	—	7.25
2318	90	190	64	4	10800	8880	7320	6520	5400	4680	3820	3360	3020	—	—	8.5
19	95	200	67	4	11600	9470	7830	6970	5780	5000	4090	3600	—	—	—	10.1
20	100	215	73	4	13200	10700	8800	7850	6510	5640	4600	4050	—	—	—	12.7
2321	105	225	77	4	13700	11300	9280	8290	6860	5930	4850	—	—	—	—	17.7
22	110	240	80	4	14400	11800	9770	8700	7210	6240	5140	—	—	—	—	18.8

ROULEMENTS A ROULEAUX

Lorsque les efforts à supporter par les paliers dépassent ceux que peuvent recevoir des roulements à billes de dimensions acceptables, on emploie des roulements à rouleaux dont il existe maintenant des constructions satisfaisantes. On est arrivé, en effet, à réaliser des coefficients de frottement presque aussi faibles que pour les roulements à billes, tout en obtenant des capacités de charge à peu près doubles, à dimensions égales.

Ainsi, dans le roulement SKF à rotule sur rouleaux (*fig. 122*), les rouleaux sont en deux rangées, et leur forme est renflée et légèrement fuyante. Sous la charge, ils s'appuient latéralement

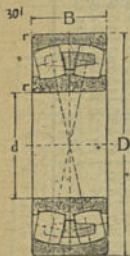


FIG. 122.

contre la bride qui sépare les deux chemins de roulement de la bague intérieure (le chemin de roulement extérieur étant sphérique comme dans les roulements à rotule sur billes). Le gros bout des rouleaux a une forme de calotte sphérique; il s'adapte exactement à la surface latérale de la bride, qui est une zone sphérique appartenant à la même sphère dont le centre est à la rencontre de l'axe du rouleau et de l'axe du roulement lui-même. Les

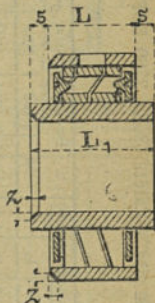


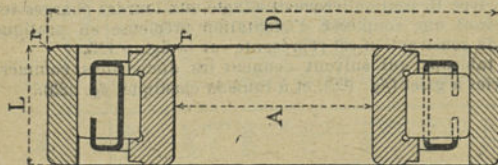
FIG. 123.

diverses parties, une fois assemblées, sont maintenues automatiquement et aucun rattrapage de jeu n'est nécessaire.

La Compagnie d'application mécanique (roulement RBF) outre la construction ordinaire à galets établit un modèle dit à rouleaux élastiques, type H, particulièrement adapté aux lourdes charges tout en conservant une souplesse d'adaptation précieuse en pratique. Le mode de construction est représenté sur la figure 123.

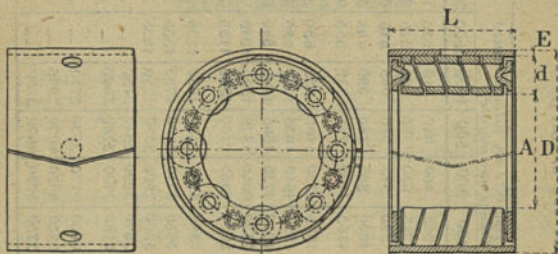
Les tableaux qui suivent donnent les dimensions commerciales des séries à galet (*fig. 122*), et à rouleau élastique (*fig. 123*).

Roulements à galets (Série 7300 RBF).



N ^o des roults	Dimensions en mm			Charges radiales admissibles en kilogrammes selon le nombre de tours par minute:								
	A	D	L	T	50	150	300	500	1000	1500	2000	3000
7303	17	47	14	1,5	1035	795	635	500	355	280	250	215
7304	20	52	15	2,0	1155	885	710	555	395	310	280	240
7305	25	62	17	2,0	1640	1255	1020	790	560	440	380	330
7306	30	72	19	2,0	2420	1875	1500	1180	835	660	570	500
7307	35	80	21	2,5	2660	2040	1640	1290	910	720	655	550
7308	40	90	23	2,5	3390	2600	2080	1630	1145	905	780	690
7309	45	100	25	3,0	4300	3300	2640	2070	1455	1150	990	885
7310	50	110	27	3,0	5200	3980	3180	2480	1740	1370	1180	1055
7311	55	120	29	3,0	6280	4800	3840	3000	2100	1650	1460	1300
7312	60	130	31	3,5	6800	5200	4160	3250	2280	1790	1545	1380
7313	65	140	33	3,5	7900	6040	4840	3760	2620	2060	1750	1580
7314	70	150	35	3,5	9280	7100	5660	4420	3080	2420	2050	1850
7315	75	160	37	3,5	10450	7960	6350	4950	3430	2680	2280	2020
7316	80	170	39	3,5	12000	9150	7300	5680	3940	3080	2680	2380
7317	85	180	41	4,0	12900	9850	7850	6100	4240	3320	2920	2580
7318	90	190	43	4,0	14250	10830	8600	6700	4630	3600	3120	2780
7319	95	200	45	4,0	16150	12300	9800	7600	5250	4070	3520	3080
7320	100	215	47	4,0	17450	13280	10570	8160	5640	4420	3820	3320
7321	105	225	49	4,0	19230	14680	11630	9000	6070	4820	4120	3620
7322	110	240	50	4,0	20500	15600	12400	9650	6480	5120	4420	3820

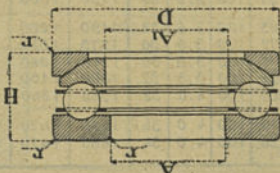
Roulements à rouleaux élastiques à manchon extérieur
 fou série forte 400 V. RBF.



N° des roults	Dimensions en m/m.					Charges radiales admissibles en kilogs selon le nombre de tours par minute				
	A	D	L	E	d	25	150	300	500	1000
405 V	25	49	100	2.0	10	290	245	210	180	130
406 V	30	58	100	2.0	12	350	295	250	215	155
407 V	35	65	100	2.0	13	375	320	275	235	165
408 V	40	70	100	2.0	13	460	390	335	290	205
409 V	45	80	100	2.5	15	530	450	380	330	235
410 V	50	85	100	2.5	15	530	450	380	330	235
411 V	55	90	100	2.5	15	635	540	460	400	285
412 V	60	99	100	2.5	17	720	610	525	450	320
413 V	65	104	100	2.5	17	720	610	525	450	320
414 V	70	115	100	2.5	20	850	715	615	530	375
415 V	75	125	100	3.0	22	935	790	680	585	420
416 V	80	134	100	3.0	24	1020	860	735	635	455
417 V	85	143	100	3.0	26	1105	935	800	690	490
418 V	90	148	100	3.0	26	1105	935	800	690	490
419 V	95	157	100	3.0	28	1190	1000	860	745	
420 V	100	163	100	3.5	28	1190	1000	860	745	
421 V	105	172	100	3.5	30	1275	1080	925	795	
422 V	110	177	100	3.5	30	1275	1080	925	795	
424 V	120	191	100	3.5	32	1360	1150	985	850	
426 V	130	202	100	4.0	32	1585	1340	1150	990	
428 V	140	216	100	4.0	34	1685	1420	1220	1050	
430 V	150	226	100	4.0	34	1685	1420	1220	1050	

Butée sphérique à simple effet (Série forte 900 C. RBF).

N° des Butées	Dimensions en millimètres				Charges admissibles en kilogrammes								Poids en kg.		
	A	D	H	A ₁ Γ	moins 10 mm pour 1000	10	50	150	300	500	1000	1500		2000	
905 C	25	57	24	27	1.5	2880	1660	735	525	460	410	340	230	185	0.270
906 C	30	65	26	33	1.5	3920	2255	1000	715	630	560	425	345	250	0.370
907 C	35	75	30	38	1.5	5110	2940	1295	920	815	720	545	445	345	0.580
908 C	40	80	31	43	2.0	5530	3180	1405	1000	885	780	595	445	345	0.670
909 C	45	90	34	48	2.0	6380	4000	1765	1265	1105	975	735	555	420	0.910
910 C	50	100	36	53	2.0	8680	4910	2160	1525	1350	1185	895	680	520	1.200
911 C	55	105	40	58	2.0	10340	5920	2595	1825	1610	1435	1060	785	610	1.420
912 C	60	110	41	63	2.0	11140	6370	2795	1970	1735	1545	1145	845	655	1.580
913 C	65	120	45	68	2.5	13200	7530	3280	2320	2040	1815	1335	1010	—	2.070
914 C	70	130	48	73	2.5	15440	8810	3840	2690	2365	2100	1565	1155	—	2.640
915 C	75	135	49	79	2.5	16540	9440	4120	2885	2535	2250	1680	1235	—	2.820
916 C	80	140	52	84	2.5	17840	10150	4390	3080	2710	2400	1785	1335	—	3.170
917 C	85	145	52	89	3.0	19110	10880	4700	3300	2905	2570	1910	1435	—	3.660
918 C	90	155	55	94	3.0	21850	12400	5360	3670	3290	2940	2150	—	—	4.050
919 C	95	165	58	99	3.0	24770	14060	6050	4180	3700	3260	2400	—	—	4.835
920 C	100	175	63	104	3.0	27850	15770	6720	4660	4170	3680	2710	—	—	6.600
921 C	105	185	66	109	3.0	31100	17620	7470	5220	4620	4170	2975	—	—	7.760
922 C	110	190	69	119	3.5	34520	19490	8260	5750	5080	4470	3250	—	—	8.380



CHAPITRE VIII

TUYAUTERIES ET TUBES

1. **Détermination des dimensions.** — Pour le calcul des dimensions, conduites d'eau, de vent, d'air ou de gaz comprimés, de vapeur, voir *Agenda de Physique Industrielle*.

Nous ne nous occuperons seulement ici que des dispositions relatives à la résistance mécanique et à la pose des tuyauteries.

2. **Résistance des tuyaux à la pression.** — Il est inutile dans la pratique de recourir à des formules complexes pour calculer l'épaisseur des tuyaux. On emploiera la formule empirique de la Marine (Maugas) :

$$e = \frac{PD}{2R} + 2 \text{ millimètres.}$$

e , épaisseur cherchée en millimètres ;

P , pression en $\text{kg} : \text{cm}^2$;

D , diamètre interne en décimètres ;

R , résistance du métal (prendre 10 kilogrammes pour l'acier ; 5 kilogrammes pour le cuivre).

Pour la vapeur, on emploiera exclusivement le tube en acier soudé et étiré ou laminé à pas de pèlerin. Jusqu'à 15 kilogrammes de pression, les épaisseurs usuelles du commerce sont suffisantes.

La table ci-après donne immédiatement les épaisseurs de parois en millimètres pour différentes pressions quand on connaît le diamètre interne des tuyaux en millimètres.

On a :

$$e = k \times D \text{ millimètres.}$$

EXEMPLE. — Soit un tuyau de 100 millimètres intérieur, soumis à une pression de 50 kilogrammes par centimètre carré, le métal travaillant à 500 kilogrammes par centimètre carré.

La table donne pour valeur de $k = 0,0467$.

L'épaisseur de paroi à adopter sera $e = 0,0467 \times 100 = 4,67$ millimètres

Valeurs des facteurs K pour épaisseurs de paroi.

PRESSION P en kg : cm ²	CHARGE PRATIQUE DU MÉTAL EN KG : CM ²									
	100	140	180	200	300	400	500	600	800	1.000
10	0,0467	0,0324	0,0248	0,0223	0,0146	0,0109	0,0087	0,0072	0,0054	0,0039
12	0,0572	0,0394	0,0301	0,0269	0,0176	0,0131	0,0104	0,0087	0,0065	0,0052
14	0,0681	0,0467	0,0355	0,0317	0,0207	0,0154	0,0122	0,0102	0,0076	0,0060
16	0,0795	0,0541	0,0410	0,0366	0,0238	0,0176	0,0140	0,0116	0,0087	0,0069
18	0,0925	0,0618	0,0467	0,0416	0,0269	0,0199	0,0158	0,0130	0,0097	0,0077
20	0,1040	0,0697	0,0525	0,0467	0,0301	0,0223	0,0176	0,0146	0,0109	0,0087
25	0,1383	0,0906	0,0675	0,0599	0,0383	0,0281	0,0223	0,0184	0,0137	0,0109
30	0,1775	0,1134	0,0835	0,0738	0,0467	0,0342	0,0269	0,0223	0,0165	0,0131
35	0,2231	0,1383	0,1003	0,0885	0,0554	0,0403	0,0317	0,0261	0,0193	0,0154
40	0,2773	0,1657	0,1187	0,1040	0,0644	0,0467	0,0366	0,0301	0,0223	0,0176
45	0,3431	0,1962	0,1383	0,1206	0,0738	0,0532	0,0416	0,0342	0,0252	0,0199
50	0,4258	0,2303	0,1594	0,1383	0,0835	0,0599	0,0467	0,0383	0,0281	0,0223
55	0,5345	0,2686	0,1822	0,1572	0,0936	0,0667	0,0519	0,0425	0,0311	0,0246
60	0,6871	0,3132	0,2071	0,1775	0,1040	0,0738	0,0572	0,0467	0,0342	0,0269
65	0,9256	0,3647	0,2344	0,1994	0,1150	0,0810	0,0626	0,0510	0,0373	0,0293
70	—	0,4258	0,2644	0,2231	0,1264	0,0885	0,0681	0,0554	0,0413	0,0317
80	—	0,5929	0,3351	0,2773	0,1508	0,1040	0,0795	0,0644	0,0467	0,0366
90	—	0,8881	0,4258	0,3431	0,1775	0,1206	0,0915	0,0738	0,0532	0,0416
100	—	—	0,5488	0,4258	0,2071	0,1383	0,1040	0,0835	0,0599	0,0467
110	—	—	0,7303	0,5345	0,2401	0,1572	0,1172	0,0936	0,0667	0,0519
120	—	—	—	0,6871	0,2773	0,1775	0,1311	0,1040	0,0738	0,0572
130	—	—	—	0,9256	0,3196	0,1994	0,1457	0,1150	0,0810	0,0626
140	—	—	—	—	0,3685	0,2231	0,1612	0,1264	0,0885	0,0681
150	—	—	—	—	0,4258	0,2490	0,1775	0,1383	0,0961	0,0738
160	—	—	—	—	0,4946	0,2773	0,1949	0,1508	0,1040	0,0795
180	—	—	—	—	0,6871	0,3431	0,2332	0,1775	0,1206	0,0915
200	—	—	—	—	—	0,4258	0,2773	0,2071	0,1383	0,1040
220	—	—	—	—	—	0,5345	0,3288	0,2401	0,1572	0,1172
240	—	—	—	—	—	0,6871	0,3903	0,2773	0,1775	0,1311
260	—	—	—	—	—	0,9256	0,4656	0,3196	0,1994	0,1457
280	—	—	—	—	—	—	0,5607	0,3685	0,2231	0,1612
300	—	—	—	—	—	—	0,6871	0,4258	0,2490	0,1775
320	—	—	—	—	—	—	0,8672	0,4946	0,2773	0,1949
340	—	—	—	—	—	—	—	0,5792	0,3085	0,2134
360	—	—	—	—	—	—	—	0,6871	0,3431	0,2332

3. Proportionnement des cônes de raccordement pour conduites circulaires de sections différentes.

TABLE DES VALEURS DE $\frac{L}{D_1}$

α	VALEURS DE $2 \operatorname{tang} \frac{\alpha}{2}$	VALEURS DE $\frac{S_2}{S_1}$ (RAPPORT DES SECTIONS)							
		1/10	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	2/3	3/4
5°	0,08732	7,826	6,777	6,320	5,726	4,839	3,355	2,101	1,534
6°	0,10482	6,519	5,645	5,273	4,761	4,024	2,780	1,747	1,276
7°	0,12232	5,587	4,838	4,519	4,086	3,454	2,394	1,500	1,095
8°	0,13986	4,884	4,231	3,948	3,571	3,018	2,092	1,311	0,957
9°	0,15740	4,341	3,760	3,512	3,176	2,684	1,860	1,166	0,851
10°	0,17498	3,905	3,381	3,158	2,857	2,414	1,6736	1,048	0,765
15°	0,26330	2,595	2,247	2,099	1,898	1,605	1,1124	0,697	0,509
20°	0,35266	1,937	1,678	1,567	1,417	1,198	0,834	0,520	0,351
25°	0,44388	1,541	1,334	1,246	1,127	0,953	0,660	0,413	0,302
30°	0,53590	1,275	1,104	1,031	0,932	0,788	0,546	0,342	0,250
40°	0,72794	0,938	0,813	0,759	0,687	0,580	0,402	0,252	0,184
45°	0,82842	0,825	0,714	0,667	0,601	0,510	0,353	0,221	0,161
Valeurs de $\sqrt{\frac{S_2}{S_1}}$		0,31623	0,4082	0,4472	0,500	0,5774	0,7071	0,8165	0,866
Valeurs de $\sqrt{\frac{D_2}{D_1}}$		3,163	2,450	2,236	2,000	1,732	1,414	1,225	1,153

On a :

$$D_1 = D_2 \sqrt{\frac{S_1}{S_2}} \quad \text{et} \quad D_2 = D_1 \sqrt{\frac{S_2}{S_1}}$$

et

$$\frac{L}{D_1} = \frac{1 - \sqrt{\frac{S_2}{S_1}}}{2 \operatorname{tang} \frac{\alpha}{2}} \quad \text{et} \quad \frac{L}{D_2} = \frac{\sqrt{\frac{S_1}{S_2}} - 1}{2 \operatorname{tang} \frac{\alpha}{2}}$$



EXEMPLE I. — Deux conduites ont un rapport de diamètre de $1/2$ (soit $\frac{S_2}{S_1} = \frac{1}{4}$). Quelle longueur de cône pour les raccorder avec 7° au sommet ?

Pour $\alpha = 7^\circ$, la table donne $\frac{L}{D_1} = 4.086$; si $D_1 = 200$ millimètres, la longueur du cône est $200 \times 4.086 = 817$ millimètres.

EXEMPLE II. — Quelle longueur de cône à 10° faut-il pour réduire la section au $1/3$ dans une conduite de 300 millimètres ? quel est le diamètre de la conduite réduite ?

Pour $\alpha = 10^\circ$, $\frac{L}{D_1} = 2,414$ et $L = 300 \times 2,414 = 724$ millimètres, et $D_2 = D_1 \sqrt{\frac{S_1}{S_2}}$, soit $300 \times 0,5774 = 173$.

EXEMPLE III. — Un cône de 600 millimètres réunit deux conduites de rapport $= 1/3$ sur la section ; quel est l'angle du cône si la grande conduite a un diamètre de 200 ?

On a $\frac{L}{D_1} = \frac{600}{200} = 3$. La table indique que pour $\frac{L}{D_1} = 300$ et $\frac{S_2}{S_1} = \frac{1}{3}$, l'angle au sommet est d'environ 8 degrés.

4. **Fatigue des tuyaux à la flexion.** — On fera usage de la formule de Maugas pour vérifier la fatigue du métal à la flexion.

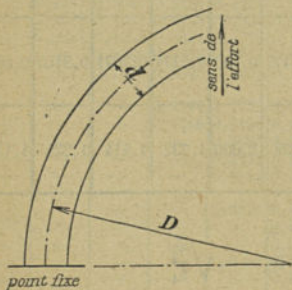


FIG. 124.

Soit :

f , le jeu tendant à ouvrir la courbe ;
 D , le rayon de courbure ;
 l , la longueur développée de la courbe ;
 d , le diamètre de la tuyauterie.

On a :

$$f = \frac{2Rl^3}{3EDd}$$

E est le module d'élasticité (prendre pratiquement 5.500 pour le cuivre, 11.000 pour l'acier) ;

R , le travail du métal à ne pas dépasser par sécurité (prendre 1 kg : mm² pour cuivre ; 2 kg : mm² pour acier).

EXEMPLE. — Une conduite de cuivre de $d = 100$ millimètres est coudée à 90° suivant un rayon $D = 600$ millimètres. Un des côtés est fixe ; l'autre subit un effort de dilatation qui peut atteindre une élon-

gation f dont on cherche la valeur pour que le métal ne dépasse pas la limite imposée :

$$R = 1 \text{ kg} : \text{mm}^2.$$

On a :

$$l = \frac{2\pi D}{4} = 940 \text{ millimètres,}$$

d'où :

$$f = \frac{2 \times 1 \times (940)^3}{3 \times 5500 \times 600 \times 100} = 3 \text{ millimètres environ.}$$

Donc, si la dilatation provoque un déplacement supérieur à 3 millimètres, le métal travaillera au-dessus de la charge de sécurité admise.

5. Joints et emboitements pour tuyauteries aériennes. — Le joint classique est le joint plat au mastic de minium avec carton d'amiante ou cartons spéciaux (klingerite, durite, etc.). Les brides planes sont munies de quelques rainures triangulaires pour augmenter l'adhérence.

Un joint encore meilleur est constitué par le système des collets rabattus, avec serrage d'un joint métallo-plastique ou d'une rondelle métallique ondulée (surchauffe); il n'y a aucun risque de fuite par les trous de boulons.

En Amérique on rabat les collets des conduites en acier doux, et les collets sont ensuite soudés à l'autogène (joint Sargol, pour hautes pressions de vapeur et haute surchauffe).

En Europe, on emploie généralement des joints à emboitement au-dessus de 8 kgs; pour la surchauffe rainure triangulaire écrasant un anneau de cuivre rouge pur.

6. Brides. — Pour fortes pressions ou fortes températures, la bride soudée ou brasée ne convient pas. La soudure ou le brasage peuvent avoir été mal faits.

On emploiera des brides rivetées, ou mandrinées, qui évitent, dans les deux cas l'effet de recuit dû au brasage.

Ces brides rivées doivent être en métal plus doux que le tube, on les fait en fer forgé; les mandrinées doivent être au contraire en acier plus dur, généralement en acier Martin comprimé ou laminé, et non pas en acier coulé.

Dans certains cas, pour faciliter la pose, on mandrine seulement des bagues, qui sont serrées par des brides folles, pouvant tourner à volonté. Ceci permet les joints tournants de dilatation ou autres.

Signalons, pour les grosses conduites très soignées, pour forte pression ou surchauffe, le mandrinage Luc Denis. Les rainures, de même largeur, ont des profondeurs croissantes, et l'intérieur de la bride est cône; le tube avant mandrinage est creusé autour de rainures correspondantes; le mandrinage est ainsi absolument rationnel.

7. Standards étrangers pour les brides. — Nous donnons dans les deux tableaux ci-après les dimensions Standard employées pour les brides.

Les figures ci-dessous se rapportent à la table Standard de l'Union des Ingénieurs allemands. L'autre table est celle employée en Angleterre.

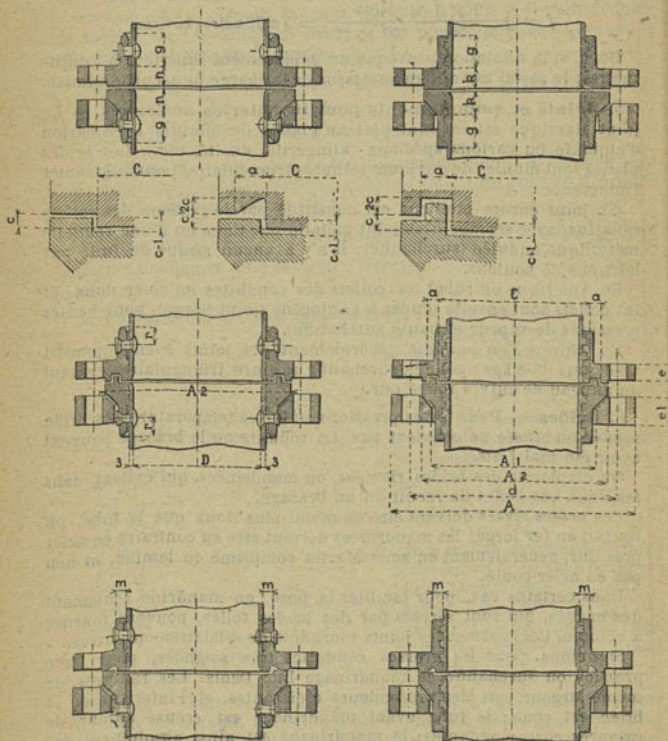


Fig. 125. Spécifications pour brides.

Standard anglais pour brides (dimensions en pouces).

DIAMÈTRE INTÉRIEUR du tuyau.	TABLE I Vapeur jusqu'à 4 kg. Eau jusqu'à 14 kg.				TABLE II Vapeur jusqu'à 16 kg.				DIAMÈTRE INTÉRIEUR du tuyau.
	Diamètre extérieur	Diamètre du cercle des boulons	Nombre de boulons	Diamètre des boulons	Diamètre extérieur	Diamètre du cercle des boulons	Nombre de boulons	Diamètre des boulons	
1/2"	3 3/4"	2 5/8"	4	1/2"	3 3/4"	2 5/8"	4	1/2"	1/2"
3/4"	4"	2 7/8"	4	1/2"	4"	2 7/8"	4	1/2"	3/4"
1"	4 1/2"	3 1/4"	4	1/2"	4 3/4"	3 7/16"	4	5/8"	1"
1 1/4"	4 3/4"	3 7/16"	4	1/2"	5 1/4"	3 7/8"	4	5/8"	1 1/4"
1 1/2"	5 1/4"	3 7/8"	4	1/2"	5 1/2"	4 1/8"	4	5/8"	1 1/2"
2"	6"	4 1/2"	4	5/8"	6 1/2"	5"	4	5/8"	2"
2 1/2"	6 1/2"	5"	4	5/8"	7 1/4"	5 3/4"	8	5/8"	2 1/2"
3"	7 1/4"	5 3/4"	4	5/8"	8"	6 1/2"	8	5/8"	3"
3 1/2"	8"	6 1/2"	4	5/8"	8 1/2"	7"	8	5/8"	3 1/2"
4"	8 1/2"	7"	4	5/8"	9"	7 1/2"	8	5/8"	4"
5"	10"	8 1/4"	8	5/8"	11"	9 1/4"	8	3/4"	5"
6"	11"	9 1/4"	8	5/8"	12"	10 1/4"	12	3/4"	6"
7"	12"	10 1/4"	8	5/8"	13 1/4"	11 1/2"	12	3/4"	7"
8"	13 1/4"	11 1/2"	8	5/8"	14 1/4"	12 3/4"	12	3/4"	8"
9"	14 1/2"	12 3/4"	8	5/8"	16"	14"	12	7/8"	9"
10"	16"	14"	8	3/4"	17"	15"	12	7/8"	10"
12"	18"	16"	12	3/4"	19 1/4"	17 1/4"	16	7/8"	12"
14"	20 3/4"	18 1/2"	12	7/8"	21 3/4"	19 1/2"	16	1"	14"
15"	21 3/4"	19 1/2"	12	7/8"	22 3/4"	20 1/2"	16	1"	15"
16"	22 3/4"	20 1/2"	12	7/8"	24"	21 3/4"	20	1"	16"
18"	25 1/4"	23"	12	7/8"	26 1/2"	24"	20	1 1/8"	18"
20"	27 3/4"	25 1/4"	16	7/8"	29"	26 1/2"	24	1 1/8"	20"
21"	29"	26 1/2"	16	7/8"	30"	27 1/2"	24	1 1/8"	21"
24"	32 1/2"	29 3/4"	16	1"	33 1/2"	30 3/4"	24	1 1/4"	24"

Les trous sont percés en dehors des lignes d'axe.

Trous de 9/16" pour boulons de 1/2".

Trous de 11/16" pour boulons de 5/8".

Pour boulons à filets, les trous sont percés 1/8" plus grands que les boulons.

Standard allemand pour

Cette table convient pour : } Vapeur de 8
 (Tuyauteries

DIAMÈTRE EXTÉRIEUR DU TUYAU	ÉPAISSEUR		DIAMÈTRES DE BRIDES ET BOULONS							CORPS	
	de		Diamètre extérieur	Diamètre du cercle des trous de boulons	Nombre de boulons	Diamètres		Diamètre des trous de boulons	Épaisseur		Diamètre intérieur Bride folle
	paroi					des			Brides fixes	Brides folles	
	fer	cuivre	boulons								
D	s	s	A	d				e	e1	A1	
mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	pouces	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
30	2,25	3	125	95	6	1/2"	12,7	14	12	16	60
40	2,25	3,5	140	110	6	1/2"	12,7	14	14	17	75
50	2,5	4	160	125	6	5/8"	15,9	17	16	18	85
60	3	4,5	175	135	6	5/8"	15,9	17	17	19	90
70	3	5	185	145	6	5/8"	15,9	17	18	20	100
80	3,5	5,5	200	160	6	3/4"	19	21	19	22	115
90	4	6	220	180	6	3/4"	19	21	20	23	125
100	4	6,5	240	190	6	3/4"	19	21	21	24	140
125	5	6,5	270	220	8	3/4"	19	21	23	28	170
150	5,5	7,5	300	250	8	7/8"	22,2	24	24	32	195
175	6	9	330	280	10	7/8"	22,2	24	25	37	225
200	7	10	360	310	12	7/8"	22,2	24	26	40	255
225	7	11,5	390	340	12	1"	25,4	28	27	42	285
250	8	12,5	420	370	12	1"	25,4	28	28	45	315
275	8	14,0	450	400	14	1"	25,4	28	29	48	340
300	9	15,0	480	430	16	1"	25,4	28	30	50	370
325	9	16,5	520	465	16	1 1/8"	28,6	32	31	52	405
350	10	17,5	550	495	16	1 1/8"	28,6	32	32	55	435
375	10	19	580	525	18	1 1/8"	28,6	32	33	58	465
400	10	20	605	550	20	1 1/8"	28,6	32	35	60	490

Brides et tuyauteries.

à 20 kilogrammes.
l'alimentation ou eau avec chocs.

DE BRIDES				EMROITEMENT					RIVETAGE			
Diamètre au collet	Proportions au collet			Saillie du diamètre mâle	Diamètre mâle	Diamètre femelle	Profondeur de goujure ou de rainure	Largeur de goujure ou de rainure	Proportions au collet	Proportions au collet	Nombre de rivets	Diamètre des rivets
	A2	g	K									
mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
75	16	18	8	2	48	49	4	8	—	—	—	—
90	18	20	8	2	60	61	4	8	—	—	—	—
100	20	22	9	2	72	73	4	8	—	—	—	—
110	21	24	9	2	84	85	4	8	—	—	—	—
120	22	25	10	2	94	95	4	8	—	—	—	—
135	23	26	10	2	105	107	4	8	—	—	—	—
150	24	27	11	2	116	118	4	8	—	—	—	—
160	26	28	11	2,5	128	130	5	11	—	—	—	—
190	28	32	12	2,5	154	156	5	11	—	—	—	—
220	29	42	12	2,5	182	184	5	11	42	23	10	13
250	30	45	13	2,5	212	214	5	11	45	24	11	14
280	31	47	14	2,5	242	244	5	11	47	25	12	15
310	32	50	15	2,5	272	274	5	14	50	26	14	16
340	33	52	16	2,5	300	302	5	14	52	27	15	17
370	34	52	16	2,5	330	332	5	14	52	27	16	17
400	35	55	16	2,5	360	362	5	14	55	28	17	18
430	36	55	17	2,5	390	392	5	14	55	28	18	18
460	37	58	17	2,5	420	422	5	14	58	30	19	19
490	38	58	18	2,5	450	452	5	14	58	30	20	19
515	40	60	18	2,5	476	478	5	14	60	32	21	20

8. Dilatation. — Compensateurs. — On compte pratiquement une dilatation linéaire de 1,5 millimètre par 100° et par mètre.

Par exemple, pour de la vapeur à 200° et une distance entre appuis fixes de 10 mètres, il faut compenser :

$$1,5 \times 10 \times 2 = 30 \text{ millimètres ;}$$

soit 15 millimètres sur chaque col de cygne de la lyre.

Le calcul du rayon de courbure r peut se faire dans l'hypothèse que l'S est assimilable à une seule courbe de plus grand rayon D égal à la hauteur de la lyre ; (si l'S est constitué par deux quarts de cercle, on aura $D = 2r$).

On appliquera la formule précitée (voir § 4) :

$$f = \frac{2Rl^3}{3EDd}$$

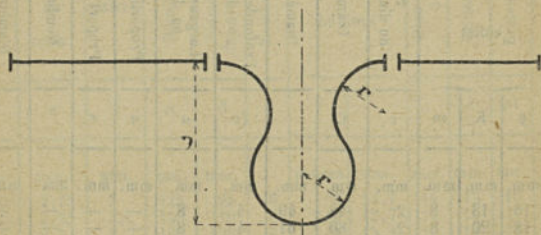


Fig. 126. — Calcul d'une lyre.

EXEMPLE. — Quel sera le rayon de courbure r à donner à une lyre en cuivre, dont chaque moitié doit compenser 16 millimètres ?

Supposons que les S de la lyre soient constitués par deux quarts de cercles assemblés ; on a alors :

$$l = \pi r \quad \text{et} \quad D = 2r.$$

La formule simplifiée devient ainsi :

$$f = \frac{2\pi^3 r^3}{3 \cdot 2r \cdot d} \cdot \frac{R}{E} = \frac{2r^2 \pi^3}{6d} \cdot \frac{R}{E}$$

Pour le cuivre on prendra $R = 1$ et $E = 5,500$, et l'on :

$$r = \sqrt{\frac{30r^2}{5.500}} = \sqrt{880,000} = 940 \text{ millimètres.}$$

9. **Coudes, boucles.** — La lyre et la boucle complète présentent le maximum d'élasticité, qu'on peut prendre égal dans ces deux cas.

Un coude en U ou à 180° présentera une capacité de dilatation environ deux fois et demi moindre qu'une lyre.

Un coude à 90° présentera une capacité de dilatation moitié moindre que celle d'un coude à 180°, soit environ cinq fois moindre qu'une lyre.

10. **Lyres lisses.** — On adopte en général les proportions suivantes pour les lyres de compensation.

Appelons :

D, le diamètre intér. du tube ;

R et r, les rayons des cintres ;

E, la hauteur au centre ;

$2d = L - l$, la capacité de dilatation ;

On choisit généralement :

$$R = 2D + 100 ;$$

$$r = 1,8D ;$$

$$E = 4D + 100 ;$$

$2d = 40$ pour tuyaux < 70 intérieur ;

$2d = 80$ pour tuyaux > 70 intérieur ;

$$l = 2 \sqrt{(R + r)^2 - (E - r)^2}.$$

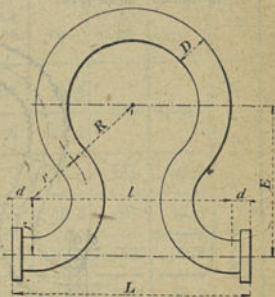


FIG. 127.

La table ci-dessous donne les proportions usuelles des lyres.

DIAMÈTRE intérieur en millimètres	VALEURS DE :				
	$2d$ millimètres	R	r	E	L
30	40	160	54	220	325
40	40	180	72	260	395
50	40	200	90	300	460
60	40	220	108	340	520
80	80	260	144	420	660
100	80	300	180	500	800
150	80	400	270	700	1.090
200	80	500	360	900	1.320

Il sera toujours prudent de vérifier la fatigue à la flexion, suivant la méthode donnée paragraphe 4.

11. **Lyres plissées.** — La capacité de dilatation considérable des compensateurs en tubes plissés est exprimée par l'expression :

$$2d \text{ mm.} = \frac{H^2}{75D},$$

d étant la dilatation susceptible d'être compensée dans chaque sens ;

D , le diamètre interne du tube plissé ;

H , la hauteur de la lyre.

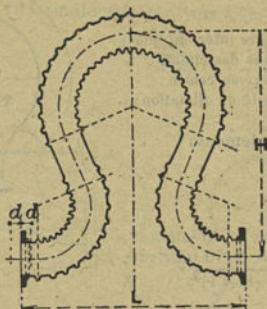


Fig. 128.

Voici, du reste, le tableau des lyres de série des forges d'Audincourt qui ont acquis la licence de fabrication en France des tubes plissés Maciejewski.

Dimensions des cintres de dilatation plissés en une seule pièce
(Forges d'Audincourt).

DIAMÈTRE EXTÉRIEUR du tube	HAUTEUR H = 500 mm.		HAUTEUR H = 750 mm.		HAUTEUR H = 1.000 mm.		HAUTEUR H = 1.400 mm.		LONGUEUR de construction
	Dilata- tion totale 2d mm.	Poids kg.	Dilata- tion totale 2d mm.	Poids kg.	Dilata- tion totale 2d mm.	Poids kg.	Dilata- tion totale 2d mm.	Poids kg.	
	60	80	9,4	150	14,2	200	18,9				L = H + 100
70	70	11,1	140	16,6	180	22,2			
80	60	14,7	130	22,0	170	29,4	285	40,2	
90			120	25,0	150	33,3	205	45,5	
100			110	27,9	135	37,2	200	50,8	
110			100	30,8	125	41,1	190	56,2	
120					120	51,0	180	69,7	
140					115	67,5	170	92,2	
160					105	87,1	165	105,3	
190					90	102,0	160	139,4	
210							150	184,5	
240							140	211,5	
260							135	229,6	
290							130	254,6	
313							125	344,4	L = H + 250 mm.

12. **Joints et emboitements pour tuyauteries souterraines.** — Même pour les canalisations enterrées le tube d'acier élastique et léger, s'emploie de plus en plus à la place de la fonte; de plus le nombre de joints (élément du prix de pose et point faible pour les fuites) est 3 ou 4 fois moindre qu'avec la fonte.

Les tubes sont en général protégés par un goudronnage à chaud et un recouvrement de jute asphalté; après pose, il faut avoir soin de recouvrir le joint de jute et d'asphalte.

Voir les dimensions courantes des tubes et joints normaux pour bourrage à la corde goudronnée et bague de plomb matée ci-après.

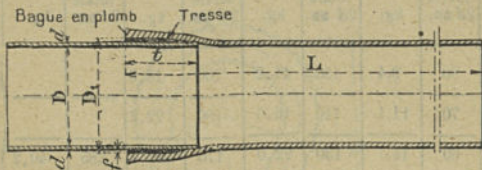


Fig. 129.

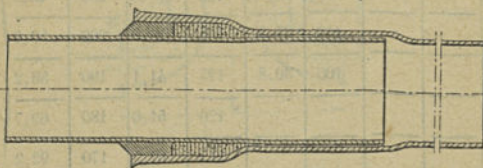


Fig. 130.

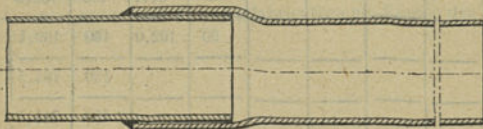


Fig. 131.

La figure 129 est celle de l'emboitement normal pour pression d'eau jusqu'à 25 kilogrammes; pour augmenter la rigidité du joint on peut adopter le type de la figure 129; au contraire, si l'on veut un joint souple et élastique pour faibles pressions (gaz notamment), on

Tubes normaux d'acier pour conduites souterraines (fig. 129).

DIAMÈTRE intérieur des tubes D mm.	ÉPAIS- SEUR des tubes d mm.	ÉPAIS- SEUR du bourage f mm.	DIAMÈTRE intérieur du manchon D ₁ mm.	PROFON- DEUR emboite- ment t mm.	PROFON- DEUR bourage en mm.	POIDS de la bague plomb Kgr.	POIDS de la tresse chauvre goudronné	LONGUEUR moyenne en mètres L.	POIDS en K° au mètre (y compris enveloppe asphaltée)	NOMBRE de joints au km., environ
40	3	7	60	81	74	0,51	0,130	6	3,85	100
50	3	7,5	71	85	77	0,69	0,154		à	4,9	100
60	3	7,5	81	88	80	0,75	0,176	12		5,5	100
70	3 1/4	7,5	91,5	90	82	0,94	0,220		mètres	6,5	100
75	3 1/2	7,5	97	91	83	1,05	0,220	8		7,8	85
80	3 1/2	7,5	102	111	103	1,05	0,328		à 12	8,6	85
90	3 3/4	7,5	112,5	113	105	1,15	0,350	mètres		10,5	75
100	4	7,5	123	115	106	1,35	0,400		19	11,6	75
125	4	7,5	148	118	109	1,70	0,488	mètres		14	75
150	4 1/2	7,5	174	122	113	2,14	0,636		25	19	75
175	5	7,5	200	127	118	2,45	0,732	30		25	75
200	5 1/2	8	227	135	125	2,97	0,924		40	30	75
225	6,5	8	254	135	125	3,67	1,128	10		40	75
250	7	8,5	282	139	129	4,40	1,366		à	47	75
275	7,25	8,5	306,5	145	135	4,70	1,52	14		54,4	75
300	7,75	8,5	332,5	150	140	5,09	1,7		mètres	64	75
312	8	9	346	150	150	5,25	1,80	80,8		65,5	75
325	9	9	361	150	150	5,5	1,92			80,8	75

emploie le joint à bague caoutchouc ; enfin il est particulièrement recommandable pour éviter absolument toutes fuites, d'employer le type de la figure 131 pour joints soudés à l'autogène,

13. **Cintrage des tubes.** — Le cintrage doit en principe se faire avec le tuyau rempli de résine ou de sable. Dans le cintrage des tuyaux à recouvrement, la soudure ne doit pas se trouver dans l'axe de courbure (c'est-à-dire ne doit supporter ni effort d'allongement ou de contraction pendant le cintrage).

Pour les petits tubes, il existe un grand nombre de machines à cintrer à froid d'un emploi très pratique.

On recommande de ne pas descendre, pour le cintrage, au-dessous des rayons de courbure ci-après :

DIAMÈTRE EXTÉRIEUR du tube	RAYON MIN.	DIAMÈTRE EXTÉRIEUR du tube	RAYON MIN.
65	260	150	660
75	310	175	760
90	360	200	865
100	410	250	1.200
125	510	300	1.400

Voici, d'autre part, la longueur droite de tube nécessaire pour les coudes d'équerre :

RAYON moyen	LONGUEUR	RAYON moyen	LONGUEUR	RAYON moyen	LONGUEUR
mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
100	155	600	940	1.250	1.960
125	195	650	1.020	1.300	2.040
150	235	700	1.100	1.350	2.120
175	285	750	1.180	1.400	2.200
200	315	800	1.260	1.450	2.280
225	355	850	1.335	1.500	2.355
250	395	900	1.415	1.550	2.435
275	420	950	1.490	1.600	2.510
300	470	1.000	1.570	1.650	2.590
350	550	1.050	1.650	1.700	2.670
400	630	1.100	1.730	1.750	2.750
450	710	1.150	1.805	1.800	2.830
500	785	1.200	1.885	1.850	2.905
550	865				

14. **Tuyaux en fonte.** — Pour les canalisations souterraines d'eau et de gaz on emploie couramment les tubes en fonte, avec l'emboîtement classique par bourrage chanvre gondronné et bague de plomb.

Ces canalisations sont sûres, mais lourdes et coûteuses et comportent un grand nombre de joints; pour cette raison on emploie de plus en plus les conduites d'acier sous jute asphalté (voir § 12).

Tuyaux à emboîtement et cordon pour eau, gaz.

Dimensions des Fonderies de Pont-à-Mousson.

DIAMÈTRE INTÉRIEUR en millimètres	LONGUEUR UTILE en mètres	POIDS DU TUYAU en kilog.	POIDS DU MÈTRE courant utile	DIAMÈTRE INTÉRIEUR en millimètres	LONGUEUR UTILE en mètres	POIDS du tuyau en kilog.	POIDS du mètre courant utile
			kilog.				kilog.
40	2.00	19	9.5	250	3.00	240	80
50	2.50	30	12	300	4.00	388	97
54	2.50	33	13	350	4.00	472	118
60	2.50	37	15	400	4.00	560	140
				450	4.00	680	170
70	2.50	42	17	500	4.00	780	195
75	3.00	57	19	600	4.00	1000	250
80	3.00	60	20	650	4.00	1120	280
90	3.00	66	22	700	4.00	1280	320
100	3.00	75	25	750	4.00	1460	365
110	3.00	81	27	800	4.00	1600	400
120	3.00	90	30	900	4.00	1870	467
125	3.00	99	33	1000	4.00	2254	563
135	3.00	105	35			et au-dessus.	et au-dessus.
156	3.00	120	40	1100	4.00	2698 (1)	674 (1)
162	3.00	138	46			et au-dessus.	et au-dessus.
175	3.00	156	52	1250	4.00	3420 (1)	855 (1)
200	3.00	180	60			et au-dessus.	et au-dessus.
220	3.00	210	70	1500	4.00	Variable suivant la pression (1).	

(1) Suivant la pression de service.

Raccords pour tuyaux à emboîtement et cordon.

Coudes au 1/4.

DIAMÈTRE intérieur en millimètres	RAYON de courbure	POIDS en kilog.	DIAMÈTRE intérieur en millimètres	RAYON de courbure	POIDS en kilog.
40	150	7.5	110	230	27
50	150	9.5	120	230	30
54	150	10.5	125	230	32
60	200	11.5	135	230	37
70	200	14	150	300	43
75	200	16	162	300	47
80	230	17	175	300	54
90	230	20	200	300	71
100	230	23	220	300	83

Coudes au 1/8 et au 1/16.

DIAMÈTRE intérieur en millim.	RAYON de courbure	POIDS en kilogrammes		DIAMÈTRE intérieur en millim.	RAYON de courbure	POIDS en kilogrammes	
		au 1/8	au 1/16			au 1/8	au 1/16
40	500	10.5	7.5	200	500	47.0	36.0
50	500	12.5	8.5	220	500	53.0	39.0
54	500	13.5	10.0	250	500	63.0	47.0
60	500	14.0	11.0	300	500	78.0	59.0
70	500	17.0	13.0	350	1.50	195.0	136.0
75	500	18.5	14.0	400	1.50	245.0	155.0
80	500	19.5	15.0	450	1.50	290.0	182.0
90	500	22.0	17.0	500	1.50	345.0	215.0
100	500	24.0	19.0	600	1.50	450.0	276.0
110	500	26.0	20.0	650	1.50	514.0	305.0
120	500	28.0	22.0	700	1.50	571.0	349.0
125	500	30.0	23.0	800	1.50	680.0	443.0
135	500	32.0	25.0	900	1.50	825.0	550.0
150	500	35.0	27.0	1000	2.00	1245.0	790.0
162	500	38.0	29.0	1100	2.00	1470.0	900.0
175	500	41.0	32.0				

DIMENSIONS DU COMMERCE

1. Poids et dimensions des tubes en acier soudé et étiré.

DIAMÈTRE extérieur	ÉPAISSEUR	POIDS du mètre	DIAMÈTRE extérieur	ÉPAISSEUR	POIDS du mètre
mm.	mm.	Kilog.	mm.	mm.	Kilog.
20	2	0,9	145	4 1/2	15,48
25	2	1,13	150	4 1/2	16,04
30	2	1,37	155	4 1/2	16,59
35	2	1,62	160	4 1/2	17,14
40	2	1,86	165	4 1/2	17,69
45	2	2,11	170	4 1/2	18,24
50	2 1/2	2,91	175	4 1/2	18,79
55	2 1/2	3,21	180	4 1/2	19,34
60	3	4,19	185	5	22,04
65	3	4,55	190	5	22,65
70	3	4,92	195	5	23,27
75	3	5,29	200	5	23,88
80	3 1/2	6,56	210	6	29,68
85	3 1/2	6,99	220	6	31,45
90	3 1/2	7,41	230	6	32,92
95	3 1/2	7,84	240	6	34,39
100	3 1/2	8,27	250	6	35,86
105	3 1/2	8,70	260	6	37,32
110	3 1/2	9,13	270	6	38,79
115	3 1/2	9,56	280	6	40,26
120	4	11,36	290	6	41,73
125	4	11,85	300	6	43,20
130	4	12,34	325	7	54,52
135	4	12,83	350	8	67,01
140	4 1/2	14,93			

Les épaisseurs autres que celles indiquées ne se trouvent pas en stock dans le commerce.

2. Conduites souterraines en acier. — Nous venons de donner, paragraphe 12 ci-avant, la dimension courante des tubes d'acier gou-dronnés et recouvrement de jute asphalté, employés pour les conduites souterraines en acier.

3. Conduites souterraines en fonte. — Voir poids et dimensions au § 14 ci-avant.

4. Poids, diamètres et filetages des tubes à gaz en fer.

Diamètre intérieur en pouces	Dimension nominale m.m.	Diamètre extérieur		Nombre de filets au pouce	Pas m.m.	Diamètre au fond du filet		Poids du mètre kg.
		Pouces	m.m.			Pouces	m.m.	
1/8	5/10	0,382	9,70	28	0,907	0,336	8,53	0,45
1/4	8/13	0,518	13,16	19	1,336	0,451	11,45	0,6
3/8	12/17	0,656	16,66	19	1,336	0,589	14,96	0,9
1/2	15/21	0,826	20,98	14	1,814	0,735	18,67	1,25
5/8	17/23	0,902	22,91	14	1,814	0,811	20,60	1,7
3/4	21/27	1,041	26,44	14	1,814	0,950	24,13	2,2
7/8	24/31	1,189	30,33	14	1,814	1,098	27,89	2,6
1	26/34	1,309	33,25	11	2,310	1,193	30,30	3,7
1 1/4	33/42	1,650	41,91	11	2,310	1,534	38,96	4,5
1 1/2	40/69	1,882	47,85	11	2,310	1,766	44,85	4,5
1 3/4	46/55	2,160	54,86	11	2,310	2,044	51,92	5,1
2	50/60	2,347	59,61	11	2,310	2,231	56,67	6,1
2 1/4	60/70	2,587	65,71	11	2,310	2,471	62,76	7,1
2 1/2	66/76	3,000	76,20	11	2,310	2,884	73,25	8
2 3/4	72/82	3,247	82,47	11	2,310	3,131	79,53	9,3
3	80/90	3,585	88,52	11	2,310	3,369	85,57	10,4
3 1/2	90/102	3,969	100,06	11	2,310	3,853	97,12	12,1
4	102/114	4,500	112,71	11	2,310	4,384	109,77	14,2

5. Poids au mètre des grosses conduites en tôle (tronçons de 6^m,50 avec les brides).

Epaisseur des conduites en millimètres	DIAMETRES DES CONDUITES EN MILLIMETRES																
	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
3	23	27	32	34	39	43	48	54	76	80	89	96	101	107	113	119	125
4	27	34	40	44	50	59	66	70	97	104	111	118	128	133	142	148	159
5	32	41	49	53	66	74	81	88	114	122	130	142	149	158	168	175	186
6	40	49	59	64	79	88	97	102	114	122	130	142	149	158	168	175	186
7	46	58	69	84	92	103	113	122	130	144	153	165	176	186	195	204	219
8		69	81	93	105	117	129	140	154	165	175	187	200	209	222	234	246
9		82	94	109	122	134	148	159	176	189	201	216	231	238	253	270	280
10		87	104	119	135	150	164	186	196	214	223	242	259	273	285	300	314
11			114	133	149	168	182	199	217	230	247	264	281	302	318	328	344
12			129	148	174	185	201	221	244	263	275	295	318	329	349	368	384
13				182	196	219	238	261	276	286	286	319	337	350	374	389	415
14					209	238	258	284	300	300	325	349	367	387	414	428	442
15						259	276	295	318	318	346	367	389	415	436	457	478
16						270	298	312	334	334	368	393	417	441	469	499	516
17							316	344	366	366	394	417	437	474	506	546	567
18								370	395	395	413	442	472	497	534	576	600

6. Poids et dimension des tuyaux en cuivre rouge.

DIAMÈTRES extérieurs en millimètres d	ÉPAISSEURS DU CUIVRE EN MILLIMÈTRES				
	1	1 ½	2	2 ¼	3
6	0 140	0 189	"	"	"
7	0 170	0 231	"	"	"
8	0 200	0 273	0 340	"	"
9	0 230	0 315	0 400	"	"
10	0 250	0 357	0 450	0 530	"
11	0 280	0 399	0 510	0 600	"
12	0 310	0 441	0 560	0 670	"
13	0 340	0 483	0 620	0 740	"
14	0 370	0 525	0 680	0 810	0 930
15	0 400	0 567	0 730	0 880	1 020
20	0 540	0 777	1 020	1 240	1 440
25	0 680	0 987	1 300	1 590	1 870
30	0 820	1 197	1 580	1 940	2 290
35	0 960	1 407	1 870	2 300	2 710
40	1 100	1 617	2 150	2 650	3 140
45	1 240	1 827	2 430	3 000	3 560
50	1 380	2 037	2 710	3 360	3 990
55	1 530	2 247	3 000	3 710	4 410
60	1 670	2 457	3 280	4 060	4 830
65	1 810	2 690	3 560	4 420	5 260
70	1 950	2 900	3 850	4 770	5 680
75	2 090	3 120	4 130	5 120	6 110
80	2 230	3 330	4 410	5 480	6 530
85	2 380	3 540	4 690	5 830	6 950
90	2 520	3 750	4 980	6 180	7 380
95	2 650	3 960	5 260	6 540	7 800
100	2 800	4 180	5 540	6 890	8 230
110	3 080	4 600	6 110	7 600	9 080
120	3 360	5 030	6 670	8 300	9 930
130	3 640	5 450	7 240	9 010	10 780

7. Poids et dimensions des tuyaux en laiton.

d = diam. int. en mm. — 1 m. courant pèse kgs.

d mm	ÉPAISSEUR DE PAROI EN MILLIMÈTRES						
	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
25	0,719	0,912	1,105	1,300	1,492	1,908	2,322
30	0,857	1,085	1,313	1,541	1,769	2,254	2,737
35	0,995	1,258	1,520	1,783	2,045	2,599	3,151
40	1,134	1,431	1,728	2,025	2,322	2,944	3,566
45	1,272	1,604	1,935	2,267	2,598	3,239	3,981
50	1,410	1,776	2,143	2,509	2,875	3,634	4,396
55			2,350	2,751	3,151	3,979	4,810
	1,5	1,75	2	2,5	3		
60	2,577	2,993	3,428	4,324	5,225		
65	2,765	3,235	3,704	4,669	5,640		
70	2,972	3,477	3,981	5,015	6,055		
75	3,180	3,719	4,257	5,361	6,469		
80	3,387	3,961	4,534	5,707	6,884		
90	3,802	4,445	5,087	6,399	7,714		
100	4,217	5,129	5,640	7,091	8,543		

8. Poids et dimensions des tuyaux de plomb.

d = diam. int. δ = épaisseur de paroi P = poids du mèt. cour.

d	δ	P	d	δ	P	d	δ	P	d	δ	P	d	δ	P
4	2	0,40	18	3	2,3	26	6	6,85	40	4	6,25	50	6	12,0
5	2	0,50		5	4,05	28	4	3,5		6	9,8	54	4	8,25
6	2	0,60	20	3	2,4		6	7,2	42	4	6,55		6	12,8
7	3	1,05		5	4,5	30	4	4,35		6	10,3	59	4	8,95
8	3	1,15	22	3	2,7		6	7,7	44	4	6,85		6	14,3
9	3	1,30		5	4,8	32	4	5,1		6	10,8	65	4	9,8
10	3	1,50	24	3	3,0		6	8,1	46	4	7,0		6	15,2
12	3	1,6		5	5,1	35	4	5,6		6	11,1	68	4	10,7
	5	3,0	25	4	4,1		6	8,75	48	4	7,4		4	15,9
15	3	1,9		6	6,6	38	4	6,0		6	11,5	76	4,5	12,5
	5	3,55	26	4	4,3		6	9,4	50	4	7,7		7	20,7

9. Section et surface extérieure des tuyaux.

Tubes à gaz en fer				Tubes métriques en acier					
Dimensions pouces m/m.	Diamètre réel int. m/m	Section		Surf ^{ce} ext ^{re} de 1 ^m de long m ²	Dimension m/m.	Section		Surf ^{ce} ext ^{re} de 1 ^m de long m ²	
		cm ²	d m ²			cm ²	dm ²		
1/8	3.2	0.0804	0.0088	0.0283	16 x 20	2.01	0.020	0.0002	0.0628
1/4	6.4	0.3217	0.003	0.0408	21 x 25	3.46	0.035	0.00035	0.0785
3/8	9.5	0.7088	0.007	0.0518	26 x 30	5.31	0.053	0.0005	0.0942
1/2	15.9	0.986	0.020	0.0759	31 x 35	7.55	0.0755	0.00076	0.1100
3/4	19.7	2.865	0.029	0.0817	36 x 40	10.18	0.102	0.0010	0.1257
1	25.4	5.067	0.051	0.1037	41 x 45	13.20	0.132	0.0013	0.1414
1 1/4	31.7	7.892	0.079	0.1288	45 x 50	15.90	0.159	0.0016	0.1571
1 1/2	38.1	11.401	0.114	0.1477	50 x 55	19.63	0.196	0.0020	0.1728
2	50.8	20.268	0.203	0.1885	54 x 60	22.90	0.229	0.0023	0.1885
2 1/4	57.1	25.607	0.256	0.2105	59 x 65	27.34	0.273	0.0027	0.2047
2 1/2	63.5	31.67	0.317	0.2325	64 x 70	32.17	0.322	0.0032	0.2199
2 3/4	69.8	38.265	0.383	0.2513	69 x 75	37.39	0.374	0.0037	0.2356
3	76.2	45.604	0.456	0.2733	73 x 80	41.85	0.418	0.0042	0.2513
3 1/2	88.9	62.072	0.621	0.3142	78 x 85	47.78	0.478	0.0048	0.2670
4	101.6	81.075	0.811	0.3550	83 x 90	54.11	0.541	0.0054	0.2827
					88 x 95	60.82	0.608	0.0061	0.2984
					93 x 100	67.93	0.679	0.0068	0.3142

10. Équations des tubes et branchements.

dans l'hypothèse d'une même perte de charge linéaire.

Tubes à-gaz aux dimensions anglaises												
D =		1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	3	4
		5/10	8/13	12/17	15/21	20/27	26/34	33/42	40/49	50/60	80/90	102/114
1/4	8/13	5.7	1									
3/8	12/17	16	2.7	1								
1/2	15/21	32	5.7	2.1	1							
3/4	20/27	88	16	5.7	2.7	1						
1	26/34	180	32	11.5	5.7	2.1	1					
1 1/4	33/42	313	56	20	9.9	3.6	1.7	1				
1 1/2	40/49	493	88	32	16	5.7	2.7	1.5	1			
2	50/60		180	68	32	11.5	5.7	3.1	2.1	1		
3	80/90		493	180	88	32	16	8.9	5.7	2.8	1	
4	102/114			390	180	68	32	18.2	11.5	5.7	2.1	1

Tubes aux dimensions métriques											
D intér.	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
20	2.1	1									
25	3.6	1.7	1								
30	5.7	2.8	1.6	1							
40	11	5.7	3.2	2.1	1						
50	20	10	5.7	3.6	1.7	1					
60	32	16	8.9	5.7	2.8	1.6	1				
70	48	23	13	8.3	4.1	2.3	1.5	1			
80	62	32	18	12	5.7	3.2	2.1	1.4	1		
90	88	43	25	16	7.6	4.3	2.7	1.9	1.4	1	
100	109	56	32	20	9.9	5.7	4.7	2.1	2.8	1.3	1

CHAPITRE IX

TRANSMISSIONS

ARBRES, PALIERS ET POULIES

1. Établissement des lignes d'arbres — Dans l'établissement d'une ligne d'arbres, il faut autant que possible unifier les diamètres de ceux-ci, tant qu'il n'existe pas, entre deux portions voisines, ou entre deux lignes distinctes, une différence dans la puissance à transmettre supérieure à 10 à 12 chevaux; cette manière de faire a pour heureux résultat de limiter les rechanges à un nombre très faible de types dissemblables, et de permettre au constructeur de fabriquer la même pièce en séries standard.

Les arbres doivent résister, d'une part, aux efforts de flexion déterminés par le poids des pièces, la tension des courroies, ou la pression sur les dents des engrenages; et d'autre part, aux efforts de torsion provenant du couple moteur total ou d'une traction de ce couple en des points déterminés de la ligne. C'est donc en vue de la somme de ces deux efforts que leurs dimensions seront déterminées.

En général, il est préférable, pour réduire la torsion, que l'attaque d'une ligne de transmission soit faite au milieu de sa longueur; quand cela n'est pas possible, elle peut être faite en n'importe quel point; mais il y a toujours lieu d'apporter consciencieusement au calcul des diverses parties de ces arbres les principes bien connus de la résistance des matériaux.

On peut classer les arbres en deux catégories :

La première, comportant tous les arbres spéciaux, d'attaque ou autres, que leur position, la nature et l'importance des forces qui les sollicitent, les conditions particulières de leur fonctionnement, commandent de déterminer à l'aide des lois de la résistance des matériaux et de la dynamique.

La seconde catégorie comprend tous les arbres ordinaires qui forment la partie courante d'une ligne de transmission, c'est-à-dire celle qui est composée de travées avec des arbres de même diamètre, sur lesquels seront fixés les poulies qui, par exemple, dans une fila-

ture commandent les métiers, dans une fabrique les divers appareils, dans une usine chacun des outils, etc.

Pour les arbres de cette catégorie, les formules courantes consacrées par l'usage sont suffisantes dans la plupart des cas pour en déterminer les dimensions. Nous ne saurions cependant trop répéter que le calcul, ici comme partout ailleurs dans la construction mécanique, doit être employé plutôt comme moyen de vérification que de détermination absolue des dimensions considérées.

Pratiquement on prend le diamètre des arbres correspondant à l'alésage des séries commerciales de paliers et, de préférence, le choisir, par excès, un multiple exact de 10; ne jamais prendre au-dessous de 50 millimètres de diamètre.

Ordinairement, on admet que les écartements les plus convenables entre deux paliers sont les suivants :

Pour des arbres de 40 millimètres de diamètre :	1 ^m ,75 à 2 ^m ,00
— 50 —	: 2 ^m ,00 à 2 ^m ,50
— 60 —	: 2 ^m ,50 à 3 ^m ,00
— 70 —	: 3 ^m ,00 à 3 ^m ,30
— 80 —	: 3 ^m ,60 à 3 ^m ,50
— 90 à 100 —	: 3 ^m ,50 à 4 ^m ,00

Si les arbres sont chargés de poulies lourdes avec des courroies larges, il faut diminuer hardiment ces portées; si, au contraire, ils sont peu ou point chargés, on peut sans inconvénient les augmenter, sans jamais dépasser toutefois la cote maxima indiquée, de plus de 25 à 30 centimètres. Cependant il n'est pas prudent de donner plus de 4 mètres de portée aux arbres de 80 à 100 millimètres chargés ou non. Pour les grandes vitesses de rotation, les portées ci-dessus spécifiées seront diminuées très sensiblement, et pour les transmissions à billes les portées recommandées sont données plus loin.

2. Vitesse des lignes d'arbre. — On a intérêt à tourner vite pour diminuer la dimension et par suite le prix des poulies, courroies, etc. On a adopté en général :

Pour commande de machines lentes :	150 tours-minute
— de machines rapides :	300 —
et 500 tours pour-paliers à billes.	

3. Choix du diamètre des arbres. — En pratique on se servira de la table 5 ci-après, qui donne immédiatement le diamètre, connaissant la puissance à transmettre et la vitesse de rotation adoptée.

Cette table conduit aux plus gros diamètres (égale élasticité) avec un coefficient 12 (fa

4. Table pour déterminer le diamètre des arbres pour une puissance N à transmettre et un nombre de tours n par minute.

Puissance en chevaux N	Nombre de tours n par minute																						
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	180	200	225	250	275	300	325	350	375	400	
	Diamètres des arbres en mill																						
1	50	45	45	45	45	40	40	40	40	35	35	35	35	35	35	35	30	30	30	30	30	30	30
2	55	55	50	50	50	50	45	45	45	45	45	40	40	40	40	40	35	35	35	35	35	35	35
3	60	60	55	55	55	50	50	50	50	50	45	45	45	45	45	40	40	40	40	40	40	40	40
4	65	65	60	60	60	55	55	55	55	50	50	50	50	50	45	45	45	45	45	45	45	45	45
5	70	70	65	65	65	60	60	60	60	55	55	55	55	55	50	50	50	50	50	50	50	50	50
6	75	75	70	70	70	65	65	65	65	60	60	60	60	60	55	55	55	55	55	55	55	55	55
7	75	75	70	70	70	65	65	65	65	60	60	60	60	60	55	55	55	55	55	55	55	55	55
8	80	80	75	75	75	70	70	70	70	65	65	65	65	65	60	60	60	60	60	60	60	60	60
9	80	80	75	75	75	70	70	70	70	65	65	65	65	65	60	60	60	60	60	60	60	60	60
10	85	85	80	80	80	75	75	75	75	70	70	70	70	70	65	65	65	65	65	65	65	65	65
11	85	85	80	80	80	75	75	75	75	70	70	70	70	70	65	65	65	65	65	65	65	65	65
12	85	85	80	80	80	75	75	75	75	70	70	70	70	70	65	65	65	65	65	65	65	65	65
13	90	90	85	85	85	80	80	80	80	75	75	75	75	75	70	70	70	70	70	70	70	70	70
14	90	90	85	85	85	80	80	80	80	75	75	75	75	75	70	70	70	70	70	70	70	70	70
15	90	90	85	85	85	80	80	80	80	75	75	75	75	75	70	70	70	70	70	70	70	70	70
16	95	95	90	90	90	85	85	85	85	80	80	80	80	80	75	75	75	75	75	75	75	75	75
17	95	95	90	90	90	85	85	85	85	80	80	80	80	80	75	75	75	75	75	75	75	75	75

18	95	90	90	85	85	80	80	75	75	70	70	65	65	60	60	60
19	95	90	90	85	85	80	80	80	75	75	70	65	65	60	60	60
20	100	95	90	85	85	80	80	80	75	75	70	65	65	60	60	60
25	105	100	95	90	85	85	85	85	80	80	75	70	65	65	65	60
30	110	105	100	95	95	90	85	85	85	80	75	75	70	70	65	65
35	110	105	105	100	95	95	90	85	85	85	80	75	75	70	70	70
40	120	110	105	105	100	100	95	95	90	85	85	80	75	75	70	70
45	120	115	110	105	105	100	100	95	95	90	85	85	80	75	75	70
50	120	115	110	110	105	105	100	100	95	95	90	85	85	80	75	75
60	130	120	120	115	110	110	105	105	100	100	95	90	85	85	80	75
70	135	125	120	120	115	110	110	105	105	100	95	95	90	85	85	80
80	135	130	125	120	115	115	110	105	105	100	100	95	90	85	85	85
90	140	135	130	125	120	120	115	115	110	105	105	100	100	95	90	85
100	145	140	135	130	125	120	120	115	110	110	105	105	100	100	95	90
125	155	145	140	135	135	130	125	125	120	115	110	110	105	105	100	95
150	160	155	150	145	140	135	130	130	130	125	120	115	115	110	105	100
175	165	160	155	150	145	140	135	135	130	130	125	120	115	110	110	105
200	170	165	160	155	150	145	140	140	135	135	130	125	120	115	110	105
225	175	170	165	155	155	150	145	140	140	135	135	130	125	120	115	110
250	180	175	165	160	155	155	150	145	145	140	135	130	125	120	115	110
275	185	180	170	165	160	155	155	150	145	140	135	130	130	125	120	115
300	190	180	175	170	165	160	155	155	150	140	140	135	130	125	120	115
325	195	185	180	170	165	165	160	155	155	145	140	140	135	130	125	120
350	195	190	180	175	170	165	160	160	155	150	145	140	135	135	130	125
375	200	190	185	180	175	170	165	160	160	155	145	140	140	135	130	125
400	205	195	190	180	175	170	170	165	160	155	155	145	140	135	135	130

5. **Arbres flexibles.** — Les transmissions flexibles sont constituées :
 1° D'une âme formée d'une série de ressorts à boudin superposés et enroulés en sens contraire, de façon à contrarier les efforts de torsion à transmettre.



FIG. 132.

Le sens d'enroulement de la dernière couche, fait à la demande, détermine le sens de rotation le plus avantageux, le *flexible* devant travailler de préférence en se serrant ;

2° D'une enveloppe protectrice qui peut être constituée par un tuyau métallique flexible ou par un ressort entouré d'une gaine en cuir.

Pour les petites puissances, ils constituent un succédané très avantageux des engrenages et permettent ainsi de simplifier la construction et le montage de bien des appareils tout en diminuant les pertes ordinaires par frottement ou glissement.

Leur élasticité naturelle supprime, en outre, les à-coups, ce qui est précieux au point de vue de la durée de la machinerie.



FIG. 133.

Leur emploi est commode dans une foule de cas et la figure 133, montre un groupe transportable avec moteur électrique susceptible de nombreuses applications.

6. Force transmise par les arbres flexibles

FORCE en chevaux	NOMBRE DE TOURS DES ARBRES FLEXIBLES										
	100	200	300	400	600	800	1.000	1.200	1.400	1.600	2.000
	<i>Diamètres extérieurs en millimètres.</i>										
1/10	25	20	15	12,5	10	10	10	10	8	8	8
1/6	30	25	20	20	15	12,5	12,5	12,5	10	10	8
1/4	35	30	25	25	20	15	15	15	12,5	12,5	10
1/2	45	35	30	30	25	20	20	20	15	15	12,5
3/4	50	40	35	35	30	25	20	20	15	15	12,5
1	60	45	40	35	30	30	25	25	20	20	15
1,5	70	50	45	40	35	30	30	25	25	20	20
2		60	50	45	40	35	30	30	25	25	20
2,5		65	55	50	45	40	35	35	30	30	25
3		70	60	55	45	45	40	35	35	30	30
4			65	60	50	45	45	40	40	35	35
5			70	65	60	50	50	40	40	35	35
6				70	65	55	50	45	45	40	40
8					70	60	55	50	45	45	40
10						65	60	55	50	50	45
12						70	65	60	55	50	50
15							70	65	60	55	50

Tensions sur les arbres et paliers. — Pour le calcul des arbres à la flexion et pour la vérification de la pression sur les surfaces portantes des paliers, il est utile de connaître la charge résultante d'une transmission, en y comprenant les tensions provoquées par les courroies, etc.

Nous reproduisons d'après la Compagnie d'Applications mécaniques (roulements R.B.F.), un abaque donnant directement la charge cherchée. Ce nomogramme est une résolution graphique de la formule :

$$Q = T + t = 716,2 \frac{\rho N}{Rn}$$

dans laquelle :

Q désigne la charge en kilogrammes exercée par les brins conducteurs (tension T) et conduit (tension t) ;

N, la puissance transmise par l'arbre en C. V. ;

R, le rayon de la poulie en mètres ;

n, est la vitesse de rotation de l'arbre de cette poulie en tours par minute

ρ , est un module de frottement dont la valeur est

$$\frac{Ke^{f\alpha} + 1}{Ke^{f\alpha} - 1}$$

Le nomogramme logarithmique par points alignés comprend :

- 1° Un abaque logarithmique pour le calcul de $\rho = \frac{Ke^{f\alpha} + 1}{Ke^{f\alpha} - 1}$ en fonction du coefficient d'adhérence f de la courroie ou du câble sur la poulie et du plus petit angle d'enroulement exprimé en radians ;
- 2° Un nomogramme logarithmique par points alignés proprement dit pour le calcul de la formule :

$$Q = 716,2 \frac{\rho N}{Rn}$$

3° Un tableau des principaux coefficients d'adhérence donnant les valeurs de f généralement admises suivant la nature des courroies ou des câbles et des poulies en contact.

Pour obtenir la valeur Q en kilogrammes de la somme des tensions des brins d'une courroie ou d'un câble, on détermine le point I de l'échelle des ρ dont l'ordonnée est celle du point d'intersection de la verticale x° avec la courbe f convenablement choisie.

En joignant ce point au point I pris sur l'échelle des N on obtient le point a sur la droite intermédiaire. De même, en joignant les points 2, 2 convenablement choisis sur les échelles des n et des R on obtient le point b sur la droite intermédiaire comprise entre ces

deux échelles. La droite ab prolongée permet de lire en son point de rencontre c avec l'échelle des Q la somme des tensions des deux brins de courroie ou de câble.

EXEMPLE PRATIQUE POUR L'EMPLOI DU NOMOGRAMME LOGARITHMIQUE.
— Prenons l'exemple d'une travée d'arbre de transmission portant la poulie motrice d'un renvoi, cette poulie et la poulie réceptrice ayant le même rayon R .

Nous savons que la charge totale, sur cette travée, s'exprime par la formule :

$$U = 716,2 \frac{N}{Rn} \varphi + P + \frac{\pi D^2}{4} Ld$$

N , puissance à transmettre = 50 CV ;

R , rayon de la poulie = 0^m,35 ;

n , vitesse en tours par minute = 340.

L'angle d'enroulement α de la courroie est de 180° et le coefficient d'adhérence sur la poulie : $f = 0,28$.

Supposons que le poids P de la poulie soit de 50 kilogrammes, et qu'elle soit calée sur un arbre de 65 millimètres de diamètre et de 0^m,50 de portée et ayant un poids de 65 kilogrammes.

La charge totale sur cette travée sera donc :

$$U = Q + 50 \text{ kgs} + 65 \text{ kilogrammes.}$$

Le nomogramme nous donne immédiatement la charge Q due à la tension des deux brins de courroie en opérant ainsi :

1° Déterminer φ en se servant de l'abaque des φ . Pour cela :

Suivre la verticale partant du point 180 ($x = 180^\circ$) jusqu'à ce qu'elle rencontre contre la courbe de f ($f = 0,28$) ; à cette intersection suivre alors l'horizontale qui donnera sur l'échelle des φ la valeur de φ qui sera égale dans le cas particulier à 3,2.

2° Joindre ce point au point indiquant le nombre de chevaux à transmettre, soit 50 CV qui se trouve sur l'échelle des N , ce qui donne un point au croisement de la droite placée entre l'échelle de φ et l'échelle des N ; soit a ce point.

3° Joindre le point de l'échelle des n correspondant à la vitesse de rotation en tours par minute, soit 340 tours par minute au point de l'échelle des R correspondant au rayon de la poulie d'attaque en mètres, soit 0^m,35, on obtient un point sur la droite comprise entre ces deux échelles ; soit b ce point.

4° Faire passer une droite par les points a , b et la prolonger jusqu'à sa rencontre avec l'échelle des charges Q , à gauche du tableau. Le point d'intersection donne sur cette échelle la valeur en kilogrammes soit $Q = 950$ kilogrammes.

La charge totale sur la travée est donc :

$$U = 950 + 50 + 65 = 1065 \text{ kgs.}$$

Q Kgs

ABAQUE

pour le calcul de la somme des tensions des brins d'une courroie ou d'un câble suivant la formule

$$T + t = Q = 716,2 \frac{N\rho}{nR}$$

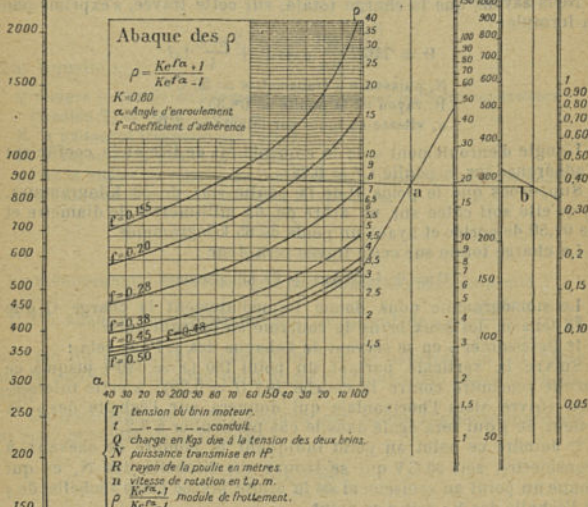
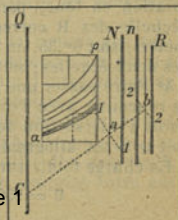


Tableau des principaux coefficients d'adhérence.

Valeurs de f	Nature des corps en contact.
0,155	Cuir gras sur fonte (courroie neuve)
0,20	Coton sur métaux
0,28	Cuir sec sur fonte ou acier (courroie usagée)
0,38	Cuir humide sur métaux.
0,45	Cuir sur bois
0,48	Cuir sur tôle perforée
0,50	Cauchoouc sur fonte ou acier

Nota : Pour les transmissions par poulie à gorge et à câble, les mêmes coefficients sont applicables à condition de les multiplier par $\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}$

On prend généralement pour $T = 45 \text{ à } 48 \frac{Q}{n}$
 Câbles horizontaux $T = 45 \text{ à } 48 \frac{Q}{n}$ $\gamma = 2,00 \text{ à } 2,45$
 Câbles verticaux $\gamma = 3,8$ $\gamma = 3,05$



Types de paliers verticaux. — Les trois types les plus courants de paliers lisses pour arbres verticaux sont les suivants :

Le palier intermédiaire (*fig. 134*) est établi avec un réservoir étanche d'huile ; il doit être monté seulement comme support intermédiaire servant de guide à l'arbre vertical, à cause de la légèreté relative du coussinet. Le graissage y est continu et se fait très abondamment.

Le palier de tête, beaucoup plus robuste, est d'une construction un peu différente ; la cage du palier est disposée pour recevoir un coussinet très solide et l'ensemble du palier permet de l'employer très avantageusement pour les transmissions verticales, d'attaquer par poulies ou par engrenages. Il faut toujours prendre soin d'orienter le palier pour que la résultante des pressions ne se trouve pas sur le joint du coussinet en deux pièces.

Enfin, le troisième type de palier vertical est bien connu sous le nom de « boitard » (*fig. 135*) ; il se compose de trois portions de cou-

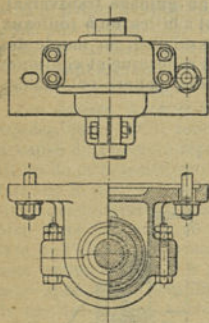


FIG. 134.

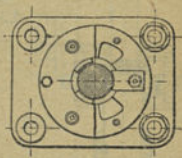
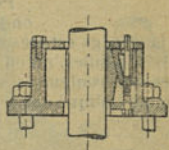
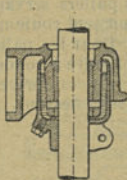


FIG. 135.

sinets en bronze, ou quelquefois, mais très rarement, en gaïac, que l'on peut déplacer dans le sens du rayon de l'arbre, avec des coins à vis, pour rattraper le jeu dû à l'usure normale ; entre chacun d'eux se trouve un réservoir dans lequel on tasse de l'étope ou des mèches bien graissées qui lubrifient l'arbre pendant son mouvement.

Le boitard permet de rattraper le jeu en assurant toujours le centrage mathématique des coussinets autour de l'arbre et la verticalité de ce dernier. C'est un avantage très grand à ajouter à la parfaite stabilité qu'il procure par l'emploi de sa cage monté solidement sur

des traverses placées à la partie supérieure de l'arbre vertical. Il est très employé pour les moulins et les turbines.

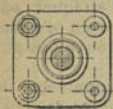
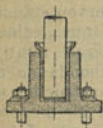


FIG. 136.

La crapaudine ou palier de pied est usuellement constituée (fig. 136) par une semelle en fonte portant une douille en bronze dont le bord supérieur forme réservoir d'huile; le fond sert d'appui au grain d'acier trempé sur lequel tourne le pivot, également en acier trempé.

Au lieu de coussinets lisses, on peut employer des roulements à billes avec lesquels aucun système de rattrapage de jeu n'est nécessaire, puisque l'usure est pratiquement inexistante. Dans ces conditions, le centrage de l'arbre n'a besoin d'être fait qu'une fois pour toutes. La disparition presque totale du frottement procure aussi des économies de force motrice et de graissage.

Pour les paliers servant au guidage transversal, on utilise un seul roulement à billes (ou à rouleaux si la charge est très élevée). Pour les paliers de pied, on monte des butées à billes, qu'on peut prendre à rondelle sphérique et combiner avec un roulement à rotule, pour former des paliers orientables comme indiqué sur les figures ci-dessous.

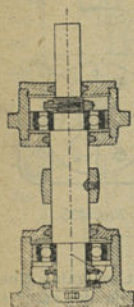


FIG. 137.

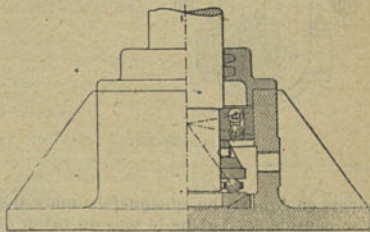


FIG. 138.

Types de paliers à billes et à rouleaux. — Voir, au chapitre VII, *Éléments de machines*, le paragraphe consacré aux roulements à billes.

Les paliers à billes, les paliers à rouleaux élastiques, sont de plus en plus employés pour le montage des arbres à billes. Ils ont en effet

de grandes qualités et présentent sur les paliers lisses d'incontestables avantages.

Ils sont robustes, pratiquement inusables lorsqu'on a eu soin de les choisir avec un large coefficient de sécurité.

Ils permettent de tourner à plus grande vitesse.

Leur facilité de démarrage et leur douceur de fonctionnement conduisent à de grosses économies de force motrice.

Leur graissage est très économique, car le lubrifiant ne joue pas du tout le même rôle que dans un coussinet lisse. Il ne sert pas à réduire le frottement mais simplement à protéger le poli spéculaire des organes de roulement.

Ils sont généralement étanches, propres.

Ils ne chauffent pas, ils ne grippent pas et écartent absolument les risques d'incendie.

Types de paliers horizontaux. — La figure 139 représente l'ancien palier, à coussinets rigides et godet graisseur. On emploie de plus en plus le palier à rotule, imaginé par Sellers (fig. 140) sous des variantes diverses concernant le graissage, par mèche ou par bague.

Les paliers à coussinets rigides, quels qu'ils soient, à cause de l'inégale répartition de la pression qui se fait sur le tourillon, nécessitent des diamètres d'arbres plus forts que ceux résultant de l'emploi de coussinets articulés, dits « à rotule » sphérique. L'avantage de ces derniers est surtout remarquable dans les renvois isolés pour lesquels il est de règle d'employer des arbres du plus petit diamètre possible : il en est de même pour une ligne continue de transmission. La pression sur le tourillon se répartit, en effet, également sur toute la longueur du coussinet, grâce à la rotule dont l'axe devient le centre de percussion de toutes les charges qu'il supporte.

Par conséquent, lorsque le diamètre des arbres a été calculé très largement, en raison des besoins du service, il convient d'employer des paliers ordinaires à coussinets rigides et à mèche métallique, moins coûteux que tous les autres. Si, dans ces conditions, la vitesse est grande et la transmission chargée, il faut prendre des paliers à bagues ayant la même portée que les précédents : si elle est grande, sans que la

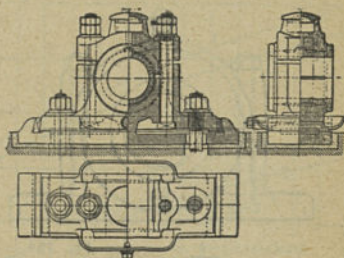


FIG. 139.

transmission soit chargée, on prendra des paliers à mèche métallique à longue portée; enfin, si la transmission est lourdement chargée et tourne à grande vitesse, on choisira des paliers à bague à longue portée;

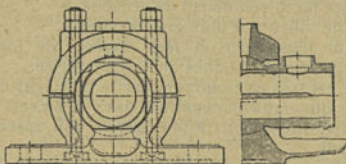


FIG. 140.

Depuis quelques années, les *paliers à billes* s'emploient couramment sur certaines transmissions. Pour les raisons déjà dites, ces paliers doivent être à rotule.

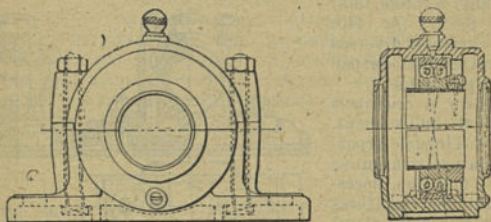


FIG. 141.

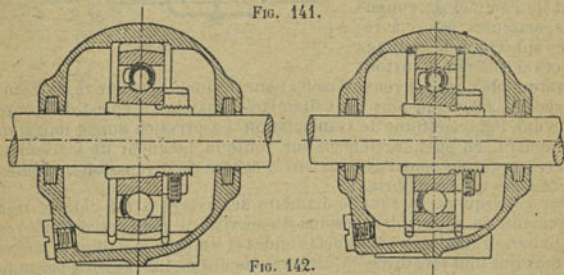


FIG. 142.

Palier RBF ordinaire.

Palier RBF à butée ordinaire.

La seule difficulté d'emploi des transmissions à billes réside dans leur montage qui doit être parfaitement exécuté.

Ces difficultés sont d'ailleurs réduites considérablement par le montage à rotule. Dans les paliers S. K. F. le mouvement de rotule se fait sur les billes elles-mêmes (voir *fig. 141*, type de palier S. K. F.); dans les paliers R. B. F. le mouvement de rotule est reporté sur la bague extérieure (voir *fig. 142*, type de palier R. B. F.) qui est usinée sphériquement.

De toutes façons les transmissions à billes sont très sensibles aux tensions latérales, et il y a lieu d'apporter une attention spéciale à l'emplacement et au montage des paliers de butée.

Enfin, pour diminuer l'effet de flexions et mauvais centrages et faire travailler les rotules au minimum, il importe d'observer les conseils du constructeur concernant l'écartement entre paliers. Le graphique ci-dessous donne les écartements conseillés par la Compagnie d'Applications mécaniques.

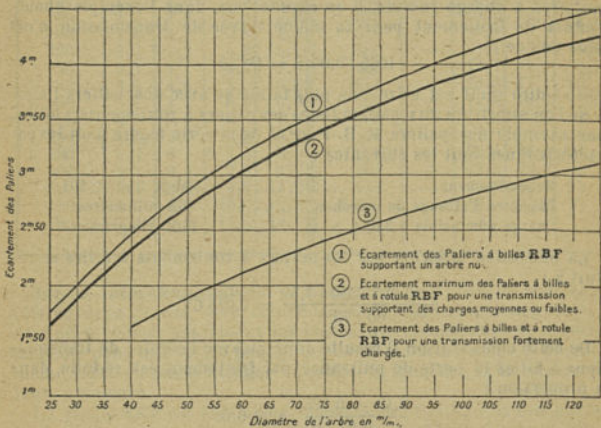


Fig. 143.

Frottement et pertes dans les transmissions. — Voici une comparaison des pertes par frottement dans le cas des paliers lisses et des paliers à billes ou à rouleau.

a) *Puissance absorbée par paliers lisses.* — Pour les paliers lisses en bon état, le coefficient de frottement peut être pris égal à 0,025.

Pour une travée supportant une tension de 950 kilogrammes et une charge totale de 1.065 kilogrammes (voir l'exemple de calcul donné au paragraphe tensions sur les arbres et paliers), la force de frottement qui s'exerce sur les deux paliers de la travée est :

$$1065 \times 0,025 = 26^{\text{e}},6.$$

Le diamètre de l'arbre étant de 65 millimètres, sa vitesse tangentielle à 340 tours est de 1,15 m : sec. et la puissance absorbée par les frottements de :

$$\frac{1,15 \times 26,6}{75} = 0,40 \text{ CV.}$$

b) *Puissance absorbée par les paliers à roulements à billes.* — Le coefficient de frottement, généralement admis par les meilleurs techniciens du roulement à billes, est de 0,0015 pour les roulements annulaires à charge radiale. Il en résulte que, dans l'exemple choisi, l'effort de frottement pour la même travée de transmission n'est plus que de :

$$1065 \cdot 0,0015 = 1^{\text{e}},59$$

c'est-à-dire qu'il est seize fois plus faible qu'avec des paliers lisses.

Si l'on substitue aux paliers lisses des paliers à roulements à billes, par exemple des paliers R. B. F. n° 65 de la série légère dont les caractéristiques sont les suivantes :

Encombrement.....	130 × 340 × 191
Diamètre d'alésage du manchon.....	65 millimètres
Charge admissible à 340 t. p. m.....	1400 kilogrammes

La puissance absorbée par les paliers à roulements à billes se réduit à :

$$\frac{\pi \cdot 0,065 \cdot 340 \cdot 1,59}{60 \cdot 75} = 0,025 \text{ CV.}$$

De cette comparaison il résulte donc qu'avec l'emploi de transmissions à billes la perte de puissance par frottement est réduite dans la proportion :

$$\frac{0,40 - 0,025}{0,40} = 93 \text{ 0/0.}$$

Poulies en fonte. — Les poulies en fonte sont lourdes et chargent les transmissions, mais elles ont l'avantage d'être bien centrées, le clavetage exigeant un travail précis; pour les transmissions courantes on préfère généralement les poulies en tôle en deux pièces commodes à monter et démonter.

Poules légères en deux pièces. — Elles sont d'un emploi très commode et chargent fort peu les transmissions. L'entraînement a lieu par simple serrage des deux moitiés du moyeu sur l'arbre ; on fait des manchons interchangeables permettant d'employer une même poulie sur des arbres de diamètre différent.

Poules Piat en tôle emboutie.

LARGEUR EN MILLIMÈTRES					LARGEUR EN MILLIMÈTRES				
DIAMÈTRE	75	100	125	150	DIAMÈTRE	75	100	125	150
	POIDS	POIDS	POIDS	POIDS		POIDS	POIDS	POIDS	POIDS
millim.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	millim.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
150	1,8	2,3	2,9	3,5	500	7,7	9,8	12,1	14
180	2,2	2,8	3,5	4,2	520	—	10,2	12,5	14,6
200	2,4	3,2	3,9	4,6	550	—	10,8	13,1	15,5
220	2,7	3,5	4,3	5,1	580	—	11,4	13,9	16,3
250	3,1	4	4,9	5,8	600	—	12,7	14,3	18,5
280	3,4	4,4	5,5	6,6	650	—	13,8	17,1	20
300	3,7	4,7	5,8	6,9	700	—	14,8	18,4	21,6
320	4	5	6,1	7,5	750	—	15,9	19,7	23
350	4,3	5,6	6,8	8,2	800	—	17	21	34
380	4,7	6	7,4	3,9	850	—	22,4	26,5	31
400	5	6,4	7,8	9,3	900	—	23,9	28,2	33
420	6,4	8,2	9,9	11,7	950	—	24,8	29	35
450	6,9	8,8	10,7	12,6	1.000	—	26	31	37
480	7,4	9,4	11,5	13,5					

Jantes interchangeables. — L'emploi si commode de poulies en tôle en deux pièces, avec manchons de serrage interchangeable, a conduit à prévoir également des jantes interchangeables de diverses largeurs pour une même poulie. De cette manière, on peut pour un même arbre en place changer l'alésage, le diamètre et la largeur de jante à volonté.

La poulie SKF est assemblée et serrée sur l'arbre à la fois par les boulons de moyeux et par les boulons d'assemblage des deux extrémités de la jante. Cette jante est en tôle d'acier et interchangeable, grand avantage qui n'est réalisé que par cette seule construction. Ci-dessous la série des poulies convenant (par l'emploi des manchons interchangeables de 5 en 5 millimètres) pour les arbres de 25 à 65 millimètres.

Poulies SKF à jante interchangeable.

Diam. de la poulie	Largeur de la jante en millimètres							Longueur du moyeu
	60	90	115	140	170	200	225	
m/m	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	m/m
200	3,500	4,200	4,600	5,000	5,600	6,100	6,500	65
225	4,100	4,800	5,300	5,700	6,400	7,000	7,300	65
250	4,500	5,300	5,800	6,200	6,900	7,500	7,900	"
275	5,000	5,700	6,300	6,800	7,600	8,100	8,600	"
300	5,700	6,500	7,100	7,600	8,400	9,100	9,600	"
325	5,900	6,700	7,400	7,900	8,800	9,500	10,000	65
350	6,500	7,300	8,000	8,600	9,500	10,200	10,800	"
375	7,100	8,000	8,700	9,300	10,300	11,100	11,600	"
400	8,000	8,900	9,700	10,400	11,400	12,200	12,800	"
425	—	10,700	11,700	12,500	13,700	14,800	15,600	85
450	—	11,500	12,600	13,400	14,700	15,800	16,700	"
475	—	12,300	13,400	14,300	15,600	16,800	17,700	"
500	—	12,900	14,100	15,000	16,400	17,700	18,600	"
525	—	14,600	15,800	16,800	18,200	19,500	20,500	85
550	—	15,200	16,400	17,500	18,900	20,300	21,300	"
575	—	17,000	18,300	19,400	20,900	22,300	23,400	"
600	—	17,500	18,800	20,000	21,500	23,000	24,100	"
650	—	—	22,100	23,500	25,600	27,200	28,800	100
700	—	—	24,800	26,400	28,500	30,400	32,000	"
750	—	—	28,900	30,500	32,800	34,700	36,500	"
800	—	—	30,900	32,600	35,000	37,100	39,000	"
850	—	—	34,200	36,000	38,500	40,700	42,800	100
900	—	—	37,700	39,700	42,300	44,700	46,800	"
950	—	—	45,400	47,500	50,300	52,800	55,100	"
1000	—	—	47,600	49,800	52,700	55,300	57,700	"
	50	75	100	125	150	175	200	
Largeur de la courroie en millimètres								

Poulies folles. —

La poulie folle est un des organes mécaniques les plus négligés, et son graissage toujours précaire et difficile occasionne souvent de réels ennuis.

L'emploi des roulements à billes est à recommander pour cette application. La Société SKF a établi une série de douilles (voir fig. 144) dont ci-dessous tableau de dimensions.

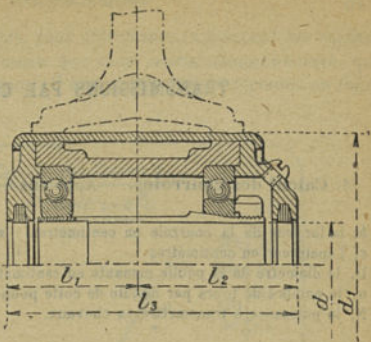


Fig. 144.

Douilles SKF pour poulies folles.

Diamètre de l'arbre d	Diamètre de la douille d_1	Diamètre de la poulie											
		200 - 400			425 - 600			650 - 1000			1100 - 1500		
		l_1	l_2	l_3	l_1	l_2	l_3	l_1	l_2	l_3	l_1	l_2	l_3
m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m
20	105	39,5	52,5	92	49,5	62,5	112	—	—	—	—	—	—
25	105	39,5	52,5	92	49,5	62,5	112	—	—	—	—	—	—
30	105	40,5	54,5	95	50,5	64,5	115	—	—	—	—	—	—
35	105	42,5	54,5	97	52,5	64,5	117	60	72	132	—	—	—
40	105	42,5	54,5	97	52,5	64,5	117	60	72	132	—	—	—
		250 - 400			425 - 600			650 - 1000			1.100 - 1500		
45	150	42,5	57,5	100	52,5	67,5	120	60	75	135	70	85	155
50	150	42,5	57,5	100	52,5	67,5	120	60	75	135	70	85	155
55	150	42,5	58,5	101	52,5	68,5	121	60	76	136	70	86	156
60	150	43,5	60,5	104	53,5	70,5	124	61	78	139	71	88	159
65	150	43,5	60,5	104	53,5	70,5	124	61	78	139	71	88	159

TRANSMISSIONS PAR COURROIES

1. Calcul des courroies. — Appelons :

b , la largeur de la courroie en centimètres } $s = be$, section en centimètres
 e , l'épaisseur en centimètres } carrés;
 D , le diamètre de la poulie menante en centimètres ;
 n , le nombre de tours par minute de cette poulie ;
 N , la puissance à transmettre en chevaux.

Calcul exact. — On a, d'une part, effort tangentiel,

$$F = \frac{75N}{v} \text{ kilogrammes} = T_1 - T_2,$$

dans laquelle v , vitesse tangentielle, a pour valeur $v = \frac{\pi Dn}{60}$.

On a d'autre part :

$$F = cs = cbe,$$

dans laquelle c a pour valeur :

$$c = \left(t_1 - q_1 \frac{v^2}{g} \right) \frac{e^{f\theta} - 1}{e^{f\theta}},$$

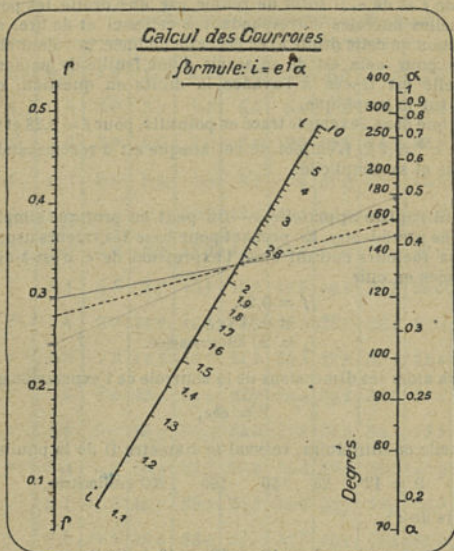
où $t_1 = \frac{T_1}{s}$ = la tension maxima admissible dans le brin en kg : cm²

$q_1 = \frac{g}{s}$ = le poids d'un brin ayant 1 centimètre carré de section et 1 mètre de longueur ($q_1 = 0^{\text{kg}},11$ pour courroie en cuir). Ces données sont déterminées pour une courroie en matière connue.

On peut prendre pour t_1 :

40	kilogrammes par centimètre carré	pour courroie en cuir ;
30	—	— pour le coton ;
40	—	— pour le balata, poil de chameau.

On se servira d'autre part, pour déterminer rapidement les valeurs de $e^{f\theta}$, de l'abaque de Soreau que nous reproduisons ci-contre, qui fournit les valeurs du facteur $e^{f\theta}$ à admettre dans la formule, en fonc-



tion du coefficient de friction f et de l'angle minimum θ embrassé par la courroie sur la plus petite poulie.

Suivant les cas, le coefficient de friction en marche f à adopter sera :

Courroie cuir	}	sur poulie en bois, surface un peu grasse.....	0,47
		— en fonte, très gras.....	0,10
		— — peu gras.....	0,28
		— — humide.....	0,35

Courroie caoutchouc, peu gras, sur fonte.....	0,20
Câble manille { sur poulie en fer.....	0,25
ou aloès { sur bois état ordinaire.....	0,40

Pour avoir la valeur de $e^{f\theta}$ correspondant à deux valeurs particulières de f et de α , il suffit de réunir par une droite les points des deux échelles latérales correspondant à celles-ci et de lire, au point d'intersection de cette droite avec l'échelle inclinée, la valeur cherchée. Le mieux pour cela est de se servir d'une feuille de papier calque sur laquelle est tracée à l'avance la droite en question, que l'on applique sur le graphique.

On voit que dans l'exemple tracé en pointillé, pour $f = 0,28$ et $\theta = 160^\circ$ on trouve $e^{f\theta} = 2,2$. L'emploi de cet abaque est à recommander pour sa rapidité et sa simplicité.

2. Calcul rapide approché. — On peut en pratique simplifier les expressions précédentes. En prenant pour base des valeurs usuelles des principaux facteurs entrant dans l'expression de c , c'est-à-dire pour les courroies en cuir :

$$\begin{aligned} f &= 0,25, \\ q_1 &= 0,14 \text{ kg}, \\ t_1 &= 20 \text{ kilogrammes.} \end{aligned}$$

On tirera alors les dimensions de la courroie de l'expression générale

$$F = cbe,$$

dans laquelle on introduira, suivant le diamètre D de la poulie :

$$D = 12 \quad 20 \quad 50 \quad 100 \quad 200 \text{ centimètres,}$$

des valeurs de c :

$$c = 4 \quad 7 \quad 10 \quad 12 \quad 13 \text{ centimètres.}$$

3. Détermination rapide de la dimension de courroie. — En pratique on se fixera rapidement la dimension de courroie à adopter en déterminant d'abord la vitesse linéaire de la courroie, c'est-à-dire la vitesse tangentielle des poulies, donnée par la seconde table ci-après, puis en se reportant à la première table, qui donne la section de courroie cuir pour diverses puissances transmises, la vitesse étant connue.

EXEMPLE NUMÉRIQUE. — Soit une puissance à transmettre de 10 chevaux par une poulie de 750 tournant à 350 tours.

La vitesse linéaire sera d'après la seconde table 18,326 pour un

I. — Table de la puissance transmise par une courroie cuir
aux différentes vitesses.

Dimension en mm.	Vitesse de la courroie en m. sec.									
	1	5	8	12	14	16	18	20	22	24
	Puissance transmise en chevaux									
50 x 4	0.3	1.5	2.6	4.0	4.6	5.3	6.0	6.7	7.3	7.9
60 x 4	0.4	2.0	3.2	4.8	5.6	6.4	7.2	8.0	8.8	9.6
70 x 5	0.6	3.0	4.6	7.0	8.1	9.3	10.5	11.7	12.8	13.9
80 x 5	0.7	3.5	5.3	7.9	9.3	10.6	11.9	13.3	14.5	15.8
90 x 6	0.9	4.5	7.1	10.7	12.5	14.3	16.0	17.8	19.6	21.4
100 x 6	1.0	5.0	8.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0
110 x 6	1.1	5.5	8.7	13.1	15.3	17.5	19.6	21.8	24.0	26.2
120 x 7	1.4	7.0	11.2	16.8	19.6	22.4	25.2	28.0	30.8	33.6
130 x 7	1.5	7.5	12.2	18.2	21.3	24.3	27.3	30.4	32.4	36.5
140 x 7	1.6	8.0	13.0	19.4	22.7	25.9	29.2	32.5	35.6	38.9
150 x 7	1.8	9.0	13.9	20.9	24.4	27.8	31.4	34.9	38.3	41.8
160 x 7	1.9	9.5	14.9	22.3	26.0	29.8	33.5	37.3	40.9	44.6
180 x 7	2.1	10.5	16.7	25.0	29.3	33.5	37.7	41.9	46.0	50.2
200 x 7	2.3	11.5	18.6	28.0	32.6	37.3	42.0	46.6	51.3	56.0
250 x 8	3.3	16.5	26.6	40.0	46.6	53.3	59.9	66.6	73.3	80.0
300 x 8	4.0	20.0	32.0	48.0	56.0	64.0	72.0	80.0	88.0	96.0

Poids des courroies en cuir. Le cuir gras pèse 1.0 l'assise.

Une courroie de l cm de large et e cm d'épaisseur pèse :

$$p = 0,102 \times l \times e \text{ kgs par mètre}$$

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

II. — Table de la vitesse tangentielle des courroies.

Vitesses en m : sec pour n tours par minute et un diamètre de 1 mètre.

Nombre de tours n	Unités									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,000	0,052	0,105	0,157	0,209	0,262	0,314	0,366	0,419	0,471
10	0,524	0,576	0,628	0,681	0,733	0,785	0,838	0,890	0,942	0,995
20	1,047	1,099	1,152	1,204	1,257	1,309	1,361	1,414	1,466	1,518
30	1,571	1,623	1,675	1,728	1,780	1,833	1,885	1,937	1,990	2,042
40	2,094	2,147	2,199	2,251	2,304	2,356	2,408	2,461	2,513	2,566
50	2,618	2,670	2,723	2,775	2,827	2,880	2,932	2,984	3,037	3,089
60	3,142	3,194	3,246	3,299	3,351	3,403	3,456	3,508	3,560	3,613
70	3,665	3,717	3,770	3,822	3,875	3,927	3,979	4,032	4,084	4,136
80	4,189	4,241	4,293	4,346	4,398	4,451	4,503	4,555	4,608	4,660
90	4,712	4,765	4,817	4,869	4,922	4,974	5,026	5,079	5,131	5,183
100	5,236	5,288	5,340	5,393	5,445	5,498	5,550	5,602	5,655	5,707
110	5,759	5,812	5,864	5,916	5,969	6,021	6,073	6,126	6,178	6,231
120	6,283	6,335	6,388	6,440	6,492	6,545	6,597	6,649	6,702	6,754
130	6,807	6,859	6,911	6,964	7,016	7,068	7,121	7,173	7,225	7,278
140	7,330	7,382	7,435	7,487	7,540	7,592	7,644	7,697	7,749	7,801
150	7,854	7,906	7,958	8,011	8,063	8,116	8,168	8,220	8,273	8,325
160	8,377	8,430	8,482	8,534	8,587	8,639	8,691	8,744	8,796	8,849
170	8,901	8,953	9,006	9,058	9,110	9,163	9,215	9,267	9,320	9,372
180	9,425	9,477	9,529	9,582	9,634	9,686	9,739	9,791	9,843	9,896
190	9,948	10,000	10,053	10,105	10,153	10,210	10,262	10,315	10,367	10,419
200	10,472	10,524	10,576	10,629	10,681	10,734	10,786	10,838	10,891	10,943

210	10,995	11,048	11,100	11,152	11,205	11,257	11,309	11,362	11,414	11,467
220	11,519	11,571	11,624	11,676	11,728	11,781	11,833	11,885	11,938	11,990
230	12,043	12,095	12,147	12,200	12,252	12,304	12,357	12,409	12,461	12,514
240	12,566	12,618	12,671	12,723	12,776	12,828	12,880	12,933	12,985	13,037
250	13,090	13,142	13,194	13,247	13,299	13,352	13,404	13,456	13,509	13,561
260	13,613	13,666	13,718	13,770	13,823	13,875	13,927	13,980	14,032	14,085
270	14,137	14,189	14,242	14,294	14,346	14,399	14,451	14,503	14,556	14,608
280	14,661	14,713	14,765	14,818	14,870	14,922	14,975	15,027	15,079	15,132
290	15,184	15,236	15,289	15,341	15,394	15,446	15,498	15,551	15,603	15,655
300	15,708	15,760	15,812	15,865	15,917	15,970	16,022	16,074	16,127	16,179
310	16,231	16,284	16,336	16,388	16,441	16,493	16,545	16,598	16,650	16,703
320	16,755	16,807	16,860	16,912	16,964	17,017	17,069	17,121	17,174	17,226
330	17,279	17,331	17,383	17,436	17,488	17,540	17,593	17,645	17,697	17,750
340	17,802	17,854	17,907	17,959	18,012	18,064	18,116	18,169	18,221	18,273
350	18,326	18,378	18,430	18,483	18,535	18,588	18,640	18,692	18,745	18,797
360	18,849	18,902	18,954	19,006	19,059	19,111	19,163	19,216	19,268	19,321
370	19,373	19,425	19,478	19,530	19,582	19,635	19,687	19,739	19,792	19,844
380	19,897	19,949	20,001	20,054	20,106	20,158	20,211	20,263	20,315	20,368
390	20,420	20,472	20,525	20,577	20,630	20,682	20,734	20,787	20,839	20,891
400	20,944	20,996	21,048	21,101	21,153	21,206	21,258	21,310	21,363	21,415
410	21,467	21,520	21,572	21,624	21,677	21,729	21,781	21,834	21,886	21,939
420	21,991	22,043	22,096	22,148	22,200	22,253	22,305	22,357	22,410	22,462
430	22,514	22,567	22,619	22,672	22,724	22,776	22,829	22,881	22,933	22,986
440	23,038	23,090	23,143	23,195	23,248	23,300	23,352	23,405	23,457	23,509
450	23,562	23,614	23,666	23,719	23,771	23,823	23,876	23,928	23,981	24,033
460	24,085	24,138	24,190	24,242	24,295	24,347	24,399	24,452	24,504	24,557
470	24,609	24,661	24,714	24,766	24,818	24,871	24,923	24,975	25,028	25,080
480	25,132	25,185	25,237	25,290	25,342	25,394	25,447	25,499	25,551	25,604
490	25,656	25,708	25,761	25,813	25,866	25,918	25,970	26,023	26,075	26,127
500	26,180	26,232	26,284	26,337	26,389	26,441	26,494	26,546	26,599	26,651

diamètre 1 mètre, soit $18,326 \times 0,75 = 13,75$ m : sec. pour un diamètre 750 millimètres.

La première table montre qu'à la vitesse de 14 m : sec. on peut transmettre 12,5 chevaux avec une courroie de 90×6 ; c'est cette dimension qu'on adoptera.

Dimensions du commerce. — La table ci-avant servant au calcul rapide de la section donne les dimensions usuelles des courroies en cuir.

Si l'on désire employer d'autres matériaux que le cuir, le tableau d'équivalence ci-dessous permettra de fixer son choix.

COURROIES EN CUIR	POIL de chameau	CAOUTCHOUC	COTON	BALATA
Simple 4 mm. (jusqu'à 60).	Prendre une épaisseur égale à 0,8 fois celle du cuir.	2 plis	4 plis	3 plis
— 5 mm. (jusqu'à 80 de large).		3 —		
— 6 mm. (de 90 à 110 mm.).		4 —	6 plis	4 plis
— 7 mm. (jusqu'à 200 de large).		5 —		
Double 8 à 10 mm.		6 —	8 plis	5 plis
— 10 à 12 mm.		7 —		
— 12 à 14 mm.		8 —	10 plis	6 plis

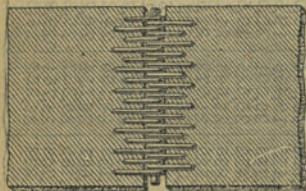


FIG. 145.

Attache des courroies.

— Le meilleur système pour grosses courroies est la lanière ou le collage. Se méfier du serrage des agrafes à écrous, qui déchirent le cuir. Règle générale : quand une courroie casse à l'attache, celle-ci est mal faite.

Pour les courroies petites et moyennes, l'attache par un fil métallique cousu à l'aide d'une petite machine spéciale,

avec jonction par un nerf ou boyau, constitue un joint excellent permettant l'emploi d'un galet enrouleur. (Voir fig. 145.)

Transmission avec enrouleurs de courroie. — L'expression e^{θ} dénonce l'inconvénient des transmissions ordinaires ; l'adhérence diminue très rapidement en fonction de l'arc embrassé, et l'on est conduit à donner une très forte tension initiale aux courroies. Malgré tout on est limité rapidement.

On admet en pratique qu'il faut entre deux arbres une distance au moins égale à deux fois le diamètre de la plus grande poulie, et on admet un rapport de diamètres entre les deux poulies égal à 6 au maximum.

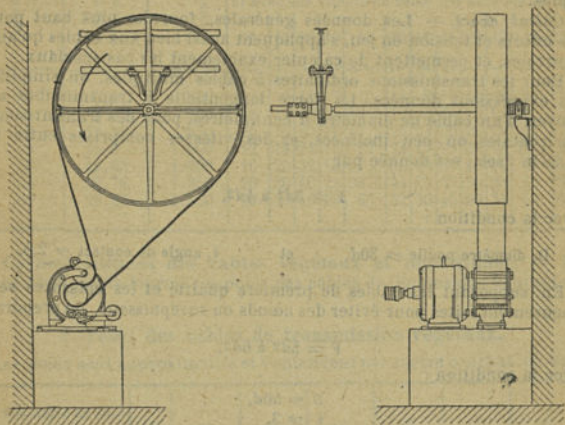


Fig. 146.

En employant un galet enrouleur, on augmente l'arc embrassé d'une quantité telle qu'on peut réduire considérablement la tension du brin conduit au point de la rendre tout à fait voisine de l'effort tangentiel à transmettre ; la tension initiale sur les paliers dont dépendent les pertes par frottement peut être ainsi réduite au minimum.

Dans les transmissions à enrouleurs, on est arrivé à réaliser des enroulements tels que $\theta = 270^\circ$, et on emploie couramment $\theta = 240^\circ$.

Le galet doit toujours être placé sur le brin mou ; il exige l'emploi de courroies souples et d'agrafes sans surépaisseurs.

TRANSMISSIONS PAR CABLES

Transmissions d'atelier par câbles en chanvre ou coton. — L'emploi des câbles ronds en manille, aloès ou coton est fréquent pour les transmissions principales. On emploie des poulies à gorges multiples.

Calcul exact. — Les données générales, fournies plus haut pour les efforts et tension en jeu, s'appliquent aussi bien aux câbles qu'aux courroies, et permettent de calculer exactement les cas spéciaux.

Pour les transmissions ordinaires à câbles multiples, on simplifie les expressions données. La force tangentielle F transmissible au moyen d'un câble de diamètre d centimètres, pour des transmissions horizontales ou peu inclinées, et des vitesses comprises entre 15 et 20 m : sec., est donnée par :

$$F = 3d^2 \text{ à } 4d^2,$$

avec la condition :

$$D, \text{ diamètre poulie} \geq 30d, \quad \text{et} \quad \theta, \text{ angle de contact} \geq 2,5.$$

En supposant les câbles de première qualité et les épissures soigneusement faites pour éviter des nœuds ou surépaisseur, on prendra :

$$F = 5d^2 \text{ à } 6d^2,$$

avec la condition :

$$D \geq 50d, \\ \theta \geq 3.$$

Calcul approché. — Pratiquement on estimera le nombre et la section des câbles végétaux (chanvre, aloès, coton, manille, etc.) d'après la charge unitaire, en se servant du tableau 2 ci-après.

Le nombre nécessaire des câbles résulte du même tableau d'après la vitesse donnée des câbles.

EXEMPLE. — Pour transmettre une force de 200 chevaux, à l'aide de câbles de 40 millimètres qu'on fera travailler à 8 kilogrammes et à la vitesse de 15 m : sec., on voit qu'il faudra un nombre de câbles

$$z = \frac{200}{20} = 10 \text{ câbles.}$$

On adoptera 12 câbles pour tenir compte de la fatigue avec le temps.

2. Puissance transmise par les câbles végétaux.

DIAMÈTRE DU CÂBLE millimètres	SECTION DES CÂBLES en centimètres carrés	MINIMUM du diamètre des poulies	Un câble transmet x chevaux à une tension $\frac{F}{s}$ par centimètre carré de											
			6 kilos			7 kilos			8 kilos			9 kilos		
			et avec une vitesse du câble par seconde de m :											
10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20			
30	7,07	700	5,5	9	11	7	10	14	8	12	16	8	12	16
35	9,62	750	8	12	16	9	13,5	18	10	15	20	11	16,5	22
40	12,566	850	10	15	20	12	17,5	24	13	20	26	14	21	28
45	15,9	1.000	12	18	24	15	22	28	17	25	34	19	28,5	38
50	19,63	1.200	16	25	32	18	27,5	36	20	30	40	24	36	48
55	23,76	1.350	20	30	40	22	33,5	44	25	37	50	28	42	56
60	28,27	1.500	23	35	46	26	40	52	30	45	60	34	51	68

Caractéristiques des câbles végétaux et métalliques. — Le tableau ci-après fournit les poids des câbles de dimensions courantes.

3. Poids des câbles de transmission végétaux.

(Les poids sont approximatifs et s'entendent par mètre courant en kg.)

Diamètre en mil- limètres.....	25	30	35	40	45	50	55
Manille 1 ^{re} qua- lité.....	0,48	0,6-0,7	0,7-0,9	0,9-1,2	1,3-1,5	1,6-1,8	1,8-2,2
Chanvre 1 ^{re} qua- lité.....	0,5	0,6-0,75	0,95-1	1,2-1,3	1,5-1,6	1,7-2	2-2,3
Coton 1 ^{re} qua- lité.....	0,47	0,6-0,75	0,8-0,95	1,05-1,2	1,25-1,5	1,6-1,85	1,9-2

Le tableau ci-après fournit quelques données sur les câbles métalliques pouvant être utilisés pour transmission téléodynamique.

4. Puissance transmise par les câbles métalliques.

DIAMÈTRE des câbles	DIAMÈTRE DES FILS pour câbles de		PLUS PETIT DIAMÈTRE DES POULIES						FORCE EN CHEVAUX TRANSMISE pour un mètre de vitesse à la seconde					
	36 fils		pour câbles en fer			pour câbles acier			Câble de 36 fils		Câble de 48 fils		Câble de 60 fils	
	mm.	mm.	mm.	m.	m.	m.	m.	m.	fer	acier	fer	acier	fer	acier
10	0,97	0,78	2,100	1,600	1,300	1,250	0,975	0,780	1,605	3,210	1,304	2,608	1,045	2,090
12	1,17	0,94	2,500	1,950	1,550	1,500	1,170	0,940	2,312	4,624	1,878	3,756	1,505	3,010
14	1,36	1,10	2,900	2,250	1,850	1,750	1,360	1,100	3,147	6,294	2,556	5,112	2,048	4,096
16	1,56	1,25	3,300	2,600	2,100	2,000	1,560	1,250	4,110	8,220	3,338	6,676	2,676	5,352
18	1,75	1,40	3,750	2,900	2,350	2,250	1,750	1,400	5,202	10,404	4,225	8,450	3,386	6,772
20	1,95	1,56	4,150	3,250	2,600	2,500	1,950	1,560	6,422	12,844	5,216	10,432	4,180	8,360
22	2,14	1,72	4,600	3,550	2,850	2,750	2,140	1,720	7,770	15,540	6,311	12,622	5,059	10,118
24	2,34	1,87	5,000	3,900	3,100	3,000	2,340	1,875	9,248	18,496	7,511	15,022	6,020	12,040

TRANSMISSIONS PAR ENGRENAGES

Calcul rapide approché. — Nous donnons dans le tableau ci-après les calculs faits relatifs à la puissance transmise par des engrenages de diamètre et denture déterminés.

Il est facile, connaissant le nombre de tours et la puissance, de fixer approximativement le choix d'une roue répondant aux conditions voulues

Puissance en chevaux transmise par des engrenages droits marchant à raison de 100 tours à la minute.

DIAMÈTRE PRIMITIF des engrenages	LARGEUR DES DENTS (en millimètres)														
	45	60	80	100	120	140	150	170	190	210	240	260	280	300	320
	PAS DES ENGRENAGES (en millimètres, chiffres ronds)														
	20	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
0.15	ch.	ch.	ch.	ch.	ch.	ch.	ch.	ch.	ch.	ch.	ch.	ch.	ch.	ch.	ch.
0.20	0,4	0,8	1,5	2,4	3,6	5,2	6,7	9,2	12,0	15,4	20,2	25,0	30,3	36,4	48,0
0.25	0,6	1,1	2,0	3,2	4,8	7,0	9,0	12,2	16,0	20,6	27,0	33,3	40,5	48,6	64,0
0.30	0,7	1,3	2,4	4,0	6,0	8,7	11,2	15,3	20,0	25,7	33,7	41,6	50,6	60,7	80,0
0.35	0,8	1,5	2,9	4,8	7,3	10,5	13,5	18,4	24,1	30,8	40,5	49,9	60,7	72,9	96,0
0.40	1,0	1,9	3,4	5,6	8,5	12,2	15,7	21,4	28,1	36,0	47,2	58,2	70,8	85,0	112,0
0.45	1,1	2,2	3,9	6,4	9,6	14,0	18,0	24,5	32,1	41,1	54,0	66,6	80,9	97,2	128,0
0.50	1,3	2,4	4,4	7,2	10,9	15,7	20,2	27,5	36,1	46,3	60,7	74,9	91,0	109,3	144,0
0.55	1,4	2,7	4,9	8,0	12,1	17,5	22,5	30,6	40,1	51,4	67,5	83,2	101,1	121,5	160,0
0.60	1,5	3,0	5,4	8,8	13,3	19,2	24,7	33,7	44,1	56,5	74,2	91,5	111,3	133,6	176,0
0.65	1,7	3,2	5,9	9,6	14,5	21,0	27,0	36,7	48,1	61,7	81,0	99,8	121,4	145,8	192,0
0.70	1,8	3,5	6,4	10,4	15,7	22,7	29,2	39,8	52,1	66,8	87,7	108,2	131,5	157,9	208,0
0.75	2,0	3,8	6,9	11,2	16,9	24,5	31,5	42,8	56,1	72,0	94,5	116,5	141,6	170,1	224,0
0.80	2,1	4,0	7,3	12,0	18,2	26,2	33,7	45,9	60,1	77,1	101,2	124,8	151,7	182,2	240,0
0.85	2,2	4,3	7,8	12,8	19,4	28,0	36,0	49,0	64,2	82,2	108,0	133,1	161,8	194,4	256,0
0.90	2,3	4,6	8,3	13,6	20,6	29,7	38,2	51,0	68,2	87,4	114,7	141,4	171,9	206,5	272,0
0.95	2,5	4,9	8,8	14,4	21,8	31,5	40,5	54,1	72,2	92,5	121,5	149,8	182,0	218,7	288,0
1.00	2,7	5,1	9,3	15,2	23,0	33,2	42,7	57,1	76,2	97,7	128,2	158,1	192,1	230,8	304,0
1.10	2,8	5,4	9,8	16,0	24,2	35,0	45,0	61,2	80,2	102,8	135,0	166,5	202,3	243,0	320,0
1.20	—	5,9	10,8	17,6	26,6	38,5	49,5	67,3	88,2	113,1	148,5	183,0	222,5	267,3	352,0
1.30	—	6,5	11,8	19,2	29,0	42,0	54,0	73,4	96,2	123,4	162,0	199,7	242,8	291,6	384,0
1.40	—	—	12,7	20,8	31,5	45,5	58,5	79,6	104,3	133,7	175,5	216,2	263,0	315,9	416,0
1.50	—	—	13,7	22,4	33,9	49,0	63,0	85,7	112,3	144,0	189,0	234,0	283,2	340,2	448,0
1.60	—	—	14,7	24,0	36,3	52,5	67,5	91,8	120,3	154,3	202,5	249,6	303,4	364,5	480,0
1.70	—	—	—	25,6	38,7	56,0	72,0	97,9	128,3	164,5	216,0	266,2	323,7	388,8	512,0
1.80	—	—	—	27,2	41,1	59,5	76,5	104,0	136,3	174,8	229,5	282,9	343,9	413,1	544,0
1.90	—	—	—	—	44,6	63,0	81,0	110,2	144,4	185,1	243,0	299,5	364,1	437,4	576,0
2.00	—	—	—	—	46,0	66,5	85,5	116,3	152,4	195,4	256,5	316,2	384,4	461,7	608,0
2.00	—	—	—	—	48,4	70,0	90,0	122,4	160,4	205,7	270,0	332,8	404,6	486,0	640,0

NOTA. — Pour trouver la puissance en chevaux transmise à un nombre de tours quelconque, multiplier les chiffres du tableau par le nombre de tours et diviser par 100.

CHANGEMENTS DE VITESSE

Changement de vitesse à friction. — Les transmissions à friction sont surtout employées pour réaliser des changements de vitesse ou de sens de rotation, ou pour obtenir de grands rapports de vitesses (essoreuse, turbines, etc.).

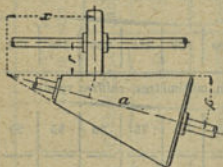


FIG. 147.

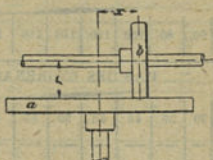


FIG. 148.

Les figures 147 et 148 représentent deux changements de vitesse, l'un par cône de friction, l'autre par plateau de friction; ce dernier cas est le même que le précédent, avec $\beta = 90^\circ$.

Soit :

- r , le rayon du pignon ;
- n , le nombre de tours du cône ou du disque a ;
- n_1 , — du pignon b ;
- x , la distance à l'axe.

Les conditions de la variation des vitesses sont, quand a est le disque menant, et b le pignon conduit :

$$\frac{n_1}{n} = \frac{x \sin \beta}{r} \text{ pour le cône ;}$$

$$\frac{n_1}{n} = \frac{x}{r} \text{ pour le disque plat } (\beta = 90^\circ).$$

Lorsque b est l'organe menant et a l'organe conduit, on a :

$$\frac{n'_1}{n} = \frac{r}{x \sin \beta} \text{ pour le cône ;}$$

$$\frac{n'_1}{n} = \frac{r}{x} \text{ pour le disque plat.}$$

Variateurs de vitesses progressifs à poulie extensible. — Les changements de vitesse à engrenages et les cônes à gradins ne sont qu'une solution très imparfaite du problème. La variation de vitesse de ces appareils est souvent très brusque, trop approximative et discontinue et nécessite un temps d'arrêt préjudiciable à la qualité du travail à effectuer.

Divers constructeurs établissent sur le principe de la poulie cône extensible des variateurs progressifs et continus, qui permettent de régler *en marche* la vitesse de la machine commandée.

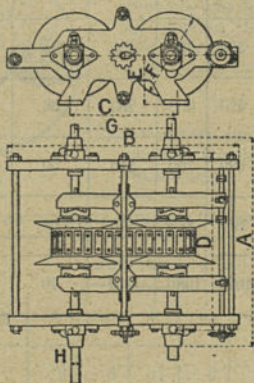


FIG. 149.

Ce genre d'appareil (voir *fig. 149*) se compose essentiellement d'un bâti rectangulaire en fonte sur lequel sont montés deux axes, l'un moteur, l'autre récepteur, tourillonnant chacun dans deux paliers amovibles à graissage à bague, ou à billes. Sur les axes sont montées deux poulies doubles de forme spéciale conique dont les sommets du cône peuvent se rapprocher ou s'écarter à la demande d'un mouvement de manœuvre commandé à la main.

La disposition générale a été établie pour que l'axe récepteur puisse tourner à volonté à toutes les vitesses comprises entre la moitié et le double de la vitesse de l'arbre moteur.

Le tableau ci-après donne les appareils Fiat.

Variateurs de vitesses progressifs, série Piat.

TYPE	ENCOMBREMENT		FIXATION		HAUTEUR d'axes E	DIAMÈTRE d'arbres H	VITESSE constante T. P. M.	PUISSANCE
	A	B	C	D				
00 P	440	470	275	305	105	25	500	1,5-3 CV
0 P	460	590	330	320	135	25	450	2-4
1 P	740	900	420	600	200	36	400	5-8
2 P	950	1270	680	700	310	50	320	10-16
3 P	1250	1630	810	860	410	60	280	15-24
4 P	1610	2060	1040	1080	510	70	230	20-35

CHAPITRE X

APPAREILS DE LEVAGE

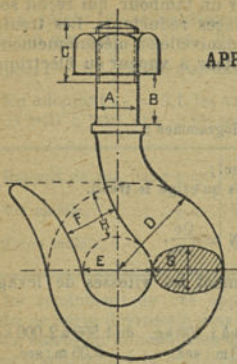


Fig. 150.

Crochets. — La figure 150 représente un modèle courant de crochets simples. Les crochets se font en fer qualité supérieure ou acier doux, et on les fait travailler à la traction avec une charge admissible $k = 500$ kg : cm² au moins. Cette considération détermine le diamètre du noyau d , Q étant la charge à lever, d'après :

$$Q = \frac{\pi}{4} d_1^2 \cdot 500.$$

Voici les dimensions courantes des crochets simples, construction Turbot d'Anzin.

Corps de crochets simples (Série Turbot).

Q EN KILOGRAMMES	DIMENSIONS EN MILLIMÈTRES								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
50	5	9	6	11	9	7	9	5	6
100	7	12	9	16	13	10	13	7	9
150	8	15	11	21	17	12	17	8	11
200	9	17	13	23	18	14	18	9	12
250	11	19	14	26	21	16	21	10	14
500	15	27	20	37	29	22	29	15	19
750	18	33	24	45	36	27	36	18	24
1.000	21	38	28	52	41	31	41	21	27
1.500	26	47	35	63	51	38	51	25	33
2.000	30	54	40	73	58	44	58	29	38
3.000	37	60	49	90	72	54	72	36	47
5.000	47	85	63	116	92	69	91	46	61
7.500	58	104	77	142	113	85	113	57	75
10.000	67	121	89	163	131	98	131	65	86
12.500	75	135	100	183	146	110	146	73	96
15.000	82	148	109	200	160	120	160	80	106
20.000	95	171	126	232	185	130	185	93	122

Treuil. — Un treuil est constitué par un tambour qui reçoit son mouvement par l'intermédiaire d'engrenages réducteurs. Les treuils peuvent être commandés à la main par manivelle ou mécaniquement, soit par courroie ou câble, soit par moteur à vapeur ou électrique et engrenages intermédiaires.

Appelons :

- Q, la charge utile à lever, en kilogrammes ;
 η , le rendement du treuil ;
 v, la vitesse de levage en m : sec. ;
 N, le nombre de chevaux effectifs qu'exige le treuil.

On a :

$$\frac{Qv}{\eta} = 75N \quad \text{ou} \quad N = \frac{Qv}{75\eta}$$

Suivant la charge, on adopte usuellement les vitesses de levage suivantes :

Q jusqu'à 500 kg. de 500 à 1.000 kg. de 1.000 à 1.500 kg. de 1.500 à 2.000 kg.
 v \geq 0,25 m : sec. 0,15 m : sec. 0,10 m : sec. 0,05 m : sec.

Appareils de levage à vis. — La vis peut constituer un appareil de levage très puissant ; elle est usitée dans les vérins et appareils analogues. Nous avons vu que l'équation fondamentale de la vis était :

$$P = Q \frac{r}{R} \operatorname{tang}(\alpha + \rho).$$

P étant la puissance ;

Q, la résistance ;

α et ρ , respectivement l'angle de pas et l'angle de frottement ($\alpha = 4$ à 5° ,
 $\rho = 6^\circ$ environ) ;

R, le rayon suivant lequel est appliquée la puissance ;

r, le rayon de la vis,

et le rendement :

$$\eta = \frac{\operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang}(\alpha + \rho)}$$

Dans les appareils de levage à vis il convient de tenir compte des frottements dans les tourillons ; appelant r_1 le rayon de tourillon et μ_1 le coefficient de frottement du tourillon, les expressions précédentes deviennent :

$$PR = Qr \operatorname{tang}(\alpha + \rho) + \frac{\mu_1 Q r_1}{2}$$

et :

$$r = \frac{\operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang}(\alpha + \rho) + \frac{\mu_1 r_1}{2r}}$$

La valeur de ce rendement est affectée suivant que c'est la vis ou l'écrou qui sont mobiles ; dans le premier cas, on a usuellement un rapport $\frac{r_1}{r} = \frac{2}{3}$ alors que dans le second ce rapport est $\frac{r_1}{r} = 1,5$.

En adoptant $\mu_1 = 0,1$, les valeurs du rendement sur ces bases, avec $\alpha = 2^{\circ}20'$ à $7^{\circ}10'$ et $\varphi = 6^{\circ}$, sont données par :

Rapport de pas, $\tan \alpha =$	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,125
Vis mobile, $\eta =$	0,22	0,26	0,30	0,33	0,36	0,41	0,46
Écrou mobile, $\eta =$	0,15	0,18	0,21	0,24	0,26	0,30	0,35

Le rendement de ces appareils est toujours inférieur à 0,50 ; au delà, le vérin dévierait sous la charge, la friction étant insuffisante.

Le calcul de la résistance de la vis, qui travaille presque toujours à la traction ou à la compression se fait par :

$$Q = \frac{\pi}{4} d_1 k_a^2,$$

d , étant le diamètre du noyau en centimètres ; k_a la charge admissible par centimètre carré qu'on prendra égale à 308 kg : cm² pour le fer, 500 pour l'acier.

La hauteur de pas se prendra (vis à filets carrés) égale à :

$$h = \frac{d}{4} \text{ à } \frac{d_1}{4} \text{ environ,}$$

et la hauteur d'écrou h' s'estimera de façon à ce que la charge par centimètre carré de surface de filet utilisé ne dépasse pas :

Pour acier sur fer ou bronze.....	100 kg : cm ²
Pour fer sur fer ou bronze.....	75 —
Pour fer sur acier ou fonte.....	50 —

TAMBOURS, CABLES ET CHAINES

Câbles de levage en chanvre. — Soit :

Q , la charge pratique sur le câble, en kilogrammes ;

d , le diamètre du câble en centimètres ;

D, le diamètre de la poulie ou du tambour mesuré d'axe en axe du câble enroulé, en centimètres ;

q, le poids du câble en kilogrammes par mètre.

On admettra :

$$Q \approx 60d^2 \text{ quand } D \geq 7d ;$$

et :

$$Q \approx 80d^2 \text{ quand } D \geq 10d.$$

Les tables ci-après donnent les caractéristiques des câbles de chanvre ronds et plats, aux dimensions commerciales usuelles.

Câbles ronds en chanvre, pour levage.

(prendre un coefficient de sécurité $K = 8$).

DIAMÈTRE en millimètres	POIDS approximatif par mètre	FORCE à la rupture en kilogrammes	DIAMÈTRE en millimètres	POIDS approximatif par mètre	FORCE à la rupture en kilogrammes
En chanvre russe pur, 1 ^{re} qualité.			En chanvre badois, 1 ^{re} qualité.		
15	0,20	1.600	15	0,21	1.580
18	0,25	2.000	18	0,26	2.280
20	0,32	2.500	20	0,33	2.800
22	0,38	3.000	22	0,39	3.400
24	0,45	3.600	24	0,46	4.000
26	0,52	4.250	26	0,53	4.750
28	0,59	4.900	28	0,60	5.500
30	0,68	5.600	30	0,69	6.350
33	0,81	6.800	33	0,82	7.700
35	0,85	8.000	35	0,86	8.600
38	1,05	9.000	38	1,10	10.000
40	1,10	9.500	40	1,20	11.250
45	1,35	12.800	45	1,45	14.250
50	1,70	15.600	50	1,80	17.600
55	2,10	18.900	55	2,15	21.300
60	2,55	22.500	60	2,6	25.400

Les câbles goudronnés pèsent de 10 à 15 0/0 de plus que ceux non goudronnés.

Les câbles goudronnés possèdent environ 10 0/0 moins de force à la rupture que les câbles non goudronnés.

Câbles plats en manille goudronnés ou non goudronnés.(prendre un coefficient de sécurité $K = 8$).

LARGEUR en millimètres	ÉPAISSEUR en millimètres	POIDS approximatif par mètre en kilogrammes	FORCE à la rupture du câble en kilogrammes
105	22	2,2	20.800
120	25	3	27.000
135	28	4	34.000
150	30	4,5	40.600
165	35	5,8	52.000
180	36	6,5	58.400
180	38	6,9	61.600
195	42	8,2	73.500
220	45	9,9	89.000
220	47	10,30	93.000
245	52	12,75	114.600
270	54	14,64	131.300
285	58	16,55	148.800
300	62	18,6	167.500

Câbles métalliques de levage. — La table ci-après donne les dimensions courantes pour les câbles d'appareils de levage non galvanisés, suivant le diamètre du tambour ou de la poulie sur laquelle doit s'enrouler le câble.

Les deux points les plus importants à observer en pratique sont :

La composition du câble ;

Le rayon d'enroulement.

Un câble constitué par un grand nombre de torons de fil plus petit est sensiblement plus résistant qu'une composition à gros fil.

Un câble se détruit toujours par suite des flexions répétées au passage de la poulie qui doit avoir un diamètre approprié à celui du câble.

Il est à conseiller de ne jamais descendre au-dessous de 250, c'est-à-dire que le diamètre des plus petites poulies sur lesquelles s'enroule le câble devra toujours être au moins égal à 250 fois le diamètre du fil composant le câble.

Câbles en fils d'acier pour appareils de levage.

(prendre un coefficient de sécurité = 8 à 10).

DIAMÈTRE MINIMUM du tambour en millimètres	CHARGE DE RUPTURE de câble non galvanisé en kilogrammes	DIAMÈTRE DU CÂBLE	POIDS APPROXIMATIF de 100 m. de câble en kilogrammes	DIAMÈTRE MINIMUM du tambour en millimètres	CHARGE DE RUPTURE de câble non galvanisé en kilogrammes	DIAMÈTRE DU CÂBLE	POIDS APPROXIMATIF de 100 m. de câble en kilogrammes
150	2.500	9	18	300	10.900	19	81
	3.100	10	23		13.600	20,5	100
	3.750	11	27		16.300	22	120
	4.350	12	32		7.900	16	56
	5.500	13	39		10.000	18	73
	6.500	14	42		12.000	19	87
200	3.500	10	25	350	13.900	21	102
	4.300	12	32		17.400	23	128
	5.200	13	39		20.900	25	153
	6.000	14,5	45		4.300	9	32
	7.500	16	58		5.000	10	37
	9.000	18	68		7.400	12	54
250	4.700	13	34	350	8.600	13	60
	5.900	15	44		9.800	15	72
	7.000	16	53		11.700	16	86
	8.200	17	62		9.800	18	70
	10.300	18	77		12.300	20	90
	12.300	20	93		14.800	22	108
300	6.250	14	44	400	17.300	24	126
	7.800	16	58		21.600	26	158
	9.300	17,5	69		25.900	28	189

Chaînes. — Le tableau ci-après donne les caractéristiques des chaînes-câbles à mailles serrées pour appareils de levage :

Chaines-câbles à mailles serrées (Série Turbot, Anzin).

DIAMÈTRE en millimètres	DIMENSIONS approximatives des mailles extérieurement		DOUBLE SECTION en millim. carrés $\frac{\pi d^2}{2}$	RÉSISTANCE de la double section comptée à 5 kilog. travail normal des chaînes	NOMBRE DE MAILLES au mètre	POIDS approximatif du mètre courant
	Longueur 4,6d	Largeur 3,4d				
	mm.	mm.		kilog.		kilog.
6	27,5	20	56,54	282	62,5	0,800
7	32	23	76,06	384	55,5	1,100
8	37	27	100,53	502	47,5	1,450
9	42	30	127,24	636	41,6	1,800
10	46	34	157,08	785	38,4	2,250
11	51	37	190,06	950	34,5	2,700
12	55	41	226,20	1.131	31,2	3,250
13	60	44	265,46	1.327	29,4	3,800
14	64,5	47	307,88	1.539	27,4	4,400
15	69	51	353,42	1.457	25,6	5,100
16	74	54	402,12	2.010	23,8	5,750
17	78	58	453,96	2.269	22,7	6,505
18	83	61	508,94	2.544	21,2	7,300
19	87,5	64	567,06	2.835	20,2	8,100
20	92	68	628,32	3.144	19,2	9,000
21	96,5	71	692,72	3.463	18,3	9,900
22	101,5	74,5	760,26	3.801	17,3	10,900
23	106	78	830,94	4.154	16,6	11,900
24	110,5	81,5	904,78	4.523	16	12,950
25	115	85	981,74	4.908	15,3	14,100
26	119,5	88	1.061,86	5.309	14,8	15,200
27	124	91,5	1.145,10	5.725	14,2	16,650
28	129	95	1.231,50	6.157	13,7	17,650
29	133,5	98,5	1.311,04	6.605	13,2	18,950
30	138	102	1.413,72	7.068	12,8	20,250

La charge Q , pratiquement admissible pour une chaîne non étan-
çonnée en fer rond de diamètre d , peut être prise égale à

$Q \approx 500d^2$ pour les chaînes de treuils à vapeur;

$Q \approx 800d^2$ pour les cas ordinaires.

Chânes-câbles à mailles serrées (Série Turbot, Anzin).

N° de la chaîne	Diamètre nominal en millimètres	Diamètre réel en millimètres	Poids en kilogrammes par mètre	Allongement en pourcentage	Résistance	
					à la rupture	à l'élongation de 10%
1	12	12,0	1,2	10	100	100
2	14	14,0	1,8	10	150	150
3	16	16,0	2,4	10	200	200
4	18	18,0	3,0	10	250	250
5	20	20,0	3,6	10	300	300
6	22	22,0	4,2	10	350	350
7	24	24,0	4,8	10	400	400
8	26	26,0	5,4	10	450	450
9	28	28,0	6,0	10	500	500
10	30	30,0	6,6	10	550	550
11	32	32,0	7,2	10	600	600
12	34	34,0	7,8	10	650	650
13	36	36,0	8,4	10	700	700
14	38	38,0	9,0	10	750	750
15	40	40,0	9,6	10	800	800
16	42	42,0	10,2	10	850	850
17	44	44,0	10,8	10	900	900
18	46	46,0	11,4	10	950	950
19	48	48,0	12,0	10	1000	1000
20	50	50,0	12,6	10	1050	1050
21	52	52,0	13,2	10	1100	1100
22	54	54,0	13,8	10	1150	1150
23	56	56,0	14,4	10	1200	1200
24	58	58,0	15,0	10	1250	1250
25	60	60,0	15,6	10	1300	1300
26	62	62,0	16,2	10	1350	1350
27	64	64,0	16,8	10	1400	1400
28	66	66,0	17,4	10	1450	1450
29	68	68,0	18,0	10	1500	1500
30	70	70,0	18,6	10	1550	1550

La série de mailles serrées est destinée pour une utilisation normale. Les chaînes de diamètre 4 ont été essayées à l'élongation de 10% et à la rupture. Les chaînes de diamètre 20 à 70 ont été essayées à la rupture.

LÉGISLATION DU TRAVAIL

Par **G. COURTOT**

Inspecteur du Travail

PREMIÈRE PARTIE. — GÉNÉRALITÉS

CHAPITRE I

DES CONVENTIONS RELATIVES AU TRAVAIL

Extrait du livre I du Code du Travail

A. — DU CONTRAT DE TRAVAIL.

On distingue cinq sortes de contrats : 1° Le contrat d'apprentissage ; — 2° Le contrat de louage de services ; — 3° le contrat de louage d'ouvrage ou marché d'industrie ; — 4° Le marchandage ; — 5° La convention collective de travail,

Le contrat d'apprentissage.

De la nature et de la forme du contrat. — ART. 1^{er}. — Le contrat d'apprentissage est celui par lequel un chef d'établissement industriel ou commercial, un artisan ou un façonnier s'oblige à donner ou à faire donner une formation professionnelle méthodique et complète à une autre personne, qui s'oblige, en retour, à travailler pour lui, le tout à des conditions et pendant un temps convenus.

ART. 2. — Le contrat d'apprentissage doit être constaté par écrit, soit par acte authentique, soit par acte sous seings privés. Il est exempt de tous droits de timbre et d'enregistrement. Les honoraires dus aux officiers publics sont fixés à 2 francs. — Il doit être obligatoirement rédigé dans la quinzaine au plus tard de sa mise à exécution, faute de quoi l'employeur et le représentant de l'apprenti seront passibles de peine de simple police. — Si le contrat d'apprentissage est rédigé par acte sous signatures privées, il le sera en trois originaux : un pour l'employeur, un pour le représentant légal de l'apprenti, le troisième sera adressé en franchise par le maire, auquel il sera obligatoirement remis, au secrétaire du conseil des prud'hommes, à défaut, au greffier de la justice de paix du canton de l'employeur. Ces derniers pourront en délivrer expédition au tarif habituel, sur papier libre. — L'acte sous signature privée acquerra date certaine par les visas que lui donneront les maires et, à défaut, les secrétaires des conseils de prud'hommes, ou les officiers de justice de paix. L'auteur ou

les auteurs d'une date fautive seront condamnés à une peine de 16 à 100 francs d'amende. — Mention du contrat d'apprentissage doit être faite par le chef d'établissement à sa date sur le livret individuel de l'apprenti prévu à l'article 88 du livre II du présent code.

ART. 3. — L'acte d'apprentissage est établi en tenant compte des usages et des coutumes de la profession, notamment des règles établies par les chambres de commerce, les chambres de métiers, les comités départementaux de l'enseignement technique et les commissions locales professionnelles et sous le contrôle et la garantie des associations professionnelles en vue de l'apprentissage, partout où elles existeront régulièrement constituées. — Il contient : 1° les nom, prénoms, âge, profession, domicile du maître; 2° les nom, prénoms, âge, domicile de l'apprenti; 3° les nom, prénoms, profession et domicile de ses père et mère, de son tuteur ou de la personne autorisée par les parents ou à leur défaut par le juge de paix; 4° la date et la durée du contrat; 5° Les conditions de prix, de rémunération de l'apprenti, de nourriture, de logement et toute autre arrêtée entre les parties; 6° l'indication des cours professionnels que le chef d'établissement s'engage à faire suivre à l'apprenti, soit dans l'enseignement technique et sous les sanctions que cette loi comporte; 7° l'indemnité à payer en cas de rupture du contrat ou l'indication que cette indemnité sera fixée par le conseil des prud'hommes, à défaut par le juge de paix. — Il doit être signé par le maître et par les représentants de l'apprenti.

Des conditions du contrat. — ART. 4. — Nul ne peut recevoir des apprentis mineurs s'il n'est âgé de vingt et un ans au moins.

ART. 5. — Aucun maître, s'il est célibataire ou en état de veuvage ou divorcé, ne peut loger, comme apprentis, des jeunes filles mineures.

ART. 6. — Sont incapables de recevoir des apprentis : Les individus qui ont subi une condamnation pour crime; — Ceux qui ont été condamnés pour attentat aux mœurs; — Ceux qui ont été condamnés à plus de trois mois d'emprisonnement pour les délits prévus par les art. 388, 401, 405, 406, 407, 408, 423 du Code pénal.

ART. 7. — L'incapacité résultant de l'art. 6 peut être levée par le préfet, sur l'avis du maire, quand le condamné, après l'expiration de sa peine, a résidé pendant trois ans dans la même commune. — A Paris, les incapacités seront levées par le préfet de police.

ART. 7 a. — Lorsque l'instruction professionnelle donnée par un chef d'établissement à ses apprentis sera manifestement insuffisante, comme en cas d'abus graves dont l'apprenti sera victime, le conseil des prud'hommes ou, à son défaut, le juge de paix peut, à la requête du comité départemental de l'enseignement technique, limiter le nombre des apprentis dans l'établissement, ou même suspendre pour un temps le droit pour le chef de cet établissement de former des apprentis.

ART. 7 b. — IRIS LILLIAD - Université Lille 1

tenace ou habituelle ou d'une incapacité notoire, le conseil des prud'hommes ou, à défaut, le juge de paix peut résilier le contrat.

Des devoirs des maîtres et des apprentis. — ART. 8. — Le maître doit se conduire envers l'apprenti en bon père de famille, surveiller sa conduite et ses mœurs, soit dans la maison, soit au dehors, et avertir ses parents ou leurs représentants des fautes graves qu'il pourrait commettre ou des penchants vicieux qu'il pourrait manifester. — Il doit aussi les prévenir sans retard, en cas de maladie, d'absence ou de tout fait de nature à motiver leur intervention. — Il n'emploiera l'apprenti, sauf conventions contraires, qu'aux travaux et services qui se rattachent à l'exercice de sa profession.

ART. 9. — Si l'apprenti âgé de moins de seize ans ne sait pas lire, écrire et compter, ou s'il n'a pas encore terminé sa première éducation religieuse, le maître est tenu de lui laisser prendre, sur la journée de travail, le temps et la liberté nécessaires pour son instruction. — Néanmoins, ce temps ne peut excéder deux heures par jour.

ART. 10. — Le maître doit enseigner à l'apprenti, progressivement et complètement, l'art, le métier ou la profession spéciale qui fait l'objet du contrat. — Il lui délivrera, à la fin de l'apprentissage, un congé d'acquit, ou certificat constatant l'exécution du contrat.

ART. 11. — L'apprenti doit à son maître fidélité, obéissance et respect; il doit l'aider, par son travail, dans la mesure de son aptitude et de ses forces. — Il est tenu de remplacer, à la fin de l'apprentissage, le temps qu'il n'a pu employer par suite de maladie ou d'absence ayant duré plus de quinze jours.

ART. 11 a. — L'apprenti dont le temps d'apprentissage est terminé passe un examen devant une commission désignée par la commission locale professionnelle ou, à son défaut, par le comité départemental de l'enseignement technique. En cas de succès, un diplôme lui sera délivré.

ART. 12. — Toute personne convaincue d'avoir employé sciemment, en qualité d'apprentis, d'ouvriers ou d'employés, des jeunes gens de moins de dix-huit ans, n'ayant pas rempli les engagements de leur contrat d'apprentissage, ou n'en étant pas régulièrement déliés, sera passible d'une indemnité à prononcer au profit du chef d'établissement ou d'atelier abandonné. — Tout nouveau contrat d'apprentissage conclu sans que les obligations du précédent contrat aient été remplies complètement, ou sans qu'il ait été résolu légalement, est nul de plein droit.

De la résolution du contrat. — ART. 13. — Les deux premiers mois de l'apprentissage sont considérés comme un temps d'essai pendant lequel le contrat peut être annulé par la seule volonté de l'une des parties. Dans ce cas, aucune indemnité ne sera allouée à l'une ou l'autre partie, à moins de conventions expresses.

ART. 14. — Le contrat d'apprentissage est résolu de plein droit :

1° Par la mort du maître ou de l'apprenti ; — 2° Si l'apprenti ou le maître est appelé au service militaire ; — 3° Si le maître ou l'apprenti vient à être frappé d'une des condamnations prévues en l'article 6 du présent titre ; — 4° Pour les filles mineures, dans le cas de divorce du maître, de décès de l'épouse du maître, ou de toute autre femme de la famille qui dirigeait la maison à l'époque du contrat.

ART. 15. — Le contrat peut être résolu sur la demande des parties ou de l'une d'elles : 1° Dans le cas où l'une des parties manquerait aux stipulations du contrat ; 2° Pour cause d'infraction grave ou habituelle aux prescriptions du présent titre et des autres lois réglant les conditions du travail des apprentis ; — 3° Dans le cas d'inconduite habituelle de la part de l'apprenti ; — 4° Si le maître transporte sa résidence dans une autre commune que celle qu'il habitait lors de la convention. — Néanmoins la demande en résolution du contrat fondée sur ce motif n'est recevable que pendant trois mois à compter du jour où le maître aura changé de résidence ; — 5° Si le maître ou l'apprenti encourait une condamnation emportant un emprisonnement de plus d'un mois ; — 6° Dans le cas où l'apprenti viendrait à contracter mariage.

ART. 16. — Si le temps convenu pour la durée de l'apprentissage dépasse le maximum ou la durée consacrée par les usages locaux, ce temps peut être réduit ou le contrat résolu.

De la compétence. — ART. 17. — Les réclamations qui pourraient être dirigées contre les tiers en vertu de l'art. 12 du présent titre seront portées devant le conseil des prud'hommes ou devant le juge de paix du lieu de leur domicile.

ART. 18. — Dans les divers cas de résolution prévus au chapitre IV, les indemnités ou les restitutions qui pourraient être dues à l'une ou à l'autre des parties seront, à défaut de stipulations expresses, réglées par le conseil des prud'hommes ou par le juge de paix dans les cantons qui ne ressortissent point à la juridiction d'un conseil de prud'hommes.

ART. 19. — Si le père, la mère ou le représentant d'un mineur entendent l'employer comme apprenti, ils seront obligatoirement tenus d'en faire la déclaration au secrétariat du conseil des prud'hommes ou, à défaut, au greffe de la justice de paix de leur résidence. Cette déclaration sera assimilée dans tous ses effets à un contrat écrit d'apprentissage.

Le Contrat de louage de services.

§ 1. *Règles générales.* — ART. 20. — On ne peut engager ses services qu'à temps ou pour une entreprise déterminée.

Les règles relatives au contrat de louage de services sont contenues dans le livre I du Code du travail (articles 21 à 24 inclus) et peuvent être résumées comme suit

L'engagement d'un ouvrier ne doit pas dépasser un an.

Lorsque le contrat est fait sans détermination de durée, il peut toujours cesser par la volonté d'une des parties contractantes.

Celui qui a engagé ses services peut, à l'expiration du contrat, exiger de l'employeur un certificat de travail.

§ 2. *Règles particulières aux réservistes et aux territoriaux appelés à faire une période d'instruction militaire.* — ART. 25. — En matière de louage de services, si un patron, un employé ou un ouvrier est appelé sous les drapeaux comme réserviste ou territorial pour une période obligatoire d'instruction militaire, le contrat de travail ne peut être rompu à cause de ce fait.

ART. 26. — Alors même que, pour une cause légitime, le contrat serait dénoncé par l'une des parties, la durée de la période militaire est exclue des délais impartis par l'usage pour la validité de la dénonciation, sauf toutefois dans le cas où le contrat de louage a pour objet une entreprise temporaire prenant fin pendant la période d'instruction militaire.

ART. 27. — En cas de violation des articles précédents par l'une des parties, la partie lésée a droit à des dommages-intérêts qui seront arbitrés par le juge conformément aux indications de l'art. 23 du présent livre.

ART. 28. — Toute stipulation contraire aux dispositions qui précèdent est nulle de plein droit.

§ 3. *Règles particulières aux femmes en couches.* — ART. 29. — La suspension du travail par la femme, pendant huit semaines consécutives, dans la période qui précède et suit l'accouchement, ne peut être une cause de rupture par l'employeur du contrat de louage de services et ce, à peine de dommages-intérêts au profit de la femme. Celle-ci devra avertir l'employeur du motif de son absence. Toute convention contraire est nulle de plein droit. — L'assistance judiciaire sera de droit pour la femme devant la juridiction du premier degré.

ART. 29 a (ajouté Loi 17 juin 1913). — Les femmes en état de grossesse apparente pourront quitter le travail sans délai-congé et sans avoir de ce fait à payer une indemnité de rupture.

Règlements d'ateliers. — Les clauses particulières du contrat de travail sont le plus souvent insérées dans les Règlements d'ateliers. Les prescriptions de ces règlements ne lient les ouvriers que si ceux-ci en ont eu, dès leur entrée à l'atelier, ample et suffisante connaissance, qu'elles sont observées et qu'ils les ont constamment sous les yeux pendant le travail. — Les règlements d'ateliers ont une force obligatoire, même établis par le patron seul lorsqu'il est évident que l'ouvrier y a donné un consentement tacite. — Pour être valables, les clauses insérées ne doivent pas être contraires aux lois. Seraient nulles de plein droit et sans effet les clauses qui prescriraient une retenue sur les salaires pour le paiement de la prime assurance-

accidents ou qui imposeraient une durée de travail supérieure au maximum légal.

Délai-Congé. — Quand il s'agit de contrat de travail fait sans détermination de durée, l'usage s'est établi entre patrons et ouvriers de se prévenir mutuellement un certain temps à l'avance de leur intention de rompre le contrat qui les lie. Le temps qui s'écoule entre la dénonciation du contrat et la cessation effective de travail prend le nom de délai-congé. — C'est l'usage qui fixe la durée du délai-congé ainsi que le montant de l'indemnité à payer par la partie qui n'observe pas le délai-congé. — Pendant la période d'essai, le patron et l'ouvrier peuvent mutuellement se séparer sans observer le délai-congé. — Pour les ouvriers travaillant à l'heure ou à la journée, le Conseil des Prud'hommes de la Seine impose au patron un délai de préavis d'une heure. — Pour les ouvriers travaillant à la semaine ou à la quinzaine, les délais de préavis sont de huit ou de quinze jours. — Quant aux employés subalternes, certaines décisions disent que le délai de congé est seulement de quinze jours, d'autres d'un mois. — S'il s'agit d'employés supérieurs, aucune précision ne peut être apportée. — Pour les employés intéressés, le délai de préavis est le même que pour de simples employés. — Les parties sont libres de fixer par un règlement d'atelier ou par une convention la durée du délai-congé. Elles peuvent même convenir qu'aucun délai ne sera observé.

Le contrat de louage d'ouvrage ou marché.

Dans ce contrat, l'ouvrier loue son travail pour un ouvrage déterminé à faire moyennant un prix convenu. C'est le travail à la pièce ou à la tâche. Il est soumis aux règles contenues dans les articles 1787 et suivants du Code Civil. Le louage d'ouvrage prend fin : 1° par l'achèvement de l'ouvrage ; — 2° par la volonté du patron ; 3° par la mort de l'ouvrier, de l'architecte ou de l'entrepreneur.

Le marchandage.

Le marchandage est le contrat par lequel des entrepreneurs et des tâcherons qui se sont rendus adjudicataires d'un travail, traitent en seconde, troisième ou quatrième main et à forfait avec des ouvriers pour la confection de telle ou telle partie de l'ouvrage. L'exploitation des ouvriers par des sous-entrepreneurs ou marchandage est interdite (art. 32 du livre I du Code du Travail). Les associations d'ouvriers qui n'ont point pour objet l'exploitation des ouvriers les uns par les autres ne sont point considérées comme marchandage.

La convention collective de travail.

Les dispositions relatives à la convention collective du travail sont contenues dans le livre I du Code du travail (articles 31 à 32) et peuvent être résumées comme suit :

Après avoir défini la convention collective, le législateur détermine les conditions auxquelles doivent satisfaire les contrats de travail individuels ou collectifs :

- 1° La convention doit être écrite et n'est applicable qu'à partir du jour qui suit son dépôt;
- 2° Elle fixe la région où elle sera appliquée;
- 3° Elle indique la durée pour laquelle elle est constituée;
- 4° Elle indique ensuite les effets et les sanctions qui résultent de sa non-exécution.

B. — DU SALAIRE

Paiement des Salaires (art. 43, 44, 45 du livre I du Code du Travail).

Les salaires des ouvriers et employés doivent être payés en monnaie métallique ou fiduciaire ayant cours légal nonobstant toute stipulation contraire à peine de nullité. Les salaires des ouvriers du commerce et de l'industrie doivent être payés au moins deux fois par mois, à seize jours au plus d'intervalle; ceux des employés doivent être payés au moins une fois par mois.

Pour tout travail aux pièces dont l'exécution doit durer plus d'une quinzaine, les dates de paiement peuvent être fixées de gré à gré, mais l'ouvrier doit recevoir des acomptes chaque quinzaine et être intégralement payé dans la quinzaine qui suit la livraison de l'ouvrage. Le paiement ne peut être effectué un jour où l'ouvrier ou l'employé a droit au repos, soit en vertu de la loi, soit en vertu de la convention. Il ne peut avoir lieu dans les débits de boissons ou magasins de vente, sauf pour les personnes qui y sont occupées.

Des économats.

ART. 75. — Il est interdit à tout employeur : 1° d'annexer à son établissement un économat où il vende, directement ou indirectement, à ses ouvriers et employés ou à leurs familles, des denrées et marchandises de quelque nature que ce soit; 2° d'imposer à ses ouvriers et employés l'obligation de dépenser leur salaire, en totalité ou en partie, dans des magasins indiqués par lui. — Cette interdiction ne s'étend pas au contrat de travail, si ce contrat stipule que l'ouvrier sera logé et nourri et recevra, en outre, un salaire déterminé en argent ou si, pour l'exécution de ce contrat, l'employeur cède à l'ouvrier des fournitures à prix coûtant.

ART. 76. — Tout économat doit être supprimé dans un délai de deux ans à dater du 25 mars 1910.

ART. 77. — Les économats des réseaux de chemins de fer, qui sont placés sous le contrôle de l'État, ne sont pas régis par les dispositions des art. 75 et 76, sous la triple réserve : 1° que le personnel ne soit pas obligé de se fournir à l'économat; 2° que la vente des denrées et marchandises ne rapporte à l'employeur aucun bénéfice; 3° que l'économat soit géré par une commission composée, pour

un tiers au moins, de délégués élus par les ouvriers et employés du réseau.

Toutefois, le ministre des Travaux publics fera, cinq ans après le 25 mars 1910, procéder, dans les formes fixées par arrêté ministériel, à une consultation du personnel sur la suppression ou le maintien de l'économat de chaque réseau. Ce referendum sera renouvelé à l'expiration de chaque période de cinq ans.

Les mêmes règles s'appliqueront aux économats annexés aux établissements industriels dépendant de sociétés dans lesquelles le capital appartient, en majorité, aux ouvriers et employés, retraités ou non, de l'entreprise et dont les assemblées générales seront statutairement composées, en majorité, des mêmes éléments.

Du salaire de la femme mariée.

ART. 78. — Les droits de la femme mariée sur les produits de son travail personnel et les économies en provenant sont déterminés par la loi du 13 juillet 1907 relative au libre salaire de la femme mariée et à la contribution des époux aux charges du mariage.

C. — DU PLACEMENT DES TRAVAILLEURS.

Extraits du livre I du Code du travail.

ART. 79. — L'autorité municipale surveille les bureaux de placement pour y assurer le maintien de l'ordre, les prescriptions de l'hygiène et la loyauté de la gestion. Elle prend les arrêtés nécessaires à cet effet.

ART. 81. — Aucun hôtelier, logeur, restaurateur ou débitant de boissons ne peut joindre à son établissement la tenue d'un bureau de placement.

ART. 83. — Les bureaux de placement gratuit créés par les municipalités, par les syndicats professionnels ouvriers, patronaux ou mixtes, les bourses du travail, les compagnonnages, les sociétés de secours mutuels et toutes autres associations légalement constituées ne sont soumis à aucune autorisation.

ART. 84. — Les bureaux de placement énumérés à l'art. 83, sauf ceux qui sont créés par les municipalités, sont astreints au dépôt d'une déclaration préalable effectuée à la mairie de la commune où ils sont établis. La déclaration devra être renouvelée à tout changement de local du bureau.

ART. 85. — Dans chaque commune, un registre constatant les offres et demandes de travail et d'emplois devra être ouvert à la mairie et mis gratuitement à la disposition du public. A ce registre sera joint un répertoire où seront classées les notices individuelles que les demandeurs de travail pourront librement joindre à leur demande. Les communes comptant plus de 10.000 habitants seront tenues de créer

un bureau municipal. — Si la création du bureau municipal de placement prescrite par le paragraphe précédent n'a pas été réalisée, il y sera procédé d'office par le Préfet, après mise en demeure restée sans résultat adressée au Conseil municipal. — Ces dépenses nécessitées par l'installation et le fonctionnement du bureau de placement créé en exécution des dispositions qui précèdent sont obligatoires pour les villes déterminées au paragraphe 2 du présent article.

ART. 85 a. — Dans chaque département l'institution d'un office départemental de placement est comprise dans les dépenses obligatoires inscrites au budget départemental. — Les offices départementaux ont pour objet d'organiser et d'assurer, dans toutes les communes de leur circonscription, le recrutement et le placement gratuits des travailleurs de l'agriculture, de l'industrie, du commerce, des professions libérales, ainsi que des domestiques et des apprentis. — Il peut être créé facultativement plusieurs offices dans le même département, si le conseil général le décide. — Des arrêtés préfectoraux déterminent, conformément aux délibérations du conseil général, le siège et la circonscription de chaque office départemental, son budget, son organisation, son fonctionnement et le mode de nomination de son personnel. — Les conseils généraux peuvent, en outre, s'associer pour la création et le fonctionnement d'offices interdépartementaux de placement.

ART. 85 b. — Dans chaque circonscription d'office départemental, un bureau municipal de placement, s'il en existe, peut être chargé, par arrêté préfectoral et après accord avec la municipalité intéressée, de former l'office départemental. — Les bureaux municipaux de placement — ou, s'il a été fait application du paragraphe précédent, les bureaux de la circonscription autres que celui qui joue le rôle d'office départemental — ainsi que les services municipaux d'inscription des offres et demandes d'emplois, doivent être en relations, quant à leur fonctionnement technique, avec l'office départemental de leur circonscription. — Chaque office départemental, de son côté, doit se tenir en rapports réguliers, notamment par l'échange de renseignements sur les excès d'offres et de demandes de main-d'œuvre, avec les autres offices du département, ceux des autres départements, les offices interdépartementaux et avec l'office central institué auprès du ministère du travail. — La correspondance postale échangée pour les besoins du service entre tous ces bureaux et offices de placement est admise à circuler en franchise sous pli fermé.

ART. 85 c. — Chaque bureau municipal ou office départemental peut, pour certaines professions, instituer des sections professionnelles. L'institution d'une section agricole est obligatoire dans chaque office départemental. — Il est adjoint à chaque bureau municipal et office départemental et, s'il y a lieu, par arrêté spécial, à chaque section professionnelle, une commission administrative char-

gée de contrôler les opérations de placement et de donner son avis pour toutes les questions intéressant le développement de ces institutions. — Ces commissions doivent comprendre un nombre égal d'ouvriers ou employés et de patrons appartenant, autant que possible, aux professions qui font le plus souvent appel au placement.

ART. 86. — Sont exemptées du droit de timbre les affiches imprimées ou non, concernant exclusivement les offres et demandes de travail et d'emplois et apposées par les bureaux de placement gratuit énumérés à l'art. 83.

ART. 87. — Il est interdit à tout gérant ou employé de bureau de placement gratuit de percevoir une rétribution quelconque à l'occasion du placement d'un ouvrier ou employé.

ART. 88. — Nul ne peut tenir un bureau de placement sous quelque titre et pour quelques professions, places ou emplois que ce soit, sans une permission spéciale délivrée par l'autorité municipale et qui ne peut être accordée qu'à des personnes d'une moralité reconnue.

ART. 90. — L'autorité municipale règle le tarif des droits qui peuvent être perçus par le gérant.

ART. 91. — Les frais de placement touchés dans les bureaux maintenus à titre payant sont entièrement supportés par les employeurs sans qu'aucune rétribution puisse être reçue des employés. — Les articles suivants indiquent les motifs de la suppression des bureaux et les pénalités auxquelles sont assujettis ceux qui ne se soumettraient pas à ces prescriptions.

Fonctionnement du placement. (Décret du 9 mars 1926.)

ART. 1^{er}. — Chaque office départemental ou bureau municipal de placement doit être installé dans un local spécialement y affecté, pourvu du téléphone, d'accès facile au public, et dont l'emplacement est indiqué par des affiches et enseignes très apparentes. — Dans chaque office départemental et dans chaque bureau municipal, les employés doivent être en nombre suffisant pour assurer, pendant les heures d'ouverture de l'office ou des bureaux, le fonctionnement normal du service.

ART. 2. — La commission administrative de contrôle prévue au paragraphe 2 de l'article 85 et du livre 1^{er} du Code du travail doit être constituée comme suit. — Pour un office départemental ou pour un bureau municipal chargé de former l'office départemental, la commission administrative comprend : Un représentant au moins du conseil général et, le cas échéant, des conseils municipaux participant aux dépenses de l'office, désignés par ces assemblées. — Un nombre égal de patrons et d'ouvriers ou employés ou d'anciens patrons, ouvriers ou employés dont le total ne peut être inférieur à 10. — Un représentant du comité départemental des mutilés. — Le chef de l'office régional de la main-d'œuvre dans la circonscription duquel se trouve l'office ou son délégué quand il n'est pas lui-même

directeur de l'office ou chef du bureau municipal. — Le directeur des services agricoles ou son délégué, l'inspecteur départemental du travail, et le directeur de l'office départemental ou le chef du bureau municipal, avec voix consultative seulement. — Pour un bureau municipal qui n'est pas chargé de former l'office départemental, la commission administrative comprend : Un conseiller municipal désigné par le conseil municipal. — Un nombre égal de patrons et d'ouvriers ou employés ou d'anciens patrons, ouvriers ou employés dont le nombre total ne peut être inférieur à 8. — Le chef de l'office régional de la main-d'œuvre dans la circonscription duquel se trouve le bureau ou son délégué et le directeur de l'office départemental ou de la section de l'office départemental dans la circonscription duquel se trouve le bureau. — Le chef du bureau municipal avec voix consultative seulement. — Dans toute commission administrative, le nombre des membres autres que les patrons, ouvriers ou employés ayant voix délibérative ne peut excéder le tiers.

ART. 3. — Les membres de la commission de l'office départemental sont nommés par le préfet, les membres de la commission administrative du bureau municipal par le maire. — Les membres patrons, ouvriers ou employés sont choisis parmi les personnes exerçant depuis trois ans au moins l'une des professions appelées à avoir le plus souvent recours aux services de placement public et, autant que possible, sur la proposition des syndicats de patrons, d'ouvriers ou d'employés appartenant à ces professions et en ce qui concerne les représentants de l'agriculture sur la proposition des associations agricoles.

ART. 4. — La commission administrative de l'office départemental ou du bureau municipal de placement présente au préfet ou au maire toutes propositions qu'elle juge utiles relativement à l'organisation et au développement de l'office départemental ou du bureau municipal et, le cas échéant, des sections paritaires professionnelles. — Elle fixe le règlement de ces services sous réserve de l'approbation du préfet ou du maire. Elle présente, au cours du premier trimestre de chaque année, au préfet ou au maire, un projet de budget des services et soumet à la session budgétaire du conseil général ou du conseil municipal un rapport sur leur fonctionnement.

ART. 6. — La commission administrative peut déléguer tout ou partie de ses attributions de contrôle, pendant l'intervalle de ses sessions, à une délégation composée par moitié de patrons et d'ouvriers.

ART. 7. — La section agricole instituée obligatoirement dans chaque office départemental et les autres sections professionnelles instituées, le cas échéant, au sein des offices départementaux ou des bureaux municipaux, sont placées sous l'autorité du directeur de l'office départemental ou du bureau municipal. — Les commissions adjointes, s'il y a lieu, aux sections professionnelles sont

composées d'au moins quatre patrons et ouvriers ou anciens patrons et ouvriers de la profession, désignés par le préfet ou le maire dans les mêmes conditions que les membres patrons et ouvriers de la commission administrative. — Le directeur des services agricoles du département, ou son délégué, a le droit d'assister avec voix consultative aux séances de la commission de la section agricole. Il y est toujours convoqué. — La commission adjointe à une section professionnelle émet son avis sur toutes les questions concernant le placement dans la profession. Ses délibérations et avis sont communiqués à la commission administrative de l'office ou du bureau municipal qui arrête définitivement les propositions à formuler. — Chaque commission de section professionnelle délègue un patron et un ouvrier avec voix délibérative aux séances de la commission administrative de l'office départemental ou du bureau municipal.

ART. 8. — Pour chaque office départemental, l'arrêté préfectoral, prévu par l'article 85 *a*, § 4 du livre I^{er} du Code du travail, et, pour chaque bureau municipal, un arrêté du maire détermineront le mode de désignation du président de la commission administrative et des commissions paritaires, la durée du mandat des membres de la commission administrative et des commissions paritaires, qui ne peut excéder trois ans, la périodicité des séances, à raison d'une au moins par trimestre, la procédure du contrôle de la gestion du bureau et, s'il y a lieu, les indemnités à allouer aux membres à titre de jetons de présence. — Dans toute délibération, les patrons et ouvriers ou employés ne doivent prendre part au vote qu'en nombre égal. — Dans le cas où les patrons et ouvriers ou employés ne sont pas présents en nombre égal, un tirage au sort détermine le ou les membres qui ne prennent pas part au vote. — Les décisions sont prises à la majorité des membres présents. Au sein de la commission administrative, cette majorité doit, dans les questions d'ordre professionnel, comprendre la majorité des membres patrons, ouvriers et employés. Le président de la commission administrative ou d'une commission paritaire ne doit être ni un des membres employeurs ou employés, ni l'agent ayant la direction de l'office départemental ou du bureau municipal, ni le préposé d'une section professionnelle. Il ne vote pas. — Le règlement intérieur détermine, en outre, le mode de nomination et les fonctions du ou des agents préposés au placement et les conditions générales du fonctionnement des bureaux et, notamment, leurs heures d'ouverture.

ART. 10. — Dans les salles où le public a accès, est apposée une affiche rappelant que le placement est rigoureusement gratuit, et que, l'article 87 du livre I^{er} du Code du travail interdisant à tout gérant ou employé du service de percevoir une rétribution ou récompense quelconque à l'occasion du placement d'un ouvrier ou employé, il est formellement interdit aux employeurs et aux ouvriers ou employés

d'offrir une rétribution quelconque au personnel des bureaux. — Sont également affichés ou tenus à la disposition des intéressés, les conventions collectives de travail et les bordereaux de salaire, qui auront été portés à la connaissance des services par les organisations intéressées.

ART. 12. — En cas de conflit collectif ayant entraîné une cessation du travail, le service de placement continue de fonctionner. Mais si ce conflit est de notoriété publique ou a été porté à la connaissance du service, celui-ci est tenu d'en avertir tout demandeur auquel est offert un emploi dans une entreprise atteinte, directement ou indirectement, par le conflit ou tout employeur de la profession intéressée demandant du personnel. — La liste desdites entreprises est, en outre, affichée dans la salle réservée aux demandeurs et aux offreurs.

Offices départementaux de placement des travailleurs.

La guerre a troublé profondément le marché du travail.

Au chômage absolu du fait de la guerre a succédé une reprise progressive du travail, mais très variable suivant les régions. Alors que, dans telle région, il y avait pénurie de main-d'œuvre, dans la région voisine, le nombre des chômeurs était très élevé.

Cet état de choses fit ressortir les lacunes d'une organisation de placement pratiquée en dehors des bureaux de placement privés, par quelques syndicats professionnels. De plus, très peu de villes de plus de 10.000 habitants avaient ouvert des bureaux de placement.

Le Ministre du Travail a alors invité les Préfets à créer, dans chaque département, un office départemental de placement.

Pour assurer la liaison entre les offices départementaux de placement, il a été institué au Ministère du Travail un office central de placement. Les offices départementaux de placement bénéficient des subventions de l'État s'ils répondent aux conditions imposées par le décret du 12 mars 1916.

Office National des mutilés et réformés de guerre. (Loi du 2 janvier 1918).

Au placement on peut rattacher la question de la rééducation professionnelle et de l'Office national des mutilés et réformés de guerre.

L'Office national des mutilés et réformés de guerre est un agent de liaison entre les œuvres privées ayant pour objet la protection des intérêts généraux des mutilés et invalides de la guerre, leur rééducation professionnelle et leur placement. Il leur assure aussi le patronage et l'appui permanents qui sont dus par la reconnaissance de la nation.

Dans chaque département, il est institué des comités locaux de mutilés et réformés de guerre ayant des attributions semblables à celles de l'office.

Aux termes de l'art. 1 de la loi du 2 janvier 1918, tout militaire ou ancien militaire atteint d'infirmités

résultant de blessures reçues ou de maladies contractées ou aggravées pendant la guerre de 1914-1918 peut demander son inscription à une école de rééducation professionnelle.

D. — TAXE D'APPRENTISSAGE

L'article 25 de la loi de finances du 13 juillet 1925, qui crée une taxe d'apprentissage, prévoit qu'un règlement d'administration publique devra intervenir pour fixer les modalités d'applications de cette nouvelle contribution.

Le législateur a spécifié que cette taxe ne serait pas établie dans les conditions ordinaires de la réglementation fiscale. Si le service de recouvrement de la taxe doit demeurer le même qu'en matière de contributions directes et taxes assimilées, une innovation profonde est apportée dans le service de l'assiette. C'est, en effet, au comité départemental de l'enseignement technique, institué par la loi du 25 juillet 1919, qu'est dévolu le soin d'établir les états matriciels de la taxe dont il s'agit et de fixer annuellement, pour chacun des assujettis, le montant de son imposition.

En faisant intervenir ainsi le comité départemental de l'enseignement technique dans l'application de la taxe d'apprentissage, le législateur a tenu à montrer le caractère spécial de cette contribution, dont le produit doit servir exclusivement à des dépenses en faveur de l'enseignement technique et de l'apprentissage, ainsi qu'au développement des laboratoires scientifiques.

Le souci d'exonérer les assujettis qui auraient déjà consenti à assumer les charges d'œuvres d'enseignement technique et d'apprentissage devait entraîner une procédure complexe dans l'application de la taxe. Pour chaque cas particulier, le calcul de l'imposition allait se faire à l'aide d'un élément certain, formé par les déclarations des chefs d'entreprises, du montant des salaires, traitements et rétributions quelconques, payés au cours de l'année précédente, et aussi, en tenant compte d'un élément à caractère contingent, constitué par les demandes d'exonérations qui pourraient se produire dans un certain nombre de cas limitativement énumérés par la loi.

Le premier élément est destiné à faire ressortir la taxe brute ; aucune difficulté n'apparaît pour arriver à révéler cet élément ; les assujettis seront astreints à faire une déclaration des salaires, traitements et rétributions quelconques, analogue à celle prévue par l'article 26 de la loi du 31 juillet 1917, complétée par l'article 6 de la loi de finances de 1925. Cette déclaration sera l'élément de base des états matrices.

Le deuxième élément n'interviendra que si l'assujetti a déjà effectué des dépenses pour l'enseignement technique et l'apprentissage, et qu'il entend s'en prévaloir, ces dépenses venant en déduction de

la taxe d'apprentissage, permettant de chiffrer la véritable imposition du contribuable, c'est-à-dire la taxe nette.

Le législateur ne pouvait se contenter de l'affirmation des assujettis, qui demandaient décharge de la taxe. Si l'on ne voulait organiser « l'évasion » de la taxe d'apprentissage, il convenait d'instituer un contrôle sévère des faits allégués à l'appui des demandes d'exonération.

Un seul organisme était apte à exercer ce contrôle, c'était le comité départemental de l'enseignement technique, assemblée qui, en conformité de la loi du 25 juillet 1919, centralise toutes les questions relatives aux écoles et aux cours professionnels du département, qui s'occupe du développement de l'enseignement technique et possède l'expérience des choses de cet enseignement, puisque l'administration ne traite aucune affaire sans que le comité n'ait été invité à formuler son avis.

Si le comité départemental apparaissait compétent pour être le juge des exonérations et établir la taxe nette pour chaque contribuable, il se trouvait démuné de tous moyens de réunir les éléments d'appréciation nécessaires. Cette assemblée a été, en effet, jusqu'alors une assemblée purement consultative, n'ayant pas de budget, ne disposant d'aucun service. Pour que le comité pût jouer son rôle, il importait donc de désigner les autorités administratives qui allaient être chargées de réunir les éléments d'information, de procéder à l'instruction des demandes d'exonération. C'est dans ce but que le projet a prévu l'intervention de l'inspection de l'enseignement technique, de l'inspection du travail, pour l'application de la taxe d'apprentissage.

Les autres dispositions du projet sont inspirées, d'une part, par la nécessité de procurer aux agents chargés de l'instruction des demandes, des moyens d'information qui les mettent à même de se rendre compte de la matérialité des faits déclarés; d'autre part, par le désir d'accorder toutes facilités aux contribuables pour effectuer le dépôt de leurs déclarations; pour les guider, le cas échéant, dans l'énumération des charges relatives à l'enseignement technique et à l'apprentissage, qu'ils supportent et qui sont susceptibles d'ouvrir un droit à l'exonération. Enfin le projet s'est efforcé de donner aux assujettis toute latitude dans le choix des moyens pour faire la preuve devant le comité départemental de l'enseignement technique comme devant la commission permanente du conseil supérieur jugeant en appel des faits qu'ils invoquent.

Tels sont les principes qui ont présidé à l'élaboration du projet de règlement que nous avons l'honneur, après avoir recueilli l'avis du Conseil d'Etat, de soumettre à votre haute sanction.

CHAPITRE PREMIER

Des déclarations et des demandes d'exonération.

ART. 1^{er}. — Avant le 1^{er} mars de chaque année, le chef d'entreprise assujetti à la taxe adresse au préfet du département où est situé le siège social de son entreprise une déclaration globale, établie en double exemplaire et contenant les indications suivantes : — 1^o Ses nom, prénoms et, le cas échéant, la raison sociale de l'entreprise, la nature de l'entreprise, le siège social, le lieu où est situé l'établissement et, s'il y a lieu, celui de chacun des établissements exploités par l'entreprise ; — 2^o Le montant total des appointements, salaires, rétributions quelconques, payés l'année précédente. — Lorsque l'entreprise comprend des établissements situés dans des départements autres que celui du siège social, il est annexé à la déclaration un état dressé pour chacun des départements où sont situés ces établissements et contenant pour chacun de ces derniers les indications prévues au précédent paragraphe.

ART. 2. — S'il y a lieu, l'assujetti joint à sa déclaration une demande d'exonération partielle ou totale de la taxe, en raison des dépenses qu'il a effectuées, au cours de l'année précédente, en vue de favoriser l'enseignement technique et l'apprentissage.

Il indique dans cette demande : — 1^o Le nombre des ouvriers et employés âgés de plus de 18 ans ; — 2^o Le nombre des ouvriers et employés âgés de moins de 18 ans ; — 3^o Le nombre des apprentis. Sont considérés comme apprentis pour l'application de la loi du 13 juillet 1925, les jeunes gens, jeunes femmes et filles, sans distinction de nationalité, âgés de moins de 18 ans, munis d'un contrat d'apprentissage et, à défaut, occupés dans le commerce ou l'industrie en vue d'une formation professionnelle méthodique et complète ; — 1^o S'il y a lieu, les conditions dans lesquelles l'assujetti assure l'apprentissage de son personnel et organise, pour lui, l'enseignement technique avec l'énumération des charges qu'il supporte du fait de l'apprentissage et de l'enseignement technique et qui rentrent dans une des catégories suivantes : — *a.* Les frais de premier établissement et de fonctionnement des cours professionnels et techniques de degrés divers, lorsque ces cours sont reconnus suffisants, après avis de la commission locale professionnelle dans les conditions prévues par la loi du 25 juillet 1919 ou après avis de l'inspection de l'enseignement technique, — Les frais de premier établissement ne comprennent que ceux qui ont été assumés depuis la promulgation de la loi de finances du 13 juillet 1925 ; — *b.* Les salaires des techniciens qui sont chargés, à l'exclusion de tout autre travail, de la formation et de la direction des apprentis isolés ou en groupe, dans la limite maximum d'un technicien pour dix

apprentis : — *c.* Les salaires payés aux apprentis pendant les dix premiers mois de l'apprentissage, lorsqu'ils sont soumis à un programme d'apprentissage méthodique complet pendant toute la durée de l'apprentissage, ainsi que les salaires payés pour les heures de présence aux cours professionnels, contrôlés par l'usage du livret prévu à l'article 45 de la loi du 25 juillet 1919 ; — *d.* Les subventions en espèces ou en nature aux écoles techniques publiques ou reconnues par l'Etat, ou aux écoles dont l'enseignement aura été reconnu suffisant par l'inspection générale de l'enseignement technique après consultation, s'il y a lieu, de l'administration publique plus spécialement intéressée ; les bourses et allocations d'études dans lesdites écoles, avec le nom et l'adresse des bénéficiaires, ainsi que toutes indications sur l'utilisation de ces sommes ; — *e.* La participation aux frais des œuvres complémentaires de l'enseignement technique et de l'apprentissage, la nature desdites œuvres et toutes indications utiles s'y rapportant ; — *f.* Les subventions pour le développement et le fonctionnement des laboratoires de sciences pures et appliquées ; — 5° S'il y a lieu, le montant des subventions, allocations, cotisations, centimes additionnels à l'imposition des patentes, ou autres contributions spéciales versées à des groupements professionnels ou bien à des chambres de commerce, ainsi qu'à toute personne morale publique ou privée, à titre de participation dans les dépenses relatives à l'apprentissage ou à l'enseignement technique, comprises dans l'énumération qui figure aux paragraphes précédents.

ART. 3. — Les déclarations et les demandes d'exonération sont signées, soit par l'assujetti lui-même, soit par un mandataire, en vertu d'une procuration, soit, s'il s'agit d'une société, par ses représentants légaux ou leur mandataire.

ART. 4. — Le préfet délivre récépissé de la déclaration et de la demande d'exonération.

ART. 5. — Tout assujetti qui cesse d'être soumis à la taxe comme se trouvant dans un des cas d'exception prévus par le paragraphe 5 de l'article 25 de la loi, doit en faire la déclaration au préfet avant le 1^{er} mars de chaque année.

CHAPITRE II

Contrôle des déclarations et examen des demandes d'exonération.

ART. 6. — Le préfet, président du comité départemental, fait procéder au contrôle des déclarations qui lui sont parvenues avant l'expiration du délai fixé par l'article 1^{er} du présent décret. — Il transmet aux préfets des départements intéressés les déclarations qui concernent des établissements situés dans d'autres départements. Ces

déclarations sont retournées avant le 20 mai avec les propositions du préfet qui a procédé au contrôle.

ART. 7. — Lorsque l'instruction fait ressortir que la déclaration comporte des rectifications, le préfet en avise l'assujetti et lui impartit un délai de dix jours pour présenter, avec toutes justifications utiles, des observations écrites ou orales.

ART. 8. — Le préfet fait rechercher, en vue de la taxation d'office, les entreprises assujetties à la taxe, pour lesquelles il n'a pas été souscrit de déclaration.

ART. 9. — Le préfet soumet les demandes d'exonération qui lui sont parvenues dans le délai fixé à l'article 1^{er} du présent décret au comité départemental de l'enseignement technique. — Celui-ci examine le bien-fondé de la demande, tant au point de vue de la réalité de la dépense qu'à celui de l'utilisation qui lui a été donnée et il fixe le montant de l'exonération.

ART. 10. — Les assujettis devront, lorsque la demande leur en sera faite par le comité départemental, fournir la preuve des charges qu'ils ont déclaré supporter et produire toutes justifications nécessaires.

ART. 11. — En vue d'apprécier si, par leur caractère et leur utilisation, les dépenses dont il est fait état par le chef d'entreprise justifient une exonération, il sera procédé, sur la demande du comité départemental à des enquêtes soit par des inspecteurs de l'enseignement technique, soit par des inspecteurs du travail ou des ingénieurs des mines, soit par des délégués désignés sur la proposition du comité départemental de l'enseignement technique par le Ministre chargé de l'enseignement technique. — Ces inspecteurs ou délégués vérifieront les conditions dans lesquelles l'apprentissage est réalisé à l'atelier ; ils auront le droit de prendre connaissance sur place des livres ou feuilles de paye constatant les salaires ou traitements payés aux techniciens chargés de la formation des apprentis, ainsi qu'aux apprentis eux-mêmes. Ils auront la faculté de visiter les cours et écoles d'enseignement technique ainsi que les laboratoires, de demander communication des budgets des cours ou des écoles, de se rendre compte de l'utilisation des dépenses, réellement effectuées.

ART. 12. — Lorsque le comité départemental contestera le bien-fondé de la demande d'exonération, il devra en aviser l'intéressé qui pourra, dans un délai de dix jours, demander à être entendu par lui ou à présenter, par écrit, des explications complémentaires.

ART. 13. — La décision par laquelle le comité départemental aura rejeté, soit totalement, soit partiellement, la demande d'exonération sera notifiée par le préfet à l'intéressé. Celui-ci pourra, conformément au paragraphe 12 de l'article 25 de la loi, faire appel, dans le délai de quinze jours de la notification, auprès de la commission permanente du conseil supérieur de l'enseignement technique. Il devra adresser un mémoire contenant tous moyens à l'appui de son pourvoi

et indiquer s'il demande à être entendu par la commission. — La commission statuera, après avoir entendu, à la date fixée par elle, l'intéressé qui en aurait fait la demande. Ses décisions doivent être motivées. Elles sont notifiées par l'intermédiaire du préfet.

ART. 14. — Le préfet, président du comité départemental, pourra dans les mêmes conditions, faire appel des décisions du comité départemental statuant sur les demandes d'exonération.

ART. 15. — Le pourvoi formé devant la commission permanente du conseil supérieur n'est pas suspensif.

CHAPITRE III

Établissement des états matriciels.

ART. 16. — Le comité départemental de l'enseignement technique est convoqué obligatoirement chaque année, avant le 1^{er} juin, en session extraordinaire, en vue de l'établissement des états matriciels. — Le comité départemental s'adjoindra pour cette session des représentants dûment qualifiés des professions intéressées. Le préfet appellera à cet effet des délégués, en nombre égal, des groupements professionnels patronaux et ouvriers; s'il n'existe pas dans le département de groupements professionnels, il appellera des personnes désignées, d'une part, par les chambres de commerce, d'autre part, par les conseils de prud'hommes. Il devra également prendre l'avis des personnes qualifiées qui auront demandé à être entendues.

ART. 17. — Tous les renseignements et communications fournis au comité départemental sont confidentiels. Toutes les communications adressées par le comité aux contribuables doivent être transmises sous enveloppes fermées.

ART. 18. — Le comité départemental, après examen des renseignements fournis par le préfet, détermine la taxe due par chaque assujetti, et statue sur l'imposition du double droit sur la partie omise dans le cas où la déclaration a été reconnue inexacte. Il opère ensuite la déduction de l'exonération qu'il a antérieurement fixée. — L'assujetti qui s'est abstenu de faire sa déclaration, ou de répondre à la demande d'éclaircissement du préfet est taxé d'office. — Les états matriciels ainsi établis sont adressés par le préfet au directeur des contributions directes chargé de la confection des rôles.

CHAPITRE II

DES GROUPEMENTS PROFESSIONNELS

Loi du 21 mars 1884, sur les syndicats professionnels
(Extrait du Livre III).

ART. 1. — Les syndicats professionnels, même de plus de vingt personnes exerçant la même profession, des métiers similaires ou des professions connexes concourant à l'établissement de produits déterminés pourront se constituer librement.

ART. 2. — Les syndicats professionnels ont exclusivement pour objet l'étude et la défense des intérêts économiques, industriels, commerciaux et agricoles.

ART. 3. — Les fondateurs de tout syndicat professionnel devront déposer les statuts et les noms de ceux qui, à un titre quelconque, seront chargés de l'administration ou de la direction. — Ce dépôt aura lieu à la mairie de la localité où le syndicat est établi et, à Paris, à la préfecture de la Seine. — Ce dépôt sera renouvelé à chaque changement de la direction ou des statuts. — Communication des statuts devra être donnée par le maire ou le préfet de la Seine au procureur de la République. — Les membres de tout syndicat professionnel chargés de l'administration ou de la direction de ce syndicat devront être Français et jouir de leurs droits civils. — Les femmes mariées exerçant une profession ou un métier peuvent, sans l'autorisation de leur mari, adhérer aux syndicats professionnels et participer à leur administration et à leur direction. — Les mineurs âgés de plus de seize ans peuvent adhérer aux syndicats, sauf opposition de leurs père, mère ou tuteur. Ils ne peuvent participer à l'administration ou à la direction. — Peuvent continuer à faire partie d'un syndicat professionnel les personnes qui auront quitté l'exercice de leur fonction ou de leur profession, si elles l'ont exercée au moins un an.

ART. 4. — Les syndicats professionnels jouissent de la personnalité civile. Ils ont le droit d'ester en justice et d'acquérir sans autorisation, à titre gratuit ou à titre onéreux, des biens meubles ou immeubles. — Ils peuvent, devant toutes les juridictions, exercer tous les droits réservés à la partie civile relativement aux faits portant un préjudice direct ou indirect à l'intérêt collectif de la profession qu'ils représentent. — Ils peuvent, en se conformant aux autres dispositions des lois en vigueur, constituer entre leurs membres des caisses spéciales de secours mutuels et de retraites. — Ils peuvent, en outre, affecter une partie de leurs ressources à la création d'habitations à bon marché et à l'acquisition de terrains pour jardins ouvriers, éducation physique et hygiène. — Ils peuvent librement créer et administrer des offices de renseignements pour les offres et les

demandes de travail. — Ils peuvent créer, administrer ou subventionner des œuvres professionnelles telles que : institutions professionnelles de prévoyance, laboratoires, champs d'expériences, œuvres d'éducation scientifique, agricole ou sociale, cours et publications intéressant la profession. — Ils peuvent subventionner des sociétés coopératives de production ou de consommation. — Ils peuvent, s'ils y sont autorisés par leurs statuts et à condition de ne pas distribuer de bénéfices, même sous forme de ristourne, à leurs membres : 1° Acheter pour les louer, prêter ou répartir entre leurs membres tous les objets nécessaires à l'exercice de leur profession, matières premières, outils, instruments, machines, engrais, semences, plants, animaux et matières alimentaires pour le bétail; — 2° Prêter leur entremise gratuite pour la vente des produits provenant exclusivement du travail personnel ou des exploitations des syndiqués, faciliter cette vente par expositions, annonces, publications, groupements de commandes et d'expéditions, sans pouvoir l'opérer sous leur nom et sous leur responsabilité. Ils peuvent passer des contrats ou conventions avec tous autres syndicats, sociétés ou entreprises. Tout contrat ou convention, visant les conditions collectives du travail, est passé dans les conditions déterminées par la loi du 25 mars 1919. — Les syndicats, peuvent déposer, en remplissant les formalités prévues par l'article 2 de la loi du 23 juin 1857, modifiée par la loi du 3 mai 1890, leurs marques ou labels. Ils peuvent, dès lors, en revendiquer la propriété exclusive dans les conditions de ladite loi. — Ces marques ou labels peuvent être apposés sur tout produit ou objet de commerce pour en certifier l'origine et les conditions de fabrication. Ils peuvent être utilisés pour tous individus ou entreprises mettant en vente ces produits. — Les peines prévues par les articles 7 à 11 de la loi du 23 juin 1857, contre les auteurs de contrefaçons, apparition, imitation ou usage frauduleux des marques de commerce seront applicables, en matière de contrefaçons, opposition, imitation ou usages frauduleux des marques syndicales ou labels, l'article 163 du Code pénal pourra toujours être appliqué. — Ces syndicats peuvent être consultés sur tous les différends et toutes les questions se rattachant à leur spécialité. — Dans les affaires contentieuses, les avis du Syndicat seront tenus à la disposition des parties qui pourront en prendre communication et copie. — Il n'est dérogé, en aucune façon, aux dispositions des lois spéciales qui auraient accordé aux syndicats des droits non visés dans la présente loi. — Les immeubles et objets mobiliers nécessaires à leurs réunions, à leurs bibliothèques et à leurs cours d'institution professionnelle seront insaisissables. Il en sera de même des fonds de leurs caisses spéciales de secours mutuels et de retraites dans les limites déterminées par l'article 12 de la loi du 1^{er} avril 1898 sur les sociétés de secours mutuels.

ART. 5. — Les syndicats professionnels régulièrement constitués

d'après les prescriptions de la présente loi, peuvent librement se concerter pour l'étude et la défense de leurs intérêts économiques, industriels, commerciaux et agricoles. — Les dispositions des articles 3 et 4 sont applicables aux unions de Syndicats qui doivent, d'autre part, faire connaître dans les conditions prévues audit article 4, le nom et le siège social des syndicats qui les composent. — Les unions jouissent, en outre, de tous les droits conférés par l'article 5 aux syndicats professionnels. — Leurs statuts doivent déterminer les règles selon lesquelles les syndicats adhérents à l'union sont représentés dans le conseil d'administration et dans les assemblées générales.

ART. 6. — Tout membre d'un syndicat professionnel peut se retirer à tout instant de l'association, nonobstant toute clause contraire sans préjudice du droit pour le syndicat de réclamer la cotisation afférente aux six mois qui suivent le retrait de l'adhésion. — Toute personne qui se retire d'un syndicat conserve le droit d'être membre des sociétés de secours mutuels et de retraite pour la vieillesse à l'actif desquelles elle a contribué par des cotisations ou versements de fonds. — En cas de dissolution volontaire, statutaire ou prononcée par justice, les biens de l'association sont dévolus conformément aux statuts, ou, à défaut de dispositions statutaires, suivant les règles déterminées par l'Assemblée générale. En aucun cas, ils ne peuvent être répartis entre les membres adhérents.

ART. 7. — Les infractions aux dispositions des art. 2, 3, 4, 5 et 6 de la présente loi seront poursuivies contre les directeurs ou administrateurs des syndicats et punis d'une amende de 16 à 200 francs. Les tribunaux pourront, en outre, à la diligence du procureur de la République, prononcer la dissolution du syndicat et la nullité des acquisitions d'immeubles faites en violation des dispositions de l'art. 6. — En cas de fausse déclaration relative aux statuts et aux noms et qualités des administrateurs ou directeurs, l'amende pourra être portée à 500 francs.

ART. 8. — La présente loi est applicable aux professions libérales. Une loi spéciale fixera le statut des fonctionnaires.

CHAPITRE III

DES CONFLITS DU TRAVAIL

Le nombre des grèves croît de plus en plus.

Il n'est pas facile de dégager avec certitude les causes de ces grèves, mais on peut dire, sans crainte d'être démenti, que c'est surtout pour maintenir ou améliorer leur situation que les ouvriers font grève.

En France, de nombreux arrangements directs aplanissent tous les jours les différends qui existent entre patrons et ouvriers.

Il semble que c'est dans la création d'organes d'arbitrage que git la

solution du problème et que de leur fonctionnement résultera avec la disparition d'un grand nombre de grèves celle des privations et des souffrances qui atteignent l'ouvrier gréviste et sa famille.

L'État n'intervient que lorsque le conflit est déclaré. Il serait plus efficace qu'il intervint avant la grève en vue de provoquer le rapprochement des adversaires et de trouver un terrain d'entente. C'est l'œuvre des tribunaux d'arbitrage et de conciliation.

La loi du 27 décembre 1892 sur la conciliation et l'arbitrage et la loi du 17 juillet 1908 sur les Conseils consultatifs du travail sont peu appliquées. Divers projets de loi ont été déposés sur le bureau du Parlement pour rendre la conciliation obligatoire.

CHAPITRE IV

DE LA PRÉVOYANCE SOCIALE

A. — ACCIDENTS DU TRAVAIL

Loi du 5 avril 1898 concernant les responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail. (*Modifiée par la loi du 22 mars 1902 et par la loi du 31 mars 1905.*)

TITRE I. — Indemnités en cas d'accidents. — ART. 1^{er}. — Les accidents survenus par le fait du travail, ou à l'occasion du travail, aux ouvriers et employés occupés dans l'industrie du bâtiment, les usines, manufactures, chantiers, les entreprises de transport par terre et par eau, de chargement ou de déchargement, les magasins publics, mines, minières, carrières et, en outre, dans toute exploitation ou partie d'exploitation dans laquelle sont fabriquées ou mises en œuvre des matières explosibles, ou dans laquelle il est fait usage d'une machine mue par une force autre que celle de l'homme ou des animaux, donnent droit, au profit de la victime ou de ses représentants, à une indemnité à la charge du chef d'entreprise, à la condition que l'interruption de travail ait duré plus de quatre jours. — Les ouvriers qui travaillent seuls d'ordinaire ne pourront être assujettis à la présente loi par le fait de la collaboration accidentelle d'un ou de plusieurs de leurs camarades.

ART. 2 (*texte nouveau*). — Les ouvriers et employés désignés à l'article précédent ne peuvent se prévaloir, à raison des accidents dont ils sont victimes dans leur travail, d'aucunes dispositions autres que celles de la présente loi. — Ceux dont le salaire annuel dépasse deux mille quatre cents francs (2.400 francs) ne bénéficient de ces dispositions que jusqu'à concurrence de cette somme. Pour le surplus, ils n'ont droit qu'au quart des rentes stipulées à l'article 3, à moins de conventions contraires élevant le chiffre de la quotité.

ART. 3 (*texte nouveau*). — Dans les cas prévus à l'article premier, l'ouvrier ou employé a droit : pour l'incapacité absolue et permanente,

à une rente égale aux deux tiers de son salaire annuel; — pour l'incapacité partielle et permanente, à une rente égale à la moitié de la réduction que l'accident aura fait subir au salaire; — pour l'incapacité temporaire, si l'incapacité de travail a duré plus de quatre jours, à une indemnité journalière, sans distinction entre les jours ouvrables et les dimanches et jours fériés, égale à la moitié du salaire touché au moment de l'accident, à moins que le salaire ne soit variable; dans ce dernier cas, l'indemnité journalière est égale à la moitié du salaire moyen des journées de travail pendant le mois qui a précédé l'accident. L'indemnité est due à partir du cinquième jour après celui de l'accident; toutefois elle est due à partir du premier jour si l'incapacité de travail a duré plus de dix jours. L'indemnité journalière est payable aux époques et lieux de paye usités dans l'entreprise, sans que l'intervalle puisse excéder seize jours. — Lorsque l'accident est suivi de mort, une pension est servie aux personnes ci-après désignées, à partir du décès, dans les conditions suivantes : a) Une rente viagère égale à 20 0/0 du salaire annuel de la victime pour le conjoint survivant non divorcé ou séparé de corps, à la condition que le mariage ait été contracté antérieurement à l'accident. — En cas de nouveau mariage, le conjoint cesse d'avoir droit à la rente mentionnée ci-dessus; il lui sera alloué, dans ce cas, le triple de cette rente à titre d'indemnité totale. — b) Pour les enfants, légitimes ou naturels, reconnus avant l'accident, orphelins de père ou de mère, âgés de moins de seize ans, une rente calculée sur le salaire annuel de la victime à raison de 15 0/0 de ce salaire s'il n'y a qu'un enfant, de 25 0/0 s'il y en a deux, de 35 0/0 s'il y en a trois et de 40 0/0 s'il y en a quatre ou un plus grand nombre. — Pour les enfants, orphelins de père et de mère, la rente est portée pour chacun d'eux à 20 0/0 du salaire. — L'ensemble de ces rentes ne peut, dans le premier cas, dépasser 40 0/0 du salaire, ni 60 0/0 dans le second. — c) Si la victime n'a ni conjoint ni enfant dans les termes des paragraphes a et b, chacun des ascendants et descendants qui étaient à sa charge recevra une rente viagère pour les ascendants et payable jusqu'à seize ans pour les descendants. Cette rente sera égale à 10 0/0 du salaire annuel de la victime, sans que le montant total des rentes ainsi allouées puisse dépasser 30 0/0. — Chacune des rentes prévues par le paragraphe c est, le cas échéant, réduite proportionnellement. — Les rentes constituées en vertu de la présente loi sont payables à la résidence du titulaire, ou au chef-lieu de canton de cette résidence, et, si elles sont servies par la Caisse nationale des retraites, chez le préposé de cet établissement désigné par le titulaire. — Elles sont payables par trimestre et à terme échu; toutefois le tribunal peut ordonner le paiement d'avance de la moitié du premier arrérage. — Ces rentes sont incessibles et insaisissables. — Les ouvriers étrangers, victimes d'accidents, qui cesseraient de résider sur le territoire français, recevront, pour

toute indemnité, un capital égal à trois fois la rente qui leur avait été allouée. — Il en sera de même pour leurs ayants droit étrangers cessant de résider sur le territoire français, sans que toutefois le capital puisse alors dépasser la valeur actuelle de la rente d'après le tarif visé à l'art. 28. — Les représentants étrangers d'un ouvrier étranger ne recevront aucune indemnité si, au moment de l'accident, ils ne résidaient pas sur le territoire français. — Les dispositions des trois alinéas précédents pourront, toutefois, être modifiées par traités dans la limite des indemnités prévues au présent article, pour les étrangers dont les pays d'origine garantiraient à nos nationaux des avantages équivalents.

ART. 4. — Le chef d'entreprise supporte, en outre, les frais médicaux et pharmaceutiques et les frais funéraires. Ces derniers sont évalués à la somme de 100 francs au maximum. — La victime peut toujours faire choix elle-même de son médecin et de son pharmacien. Dans ce cas, le chef d'entreprise ne peut être tenu des frais médicaux et pharmaceutiques que jusqu'à concurrence de la somme fixée par le juge de paix du canton où est survenu l'accident, conformément à un tarif qui sera établi par arrêté du Ministre du Commerce, après avis d'une Commission spéciale comprenant des représentants de syndicats de médecins et de pharmaciens, de syndicats professionnels ouvriers et patronaux, de sociétés d'assurances contre les accidents du travail et de syndicats de garantie, et qui ne pourra être modifié qu'à intervalles de deux ans. — Le chef d'entreprise est seul tenu dans tous les cas, en outre des obligations contenues en l'article 3, des frais d'hospitalisation qui, tout compris, ne pourront dépasser le tarif établi pour l'application de l'art. 24 de la loi du 15 juillet 1898 majoré de 50 0/0, ni excéder jamais quatre francs par jour pour Paris ou trois francs cinquante centimes partout ailleurs. — Les médecins et pharmaciens ou les établissements hospitaliers peuvent actionner directement le chef d'entreprise. — Au cours du traitement, le chef d'entreprise pourra désigner au juge de paix un médecin chargé de le renseigner sur l'état de la victime. Cette désignation, dûment visée par le juge de paix, donnera audit médecin accès hebdomadaire auprès de la victime en présence du médecin traitant, prévenu deux jours à l'avance par lettre recommandée. — Faute par la victime de se prêter à cette visite, le paiement de l'indemnité journalière sera suspendu par décision du juge de paix, qui convoquera la victime par une simple lettre recommandée. — Si le médecin certifie que la victime est en état de reprendre son travail et que celle-ci le conteste, le chef d'entreprise peut, lorsqu'il s'agit d'une incapacité temporaire, requérir du juge de paix une expertise médicale qui devra avoir lieu dans les cinq jours.

ART. 5. — Les chefs d'entreprise peuvent se décharger pendant les trente, soixante ou quatre-vingt-dix premiers jours, à partir de l'accident, de l'obligation de payer aux victimes des frais de maladie et

l'indemnité temporaire, ou une partie seulement de cette indemnité, comme il est spécifié ci-après, s'ils justifient : 1° qu'ils ont affilié leurs ouvriers à des Sociétés de secours mutuels et pris à leur charge une quote-part de la cotisation qui aura été déterminée d'un commun accord et en se conformant aux statuts types approuvés par le ministre compétent, mais qui ne devra pas être inférieure au tiers de cette cotisation ; — 2° que ces sociétés assurent à leurs membres, en cas de blessures, pendant trente, soixante ou quatre-vingt-dix jours, les soins médicaux et pharmaceutiques et une indemnité journalière. — Si l'indemnité journalière servie par la Société est inférieure à la moitié du salaire quotidien de la victime, le chef d'entreprise est tenu de lui verser la différence.

ART. 6. — Les exploitants de mines, minières et carrières peuvent se décharger des frais et indemnités mentionnés à l'article précédent moyennant une subvention annuelle versée aux Caisses ou Sociétés de secours constituées dans ces entreprises, en vertu de la loi du 29 juin 1894. — Le montant et les conditions de cette subvention devront être acceptés par la Société et approuvés par le Ministre des Travaux publics. — Ces deux dispositions seront applicables à tous autres chefs d'industrie qui auront créé en faveur de leurs ouvriers des Caisses particulières de secours en conformité du titre III de la loi du 29 juin 1894. L'approbation prévue ci-dessus sera, en ce qui les concerne, donnée par le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

ART. 7 (*texte nouveau*). — Indépendamment de l'action résultant de la présente loi, la victime ou ses représentants conservent, contre les auteurs de l'accident, autres que le patron ou ses ouvriers et préposés, le droit de réclamer la réparation du préjudice causé, conformément aux règles du droit commun. — L'indemnité qui leur sera allouée exonérera à due concurrence le chef de l'entreprise des obligations mises à sa charge. Dans le cas où l'accident a entraîné une incapacité permanente ou la mort, cette indemnité devra être attribuée sous forme de rentes servies par la Caisse nationale des retraites. — En outre de cette allocation sous forme de rente, le tiers reconnu responsable pourra être condamné, soit envers la victime, soit envers le chef de l'entreprise, si celui-ci intervient dans l'instance, au paiement des autres indemnités et frais prévus aux articles 3 et 4 ci-dessus. — Cette action contre les tiers responsables pourra même être exercée par le chef d'entreprise, à ses risques et périls, au lieu et place de la victime ou de ses ayants droit, si ceux-ci négligent d'en faire usage.

ART. 8. — Le salaire qui servira de base à la fixation de l'indemnité allouée à l'ouvrier, âgé de moins de seize ans, ou à l'apprenti victime d'un accident, ne sera pas inférieur au salaire le plus bas des ouvriers valides de la même catégorie occupés dans l'entreprise. — Toutefois, dans le cas d'incapacité temporaire, l'indemnité de l'ouvrier âgé de moins de seize ans ne pourra pas dépasser le montant de son salaire.

ART. 9. — Lors du règlement définitif de la rente viagère, après le délai de revision prévu à l'art. 19, la victime peut demander que le quart au plus du capital nécessaire à l'établissement de cette rente, calculé d'après les tarifs dressés pour les victimes d'accidents par la Caisse des retraites pour la vieillesse, lui soit attribué en espèces. — Elle peut aussi demander que ce capital, ou ce capital réduit du quart au plus, comme il vient d'être dit, serve à constituer sur sa tête une rente viagère réversible, pour moitié au plus, sur la tête de son conjoint. Dans ce cas, la rente viagère sera diminuée de façon qu'il ne résulte de la réversibilité aucune augmentation de charges pour le chef d'entreprise. — Le tribunal, en chambre du Conseil, statuera sur ces demandes.

ART. 10 (*texte nouveau*). — Le salaire servant de base à la fixation des rentes s'entend, pour l'ouvrier occupé dans l'entreprise, pendant les douze mois avant l'accident, de la rémunération effective qui lui a été allouée pendant ce temps, soit en argent, soit en nature. — Pour les ouvriers occupés pendant moins de douze mois avant l'accident, il doit s'entendre de la rémunération effective qu'ils ont reçue depuis leur entrée dans l'entreprise, augmentée de la rémunération qu'ils auraient pu recevoir pendant la période de travail nécessaire pour compléter les douze mois, d'après la rémunération moyenne des ouvriers de la même catégorie pendant ladite période. — Si le travail n'est pas continu, le salaire annuel est calculé, tant d'après la rémunération reçue pendant la période d'activité que d'après le gain de l'ouvrier pendant le reste de l'année. — Si, pendant les périodes visées aux alinéas précédents, l'ouvrier a chômé exceptionnellement et pour des causes indépendantes de sa volonté, il est fait état du salaire moyen qui eût correspondu à ces chômages.

TITRE II. — *Déclaration des accidents et enquêtes*. — ART. 11 (*texte nouveau*). — Tout accident ayant occasionné une incapacité de travail doit être déclaré dans les quarante-huit heures, non compris les dimanches et jours fériés, par le chef d'entreprise ou ses préposés, au maire de la commune qui en dresse procès-verbal et en délivre immédiatement un récépissé. — La déclaration et le procès-verbal doivent indiquer, dans la forme réglée par décret, les nom, qualité et adresse du chef d'entreprise, le lieu précis, l'heure et la nature de l'accident, les circonstances dans lesquelles il s'est produit, la nature des blessures, les noms et adresses des témoins. — Dans les quatre jours qui suivent l'accident, si la victime n'a pas repris son travail, le chef d'entreprise doit déposer à la mairie, qui lui en délivre immédiatement récépissé, un certificat de médecin indiquant l'état de la victime, les suites probables de l'accident, et l'époque à laquelle il sera possible d'en connaître le résultat définitif. — La déclaration d'accident pourra être faite dans les mêmes conditions par la victime ou ses représentants jusqu'à l'expiration de l'année qui suit l'accident. — Avis de

l'accident, dans les formes réglées par décret, est donné immédiatement par le maire à l'inspecteur départemental du travail ou à l'ingénieur ordinaire des Mines chargé de la surveillance de l'entreprise. — L'art. 15 de la loi du 2 novembre 1892 et l'art. 11 de la loi du 12 juin 1893 cessent d'être applicables dans les cas visés par la présente loi.

ART. 12 (*texte nouveau*). — Dans les vingt-quatre heures qui suivent le dépôt du certificat, et au plus tard dans les cinq jours qui suivent la déclaration de l'accident, le maire transmet au juge de paix du canton où l'accident s'est produit la déclaration et soit le certificat médical, soit l'attestation qu'il n'a pas été produit de certificat. — Lorsque, d'après le certificat médical, produit en exécution du paragraphe précédent ou transmis ultérieurement par la victime à la justice de paix, la blessure paraît devoir entraîner la mort ou une incapacité permanente, absolue ou partielle de travail, ou lorsque la victime est décédée, le juge de paix, dans les vingt-quatre heures, procède à une enquête à l'effet de rechercher : 1° La cause, la nature et les circonstances de l'accident ; — 2° Les personnes victimes et le lieu où elles se trouvent, le lieu et la date de leur naissance ; — 3° La nature des lésions ; — 4° Les ayants droit pouvant, le cas échéant, prétendre à une indemnité, le lieu et la date de leur naissance ; — 5° Le salaire quotidien et le salaire annuel des victimes ; — 6° La Société d'assurance à laquelle le chef d'entreprise était assuré, ou le Syndicat de garantie auquel il était affilié. — Les allocations tarifées par le juge de paix et son greffier, en exécution de l'art. 29 de la présente loi et de l'art. 31 de la loi de finances du 13 avril 1900, seront avancées par le Trésor.

ART. 13. — L'enquête a lieu contradictoirement dans les formes prescrites par les art. 35, 36, 37, 38 et 39 du Code de procédure civile, en présence des parties intéressées ou celles-ci convoquées d'urgence par lettre recommandée. — Le juge de paix doit se transporter auprès de la victime de l'accident qui se trouve dans l'impossibilité d'assister à l'enquête. — Lorsque le certificat médical ne lui paraîtra pas suffisant, le juge de paix pourra désigner un médecin pour examiner le blessé. — Il peut aussi commettre un expert pour l'assister dans l'enquête. — Il n'y a pas lieu, toutefois, à nomination d'expert dans les entreprises administrativement surveillées ni dans celles de l'État placées sous le contrôle d'un service distinct du service de gestion, ni dans les établissements nationaux où s'effectuent des travaux que la sécurité publique oblige à tenir secrets. Dans ces divers cas, les fonctionnaires chargés de la surveillance ou du contrôle de ces établissements ou entreprises, et, en ce qui concerne les exploitations minières, les délégués à la sécurité des ouvriers mineurs, transmettent au juge de paix, pour être joint au procès-verbal d'enquête, un exemplaire de leur rapport. — Sauf les cas d'impossibilité matérielle dûment constatés dans le procès-verbal, l'enquête doit être close dans le plus bref

délai et, au plus tard, dans les dix jours à partir de l'accident. Le juge de paix avertit, par lettre recommandée, les parties de la clôture de l'enquête et du dépôt de la minute au greffe, où elles pourront, pendant un délai de cinq jours, en prendre connaissance et s'en faire délivrer une expédition, affranchie du timbre et de l'enregistrement. A l'expiration de ce délai de cinq jours, le dossier de l'enquête est transmis au président du tribunal civil de l'arrondissement.

ART. 14. — Sont punis d'une amende de un à quinze francs (1 à 15 francs) les chefs d'industrie ou leurs préposés qui auront contrevenu aux dispositions de l'art. 11. — En cas de récidive dans l'année, l'amende peut être élevée de seize à trois cents francs (16 à 300 francs). — L'art. 463 du Code pénal est applicable aux contraventions prévues par le présent article.

TITRE III. — *Compétence. — Juridictions. — Procédure. — Revision.*
— ART. 15 (*texte nouveau*). — Sont jugées en dernier ressort par le juge de paix du canton où l'accident s'est produit, à quelque chiffre que la demande puisse s'élever et dans les quinze jours de la demande, les contestations relatives, tant aux frais funéraires qu'aux indemnités temporaires. — Les indemnités temporaires sont dues jusqu'au jour du décès ou jusqu'à la consolidation de la blessure, c'est-à-dire jusqu'au jour où la victime se trouve, soit complètement guérie, soit définitivement atteinte d'une incapacité permanente ; elles continuent, dans ce dernier cas, à être servies jusqu'à décision définitive prévue à l'article suivant, sous réserve des dispositions du quatrième alinéa dudit article. — Si l'une des parties soutient, avec un certificat médical à l'appui, que l'incapacité est permanente, le juge de paix doit se déclarer incompétent par une décision dont il transmet, dans les trois jours, expédition au président du tribunal civil. Il fixe en même temps, s'il ne l'a fait antérieurement, l'indemnité journalière. — Le juge de paix connaît des demandes relatives au paiement des frais médicaux et pharmaceutiques jusqu'à trois cents francs en dernier ressort et à quelque chiffre que ces demandes s'élèvent, à charge d'appel dans la quinzaine de la décision. — Les décisions du juge de paix relatives à l'indemnité journalière sont exécutoires nonobstant opposition. Ces décisions sont susceptibles de recours en cassation pour violation de la loi. — Lorsque l'accident s'est produit en territoire étranger, le juge de paix compétent, dans les termes de l'art. 12 et du présent article, est celui du canton où est situé l'établissement ou le dépôt auquel est attachée la victime. — Lorsque l'accident s'est produit en territoire français, hors du canton où est situé l'établissement ou le dépôt auquel est attachée la victime, le juge de paix de ce dernier canton devient exceptionnellement compétent, à la requête de la victime ou de ses ayants droit adressée, sous forme de lettre recommandée, au juge de paix du canton où l'accident s'est produit, avant qu'il n'ait été saisi dans les

termes du présent article ou bien qu'il n'ait clos l'enquête prévue à l'art. 13. Un récépissé est immédiatement envoyé au requérant par le greffe, qui avise, en même temps que le chef d'entreprise, le juge de paix devenu compétent et, s'il y a lieu, transmet à ce dernier le dossier de l'enquête dès sa clôture, en avertissant les parties, conformément à l'art. 13. — Si, après transmission du dossier de l'enquête au président du tribunal du lieu de l'accident, et avant convocation des parties, la victime ou ses ayants droit justifient qu'ils n'ont pu, avant la clôture de l'enquête, user de la faculté prévue à l'alinéa précédent, le président peut, les parties entendues, se dessaisir du dossier et le transmettre au président du tribunal de l'arrondissement où est situé l'établissement ou le dépôt auquel est attachée la victime.

ART. 16 (*texte nouveau*). — En ce qui touche les autres indemnités prévues par la présente loi, le président du tribunal de l'arrondissement, dans les cinq jours de la transmission du dossier, si la victime est décédée avant la clôture de l'enquête, ou, dans le cas contraire, dans les cinq jours de la production par la partie la plus diligente, soit de l'acte de décès, soit d'un accord écrit des parties reconnaissant le caractère permanent de l'incapacité, ou bien de la réception de la décision du juge de paix visée au troisième alinéa de l'article précédent, ou enfin, s'il n'a été saisi d'aucune de ces pièces, dans les cinq jours précédant l'expiration du délai de prescription prévu à l'art. 18, lorsque la date de cette expiration lui est connue, convoque la victime ou ses ayants droit, le chef d'entreprise, qui peut se faire représenter et, s'il y a assurance, l'assureur. Il peut, du consentement des parties, commettre un expert dont le rapport doit être déposé dans le délai de huitaine. — En cas d'accord entre les parties, conforme aux prescriptions de la présente loi, l'indemnité est définitivement fixée par l'ordonnance du président qui en donne acte en indiquant, sous peine de nullité, le salaire de base et la réduction que l'accident aura fait subir au salaire. — En cas de désaccord, les parties sont renvoyées à se pourvoir devant le tribunal, qui est saisi par la partie la plus diligente et statue comme en matière sommaire, conformément au titre XXIV du livre II du Code de procédure civile. Son jugement est exécutoire par provision. — En ce cas, le président, par son ordonnance de renvoi et sans appel, peut substituer à l'indemnité journalière une provision inférieure au demi-salaire ou, dans la même limite, allouer une provision aux ayants droit. Ces provisions peuvent être allouées ou modifiées en cours d'instance par voie de référé sans appel. Elles sont incessibles ou insaisissables et payables dans les mêmes conditions que l'indemnité journalière. — Les arrérages des rentes courent à partir du jour du décès ou de la consolidation de la blessure, sans se cumuler avec l'indemnité journalière ou la provision. — Dans le cas où le montant de l'indemnité ou de la provision excède les arrérages dus jusqu'à la

date de la fixation de la rente, le tribunal peut ordonner que le surplus sera précompté sur les arrérages ultérieurs dans la proportion qu'il détermine. — S'il y a assurance, l'ordonnance du président ou le jugement fixant la rente allouée spécifie que l'assureur est substitué au chef d'entreprise dans les termes du titre IV, de façon à supprimer tout recours de la victime contre ledit chef d'entreprise.

ART. 17 (*texte nouveau*). — Les jugements rendus en vertu de la présente loi sont susceptibles d'appel selon les règles du droit commun. Toutefois, l'appel sous réserve des dispositions de l'article 449 du Code de procédure civile, devra être interjeté dans les trente jours de la date du jugement s'il est contradictoire, et, s'il est par défaut, dans la quinzaine à partir du jour où l'opposition ne sera plus recevable. — L'opposition ne sera plus recevable en cas de jugement par défaut contre partie, lorsque le jugement aura été signifié à personne, passé le délai de quinze jours à partir de cette signification. — La Cour statuera d'urgence dans le mois de l'acte d'appel. Les parties pourront se pourvoir en cassation. — Toutes les fois qu'une expertise médicale sera ordonnée, soit par le juge de paix, soit par le tribunal ou par la Cour d'appel, l'expert ne pourra être le médecin qui a soigné le blessé, ni un médecin attaché à l'entreprise ou à la Société d'assurance à laquelle le chef d'entreprise est affilié.

ART. 18 (*texte nouveau*). — L'action en indemnité prévue par la présente loi se prescrit par un an à dater du jour de l'accident ou de la clôture de l'enquête du juge de paix, ou de la cessation du paiement de l'indemnité temporaire. — L'art. 55 de la loi du 10 août 1871 et l'art. 124 de la loi du 5 avril 1884 ne sont pas applicables aux instances suivies contre les départements ou les communes, en exécution de la présente loi.

ART. 19 (*texte nouveau*). — La demande en révision de l'indemnité, fondée sur une aggravation ou une atténuation de l'infirmité de la victime, ou son décès par suite des conséquences de l'accident, est ouverte pendant trois ans à compter, soit de la date à laquelle cesse d'être due l'indemnité journalière, s'il n'y a point eu attribution de rente, soit de l'accord intervenu entre les parties ou de la décision judiciaire passée en force de chose jugée, même si la pension a été remplacée par un capital en conformité de l'art. 21. — Dans tous les cas, sont applicables à la révision les conditions de compétence et de procédure fixées par les art. 16, 17 et 22. Le président du tribunal est saisi par voie de simple déclaration au greffe. — S'il y a accord entre les parties, conforme aux prescriptions de la présente loi, le chiffre de la rente révisée est fixé par ordonnance du président, qui donne acte de cet accord en spécifiant, sous peine de nullité, l'aggravation ou l'atténuation de l'infirmité. — En cas de désaccord, l'affaire est renvoyée devant le tribunal, qui est saisi par la partie la plus diligente.

qu'il est dit à l'art. 16. — Au cours des trois années pendant lesquelles peut s'exercer l'action en revision, le chef d'entreprise pourra désigner au président du tribunal un médecin chargé de le renseigner sur l'état de la victime. — Cette désignation, dûment visée par le président, donnera audit médecin accès trimestriel auprès de la victime. Faute par la victime de se prêter à cette visite, tout paiement d'arrérages sera suspendu par décision du président qui convoquera la victime par simple lettre recommandée. — Les demandes prévues à l'art. 9 doivent être portées devant le tribunal au plus tard dans le mois qui suit l'expiration du délai imparti pour l'action en revision.

ART. 20 (*texte nouveau*). — Aucune des indemnités déterminées par la présente loi ne peut être attribuée à la victime qui a intentionnellement provoqué l'accident. — Le tribunal a le droit, s'il est prouvé que l'accident est dû à une faute inexcusable de l'ouvrier, de diminuer la pension fixée au titre premier. — Lorsqu'il est prouvé que l'accident est dû à la faute inexcusable du patron ou de ceux qu'il s'est substitués dans la direction, l'indemnité pourra être majorée, mais sans que la rente ou le total des rentes allouées puisse dépasser soit la réduction, soit le montant du salaire annuel. — En cas de poursuites criminelles, les pièces de procédure seront communiquées à la victime ou à ses ayants droit. — Le même droit appartiendra au patron ou à ses ayants droit.

ART. 21 (*texte nouveau*). — Les parties peuvent toujours, après détermination du chiffre de l'indemnité due à la victime de l'accident, décider que le service de la pension sera suspendu et remplacé, tant que l'accord subsistera, par tout autre mode de réparation. — En dehors des cas prévus à l'art. 3, la pension ne pourra être remplacée par le paiement d'un capital que si elle n'est pas supérieure à cent francs et si le titulaire est majeur. Ce rachat ne pourra être effectué que d'après le tarif spécifié à l'art. 28.

ART. 22 (*texte nouveau*). — Le bénéfice de l'assistance judiciaire est accordé de plein droit, sur le visa du procureur de la République, à la victime de l'accident ou à ses ayants droit devant le président du tribunal civil et devant le tribunal. — Le procureur de la République procède comme il est prescrit à l'art. 13 (paragraphes 2 et suivants) de la loi du 22 janvier 1851, modifiée par la loi du 10 juillet 1901. — Le bénéfice de l'assistance judiciaire s'applique de plein droit à l'acte d'appel. Le premier président de la cour, sur la demande qui lui sera adressée à cet effet, désignera l'avoué près la cour dont la constitution figurera dans l'acte d'appel, et commettra un huissier pour le signifier. — Si la victime de l'accident se pourvoit devant le bureau d'assistance judiciaire pour en obtenir le bénéfice en vue de toute la procédure d'appel, elle sera dispensée de fournir les pièces justificatives de son indigence. — Le bénéfice de l'assistance judiciaire s'étend de plein droit aux instances devant le juge de paix, à tous

les actes d'exécution mobilière et immobilière et à toute contestation incidente à l'exécution des décisions judiciaires. — L'assisté devra faire déterminer par le bureau d'assistance judiciaire de son domicile la nature des actes et procédure d'exécution auxquels l'assistance s'appliquera.

TITRE IV. — *Garanties.* — ART. 23. — La créance de la victime de l'accident ou de ses ayants droit relative aux frais médicaux, pharmaceutiques et funéraires, ainsi qu'aux indemnités allouées à la suite de l'incapacité temporaire de travail, est garantie par le privilège de l'art. 2101 du Code civil et y sera inscrite sous le n° 6. — Le paiement des indemnités pour incapacité permanente de travail ou accident suivi de mort est garanti conformément aux dispositions des articles suivants.

ART. 24. — A défaut, soit par les chefs d'entreprise débiteurs, soit par les Sociétés d'assurances à primes fixes ou mutuelles, ou les Syndicats de garantie liant solidairement tous leurs adhérents, de s'acquitter, au moment de leur exigibilité, des indemnités mises à leur charge à la suite d'accident ayant entraîné la mort ou une incapacité permanente de travail, le paiement en sera assuré aux intéressés par les soins de la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse, au moyen d'un fonds spécial de garantie constitué, comme il va être dit, et dont la gestion sera confiée à ladite Caisse.

ART. 25. — Le fonds de garantie institué par l'article 24 de la loi du 9 avril 1924 ainsi que le fonds spécial de prévoyance dit des blessés de la guerre seront alimentés par le produit des taxes ci-après : 1° Une contribution des exploitants assurés perçue sur toutes les primes d'assurance acquittées au titre de la législation des accidents du travail. Cette contribution sera recouvrée en même temps que les primes par les organismes d'assurances et de la caisse nationale d'assurances et versée au fonds de garantie ou au fonds spécial de prévoyance ; — 2° Une contribution des exploitants non assurés, autres que l'État employeur, perçue sur les capitaux constitutifs des rentes mises à leur charge. Cette contribution sera liquidée lors de l'enregistrement des ordonnances, jugements et arrêts allouant lesdites rentes et recouvrée comme en matière d'assistance judiciaire, pour le compte du fonds de garantie et du fonds spécial de prévoyance dit « des blessés de la guerre », par l'administration de l'enregistrement ; le capital constitutif sera déterminé, pour la perception de la contribution, d'après un barème et dans les conditions fixées par un règlement d'administration publique. — Un règlement d'administration publique déterminera les conditions dans lesquelles seront effectués les versements des sociétés d'assurances, des syndicats de garantie et de la caisse nationale d'assurances en cas d'accidents, ainsi que toutes les mesures nécessaires pour assurer l'exécution du présent article. — Toute contravention aux prescriptions de ce règlement sera punie d'une amende de cent à mille francs

(100 à 1.000 francs). — Les ordonnances, jugements et arrêts allouant des rentes, en exécution de la loi précitée du 9 avril 1898 et de celle du 25 septembre 1919, devront indiquer si le chef d'entreprise est ou non assuré. — Les organismes d'assurances devront, en outre, acquitter pour la constitution du fonds spécial de prévoyance une contribution fixée suivant les modalités prévues à l'article 27, dernier alinéa, de la loi du 9 avril 1898, modifié par l'article 53 de la loi de finances du 31 juillet 1920; elle devra rester exclusivement à leur charge. — La quotité des taxes prévues à l'article 1^{er} sera modifiée chaque année, par décret, dans les conditions fixées par la loi du 29 mai 1909, sauf pour les deux premières années d'application de la présente loi. Pour ces deux années, le montant des contributions sera de 2 0/0, sur les primes d'assurances et de 4 0/00 sur les capitaux constitutifs, en ce qui concerne le « fonds spécial de prévoyance ». — Pour les deux années visées à l'alinéa précédent, la contribution des organismes d'assurances au fonds spécial de prévoyance est fixée à un vingtième des taxes établies par l'arrêté du Ministre du Travail déterminant les frais de contrôle et de surveillance desdits organismes pour l'année 1920.

ART. 26. — La Caisse nationale des retraites exercera un recours contre les chefs d'entreprise débiteurs, pour le compte desquels des sommes auront été payées par elle, conformément aux dispositions qui précèdent. — En cas d'assurance du chef d'entreprise, elle jouira, pour le remboursement de ses avances, du privilège de l'article 2102 du Code civil sur l'indemnité due par l'assureur et n'aura plus de recours contre le chef d'entreprise. — Un règlement d'administration publique déterminera les conditions d'organisation et de fonctionnement du service conféré par les dispositions précédentes à la Caisse nationale des retraites et, notamment, les formes du recours à exercer contre les chefs d'entreprise débiteurs ou les Sociétés d'assurances et les Syndicats de garantie, ainsi que les conditions dans lesquelles les victimes d'accident ou leurs ayants droit seront admis à réclamer à la Caisse le paiement de leurs indemnités. — Les décisions judiciaires n'emporteront hypothèque que si elles sont rendues au profit de la Caisse des retraites exerçant son recours contre les chefs d'entreprise ou les Compagnies d'assurances.

ART. 27 (*texte nouveau*). — Les Compagnies d'assurances mutuelles ou à primes fixes contre les accidents, françaises ou étrangères, sont soumises à la surveillance et au contrôle de l'État et astreintes à constituer des réserves ou cautionnements dans les conditions déterminées par un règlement d'administration publique. — Le montant des réserves mathématiques et des cautionnements sera affecté par privilège au paiement des pensions et indemnités. — Les Syndicats de garantie seront soumis à la même surveillance, et un règlement d'administration publique déterminera les conditions de leur création et de leur fonctionnement. A toute époque, un arrêté du Ministre

du Commerce peut mettre fin aux opérations de l'assureur qui ne remplit pas les conditions prévues par la présente loi ou dont la situation financière ne donne pas des garanties suffisantes pour lui permettre de remplir ses engagements. Cet arrêté est pris après avis conforme du Comité consultatif des assurances contre les accidents du travail, l'assureur ayant été mis en demeure de fournir ses observations par écrit dans un délai de quinzaine. Le Comité doit émettre son avis dans la quinzaine suivante. — Le dixième jour, à midi, à compter de la publication de l'arrêté au *Journal officiel*, tous les contrats contre les risques régis par la présente loi cessent de plein droit d'avoir effet, les primes restant à payer ou les primes payées d'avance n'étant acquises à l'assureur qu'en proportion de la période d'assurance réalisée, sauf stipulation contraire dans les polices. — Le Comité consultatif des assurances contre les accidents du travail est composé de vingt-quatre membres, savoir : deux sénateurs et trois députés élus par leurs collègues ; le directeur de l'assurance et de la prévoyance sociales ; le directeur du travail ; le directeur général de la Caisse des dépôts et consignations ; trois membres agrégés de l'Institut des actuaires français ; le président du Tribunal de commerce de la Seine ou un président de section délégué par lui ; le président de la Chambre de commerce de Paris ou un membre délégué par lui ; deux ouvriers membres du Conseil supérieur du travail ; un professeur de la Faculté de droit de Paris ; deux directeurs ou administrateurs de Sociétés mutuelles d'assurances contre les accidents du travail ou Syndicats de garantie ; deux directeurs ou administrateurs de Sociétés anonymes ou en commandite d'assurances contre les accidents du travail ; quatre personnes spécialement compétentes en matière d'assurances contre les accidents du travail. Un décret détermine le mode de nomination et de renouvellement des membres ainsi que la désignation du président, du vice-président et du secrétaire. — Les frais de toute nature résultant de la surveillance et du contrôle seront couverts au moyen de contributions proportionnelles au montant des réserves ou cautionnements et fixés annuellement pour chaque Compagnie ou Association par arrêté du Ministre du Commerce.

ART. 28. — Le versement du capital représentatif des pensions allouées en vertu de la présente loi ne peut être exigé des débiteurs. — Toutefois, les débiteurs qui désireront se libérer en une fois pourront verser le capital représentatif de ces pensions à la Caisse nationale des retraites, qui établira à cet effet, dans les six mois de la promulgation de la présente loi, un tarif tenant compte de la mortalité des victimes d'accidents et de leurs ayants droit. — Lorsqu'un chef d'entreprise cesse son industrie, soit volontairement, soit par décès, liquidation judiciaire ou faillite, soit par cession d'établissement, le capital représentatif des pensions à sa charge devient exigible de plein droit et sera versé à la Caisse nationale des retraites. Ce capi-

tal sera déterminé au jour de son exigibilité, d'après le tarif visé au paragraphe précédent. — Toutefois, le chef d'entreprise ou ses ayants droit peuvent être exonérés du versement de ce capital, s'ils fournissent des garanties qui seront à déterminer par un règlement d'administration publique.

TITRE V. — *Dispositions générales.* — ART. 29. — Les procès-verbaux, certificats, actes de notoriété, significations, jugements et autres actes faits ou rendus en vertu et pour l'exécution de la présente loi, sont délivrés gratuitement, visés pour timbre et enregistrés gratis lorsqu'il y a lieu à la formalité de l'enregistrement. — Dans les six mois de la promulgation de la présente loi, un décret déterminera les émoluments des greffiers de justice de paix pour leur assistance et la rédaction des actes de notoriété, procès-verbaux, certificats, significations, jugements, envois de lettres recommandées, extraits, dépôts de la minute d'enquête au greffe, et pour tous les actes nécessités par l'application de la présente loi, ainsi que les frais de transport auprès des victimes et d'enquête sur place.

ART. 30 (*texte nouveau*). — Toute convention contraire à la présente loi est nulle de plein droit. Cette nullité, comme la nullité prévue au deuxième alinéa de l'art. 16 et au troisième alinéa de l'art. 19, peut être poursuivie par tout intéressé devant le tribunal visé auxdits articles. — Toutefois, dans ce cas, l'assistance judiciaire n'est accordée que dans les conditions du droit commun. — La décision qui prononce la nullité fait courir à nouveau, du jour où elle devient définitive, les délais impartis, soit pour la prescription, soit pour la revision. — Sont nulles de plein droit et de nul effet les obligations contractées, pour rémunération de leurs services, envers les intermédiaires qui se chargent, moyennant émoluments convenus à l'avance, d'assurer aux victimes d'accidents ou à leurs ayants droit le bénéfice des instances ou des accords prévus aux art. 15, 16, 17 et 19. — Est passible d'une amende de seize francs à trois cents francs et, en cas de récidive dans l'année de la condamnation, d'une amende de cinq cents francs à deux mille francs, sous réserve de l'application de l'art. 463 du Code pénal : 1° tout intermédiaire convaincu d'avoir offert les services spécifiés à l'alinéa précédent ; 2° tout chef d'entreprise ayant opéré, sur le salaire de ses ouvriers ou employés, des retenues pour l'assurance des risques mis à sa charge par la présente loi ; 3° toute personne qui, soit par menace de renvoi, soit par refus ou menace de refus des indemnités dues en vertu de la présente loi, aura porté atteinte ou tenté de porter atteinte au droit de la victime de choisir son médecin ; 4° tout médecin ayant, dans des certificats délivrés pour l'application de la présente loi, sciemment dénaturé es conséquences des accidents.

ART. 31. — Les chefs d'entreprise sont tenus, sous peine d'une amende de un à quinze francs (1 à 15 francs), de faire afficher dans

chaque atelier la présente loi et les règlements d'administration relatifs à son exécution. — En cas de récidive dans la même année, l'amende sera de seize à cent francs (16 à 100 francs). — Les infractions aux dispositions des articles 11 et 31 pourront être constatées par les inspecteurs du travail.

ART. 32. — Il n'est point dérogé aux lois, ordonnances et règlements concernant les pensions des ouvriers, apprentis et journaliers appartenant aux ateliers de la Marine et celles des ouvriers immatriculés des manufactures d'armes dépendant du Ministère de la Guerre.

Loi du 2 août 1923 étendant le régime de la législation sur les accidents du travail aux gens de maison, domestiques, concierges et serviteurs à gages.

ART. 1^{er}. — Dans le délai de six mois à compter de la promulgation de la présente loi, la législation sur les accidents du travail résultant de la loi du 9 avril 1898 et des lois ultérieures qui l'ont complétée et modifiée, notamment des articles 2, 3 et 6 de la loi du 12 avril 1906, ainsi que des dispositions de la loi du 30 décembre 1922, est étendue aux domestiques, gens de maison, serviteurs à gages, concierges et salariés du même genre à un titre quelconque, attachés ou non à la personne.

ART. 2. — Le salaire servant de base à fixation des indemnités s'entend uniquement, à l'exclusion de tous autres profits en argent, de la rémunération et des prestations en nature directement allouées par le maître, en exécution du contrat de louage de services. — Toutefois, les rétributions accessoires et habituelles concourant à former la rémunération effective, notamment sous forme d'étrennes, devront être ajoutées au salaire de base pour le calcul de l'indemnité en cas d'incapacité permanente ou de mort.

B. — RETRAITES OUVRIÈRES.

Lois des 5 avril 1910, — 27 février 1912, — 27 décembre 1912, — 17 août 1915, — 31 décembre 1915, — 7 avril 1918, — 28 décembre 1918, — 6 août 1920, — 19 avril 1921, — 18 avril 1922).

Énumération des assurés.

Assurés obligatoires. — Les assurés obligatoires sont les salariés des deux sexes âgés de moins de soixante ans et dont le salaire annuel ne dépasse pas 10.000 francs.

Par salariés, il faut entendre les ouvriers et employés de l'industrie, du commerce, des professions libérales et de l'agriculture et les serviteurs à gages.

La loi est applicable également aux salariés français qui, bien que résidant en France, travaillent habituellement à l'étranger (communes frontalière) ainsi qu'aux Français qui résident à l'étranger ou

aux colonies et y travaillent pour le compte d'une entreprise dont le siège social est en France.

Ne sont pas placés sous le régime de la loi des retraites ouvrières et continuent à bénéficier de leurs retraites spéciales : les fonctionnaires de l'État, les employés des chemins de fer, les ouvriers et employés des mines, les inscrits maritimes.

Assurés facultatifs. — Peuvent prétendre au bénéfice de l'assurance facultative : 1° les fermiers, métayers, propriétaires exploitants, artisans et petits patrons qui, habituellement, travaillent seuls ou avec un seul ouvrier ou avec des membres de leur famille, salariés ou non, habitant avec eux ; — 2° les membres non salariés de la famille des assurés obligatoires ou facultatifs, travaillant et habitant avec eux ; — 3° les salariés dont le salaire annuel est supérieur à 10.000 francs, mais inférieur à 12.000 francs ; — 4° les femmes ou veuves non salariées des assurés obligatoires ou facultatifs ou retraités ; — 5° les femmes ou veuves des personnes susceptibles de bénéficier de l'assurance facultative qui n'y avaient pas adhéré ; — 6° les femmes ou veuves non salariées des agents, employés ou ouvriers placés soit sous le régime des pensions civiles ou militaires, soit sous un régime spécial de retraites, lorsque l'ensemble des salaire et pension du mari ou leur propre pension n'excède pas 5.000 francs.

Constitution des pensions.

Assurés obligatoires. — Les pensions sont constituées par une triple participation des assurés, des employeurs et de l'État.

Le versement obligatoire de l'assuré est fixé comme suit : pour les hommes : 0 fr. 03 par jour ; 0 fr. 75 par mois ; 9 francs par an ; pour les femmes : 0 fr. 02 par jour ; 0 fr. 50 par mois ; 6 francs par an ; pour les mineurs au-dessous de 18 ans : 0 fr. 015 par jour, soit 0 fr. 375 par mois ; soit 4 fr. 50 par an.

La contribution patronale est entièrement à la charge du patron. Elle est égale au versement obligatoire de l'assuré. — La cotisation est calculée lors de chaque paye en se conformant au tarif ci-dessus d'après la période de travail représentée par cette paye.

En cas de travail à domicile, le montant de la contribution patronale est fixé à 1 0/0 de la rémunération et la cotisation ouvrière à une somme égale.

L'État ajoute aux rentes produites par les versements de l'assuré et de son patron une allocation viagère de 100 francs, à condition de justifier d'au moins trente versements annuels fixés aux cinq dixièmes de la double cotisation réglementaire. Cette allocation est augmentée d'une bonification d'un dixième pour tout assuré de l'un ou l'autre sexe ayant élevé au moins trois enfants jusqu'à seize ans. Cette bonification est également accordée à l'assuré, si le nombre total des enfants élevés jusqu'à seize ans, vivants ou décédés, ajouté à celui des enfants vivants au jour de la demande de liquidation de retraite,

quel que soit l'âge de ces derniers, est de trois ans au moins. La durée du service militaire obligatoire, le temps de mobilisation comptent comme années d'assurance. Pour les femmes, chaque naissance d'enfant survenue depuis le 3 juillet 1911 compte pour une année d'assurance. Si le nombre des années de versement est inférieur à trente et supérieur à quinze, l'allocation de l'Etat est calculée à raison de 3 fr. 33 par année de versement réglementaire. Si l'assuré ne justifie pas de plus de quinze versements annuels réglementaires, l'Etat ne lui accorde aucune allocation viagère.

Assurés facultatifs. — Pour tous les assurés facultatifs, autres que les métayers, les cotisations intégralement à leur charge sont fixées au minimum à 9 francs et au maximum à 18 francs.

L'Etat accorde aux assurés facultatifs une majoration de versement. Cette majoration est égale à la moitié des versements effectués, mais ne peut dépasser 9 francs par an.

Lorsque les majorations allouées à un assuré sont suffisantes pour lui procurer, à soixante ans, une rente de 100 francs, elles cessent d'être accordées.

La rente est augmentée : 1° d'un dixième pour les assurés ayant élevé trois enfants jusqu'à seize ans ; 2° de la rente qu'eût produite à soixante ans un versement de 9 francs effectué à capital aliéné pour chaque année de service militaire obligatoire pour les hommes et pour chaque naissance d'enfant pour les femmes.

En ce qui concerne les métayers, leur cotisation annuelle a été fixée au minimum à 6 francs et au maximum à 9 francs.

Versements supplémentaires. — L'assuré, en dehors de ses versements obligatoires, a toujours le droit de faire sans limitation de valeur des versements facultatifs qui auront pour effet d'augmenter le montant de sa retraite ou de lui réserver le bénéfice de l'allocation viagère de l'Etat.

Réserve ou aliénation du capital. — La retraite peut être constituée à capital aliéné ou à capital réservé selon le choix fait par l'assuré. Lorsque la retraite est dite « à capital aliéné », la famille de l'assuré ne peut prétendre, lors de son décès, au remboursement des cotisations versées.

Lorsque la retraite est constituée à capital réservé, la somme des cotisations versées par l'assuré est, à son décès, remboursée à ses héritiers sans intérêts.

Seul, le capital constitué par les versements ouvriers peut être réservé. Les contributions patronales sont, de droit, versées à capital aliéné.

Lorsque l'assuré demandera la réserve de son capital, sa pension sera naturellement inférieure à celle qu'il aurait obtenue avec les mêmes versements faits à capital aliéné.

Modes de perception des cotisations.

Perception des cotisations. — Chaque assuré reçoit une carte destinée à l'apposition des timbres-retraite. Lors de chaque paie, en réglant le salaire, le patron retient la somme correspondante à la coti-

sation de l'assuré. Il y ajoute une somme égale qui constitue sa contribution personnelle et colle sur la carte annuelle que lui présente l'assuré un timbre-retraite représentant le total de ces deux sommes.

Lorsque l'assuré fait partie d'une société de secours mutuels autorisée à encaisser les cotisations, il peut faire ses versements à sa société. Il n'a plus alors à subir de retenue sur son salaire. Il devra seulement, à chaque paie, présenter sa carte annuelle à son patron pour que celui-ci y colle les timbres représentant la contribution patronale.

L'encaissement des cotisations des assurés peut être effectué, dans les mêmes conditions, par les caisses d'assurance où leurs comptes individuels sont ouverts. Les employeurs qui occupent des salariés adhérents à des organismes admis à faire l'encaissement peuvent faire encaisser, par lesdits organismes, leur contribution patronale. Les employeurs autorisés à cet effet peuvent n'apposer que quatre fois par an, dans les quinze premiers jours de chaque trimestre, les timbres représentant les contributions ouvrière et patronale pour la période trimestrielle précédente. Lorsque l'ouvrier quitte l'établissement avant l'expiration du trimestre, l'employeur est tenu de procéder sans retard à l'apposition des timbres exigibles.

Enfin, certaines caisses de retraite patronales ou syndicales patronales peuvent être autorisées à ne pas faire usage de timbres. L'employeur effectue les retenues sur le salaire et les verse directement, ainsi que ses contributions, à la Caisse nationale des retraites. Il fait simplement mention de ce versement sur la carte du salarié.

Lorsqu'un assuré obligatoire ne possède pas de carte annuelle ou omet de la présenter, son employeur a la faculté de déposer au greffe de la justice de paix le montant de la contribution patronale afférente à cet assuré. Ladite somme est alors attribuée au fonds de réserve des retraites ouvrières et paysannes, géré par la Caisse des dépôts et consignations.

Timbres-retraite. — C'est au moyen de timbres spéciaux, dits timbres-retraite, que sont constatés les versements des assurés et les contributions des employeurs. Ces timbres sont d'un type uniforme.

Les 11 figurines en usage depuis le 17 août 1916 correspondent aux valeurs les plus usuelles ainsi qu'aux versements périodiques les plus courants pour les assurés de l'un et l'autre sexe. Un cartouche libre est réservé sur les figurines pour l'indication de la date d'apposition par l'employeur, l'assuré ne devant pas dater les timbres qu'il appose lui-même. Les timbres-retraite sont mis en vente dans les bureaux de poste, dans les recettes buralistes et dans les débits de tabac.

Formalités à remplir pour bénéficiaire de l'assurance.

Bulletin de renseignements. — La seule formalité demandée à un assuré obligatoire est de remplir un bulletin de renseignements qui lui est fourni par la mairie. Les bulletins sont déposés à la mairie par les assurés obligatoires.

Réception des cartes. — Lorsque l'inscription sur la liste d'assurés aura été prononcée par le Préfet, l'assuré reçoit gratuitement deux cartes. L'une est sa carte d'identité qu'il conserve pendant toute sa carrière d'assuré. L'autre est sa carte annuelle destinée à recevoir les timbres représentant soit ensemble, soit séparément, les versements de son patron et ses versements personnels.

Les cartes annuelles sont échangées par les soins de l'administration des Postes, sauf dans les chefs-lieux de département et dans un certain nombre de communes fixées par arrêtés ministériels. Les assurés ont le plus grand intérêt à ne jamais négliger cette formalité essentielle. Autrement ils risqueraient de perdre tout ou partie de l'allocation de l'État, de voir leur retraite diminuer, et, le cas échéant, de priver leur famille de l'allocation au décès. — Dans le cas où la carte annuelle serait perdue ou détruite, l'assuré peut en obtenir un duplicata en produisant sa carte d'identité. S'il prouve que la carte annuelle a été détruite et justifie de la valeur des timbres apposés, il peut obtenir que cette somme soit portée à son compte.

Il peut également être délivré duplicata de la carte d'identité perdue ou détruite.

Caisses d'assurances.

Le compte de chaque assuré est ouvert dans une caisse d'assurance autorisée par l'État et choisie par l'assuré.

Les caisses autorisées sont : la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse ; — les Caisses départementales ou régionales ; — les Sociétés de Secours mutuels ; — les Unions de Sociétés de secours mutuels agréées par l'État ; — les Caisses patronales ; — les Caisses syndicales patronales ou ouvrières ; — les Caisses de Syndicats de garantie solidaire.

L'assuré a le libre choix de sa Caisse. Il ne peut être contraint à adhérer à une Caisse plutôt qu'à une autre. Il a même le droit de changer de caisse chaque année.

Quand un assuré ne choisit pas de caisse, il est inscrit d'office à la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse.

Liquidation de la pension de retraite.

Liquidation normale. — La liquidation normale de la retraite a lieu à soixante ans avec faculté d'ajournement à soixante-cinq ans. Dans le cas où l'assuré ne demande la liquidation de sa retraite qu'après soixante ans, l'allocation de l'État lui est versée chaque année directement ou à l'une des caisses autorisées par la loi à son choix. Ce versement se continuera jusqu'à l'époque de la liquidation.

Pour obtenir la liquidation de sa pension, l'assuré doit faire sa demande sur une formule spéciale, à la mairie de sa résidence et produire, à l'appui de cette demande, sa carte d'identité, sa dernière carte annuelle et un extrait de son acte de naissance.

La pension, ainsi que les allocations de l'État, sont

payées, trimestriellement et à terme échu, par les soins de la dernière caisse d'assurance à laquelle il a adhéré. Quelle que soit sa situation, l'assuré recevra intégralement la pension qui résultera de ses versements, de la contribution patronale et de la participation de l'État.

Les retraites et allocations viagères acquises sont incessibles et insaisissables, si ce n'est au profit des établissements publics hospitaliers pour le paiement du prix de journée du bénéficiaire de la retraite admis à l'hospitalisation.

Liquidation anticipée. — L'assuré obligatoire peut toujours demander à jouir de sa pension de retraite à partir de cinquante-cinq ans. Toute pension servie par anticipation sera naturellement plus faible que celle obtenue à soixante ans et à plus forte raison à soixante-cinq ans.

Un assuré obligatoire qui fait liquider sa retraite entre cinquante-cinq et soixante ans ne perd pas, s'il a effectué au moins 15 versements, son droit à une allocation de l'État.

Retraite anticipée d'invalidité. — Lorsqu'un assuré, en dehors du cas d'accident de travail et à l'exclusion de toute faute intentionnelle, sera atteint d'incapacité absolue de travail, il pourra, quel que soit son âge, demander la liquidation anticipée de sa pension.

Il devra faire sa demande à la mairie de sa commune. Cette demande sera examinée par une Commission spéciale instituée auprès du Ministre du travail.

Si la Commission reconnaît le bien-fondé de la demande, la pension est liquidée et elle est majorée par l'État. La bonification de l'État ne peut dépasser 100 francs et la retraite totale de l'invalidé ne peut ni être supérieure au triple de la rente qu'il s'est constituée, ni dépasser 360 francs.

Si un assuré est victime d'un accident de travail, il reçoit la pension allouée par application de la loi sur les accidents du travail et il pourra demander la liquidation de sa pension de retraite à partir de cinquante-cinq ans.

Allocations au décès. — Si un assuré décède avant la date d'échéance du premier terme de sa pension de retraite, il est accordé :

a) A ses enfants âgés de moins de seize ans, s'ils sont au nombre de trois au plus, 50 francs par mois pendant six mois ; — s'ils sont au nombre de deux : 50 francs par mois pendant cinq mois ; — s'il n'y en a qu'un : 50 francs par mois pendant quatre mois.

b) A sa veuve sans enfant de moins de seize ans : 50 francs par mois pendant trois mois.

Deux conditions essentielles doivent être réunies pour bénéficier de cette allocation : 1° Il faut qu'il s'agisse d'un assuré obligatoire. Toutefois ces dispositions sont applicables aux veuves et enfants des assurés facultatifs qui ont fait depuis 1911 ou depuis l'âge de dix-huit ans des versements annuels de 9 francs ; 2° Cet assuré obliga-

toire doit avoir effectué, avant son décès, les trois cinquièmes des versements obligatoires prévus par la loi.

CHAPITRE V DE LA DURÉE DU TRAVAIL

Loi du 23 avril 1919, art. 6 du livre II du Code du travail.

Dans les établissements industriels et commerciaux ou dans leurs dépendances, de quelque nature qu'ils soient, publics ou privés, laïques ou religieux, même s'ils ont un caractère d'enseignement professionnel ou de bienfaisance, la durée du travail effectif des ouvriers ou employés de l'un ou de l'autre sexe et de tout âge ne peut excéder soit huit heures par jour, soit quarante-huit heures par semaine, soit une limitation équivalente établie sur une période de temps autre que la semaine.

Des règlements d'administration publique déterminent par profession, par industrie, par commerce ou par catégorie professionnelle les délais et conditions d'application de la loi (Voir 2^e partie).

CHAPITRE VI DU REPOS HEBDOMADAIRE ET DES JOURS FÉRIÉS

Extrait du livre II du Code du Travail.

ART. 30. — Les dispositions de la présente section s'appliquent aux employés ou ouvriers occupés dans un établissement industriel ou commercial ou dans ses dépendances, de quelque nature qu'il soit, public ou privé, laïque ou religieux, même s'il a un caractère d'enseignement professionnel ou de bienfaisance. — Toutefois, ces dispositions ne sont pas applicables aux ouvriers et employés des entreprises de transport par eau, non plus qu'à ceux des chemins de fer, dont les repos sont réglés par des dispositions spéciales.

ART. 31. — Il est interdit d'occuper plus de six jours par semaine un même employé ou ouvrier.

ART. 32. — Le repos hebdomadaire doit avoir une durée minimum de vingt-quatre heures consécutives.

ART. 33. — Le repos hebdomadaire doit être donné le dimanche.

ART. 34. — Toutefois, lorsqu'il est établi que le repos simultané, le dimanche, de tout le personnel d'un établissement serait préjudiciable au public ou compromettrait le fonctionnement normal de cet établissement, le repos peut être donné, soit constamment, soit à certaines époques de l'année seulement, ou bien : a) un autre jour que le dimanche à tout le personnel de l'établissement ; b) du dimanche midi au lundi

compensateur d'une journée par roulement et par quinzaine ; — d) par roulement à tout ou partie du personnel. -- Des autorisations nécessaires doivent être demandées et obtenues conformément aux prescriptions des articles ci-après.

ART. 35. — Lorsqu'un établissement quelconque veut bénéficier de l'une des exceptions prévues à l'article précédent, il est tenu d'adresser une demande au préfet du département. Celui-ci doit demander d'urgence les avis du conseil municipal, de la chambre de commerce de la région et des syndicats patronaux et ouvriers intéressés de la commune. Ces avis doivent être donnés dans le délai d'un mois. Le préfet statue ensuite par un arrêté motivé qu'il notifie dans la huitaine.

ART. 36. — L'autorisation accordée à un établissement doit être étendue aux établissements de la même ville faisant le même genre d'affaires et s'adressant à la même clientèle.

ART. 37. — L'arrêté préfectoral peut être déféré au Conseil d'État, dans la quinzaine de sa notification aux intéressés. Le Conseil d'État statue dans le mois qui suit la date du recours, qui est suspensif.

CHAPITRE VII

HYGIÈNE ET SÉCURITÉ DES TRAVAILLEURS

(Extrait du décret du 10 juillet 1913.)

Cabinets d'aisances. — Ils seront nettoyés au moins une fois par jour. Ils seront convenablement éclairés. Ils seront aménagés de manière à ne dégager aucune odeur. Ils ne communiqueront pas avec les locaux fermés où le personnel est appelé à séjourner. Il y aura un cabinet pour cinquante personnes et des urinoirs en nombre suffisant.

Vestiaires avec lavabos. — Les chefs d'établissements doivent mettre à la disposition de leur personnel les moyens d'assurer la propreté individuelle, vestiaires avec lavabos.

Aération. — L'atmosphère des ateliers doit être tenue constamment à l'abri de toute émanation provenant d'égouts, fosses, puisards, fosses d'aisances ou de toute autre source d'infection.

Les locaux fermés affectés au travail seront largement aérés. Ils seront munis de fenêtres ou autres ouvertures à châssis mobiles donnant directement sur le dehors. L'aération doit être suffisante pour empêcher une élévation exagérée de température.

Pendant les interruptions de travail, l'air des locaux doit être entièrement renouvelé.

Eclairage. — Les locaux affectés au travail, leurs dépendances, les passages, les escaliers doivent être convenablement éclairés.

Chauffage. — En hiver, les locaux doivent être convenablement chauffés.

Repas. — Boissons. — Les ouvriers et employés ne peuvent prendre leurs repas dans les locaux affectés au travail qu'en cas de besoin et après enquête par l'Inspecteur divisionnaire sous les justifications suivantes :

Que les opérations effectuées ne comportent point l'emploi de substances toxiques ;

Qu'elles ne donnent lieu à aucun dégagement de gaz incommodes, insalubres ou toxiques, ni de poussières ;

Que les autres conditions d'hygiène soient satisfaisantes.

Un règlement intérieur doit limiter les quantités de vin, de bière, de cidre, de poiré, d'hydromel non additionnées d'alcool qui peuvent être introduites et détermine les heures et conditions auxquelles la consommation reste autorisée.

Propreté. — Les établissements doivent être tenus dans un état constant de propreté.

Machines. — Les machines, mécanismes, appareils de transmission, outils et engins doivent être installés et tenus dans les meilleures conditions possibles de sécurité. Les pièces mobiles des machines et transmissions doivent être munies d'un dispositif protecteur ou séparées des ouvriers, à moins qu'elles ne soient hors de portée de la main.

Il en est de même des courroies ou câbles traversant le sol d'un atelier ou fonctionnant sur des poulies de transmission placées à moins de 2 mètres du sol.

Le maniement à la main des courroies en marche doit être évité par des appareils adaptés aux machines ou mis à la disposition du personnel.

CHAPITRE VIII

EMPLOI DES OUVRIERS ÉTRANGERS

La loi du 11 août 1926 concernant l'emploi des ouvriers étrangers à pour objet d'assurer la production du marché du travail national. (Articles 64, 64 a, 64 b, 64 c, article 98 et article 172 du livre II du Code du travail.)

Il est interdit à toute personne d'employer un étranger non muni de la carte d'identité d'étranger et portant la mention travailleur.

L'étranger embauché ne peut être occupé dans une autre profession que celle indiquée sur la carte d'identité à moins qu'une année ne se soit écoulée depuis la délivrance de cette carte ou qu'il ne soit porteur d'un certificat délivré par un office public de placement.

Il est interdit à tout employeur d'embaucher un travailleur étranger introduit en France par l'office de placement du travail en

vertu duquel il a été introduit, à moins que le travailleur ne soit porteur d'un certificat du précédent employeur attestant que le contrat de travail a été résilié, qu'une année ne se soit écoulée depuis l'introduction du travailleur, à moins que le travailleur ne soit porteur d'une carte de présentation délivrée par un officier public de placement.

Tout employeur de travailleurs étrangers doit les inscrire sur un registre spécial paginé, comprenant les indications suivantes :

- 1° Date d'entrée dans l'établissement ;
- 2° Date de sortie de l'établissement ;
- 3° Noms et prénoms des travailleurs étrangers
- 4° Nationalité ;
- 5° Lieu et date de naissance ;
- 6° Préfecture qui a délivré la carte ;
- 7° Numéro d'ordre de la carte ;
- 8° Année de délivrance de la carte ;
- 9° Profession inscrite sur la carte ;
- 10° Profession actuelle ;
- 11° Instructions spéciales.

L'employeur qui a contrevenu aux dispositions ci-dessus peut être puni d'une amende de 500 à 1.000 francs pour chaque infraction constatée. Pour la tenue du registre, il peut être puni d'une amende de 5 à 15 francs.

Recrutement des ouvriers étrangers. — L'Union des Industries Métallurgiques et Minières rappelle à ses Adhérents que son *Service de recrutement de main-d'œuvre étrangère* est à leur entière disposition pour leur procurer, par recrutement direct, les ouvriers, spécialistes et manouvres, polonais, tchécoslovaques, yougo-slaves, hongrois, dont ils ont besoin et s'emploie, en outre, sur leur désir, à faire aboutir dans les meilleures conditions possibles les demandes d'ouvriers d'autres nationalités qui lui sont adressées.

L'Union fournit à ses Adhérents tous renseignements, tous imprimés qui leur sont nécessaires pour l'établissement de leurs demandes de main-d'œuvre étrangère.

Conditions d'introduction et d'emploi des ouvriers étrangers. — *Visa.* — L'introduction des ouvriers étrangers est soumise au visa préalable du Ministère du travail. Ce visa n'est donné que sur avis favorable de l'Office régional de Placement du lieu où les travailleurs doivent être employés.

Pour les demandes qui lui sont adressées, l'Union se charge d'obtenir le visa du Ministère du travail, mais ces demandes doivent lui parvenir, munies par les soins de l'employeur, de l'avis favorable de l'Office régional de placement.

Salaires. — Le visa du Ministère du travail n'est accordé que lorsque les salaires proposés par l'employeur correspondent à ceux

alloués aux ouvriers français de même catégorie, travaillant dans l'établissement.

Débauchage d'ouvriers étrangers. — Le fait, par un employeur, d'employer un ouvrier étranger, introduit aux frais d'un premier employeur et avant que son contrat de travail ne soit expiré, peut donner lieu, de la part des tribunaux, à une allocation de dommages-intérêts au profit du premier employeur (Amiens, 19 avril 1923).

L'employeur conserve, en même temps, son action en dommages-intérêts contre l'ouvrier étranger pour rupture du contrat de travail.

Emploi des ouvriers étrangers recrutés individuellement. — L'article 64 du Code du travail interdit à toute personne d'employer sciemment un étranger non muni du certificat d'immatriculation exigé par la loi du 8 août 1893, interdiction sanctionnée de peines de simple police par l'article 172.

En outre, le décret du 6 juin 1922 oblige les employeurs qui embauchent un ouvrier étranger à s'assurer que celui-ci n'a pas contrevenu aux dispositions qu'il édicte. Ces dispositions sont les suivantes :

Tout travailleur étranger doit, dans les huit jours de son arrivée, signaler sa présence au commissaire de police ou, à défaut, au maire de sa résidence afin d'obtenir, par son intermédiaire, la délivrance d'une carte d'identité dont la création est prévue par le décret.

L'ouvrier qui change de résidence doit, dans les deux jours de son arrivée au lieu de sa nouvelle localité, faire viser sa carte d'identité par le commissaire de police ou, à défaut, par le maire de sa commune.

Le décret du 6 juin 1922 prévoit, du reste, que le préfet pourra refuser la délivrance de la carte d'identité, si le travailleur étranger n'est pas muni d'un titre d'embauchage reconnu valable dans les conditions prévues par les instructions des Ministres du travail et de l'agriculture, ou s'ils ont fait l'objet d'une enquête défavorable.

Si l'ouvrier a été introduit au moyen d'un contrat, sa carte porte la mention de l'entreprise introductrice, ainsi que la durée pour laquelle l'ouvrier a été primitivement introduit. Lors donc qu'un ouvrier est embauché par un patron, celui-ci doit vérifier que l'ouvrier n'est pas en rupture de contrat. S'il l'était, il faudrait s'assurer que cet ouvrier possède un certificat d'un premier employeur le libérant de tout engagement pour l'exécution des travaux pour lesquels il avait été introduit.

Traités de travail. — Un certain nombre de traités de travail, passés entre la France et d'autres pays, réglementent le recrutement de la main-d'œuvre dans ces pays, et assurent aux ouvriers ainsi recrutés le bénéfice de mesure de protection.

CHAPITRE IX

RELATIONS AVEC L'INSPECTION DU TRAVAIL

REGISTRES

- 1° Registre d'inscription des enfants de moins de dix-huit ans ;
- 2° Registre destiné à l'inscription des mises en demeure ou des observations faites par l'inspecteur du travail ;
- 3° Registre indiquant la composition nominative des équipes.
- 4° Registre d'inscription des ouvriers étrangers travaillant à l'entreprise (article 64 c du livre II du Code du travail).

AFFICHES

- 1° Loi de 1898 sur les accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail ;
- 2° Décret du 28 décembre 1909 sur les charges qui peuvent être trainées, portées ou poussées par les enfants et les femmes.
- 3° Décret du 21 mars 1914 sur les travaux dangereux pour les enfants et les femmes.
- 4° Noms et adresses des inspecteurs divisionnaire et départemental du travail ;
- 5° Horaire du travail ;
- 6° Tableau d'envoi à l'inspecteur du Travail des avis de dérogations ;
- 7° Tableau indiquant le personnel auquel s'appliquent les dérogations permanentes ;
- 8° Affiches indiquant le jour de repos hebdomadaire ou la fraction de jour lorsque ce repos est donné collectivement à tout ou partie du personnel ;
- 9° Avis indiquant la capacité en mètres cubes de chaque local de travail ;
- 10° Consigné pour le cas d'incendie.

DOCUMENTS A ENVOYER A L'INSPECTEUR DU TRAVAIL

- 1° Duplicata de l'horaire affiche ;
- 2° Demande de récupération d'heures perdues par suite de chômage collectif ;
- 3° Tableau des dérogations permanentes ;
- 4° Avis de récupération d'heures perdues par suite d'accidents, de cas de force majeure : accidents au matériel, interruption de force motrice, sinistres, etc. ;
- 5° Consignés en cas d'incendie ;
- 6° Liste des chantiers temporaires occupant au moins dix ouvriers pendant plus d'une semaine.

CHAPITRE X

MÉDAILLES DU TRAVAIL

Le Ministre du commerce décerne deux fois par an à l'occasion du 1^{er} janvier et du 14 juillet des médailles d'honneur : la médaille trentenaire et la médaille cinquantenaire dans les conditions suivantes :

I. — *La médaille trentenaire* d'argent (décret du 16 juillet 1896).

1^o Aux ouvriers ou employés français qui comptent plus de trente années de services consécutifs dans le même établissement industriel ou commercial français situé en France ou à l'étranger ou qui, ayant trente années de services, justifient n'avoir pu accomplir ces trente années dans le même établissement pour une cause de force majeure absolument indépendante de leur volonté ;

2^o Aux ouvriers occupés dans les établissements d'enseignement technique publics ou privés situés en France dans les palais nationaux, dans les manufactures de l'État, dans les établissements départementaux ou communaux ; aux employés des chantiers de communes et des œuvres utiles aux communes et à l'industrie reconnues comme établissement d'utilité publique ;

3^o Aux ouvriers ou employés français ou indigènes non naturalisés comptant plus de vingt ans de services consécutifs dans un même établissement industriel ou commercial situé en Algérie ou dans les colonies françaises ;

4^o Aux ouvriers qui auront rendu des services exceptionnels à l'industrie, notamment par l'invention de nouveaux procédés de fabrication, sans condition de *durée de services* et sur l'avis du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

Les candidats doivent en outre, aux termes d'une circulaire du 24 février 1913, avoir satisfait aux prescriptions de la loi du 5 avril 1910 sur les retraites ouvrières et paysannes.

Les demandes sont adressées directement à M. le ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, pour les candidats domiciliés dans le département de la Seine, et par l'intermédiaire des préfets, pour ceux qui résident dans les autres départements.

Il est indispensable d'adresser une *demande distincte pour chaque candidat* ; cette demande doit être accompagnée d'un extrait du casier judiciaire du candidat et d'un certificat légalisé du patron.

Les demandes doivent être formulées sur papier timbré et indiquer les noms, prénoms, date et lieu de naissance, profession et domicile des candidats, la nature de leurs services, la date exacte de l'entrée dans la maison ainsi que les nom, profession et adresse du patron pour lequel ils travaillent ou pour lequel ils ont travaillé.

Le temps passé sous les drapeaux n'est pas considéré comme une interruption de service; il entre en ligne de compte à la condition qu'il soit postérieur à l'entrée dans un établissement industriel ou commercial (Chambre des députés, séance du 10 novembre 1897). Mais il n'est pas possible d'ajouter aux services civils les services militaires lorsque ceux-ci ont précédé l'entrée dans l'établissement.

Dans les demandes de médailles pour services exceptionnels, il devra être donné une indication détaillée de ces services (décret du 12 février 1895, art. 2).

II^e. — *La médaille cinquantenaire*, en vermeil (décret du 18 octobre 1913).

Elle est décernée, en observant les mêmes formalités, aux ouvriers ou employés français comptant au moins cinquante années de services consécutifs dans le même établissement et déjà titulaires de la médaille d'argent. Les demandes formulées dans ce but devront rappeler la date exacte de l'obtention de la médaille trentenaire en argent.

DEUXIÈME PARTIE. — LÉGISLATION SPÉCIALE

DURÉE DU TRAVAIL

(Décret du 9 août 1920, modifié le 2 avril 1926.)

ART. 1^{er}. — Les dispositions du présent décret sont applicables dans tous les établissements ou parties d'établissements où s'exercent les industries ci-après énumérées: Métallurgie; — Hauts fourneaux, aciéries; — Fonderies de cuivre, plomb, zinc, nickel, aluminium, antimoine, étain, argent, or, platine, bronze, maillechort, laiton, ferro-alliages et autres alliages; — Electro-métallurgie et électrochimie; — Laminoirs, forges, étirage, emboutissage, estampage des métaux, taillanderie, tréfilerie; — Fabriques de quincaillerie, tôlerie, boulonnerie, serrurerie, coutellerie et de tous objets en fer et en acier; — Découpage, décolletage de tous métaux; — Polissage et repoussage de tous métaux; — Fonderies de deuxième fusion; — Construction de navires, de bateaux en fer et en acier, de machines marines; — Construction mécanique et métallique, chaudronnerie, soudure autogène; — Construction automobile; — Construction aéronautique; — Construction de matériel roulant de voies ferrées; — Construction, montage de matériel et d'appareils électriques; — Fabriques de tous instruments de précision, d'optique, de chirurgie, d'appareils orthopédiques; — Fabriques de tous appareils et articles en fer-blanc, cuivre, plomb, zinc, nickel, aluminium, antimoine, étain, maillechort, laiton, ferro-alliages et autres alliages; — Traitement des résidus métalliques. Les dispositions du présent décret sont également applicables aux ouvriers et employés occupés par les établissements où s'exercent les industries ci-dessus énumérées, même dans le cas où leurs professions ne ressortissent pas à ces industries, lorsque le travail de ces ouvriers et employés a pour objet exclusif l'entretien ou le fonctionnement desdits établissements et de leurs dépendances. — Les dispositions du présent décret sont également applicables au personnel des stations centrales (force, lumière, eau, gaz, air comprimé) annexées et appartenant aux établissements où s'exercent les industries ci-dessus énumérées. — Les établissements de forge et serrurerie occupant moins de cinq ouvriers ne sont pas visés par les dispositions du présent décret.

ART. 2. — Les établissements ou parties d'établissement visés à l'article 1^{er} devront, pour l'application de la loi du 23 avril 1919, choisir l'un des modes ci-après: 1^o Limitation du travail effectif à raison de

huit heures par chaque jour ouvrable de la semaine ; — 2° Répartition inégale entre les jours ouvrables des quarante-huit heures de travail effectif de la semaine, avec maximum de neuf heures par jour, afin de permettre le repos de l'après-midi du samedi ou toute autre modalité équivalente. En cas d'organisation du travail par équipes successives, le travail de chaque équipe sera continu, sauf l'interruption pour les repos. L'organisation du travail par relais est interdite. Toutefois elle pourra être autorisée par arrêté ministériel, après consultation des organisations patronales et ouvrières intéressées, dans les industries ou les fabrications où cette organisation sera justifiée par des raisons techniques. — A la demande d'organisations patronales ou ouvrières de la profession, de la localité ou de la région, des arrêtés ministériels pourront, après consultation de toutes les organisations intéressées, et en se référant là où il en existe aux accords intervenus entre elles, autoriser, par dérogation aux régimes visés aux 1^o et 2^o du premier alinéa et à titre provisoire, un régime équivalent basé sur une autre période de temps à la condition que la durée du travail ne dépasse pas dix heures, ou remplacer le repos de l'après-midi du samedi par un repos d'une demi-journée un autre jour de la semaine. Ledit régime ne pourra être établi à titre définitif que par voie de règlement d'administration publique. — Si des organisations patronales ou ouvrières de la profession, dans une localité ou dans une région, demandent qu'il soit fixé un régime uniforme de répartition du travail pour tous les établissements de la profession dans la localité ou dans la région, il sera statué sur la demande, par décret portant règlement d'administration publique après consultation de toutes les organisations intéressées et en se référant aux accords intervenus entre elles s'il en existe.

ART. 3. — En cas d'interruption collective du travail résultant de causes accidentelles ou de force majeure (accidents survenus au matériel, interruption de force motrice, sinistres), une prolongation de la journée de travail pourra être pratiquée à titre de récupération des heures de travail perdues dans les conditions ci-après :

a) En cas d'interruption d'une journée au plus, la récupération pourra s'effectuer dans un délai maximum de quinze jours à dater du jour de la reprise du travail ; — b) En cas d'interruption d'une semaine au plus, la récupération pourra s'effectuer dans un délai maximum de cinquante jours à dater du jour de la reprise du travail ; — c) En cas d'interruption excédant une semaine, la récupération ne pourra s'effectuer au delà de la limite indiquée à l'alinéa précédent sans autorisation écrite de l'inspecteur départemental du travail, donnée après consultation des organisations patronales et ouvrières intéressées. — En cas d'interruption collective de travail un autre jour que celui du repos hebdomadaire, en raison des jours fériés légaux, inventaires, fêtes locales ou autres événements locaux,

la récupération des heures de travail perdues pourra être autorisée par l'inspecteur départemental du travail après consultation des organisations patronales et ouvrières intéressées. — Dans les ateliers et chantiers de constructions navales, et de constructions métalliques où les intempéries provoquent des chômages, la récupération des heures perdues pour cette cause pourra être autorisée par l'inspecteur départemental du travail après consultation des organisations patronales et ouvrières intéressées. — La récupération des heures de travail perdues par suite des mortes-saisons dans l'industrie de la construction et de la réparation des machines agricoles pourra être autorisée par l'inspecteur départemental du travail jusqu'à concurrence de cent heures par an, après consultation des organisations patronales et ouvrières intéressées. — La faculté de récupération prévue aux deux alinéas précédents pourra être étendue, à titre provisoire, par arrêtés ministériels, à d'autres industries soumises à des intempéries ou à des mortes-saisons, lorsqu'un accord sera intervenu à ce sujet entre les organisations patronales et ouvrières intéressées. Ledit régime ne pourra être établi à titre définitif que par voie de règlement d'administration publique. — L'augmentation exceptionnelle prévue à titre de récupération ne peut avoir en aucun cas pour effet de porter la durée journalière du travail à plus de dix heures. — Dans les établissements où le régime hebdomadaire de travail comporte un repos d'une demi-journée par semaine, soit le samedi, soit tout autre jour de la semaine, comme il est prévu au paragraphe 4 de l'art. 2, la récupération pourra se faire par suspension de ce repos d'une demi-journée. — Le chef d'établissement qui veut faire usage des facultés de récupération prévues dans le présent article doit, soit dans l'avis, soit dans la demande d'autorisation qu'il devra adresser à l'inspecteur départemental du travail, indiquer la nature, la cause et la date de l'interruption collective de travail, le nombre d'heures de travail perdues, les modifications qu'il se propose d'apporter temporairement à l'horaire en vue de récupérer les heures perdues ainsi que le nombre de personnes auxquelles s'applique cette modification.

ART. 4. — Dans chaque établissement ou partie d'établissement, les ouvriers et employés ne pourront être occupés que conformément aux indications d'un horaire précisant pour chaque journée et éventuellement pour chaque semaine, ou pour toute autre période de temps dans le cas d'application du paragraphe 3 de l'art. 2, la répartition des heures de travail. — Cet horaire, établi suivant l'heure légale, fixera les heures auxquelles commencera et finira chaque période de travail, et en dehors desquelles aucun ouvrier ou employé ne pourra être occupé, ainsi que la durée des repos. Le total des heures comprises dans les périodes de travail ne devra pas excéder les limites fixées

de repos pourront être prévues pour les catégories de travailleurs auxquelles s'appliquent des dérogations prévues par l'art. 5. — Cet horaire daté et signé par le chef d'entreprise ou sous la responsabilité de celui-ci par la personne à laquelle il aura délégué ses pouvoirs à cet effet sera affiché en caractères lisibles et apposé de façon apparente dans chacun des lieux de travail auxquels il s'applique. — Un double de l'horaire et des rectifications qui y seraient apportées éventuellement devra être préalablement adressé à l'Inspecteur départemental du travail. — En cas d'organisation du travail par équipes, la composition nominative de chaque équipe sera indiquée soit par un tableau affiché, soit par un registre spécial tenu constamment à jour et mis à la disposition du Service de l'Inspection du travail.

ART. 5. — La durée du travail effectif journalier peut, pour les travaux désignés au tableau ci-dessous et conformément à ses indications, être prolongée au delà des limites fixées pour le travail de l'ensemble de l'établissement :

1° Travail des ouvriers spécialement employés à la conduite des fours, fourneaux, étuves, sécheries, ou chaudières autres que les générateurs pour machines motrices, à la préparation des bains de décapage, au chauffage des cuves et bacs, sous la condition que ce travail ait un caractère purement préparatoire ou complémentaire et ne constitue pas un travail fondamental de l'établissement.

Travail des mécaniciens, des électriciens, des chauffeurs employés au service de la force motrice, de l'éclairage, du chauffage et du matériel de levage ;

2° Dans les fonderies de deuxième fusion, sous la condition que le travail ait, comme il est dit à l'alinéa précédent, un caractère purement préparatoire ou complémentaire :

a) Démoulage des pièces le soir de la coulée ou le lendemain matin, quand ce travail est indispensable pour libérer le matériel nécessaire à la reprise du moulage ou pour obtenir la réussite d'une pièce ;

b) Remoulage des pièces pour la coulée du jour quand techniquement il a été impossible de le faire la veille.

Une heure et demie au maximum.

Deux heures le lendemain de chaque journée de chômage.

Une heure au maximum.

3° Travail des ouvriers employés d'une façon courante ou exceptionnelle pendant l'arrêt de la production à l'entretien et au nettoyage des machines, fours, métiers et tous autres appareils que la connexité des travaux ne permettrait pas de mettre isolément au repos pendant la marche générale de l'établissement ;

4° Travail d'un chef d'équipe ou d'un ouvrier spécialiste dont la présence est indispensable à la marche d'un atelier ou au fonctionnement d'une équipe dans le cas d'absence inattendue de son remplaçant et en attendant l'arrivée d'un autre remplaçant ;

5° Travail d'un chef d'équipe ou d'un ouvrier spécialiste dont la présence est indispensable pour coordonner le travail de deux équipes qui se succèdent ;

6° Travail des ouvriers spécialement employés, soit au service des fours, soit au service du mouvement et de la traction, soit à d'autres travaux, quand le service ou les travaux doivent rester continus pendant plus d'une semaine ;

7° Travail des ouvriers spécialement employés soit à des opérations de métallurgie (1^{re} et 2^e fusions, forgeage, laminage des métaux et opérations connexes), soit à d'autres opérations qui, techniquement, ne peuvent être arrêtées à volonté lorsque les unes et les autres n'ont pu être terminées dans les délais réglementaires par suite de leur nature ou de circonstances exceptionnelles ;

8° Travail des ouvriers de deuxième fusion spécialement affectés au service de l'allumage des appareils de fusion les jours de coulée ;

9° Travail du personnel de maîtrise et des chefs d'équipe pour la préparation des travaux exécutés par l'établissement ;

10° Travail du personnel de maîtrise, des chefs d'équipe et des ouvriers affectés spécialement aux études, aux essais, à la

Une heure au maximum avec faculté de faire travailler ces ouvriers dix heures les jours de chômage normal de l'établissement et les veilles desdits jours.

Durée de l'absence du remplaçant.

Une demi-heure au maximum.

Faculté illimitée le jour où s'opère le décalage destiné à permettre l'alternance des équipes, cette alternance ne pouvant avoir lieu qu'à une semaine d'intervalle au moins.

Deux heures au maximum ; pour la métallurgie six heures la veille de tout jour de chômage.

Deux heures au maximum.

Deux heures au maximum.

Deux heures au maximum.

mise au point de nouveaux types et à la réception de tous appareils ;

11° Dans l'industrie de la soudure autogène, travail des ouvriers préposés au service des appareils à acétylène :

12° Travail du personnel occupé aux travaux de chargement et de déchargement des wagons ou bateaux dans le cas où la dérogation serait nécessaire et suffisante pour permettre l'achèvement desdits travaux dans les délais de rigueur.

13° Travail des surveillants, gardiens, personnel d'aérodromes, aiguilleurs, personnel occupé au service des chemins de fer dans les établissements ne travaillant pas de façon continue, conducteurs d'automobile, charretiers, livreurs, magasiniers, service d'incendie, basculeurs, préposés au pesage des wagons, camions et voitures.

Préposés au service médical et autres institutions créées en faveur des ouvriers et employés de l'établissement et de leurs familles ;

14° Pointeurs, garçons de bureau et agents similaires ;

15° Personnel affecté au nettoyage des locaux.

Une heure par jour.

Deux heures au maximum.

Quatre heures au maximum sans que l'usage de cette dérogation puisse avoir pour effet de réduire à moins de douze heures la durée du repos ininterrompu entre deux journées de travail.

Une heure au maximum.

Pour les spécialistes travaillant dans les usines à feu continu et appartenant aux catégories énumérées dans le décret du 31 août 1910, ainsi que pour le personnel des stations centrales, visées à l'avant-dernier alinéa de l'art. 1^{er} du présent décret, la durée hebdomadaire moyenne du travail sera de cinquante-six heures. — Les ouvriers spécialement affectés, dans les services énumérés audit décret du 31 août 1910, aux travaux d'entretien des appareils seront assimilés, pour l'application du présent décret, aux spécialistes de ces services. — Les dérogations énumérées dans le présent article sont applicables exclusivement aux hommes adultes, à l'exception de celles visées sous les n^{os} 4, 5, 9, 10, 13, 14 et 15 du premier alinéa qui sont applicables au personnel adulte de l'un et l'autre sexe.

ART. 6. — La durée du travail effectif peut être, à titre temporaire, prolongée au delà des limites fixées par l'art. 2 du présent décret, dans les conditions suivantes :

1° Travaux urgents dont l'exécution immédiate est nécessaire pour prévenir des accidents imminents, organiser des mesures de sauvetage ou réparer des accidents survenus soit au matériel, soit aux installations, soit aux bâtiments de l'établissement, soit aux navires en partance dans un délai de quarante-huit heures ;

2° Travaux exécutés dans l'intérêt de la sûreté et de la défense nationales ou d'un service public sur un ordre du Gouvernement constatant la nécessité de la dérogation ;

3° Travaux urgents auxquels l'établissement doit faire face (surcroît extraordinaire de travail).

Faculté illimitée pendant un jour au choix de l'industriel ; les jours suivants, deux heures au delà de la limite assignée au travail général de l'établissement.

Limite à fixer dans chaque cas de concert entre le Ministère du Travail et le Ministère qui ordonne les travaux

Maximum : cent heures par an.

Toutefois, l'Inspecteur départemental du travail pourra après consultation des organisations patronales et ouvrières intéressées, autoriser des heures supplémentaires dont le nombre total ne pourra excéder quarante par an, en compensation des heures perdues par suite de chômage collectif résultant de l'observation des fêtes locales ou autres événements locaux consacrés par l'usage.

Pour les années 1926 et 1927, les établissements de serrurerie, forge et charroinage ne comptant pas plus de cinq ouvriers et établis dans des communes comptant moins de 5.000 habitants bénéficieront, en outre, d'un crédit exceptionnel de cinquante heures supplémentaires.

En aucun cas, la durée du travail journalier ne pourra dépasser dix heures.

ART. 7. — Le bénéfice des dérogations permanentes est acquis de plein droit aux chefs d'établissement, sous réserve d'accomplissement des formalités prévues à l'art. 4 du présent décret. Tout chef d'établissement qui veut user des facultés prévues à l'art. 6 du présent décret sera tenu d'adresser préalablement à l'inspecteur départemental

tal du travail une déclaration datée spécifiant la nature et la cause de la dérogation, le nombre d'ouvriers (enfants, femmes, hommes) pour lesquels la durée du travail sera prolongée, les heures de travail et de repos prévues pour ces ouvriers, la durée évaluée en jours et en heures de la dérogation. — Le chef d'établissement doit, en outre, tenir à jour un tableau sur lequel seront inscrites, au fur et à mesure de l'envoi des avis à l'inspecteur du travail, les dates des jours où il sera fait usage des dérogations, avec indication de la durée de ces dérogations. Ce tableau sera affiché dans l'établissement, dans les conditions déterminées à l'art. 4 du présent décret au sujet de l'horaire, et il y restera apposé du 1^{er} janvier de l'année courante au 15 janvier de l'année suivante.

ART. 8. — Les heures de travail effectuées par application des dérogations prévues au 3^e de l'article 6 du présent décret sont considérées comme heures supplémentaires et payées conformément aux usages en vigueur pour les heures de travail effectuées en dehors de la durée normale.

ART. 9. — Les dispositions du présent règlement s'appliqueront à l'ensemble du territoire français et entreront en vigueur quinze jours après sa publication au *Journal officiel*.

REPOS HEBDOMADAIRE

(Extrait du livre II du Code du travail.)

ART. 40. — En cas de travaux urgents, dont l'exécution immédiate est nécessaire pour organiser des mesures de sauvetage, pour prévenir des accidents imminents ou réparer des accidents survenus au matériel, aux installations ou aux bâtiments de l'établissement, le repos hebdomadaire peut être suspendu pour le personnel nécessaire à l'exécution des travaux urgents. — Cette faculté de suspension s'applique non seulement aux ouvriers de l'entreprise où les travaux urgents sont nécessaires, mais aussi à ceux d'une autre entreprise faisant les réparations pour le compte de la première. Dans cette seconde entreprise, chaque ouvrier doit jouir d'un repos compensateur d'une durée égale au repos supprimé. Ces dérogations prévues par le présent article ne s'appliquent pas aux enfants de moins de dix-huit ans et aux filles mineures.

ART. 41. — Dans tout établissement qui a le repos hebdomadaire au même jour pour tout le personnel, ce repos peut être réduit à une demi-journée pour les personnes employées à la conduite des générateurs et des machines motrices, au graissage et à la visite des transmissions, au nettoyage des locaux industriels, magasins ou bu-

reaux ainsi que pour les gardiens et concierges. Cette dérogation n'est pas applicable aux enfants de moins de dix-huit ans et aux filles mineures.

ART. 47. — Les industries qui ont à répondre, à certains moments, à un surcroît extraordinaire de travail et qui ont fixé le repos hebdomadaire au même jour pour tout le personnel peuvent suspendre ce repos quinze fois par an ; mais l'employé ou l'ouvrier doit jouir au moins de deux jours de repos par mois.

ART. 52. — Les enfants, ouvriers ou apprentis âgés de moins de dix-huit ans et les femmes ne peuvent être employés dans les établissements qui nous concernent les jours de fête reconnus par la loi, même pour rangement d'atelier.

ART. 54. — Les enfants placés en apprentissage chez un fabricant, un chef d'atelier ou un ouvrier ne peuvent être tenus dans aucun cas, vis-à-vis de leur maître, à aucun travail de leur profession, les dimanches et jours de fêtes reconnues ou légales.

Repos par roulement.

Sont admis à donner le repos hebdomadaire par roulement dans les établissements industriels :

Le service de transport pour livraisons ;

Le service préventif contre l'incendie ;

Le service des soins aux chevaux et animaux de trait ;

Le service des travaux de désinfection ;

Les établissements qui, fonctionnant de jour et de nuit à l'aide d'équipes alternantes, auront suspendu pendant douze heures consécutives au moins chaque dimanche les travaux autres que ceux visés à l'art. 4 et à l'art. 5, paragraphe 1^{er} de la loi du 13 juillet 1906.

EMPLOI DES ENFANTS ET DES FEMMES

(Extrait du Décret du 21 mars 1914).

Il est interdit d'employer les enfants âgés de moins de dix-huit ans et les femmes au graissage, au nettoyage, à la visite ou à la réparation des machines ou mécanismes en marche.

Il est interdit d'employer les enfants âgés de moins de dix-huit ans et les femmes dans les locaux où se trouvent des machines actionnées à la main ou par un moteur mécanique, dont les parties dangereuses ne sont point couvertes de couvre-engrenages, garde-mains et autres organes protecteurs.

Les enfants âgés de moins de dix-huit ans ne peuvent faire tourner des appareils en sautillant sur une pédale. Ils ne peuvent également être employés à faire tourner des roues horizontales.

Ceux de moins de seize ans ne peuvent être :

Employés à actionner au moyen de pédales les métiers dits à la main ;

Employés au travail des cisailles et autres lames tranchantes mécaniques ;

Employés à tourner des roues verticales que pendant une durée d'une demi-journée de travail divisée par un repos d'une demi-heure au moins ;

Employés au service des robinets à vapeur.

Travaux interdits aux enfants âgés de moins de dix-huit ans et aux femmes.

Aiguillage et polissage des métaux.

Travaux autorisés sous certaines conditions aux enfants âgés de moins de dix-huit ans et aux femmes.

Enfants âgés de moins de dix-huit ans. — Cuivre (trituration des composés du).

Enfants âgés de moins de dix-huit ans et les femmes. — Cuivre (dérochage du) par les acides ; — Email (application de l') sur les métaux ; — Emaux (fabrication d') avec fours non fumivores ; — fer (dérochage du) ; — fer (galvanisation du).

Pour que ces travaux soient autorisés, il faut que les poussières et les vapeurs ne se dégagent pas librement dans les ateliers.

Limite des charges qui peuvent être portées, trainées ou poussées par les enfants et les femmes. (*Extrait du Décret du 28 décembre 1909.*)

1° Port des fardeaux.

Garçons ou hommes :

Au-dessous de 14 ans.....	10 kilogrammes
De 14 ou 15 ans.....	15 —
De 16 ou 17 ans.....	20 —

Filles ou femmes :

Au-dessous de 14 ans.....	5 —
De 14 ou 15 ans.....	8 —
De 16 ou 17 ans.....	10 —
De 18 ans et au-dessus.....	25 —

2° Transport par wagonnets circulant sur voie ferrée.

Garçons ou hommes :

Au-dessous de 14 ans.....	300 kilogrammes (véhicule compris)
De 14, 15, 16 ou 17 ans.....	500 — —

Filles ou femmes :

Au-dessous de 16 ans.....	150 — —
De 16 ou 17 ans.....	300 — —
De 18 ans et au-dessus.....	600 — —

3° *Transport sur brouettes.*

Garçons ou hommes :	
De 14, 15, 16 ou 17 ans.....	40 kilogrammes (véhicule compris)
Filles ou femmes :	
De 18 ans et au-dessus	40 — —

4° *Transport sur véhicules à 3 ou 4 roues, dits « placières, pousseuses, pousse-à-main », etc.*

Garçons ou hommes :	
Au-dessous de 14 ans.....	35 kilogrammes (véhicule compris)
De 14, 15, 16 ou 17 ans.....	60 — —
Filles ou femmes :	
Au-dessous de 16 ans.....	35 — —
De 16 ans et au-dessus.....	60 — —

5° *Transport sur charrettes à bras à 2 roues, dites « haquets, brancards, charretons, voitures à bras », etc.*

Garçons ou hommes :	
De 14, 15 16 ou 17 ans.....	130 kilogrammes (véhicule compris)
Filles ou femmes :	
De 18 ans et au-dessus.....	30 — —

6° *Transport sur tricycles porteurs à pédales.*

Garçons ou hommes :	
De 14 ou 15 ans.....	50 kilogrammes (véhicule compris)
De 16 à 17 ans.....	75 — —

Il est interdit de faire porter, pousser ou traîner une charge quelconque par des femmes dans les trois semaines qui suivent leurs couches. L'interdiction ne s'applique que lorsque l'intéressée a fait connaître au chef de l'établissement la date de ses couches.

Le transport sur brouettes et sur charrettes à bras à deux roues est interdit aux garçons de moins de quatorze ans ainsi qu'aux filles et femmes de moins de dix-huit ans.

Le transport sur tricycles porteur à pédales est interdit aux garçons de moins de quatorze ans et aux femmes de tout âge.

HYGIÈNE ET SÉCURITÉ DES TRAVAILLEURS

(Extrait du décret du 10 juillet 1912).

ART. 1^{er}. — Les emplacements affectés au travail dans les établissements visés par l'art. 1^{er} de la loi du 12 juin 1893, modifiée par la loi du 14 juillet 1903, seront tenus en un état constant de propreté — Le sol sera nettoyé à fond au moins une fois par jour avant l'ouverture

ou après la clôture du travail, mais jamais pendant le travail. — Ce nettoyage sera fait soit par un lavage, soit à l'aide de brosses ou de linges humides si les conditions de l'exploitation ou de la nature du revêtement du sol s'opposent au lavage. Les murs et les plafonds seront l'objet de fréquents nettoyages; les enduits seront refaits toutes les fois qu'il sera nécessaire.

ART. 3. — L'atmosphère des ateliers et de tous les autres locaux affectés au travail sera tenue constamment à l'abri de toute émanation provenant d'égouts, fosses, puisards, fosses d'aisances ou de toute autre source d'infection. — Dans les établissements qui déverseront les eaux résiduaires ou de lavage dans un égout public ou privé, toute communication entre l'égout et l'établissement sera munie d'un intercepteur hydraulique fréquemment nettoyé et abondamment lavé au moins une fois par jour. — Les éviers seront formés de matériaux imperméables et bien joints; ils présenteront une pente dans la direction du tuyau d'écoulement et seront aménagés de façon à ne dégager aucune odeur. Les travaux dans les puits, conduites de gaz, canaux de fumée, fosses d'aisances, cuves ou appareils quelconques pouvant contenir des gaz délétères ne seront entrepris qu'après que l'atmosphère aura été assainie par une ventilation efficace. Les ouvriers appelés à travailler dans ces conditions seront attachés par une ceinture de sûreté.

ART. 5. — Les locaux fermés affectés au travail ne seront jamais encombrés. Le cube d'air par personne employée ne pourra être inférieur à 7 mètres cubes. Pendant un délai de trois ans, à dater de la promulgation du présent décret, ce cube pourra n'être que de 5 mètres. — Le cube d'air sera de 10 mètres au moins par personne employée dans les laboratoires, cuisines, chais; il en sera de même dans les magasins, boutiques et bureaux ouverts au public. — Un avis affiché dans chaque local de travail indiquera sa capacité en mètres cubes. — Les locaux fermés affectés au travail seront largement aérés et, en hiver, convenablement chauffés. — Ils seront munis de fenêtres ou autres ouvertures à châssis mobiles donnant directement sur le dehors. L'aération sera suffisante pour empêcher une élévation exagérée de température. Ces locaux, leurs dépendances et notamment les passages et escaliers seront convenablement éclairés. — Les gardiens de chantiers devront disposer d'un abri et, pendant l'hiver, de moyens de chauffage.

ART. 6. — Les poussières ainsi que les gaz incommodes, insalubres ou toxiques seront évacués directement au dehors des locaux de travail au fur et à mesure de leur production. — Pour les buées, vapeurs, gaz, poussières légères, il sera installé des hottes avec cheminées d'appel ou tout autre appareil d'élimination efficace. — Pour les poussières déterminées par les meules, les batteurs, les broyeurs et tous autres appareils mécaniques, il sera installé, autour des appa-

reils, des tambours en communication avec une ventilation aspirante énergique. — Pour les gaz lourds, tels que les vapeurs de mercure, de sulfure de carbone, la ventilation aura lieu *per descensum*; les tables ou appareils de travail seront mis en communication directe avec le ventilateur. — La pulvérisation des matières irritantes et toxiques ou autres opérations telles que le tamisage et l'embarillage de ces matières se feront mécaniquement en appareils clos. — L'air des ateliers sera renouvelé de façon à rester dans l'état de pureté nécessaire à la santé des ouvriers.

ART. 7. — Pour les industries désignées par arrêté ministériel, après avis du Comité consultatif des arts et manufactures, les vapeurs, les gaz incommodes et insalubres et les poussières seront condensés ou détruits.

ART. 9. — Pendant les interruptions de travail, l'air des locaux sera entièrement renouvelé.

ART. 10. — Les moteurs à vapeur, à gaz, les moteurs électriques, les roues hydrauliques, les turbines, ne seront accessibles qu'aux ouvriers affectés à leur surveillance. Ils seront isolés par des cloisons ou barrières de protection. — Les passages entre les machines, mécanismes, outils mus par ces moteurs auront une largeur d'au moins 80 centimètres : le sol des intervalles sera nivelé. — Les escaliers seront solides et munis de fortes rampes.

ART. 11. — Les monte-charges, ascenseurs, élévateurs seront guidés et disposés de manière que la voie de la cage du monte-charge et des contrepoids soit fermée; que la fermeture du puits à l'entrée des divers étages ou galeries s'effectue automatiquement; que rien ne puisse tomber du monte-charge dans le puits. — Pour les monte-charges destinés à transporter le personnel, la charge devra être calculée au tiers de la charge admise pour le transport des marchandises, et les monte-charges seront pourvus de freins, chapeaux, parachutes ou autres appareils préservateurs. — Les appareils de levage porteront l'indication du maximum de poids qu'ils peuvent soulever.

ART. 12. — Toutes les pièces saillantes mobiles et autres parties dangereuses des machines, et notamment les bielles, roues, volants, les courroies et câbles, les engrenages, les cylindres et cônes de friction ou tous autres organes de transmission qui seraient reconnus dangereux seront munis de dispositifs protecteurs, tels que gaines et chéneaux de bois ou de fer, tambours pour les courroies et les bielles, ou de couvre-engrenages, garde-mains, grillages. — Les machines-outils à instruments tranchants, tournant à grande vitesse, telles que machines à scier, fraiser, raboter, découper, hacher, les cisailles, coupe-chiffons et autres engins semblables seront disposés de telle sorte que les ouvriers ne puissent, de leur poste de travail, toucher involontairement les instruments tranchants. — Sauf le cas d'arrêt du moteur, le maniement des courroies sera toujours fait par le moyen de systèmes

tels que monte-courroie, porte-courroie, évitant l'emploi direct de la main. — On devra prendre autant que possible des dispositions telles qu'aucun ouvrier ne soit habituellement occupé à un travail quelconque dans le plan de rotation ou aux abords immédiats d'un volant, d'une meule ou de tout autre engin pesant et tournant à grande vitesse. — Toute meule tournant à grande vitesse devra être montée ou enveloppée de telle sorte qu'en cas de rupture, ses fragments soient retenus, soit par les organes de montage, soit par l'enveloppe. — Une inscription très apparente, placée auprès des volants, des meules et de tout autre engin pesant et tournant à grande vitesse, indiquera le nombre de tours par minute qui ne doit pas être dépassé.

Art. 13. — La mise en train et l'arrêt des machines devront être toujours précédés d'un signal convenu.

Art. 14. — L'appareil d'arrêt des machines motrices sera toujours placé sous la main des conducteurs qui dirigent ces machines, et en dehors de la zone dangereuse. — Les contremaîtres ou chefs d'atelier, les conducteurs de machines-outils, métiers, etc., auront à leur portée le moyen de demander l'arrêt des moteurs. — Chaque machine-outil, métier, etc., sera en outre installé et entretenu de manière à pouvoir être isolé par son conducteur de la commande qui l'actionne.

Art. 15. — Des dispositifs de sûreté devront être installés dans la mesure du possible pour le nettoyage et le graissage des transmissions et mécanismes en marche. — En cas de réparation d'un organe mécanique quelconque, son arrêt devra être assuré par un calage convenable de l'embrayage ou du volant; il en sera de même pour les opérations de nettoyage qui exigent l'arrêt des organes mécaniques.

Art. 16. — § a (*Sorties*). — Les portes des ateliers bureaux et magasins de dépôt, où séjournent plus de dix employés ou ouvriers et, quelle que soit l'importance du personnel, les portes des ateliers, magasins, bureaux où sont manipulées des matières inflammables, celles des magasins de vente, doivent s'ouvrir de dedans en dehors, soit qu'elles assurent la sortie sur les cours, vestibules, couloirs, escaliers et autres dégagements intérieurs, soit qu'elles donnent accès à l'extérieur. Dans ce dernier cas, la mesure n'est obligatoire que lorsqu'elle est jugée indispensable à la sécurité. En cas de différend entre les chefs d'établissement et l'inspection du travail, il est statué par décision du Ministre du Travail. — Si les portes s'ouvrent sur un couloir ou un escalier, elles doivent être disposées de façon qu'une fois développées, elles ne soient en saillie sur ce dégagement que de leur épaisseur même. — Les sorties doivent être assez nombreuses pour permettre l'évacuation rapide de l'établissement, elles doivent être toujours libres et n'être jamais encombrées de marchandises, de matières en dépôts, ni d'objets quelconques. — Dans les établissements importants, des inscriptions bien visibles doivent indiquer le chemin vers la sortie la plus rapprochée. En outre, s'ils sont éclairés à la lumière électrique,

ils doivent comporter, en même temps, un éclairage de secours. — Dans les ateliers, magasins ou bureaux où sont manipulées des matières inflammables, aucun poste habituel de travail ne doit se trouver à plus de 10 mètres d'une sortie. Les portes de sortie qui ne servent pas habituellement de passages doivent, pendant les périodes de travail, pouvoir s'ouvrir très facilement de l'intérieur et être signalées par la mention « sortie de secours » inscrite en caractères bien visibles. — Dans les ateliers, magasins ou bureaux où sont manipulées des matières inflammables, si les fenêtres sont munies de grilles ou grillages, ces grilles ou grillages doivent pouvoir s'ouvrir très facilement de l'intérieur.

ART. 16. — § b (*Escaliers*). — Les escaliers desservant les locaux de travail sont construits en matériaux incombustibles, soit en bois hourdé de plâtre sur 3 centimètres au moins d'épaisseur, ou protégés par un revêtement d'une efficacité équivalente. — Le nombre de ces escaliers est calculé de manière que l'évacuation de tous les étages d'un corps de bâtiment contenant des ateliers puisse se faire immédiatement. — Tout escalier pouvant servir à assurer la sortie simultanée de vingt personnes au plus doit avoir une largeur minimum de 1 mètre ; cette largeur doit s'accroître de 15 centimètres pour chaque nouveau groupe du personnel employé, variant d'une à cinquante unités. — Une décision du Ministre du travail et de la prévoyance sociale, prise après avis du Comité consultatif des Arts et Manufactures, peut toujours, si la sécurité l'exige, prescrire un nombre minimum de deux escaliers. — La largeur minimum des passages ménagés à l'intérieur des pièces et celle des couloirs conduisant aux escaliers doivent être déterminées d'après la règle établie ci-dessus pour les escaliers. — Ces passages et ces couloirs doivent être libres de tout encombrement de meubles, sièges, marchandises ou matériel.

ART. 17. — § a (*Eclairage et chauffage*). — Il est interdit d'employer, pour l'éclairage et le chauffage, aucun liquide émettant, au-dessous de 35°, des vapeurs inflammables, à moins que l'appareil contenant le liquide ne soit solidement fixé pendant le travail : la partie de cet appareil contenant le liquide doit être étanche, de manière à éviter tout suintement du liquide. Aux heures de présence du personnel, le remplissage des appareils d'éclairage ainsi que des appareils de chauffage à combustible liquide, soit dans les locaux de travail, soit dans les passages ou escaliers servant à la circulation, ne peut se faire qu'à la lumière du jour et à la condition qu'aucun foyer n'y soit allumé. — Les tuyaux de conduite amenant le gaz aux appareils d'éclairage et de chauffage doivent être soit en métal, soit enveloppés de métal, soit protégés efficacement par une matière incombustible. — Les flammes des appareils d'éclairage ou des appareils de chauffage portatifs devront être distantes de toute partie combustible de la construction, du mobilier ou des marchandises en dépôt d'au moins 1 mètre verti-

calement et d'au moins 30 centimètres latéralement; des distances moindres pourront être tolérées en cas de nécessité en ce qui concerne les murs et plafonds, moyennant l'interposition d'un écran incombustible qui ne doit pas toucher la paroi à protéger. — Les appareils d'éclairage portatifs doivent avoir un support stable et solide. — Les appareils d'éclairage fixes ou portatifs doivent, si la nécessité en est reconnue, être pourvus d'un verre, d'un globe, d'un réseau de toile métallique ou de tout autre dispositif propre à empêcher la flamme d'entrer en contact avec des matières inflammables. — Tous les liquides inflammables, ainsi que les chiffons et cotons imprégnés de ces substances ou de substances grasses, doivent être enfermés dans des récipients métalliques, clos et étanches. — Ces récipients, ainsi que les gazomètres et les récipients pour l'huile, les essences et le pétrole lampant, doivent être placés dans des locaux séparés et jamais au voisinage des passages ou des escaliers. — Dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques, les chefs d'établissement doivent, en outre, se conformer à toutes les prescriptions qui sont ou pourront être édictées par application de l'art. 3 (1) de la loi du 12 juin 1893, modifiée par la loi du 11 juillet 1903, pour la sécurité dans les établissements visés par le présent alinéa.

§ b (*Consignes pour le cas d'incendie*). — Les chefs d'établissement doivent prendre les précautions nécessaires pour que tout commencement d'incendie puisse être rapidement et efficacement combattu, dans l'intérêt du sauvetage du personnel. — Une consigne affichée dans chaque local de travail indique le matériel d'extinction et de sauvetage qui doit s'y trouver et les manœuvres à exécuter en cas d'incendie, avec le nom des personnes désignées pour y prendre part. — La consigne doit prescrire des visites et essais périodiques destinés à constater que le matériel est en bon état et que le personnel est préparé à en faire usage. — Cette consigne sera communiquée à l'inspecteur du travail : le chef d'établissement veillera à son exécution.

ART. 18. — Les ouvriers et ouvrières qui ont à se tenir près des machines doivent porter des vêtements ajustés et non flottants.

(1) Article codifié dans l'art. 67 du livre II du Code du travail.

PARTIE COMMERCIALE

Liste, par spécialités, des principaux fournisseurs
de la Mécanique (Voir les annonces aux pages indiquées).

Pages.

Accessoires pour chaudières et machines à vapeur.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65..... 7

Aciers bruts et ouvrés.

LA BRUGEOISE ET NICAISE ET DELCUVE, à Saint-Michel-lez-Bruges (Belgique)..... 6

Affûteuses.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffenstaden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e). 12

Aléseuses.

LIVET (E.), 30, rue Ramus, Paris-XX^e..... 9

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffenstaden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e). 12

Appareils enregistreurs.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65..... 7

Appareillage électrique.

CHEVENIER (L.), à Saint-Symphorien-de-Lay (Loire) 10

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e)..... 12

Appareils de levage et de manutention.

ANCIENNE MAISON GALLE. — R. BENOIT, 84, rue Oberkampf, Paris-XI ^e	3
CHEVENIER (L.), à Saint-Symphorien-de-Lay (Loire).....	10
MARCEL SEBIN ET C ^{ie} , chaînes, 79, rue d'Angoulême, Paris-XI ^e ..	garde I
SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des Champs-Élysées, Paris-VIII ^e	couvert. 2

Appareils enregistreurs.

ÉTABLISSEMENTS IZART, à Sannois (Seine-et-Oise).....	garde IV
MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII ^e	catalogue LXIV

Appareils de mesures.

MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII ^e	catalogue LXIV
---	----------------

Assurances

LA PARTICIPATION, 10, rue de Londres, Paris-IX ^e	10
---	----

Baguette à braser.

SOCIÉTÉ DES PLAQUES ET POUDRES A SOUDER J. LAFFITE, 102, avenue Parmentier, Paris-XI ^e	garde II
--	----------

Barreaux de grille.

ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, Faubourg Poissonnière, Paris-x ^e	2
--	---

Bascules.

MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII ^e	catalogue LXIV
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffen- taden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e). ..	12

Bâtiments industriels.

BÉTONS ARMÉS HENNEBIQUE, 1, rue Danton, Paris-VI ^e	7
DOUCE ET MOULIN, 64, rue Petit, Paris-XIX ^e	1

Billes en acier.

C. A. M. COMPAGNIE D'APPLICATIONS MÉCANIQUES, 15, avenue de la Grande-Armée, Paris-XVI ^e	carton 2
--	----------

SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des
Champs-Élysées, Paris-VIII^e..... couvert. 2

Boulons et écrous.

ATELIERS V^e L. PACCARD, 182, boulevard de la Villette, Paris-XIX^e. 8

Brasures.

SOCIÉTÉ DES PLAQUES ET POUDRES A SOUDER J. LAFFITE, 102, avenue
Parmentier, Paris-XI^e..... garde II

Butées.

SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des
Champs-Élysées, Paris-VIII^e..... couvert. 2

Calibres de précision.

MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII^e catalogue LXIV

Camions automobiles.

C. A. M. COMPAGNIE D'APPLICATIONS MÉCANIQUES, 15, avenue de la
Grande-Armée, Paris-XVI^e..... carton 2

MARCEL SEBIN ET C^{ie}, chaînes, 79, rue d'Angoulême, Paris-XI^e.. garde I

SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des
Champs-Élysées, Paris-VIII^e..... couvert. 2

Chaînes

ANCIENNE MAISON GALLE. — R. BENOIT, 84, rue Oberkampf,
Paris-XI^e..... 3

MARCEL SEBIN ET C^{ie}, chaînes, 79, rue d'Angoulême, Paris-XI^e.. garde I

SOCIÉTÉ ANONYME DE LA CHAÎNE CABLÉE, 179, boulevard Péreire,
Paris-XVII^e..... carton 1

Changements de vitesse.

SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des
Champs-Élysées, Paris-VIII^e..... couvert. 2

Chaudières à vapeur.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort
(Territoire de) et Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris,
32, rue de l'IRIS - LILLIAD - Université-Lille 1..... 12

- SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65..... 7

Chaudronnerie.

- SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65..... 7

Chauffage industriel.

- ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, Faubourg Poissonnière, Paris-X^e..... 2
 GODILLOT (Georges-Alexis), 2, rue Blanche, Paris-IX^e..... 3
 SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e)..... 12

Cheminées d'usines.

- BÉTONS ARMÉS HENNEBIQUE, 1, rue Denton, Paris-VI^e 7

Chemins de fer portatifs et leurs accessoires

- SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des Champs-Élysées, Paris-VIII^e..... couvert. 2

Compresseurs.

- SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e)..... 12
 SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES DE STAINS (Seine)..... 8
 SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des Champs-Élysées, Paris-VIII^e..... couvert. 2

Compteurs d'eau pour chaudières.

- SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65..... 7

Compteurs d'eau, de charbon, etc.

- ÉTABLISSEMENTS IZART, à Sannois (Seine-et-Oise)..... garde IV

Compteurs de tours.

- MORIN (H.), 11, rue de Valenciennes, Paris-IX^e..... catalogue LXIV

Pages.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65 7

Compteurs de vapeur.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65 7

Condenseurs.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de) et Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e)..... 12

Conduites pour chutes d'eau.

BÉTONS ARMÉS HENNEBIQUE, 1, rue Danton, Paris-VI^e..... 7
ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, Faubourg Poissonnière, Paris-X^e..... 2

Contrôle des usines.

ÉTABLISSEMENTS IZART, à Sannois (Seine-et-Oise)..... garde IV

Controleurs de rondes.

MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII^e catalogue LXIV
SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65 7

Courroies.

CHEVENIER (L.), à Saint-Symphorien-de-Lay (Loire) 10

Cris.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffenstaden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e). 12

Décolletage.

ATELIERS V^o L. PACCARD, 182, boulevard de la Villette, Paris-XIX^e 8

Deshuileurs de vapeur.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65 7

Détendeurs de vapeur.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI ^e . — Tél. Roquette 56-65.	7
--	---

Dynamos.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e).	12
---	----

Éclairage.

DIDIER DES GACHONS, 33, rue du Départ, Paris-XIV ^e	4
--	---

Écoles industrielles.

DOUCE ET MOULIN, 64, rue Petit, Paris-XIX ^e	1
ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL ET DE NAVIGATION, 152, avenue Wagram, Paris-XVII ^e	couvert. 1
MARCEL SEBIN ET C ^{ie} , chaînes, 79, rue d'Angoulême, Paris-XI ^e . ..	garde 1

Épurateurs d'huile.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI ^e . — Tél. Roquette 56-65.	7
--	---

Étirage.

MARCEL SEBIN ET C ^{ie} , chaînes, 79, rue d'Angoulême, Paris-XI ^e . ..	garde 1
--	---------

Fabrique de ressorts.

LA BRUGEOISE ET NICAISE ET DELCUVE, à Saint-Michel-lez-Bruges (Belgique).	6
--	---

Fillères.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffenstaden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e). ..	12
--	----

Fonderies d'acier.

LA BRUGEOISE ET NICAISE ET DELCUVE, à Saint-Michel-lez-Bruges (Belgique). ..	6
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1	1

Fonderies de fer.

ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, Faubourg Poissonnière, Paris-IX ^e	2
LA BRUGEOISE ET NICAISE ET DELCUVE, à Saint-Michel-lez-Bruges (Belgique).....	6

Fours.

GODILLOT (Georges-Alexis), 2, rue Blanche, Paris-IX ^e	3
--	---

Fournitures générales pour usines.

CHEVENIER (L.), à Saint-Symphorien-de-Lay (Loire)	10
MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII ^e	catalogue LXIV

Foyers.

GODILLOT (Georges-Alexis), 2, rue Blanche, Paris-IX ^e	3
--	---

Fraises.

LIVET (E.), 30, rue Ramus, Paris-XX ^e	9
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffen- taden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e).	12

Fraiseuses.

JACQUOT ET TAVERDON, 54, rue Regnault, Paris-XIII ^e	4
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffen- taden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e).	12
SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des Champs-Élysées, Paris-VIII ^e	couvert. 2

Graisseurs.

ATELIERS V ^e L. PACCARD, 182, boulevard de la Villette, Paris-XIX ^e	8
---	---

Grilles de foyer.

ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, Faubourg Poissonnière, Paris-X ^e	2
GODILLOT (Georges-Alexis), 2, rue Blanche, Paris-IX ^e	3

Grues.

SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des
Champs-Élysées, Paris-VIII^e couvert. 2

Indicateurs de niveau.

MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII^e catalogue LXIV
SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Ri-
chard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65 7

Indicateurs de tirage.

MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII^e catalogue LXIV
SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Ri-
chard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65 7

Ingénieurs.

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL ET DE NAVIGATION, 152, avenue Wagram,
Paris-XVII^e couvert. 1

Ingénieurs-conseils.

BÉTONS ARMÉS HENNEBIQUE, 1, rue Danton, Paris-VI^e 7

Injecteurs et Éjecteurs.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Ri-
chard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65 7

Installations d'ateliers.

BÉTONS ARMÉS HENNEBIQUE, 1, rue Danton, Paris-VI^e 7
DOUCE ET MOULIN, 64, rue Petit, Paris-XIX^e 1
MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII^e catalogue LXIV

Instruments de dessin.

DARNAY (F.), 1, rue Coypel, Paris-XIII^e garde 1
MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII^e catalogue LXIV

Lampes ajustables.

DIDIER DES GACHONS, 33, rue du Départ, Paris-XIV^e 4

Laminoirs.

ÉTABLISSEMENTS DELATTRE ET FROUARD RÉUNIS. — SOCIÉTÉ ANO-
NYME. — 39, rue de la Bienfaisance, Paris-VIII^e. — Tel. Wagram
37-16 et 37-17 5

Limes.

JACQUOT ET TAVERDON, 54, rue Regnault, Paris-XIII ^e	4
--	---

Locomobiles.

SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des Champs-Élysées, Paris-VIII ^e	couvert. 2
--	------------

Machines à essayer les métaux.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffens-taden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e)..	12
---	----

Machines à meuler

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffens-taden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e)..	12
---	----

Machines-outils diverses.

JACQUOT ET TAVERDON, 54, rue Regnault, Paris-XIII ^e	4
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffens-taden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e)..	12
SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des Champs-Élysées, Paris-VIII ^e	couvert. 2

Machines à tarauder.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffensta-den (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e)..	12
---	----

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).....	12
SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Ri-chard-Lenoir, Paris-XI ^e . — Tél. Roquette 56-65.....	7

Manomètres.

MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII ^e	catalogue LXIV
SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Ri-chard-Lenoir, Paris-XI ^e . — Tél. Roquette 56-65.....	7

Matériel électrique.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e)..... 12

Mèches à métaux.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffens-taden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e). 12

Meubles à plans.

DARNAY (F.), 1, rue Coypel, Paris-XIII^e..... garde 1

Modeleurs-mécaniciens.

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL ET DE NAVIGATION, 152, avenue Wagram, Paris-XVII^e.. couvert. 1

Mortaiseuses.

JACQUOT ET TAVERDON, 54, rue Regnault, Paris-XIII^e..... 4

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graf-fenstaden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne 12

Moteurs électriques.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e)... 12

Moteurs à gaz.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de) et Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e)..... 12

Niveaux d'eau.

MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII^e catalogue LXIV

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Ri-chard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65..... 7

Outillage.

JACQUOT ET TAVERDON, 54, rue Regnault, Paris-XIII^e..... 4

MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII^e catalogue LXIV

Palans.

ANCIENNE MAISON GALLE. — R. BENOIT, 84, rue Oberkampf, Paris-XI^e..... 3

CHEVENIER (L.), à Saint-Symphorien-de-Lay (Loire) 10

Pâte à braser.

SOCIÉTÉ DES PLAQUES ET POUDRES A SOUDER J. LAFFITTE, 102, avenue Parmentier, Paris-XI^e..... garde II

Perceuses.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffenstaden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e). 12

Pièces de forges.

ÉTABLISSEMENTS DELATTRE ET FROUARD RÉUNIS. — SOCIÉTÉ ANONYME. — 39, rue de la Bienfaisance, Paris-VIII^e. — Tél. Wagram 37-16 et 37-17..... 5

LA BRUGEOISE ET NICAISE ET DELCUVE, à Saint-Michel-lez-Bruges (Belgique)..... 6

Plaques et poudres à braser.

SOCIÉTÉ DES PLAQUES ET POUDRES A SOUDER J. LAFFITTE, 102, avenue Parmentier, Paris-XI^e..... garde II

Plaques et poudres à souder.

SOCIÉTÉ DES PLAQUES ET POUDRES A SOUDER J. LAFFITTE, 102, avenue Parmentier, Paris-XI^e..... garde I

Pompes à vide.

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES DE STAINS (Seine)..... 8

Ponts roulants.

ANCIENNE MAISON GALLE. — R. BENOIT, 84, rue Oberkampf, Paris-XI^e..... 3

LA BRUGEOISE ET NICAISE ET DELCUVE, à Saint-Michel-lez-Bruges (Belgique)..... 6

SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des Champs-Élysées, Paris-VIII^e..... couvert. 2

Poudres à tremper.

SOCIÉTÉ DES PLAQUES ET POUDRES A SOUDER J. LAFFITTE, 102, av. Parmentier, Paris-XI^e..... garde II

Protecteurs de niveaux.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65..... 7

Pulsmètres.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65 7

Pyromètres.

MGRIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII^e catalogue LXIV
 SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65 7

Raboteuses.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffenstaden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e) 12

Réducteurs de vitesse.

SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des Champs-Élysées, Paris-VIII^e couvert. 2

Règles à calcul.

MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII^e catalogue LXIV

Régulateurs de machines à vapeur.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65 7

Réservoirs d'eau.

BÉTONS ARMÉS HENNEBIQUE, 1, rue Danton, Paris-VI^e 7

Robinetterie.

ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, Faubourg Poissonnière, Paris-X^e 2
 SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65 7

Roulements à billes.

C. A. M. COMPAGNIE D'APPLICATIONS MÉCANIQUES, 15, avenue de la Grande-Armée, Paris-XVI^e carton 2
 SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des Champs-Élysées, Paris-VIII^e couvert. 2

Soudure pour aluminium.

SOCIÉTÉ DES PLAQUES ET POUDRES A SOUDER J. LAFFITTE, 102, avenue Parmentier, Paris-XI^e..... garde II

Souffleurs sous grilles.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65..... 7

Soupapes de sûreté.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE SCHAEFFER ET BUDENBERG, 126, boulevard Richard-Lenoir, Paris-XI^e. — Tél. Roquette 56-65..... 7

Surchauffeurs de vapeur.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de) et Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e)..... 12

Tarauds.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffenstaden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e). 12

Thermomètres.

MORIN (H.), 11, rue Dulong, Paris-XVII^e catalogue LXIV

Tôles.

ÉTABLISSEMENTS DELATTE ET FROUARD RÉUNIS. — SOCIÉTÉ ANONYME. — 39, rue de la Bienfaisance, Paris-VIII^e. — Tél. Wagram 37-16 et 37-17..... 5

Tours.

CAZENEUVE, 9, rue de Clichy, Paris-IX^e..... 11
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffenstaden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII^e). 12

Transporteurs.

ANCIENNE MAISON GALLE. — R. BENOIT, 84, rue Oberkampf, Paris-XI^e..... 3

Treuil.

SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des Champs-Élysées, Paris-VIII^e..... couvert. 2

Tubes et tuyaux.

ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, Faubourg Poissonnière, Paris-X ^e	2
---	---

 Turbines à vapeur.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Belfort (Territoire de) et Mulhouse (Haut-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e)	12
---	----

 Usines (installations d').

BÉTONS ARMÉS HENNEBIQUE, 1, rue Danton, Paris-VI ^e	7
---	---

 Ventilateurs.

SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des Champs-Élysées, Paris-VIII ^e	couvert. 2
--	------------

 Vérins.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, à Graffenstaden (Bas-Rhin). — Maison à Paris, 32, rue de Lisbonne (VIII ^e).	12
---	----

 Vils.

ATELIERS V ^o L. PACCARD, 182, boulevard de la Villette, Paris-XIX ^e	8
---	---

 Voitures automobiles.

C. A. M. COMPAGNIE D'APPLICATIONS MÉCANIQUES, 15, avenue de la Grande-Armée, Paris-XVI ^e	carton 2
SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des Champs-Élysées, Paris-VIII ^e	couvert. 2

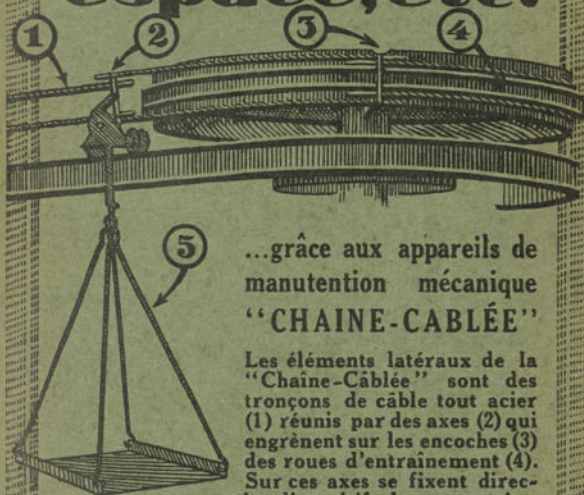
 Volants.

ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES A. DURENNE, 26, Faubourg Poissonnière, Paris-X ^e	2
---	---

 Wagons et wagnonets.

LA BRUGEOISE ET NICAISE ET DELCUVE, à Saint-Michel-lez-Bruges (Belgique)	6
C. A. M. COMPAGNIE D'APPLICATIONS MÉCANIQUES, 15, avenue de la Grande-Armée, Paris-XVI ^e	carton 2
SOCIÉTÉ DES ROULEMENTS A BILLES S. K. F., 40, avenue des Champs-Élysées, Paris-VIII ^e	couvert. 2

Economie de temps, main d'œuvre, force motrice, espace, etc.



...grâce aux appareils de
manutention mécanique
"CHAÎNE-CABLÉE"

Les éléments latéraux de la
"Chaîne-Cablée" sont des
tronçons de câble tout acier
(1) réunis par des axes (2) qui
engrènent sur les encoches (3)
des roues d'entraînement (4).

Sur ces axes se fixent direc-
tement les dispositifs de sustentation
ou de portage (5). Toutes les industries
utilisent la "Chaîne-Cablée" : automobiles,
cycle, fonderie, biscuiterie, alimentation, etc...

Demandez projets et devis d'organisation de manutention mécanique et de travail à la chaîne à la

SOCIÉTÉ ANONYME DE LA

CHAÎNE CABLÉE

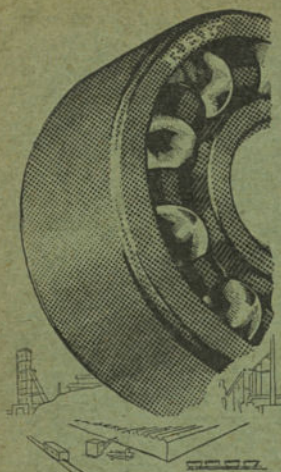
179, Boulevard Péreire PARIS (17^e)

3831

Téléph. : Wagram 71-93

 Dam

« Le CAM n'impose pas de fabrication. »



Pour tout ce qui tourne,

(machines pour le travail du bois, des métaux, de la pierre; pompes, ventilateurs, essoreuses; broyeurs, pulvérisateurs, concasseurs, désagrégateurs; appareils de levage et de manutention mécanique; matériel de mines et de la métallurgie; matériel textile, de l'industrie papetière; matériel électrique, hydraulique; machine à travailler la peau, le cuir, le ca-

outchouc; automobile, aviation, chemins de fer et tramways, machines agricoles, etc... etc...)

employez les
roulements RBF

500000

CAM 15 AVENUE DE LA GRANDE-ARMÉE PARIS

500

MAGASINS DE VENTE :

- PARIS, 15, avenue de la Grande-Armée.
- BORDEAUX, 33, r. Fondaudège.
- LILLE, 71, boulevard de la Liberté.
- LYON, 77, avenue de Saxe.
- MARSEILLE, 24, boulevard National.

- NANCY, 12, rue Notre-Dame.
- NANTES, 22, rue de Strasbourg.
- SAINT-ÉTIENNE, 11, rue du Général-Foy.
- TOULOUSE, 2, boul. Carnot.
- BRUXELLES, 1, square de l'Aviation.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

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 d'un terme quelconque avec le précédent est constante; cette différence prend le nom de *raison*. Soient a le premier terme; r , la raison; n , le nombre de termes.

On a : $a . a + r . a + 2r . a + 3r \dots a + (n - 1)r$
la valeur du dernier terme est : $t = a + (n - 1)r$,

$$\text{la somme des } n \text{ premiers termes, } s = \frac{a + t}{2} n$$

la 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.

On a :

$$a . aq . aq^2 . aq^3 \dots aq^{n-1}$$

la valeur du dernier terme est $t = aq^{n-1}$

$$\text{la somme des } n \text{ premiers termes, } s = a \frac{q^n - 1}{q - 1}$$

si la progression est croissante, et

$$s = a \frac{1 - q^n}{1 - q} \text{ si la progression est décroissante ;}$$

la raison de la progression formée en insérant m moyennes 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.)

— II —
TRIGONOMÉTRIE

FORMULES GÉNÉRALES

$$\begin{aligned} \sin^2 a + \cos^2 a &= 1. \\ \operatorname{tg} a &= \frac{\sin a}{\cos a} \\ \operatorname{cotg} a &= \frac{\cos a}{\sin a} \\ \sin(a+b) &= \sin a \cos b + \sin b \cos a \\ \sin(a-b) &= \sin a \cos b - \sin b \cos a \\ \cos(a+b) &= \cos a \cos b - \sin a \sin b \\ \cos(a-b) &= \cos a \cos b + \sin a \sin b \\ \operatorname{tg}(a+b) &= \frac{\operatorname{tg} a + \operatorname{tg} b}{1 - \operatorname{tg} a \operatorname{tg} b} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(a-b) &= \frac{\operatorname{tg} a - \operatorname{tg} b}{1 + \operatorname{tg} a \operatorname{tg} b} \\ \sin 2a &= 2 \sin a \cos a \\ \cos 2a &= \cos^2 a - \sin^2 a \\ \operatorname{tg} 2a &= \frac{2 \operatorname{tg} a}{1 - \operatorname{tg}^2 a} \\ \sin \frac{a}{2} &= \sqrt{\frac{1 - \cos a}{2}} \\ \cos \frac{a}{2} &= \sqrt{\frac{1 + \cos a}{2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos a + \cos b &= 2 \cos \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}, \\ \cos a - \cos b &= -2 \sin \frac{a+b}{2} \sin \frac{a-b}{2}, \\ \sin a + \sin b &= 2 \sin \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}, \\ \sin a - \sin b &= 2 \cos \frac{a+b}{2} \sin \frac{a-b}{2}. \end{aligned}$$

RÉSOLUTION DES TRIANGLES

Triangles rectangles

Données :

$$\begin{aligned} A &= 90^\circ \\ b &= a \sin B \\ c &= a \sin C \\ a &= \sqrt{b^2 + c^2}. \end{aligned}$$

Premier cas. — On donne a et C .

$$\begin{aligned} \log b &= \log a + \log \sin B \\ \log c &= \log a + \log \sin C \\ B &= 90^\circ - C. \end{aligned}$$

Deuxième cas. — On donne a et c

Troisième cas. — On donne b et C .

Quatrième cas. — On donne b et 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 .

$$\begin{aligned} C &= 180 - (A + B) \\ \log c &= \log a + \log \sin C - \log \sin A. \\ \log b &= \log a + \log \sin B - \log \sin A. \end{aligned}$$

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.

$$Lx = \frac{\log x}{\log e}$$

$$e = 2,718282, \quad \log e = 0,43429, \quad \frac{1}{e} = 0,367879, \quad \frac{1}{\log e} = 2,30259$$

π , rapport de la circonférence au diamètre.

$\pi = 3,141592$	$\log \pi = 0,49715$	$\frac{1}{\pi} = 0,318310$	$\log \frac{1}{\pi} = \bar{1},50285$
$\pi^2 = 9,869604$	$\log \pi^2 = 0,99430$	$\frac{1}{\pi^2} = 0,101321$	$\log \frac{1}{\pi^2} = \bar{1},00570$
$\pi^3 = 31,006278$	$\log \pi^3 = 1,49145$	$\frac{1}{\pi^3} = 0,032252$	$\log \frac{1}{\pi^3} = \bar{2},50855$
$\sqrt{\pi} = 1,772454$	$\log \sqrt{\pi} = 0,24857$	$\sqrt[3]{\pi} = 1,464592$	$\log \sqrt[3]{\pi} = 0,16572$
$\frac{2}{\pi} = 0,636620$	$\frac{\pi}{2} = 1,570796$	$\frac{3}{\pi} = 0,954929$	$\frac{\pi}{3} = 1,047197$

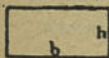
g , accélération d'un corps qui tombe dans le vide.

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.

$g = 9,80896$	$\log g = 0,99162$	$g^2 = 96,21569$	$\log g^2 = 1,98324$
$\frac{1}{g} = 0,10194$	$\log \frac{1}{g} = \bar{1},00838$	$\frac{1}{g^2} = 0,01039$	$\log \frac{1}{g^2} = \bar{2},01675$
$2g = 19,61792$	$\log 2g = 1,29265$	$\sqrt{g} = 3,13193$	$\log \sqrt{g} = 0,49581$
$\frac{1}{2g} = 0,05097$	$\log \frac{1}{2g} = \bar{2},70735$	$\frac{1}{\sqrt{g}} = 0,31929$	$\log \frac{1}{\sqrt{g}} = \bar{1},50419$
$2\sqrt{g} = 6,26386$	$\log 2\sqrt{g} = 0,79684$	$\sqrt{2g} = 4,42921$	$\log \sqrt{2g} = 0,64633$

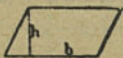
GEOMÉTRIE

SURFACES



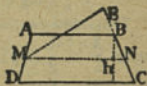
Rectangle

$$bh$$



Parallélogramme

$$bh$$



Trapèze

$$\frac{AB+CD}{2} \times h = MN \times h$$

ou bien

$$BC \times ME$$



Quadrilatère
inscriptible

$$\sqrt{(p-a)(p-b)(p-c)(p-d)}$$

$$p = \frac{a+b+c+d}{2}$$



Quadrilatère
circonscriptible

$$pr$$



Quadrilatère
quelconque

$$\frac{1}{2} mn \sin \alpha$$



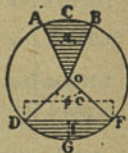
Triangle

$$p = \left(\frac{a+b+c}{2} \right) r$$



Ellipse

$$\pi ab$$



Cercle

$$\pi R^2 = \frac{\pi D^2}{4} = 0,785 D^2$$

Secteur circulaire

$$\frac{\text{arc } ACB \times R}{2} \text{ ou } \frac{\pi R^2 \alpha}{360}$$

$\alpha =$ nombre de degrés de l'arc ABC

Segment circulaire

$$\frac{\pi R^2 \beta}{360} - \frac{c}{2} (R - r)$$

1° $\frac{ah}{2}$

2° $\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$

3° $\frac{abc}{4\alpha}$

4° pr

SURFACES (suite)

Polygones réguliers.



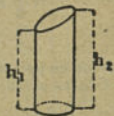
c, côté; *R*, rayon du cercle circonscrit; *n*, nombre de côtés;
r, rayon du cercle inscrit; *S*, surface du polygone.

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	1.539 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..	1.932 c	1.866 c	0.518 R » 0.536 r	11.19 c ² » 3.000 R ²



Cylindre droit à base circulaire
aire latérale = $2\pi R h$
aire totale = $2\pi R (R + h)$



Cylindre droit à section oblique
 $S = \pi R (h_1 + h_2)$



Cylindre quelconque

$S = Ch$
 $C =$ circonférence de la section droite
 $h =$ longueur des génératrices



Tronc de cône circulaire droit à bases parallèles
Aire latérale = $\pi l (R + r)$.

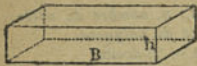


Cône droit à base circulaire
Aire latérale = $\pi R l$
aire totale = $\pi R (R + l)$

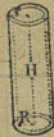


Sphère $4\pi R^2 = \pi D^2$
Zone sphérique = $2\pi R h$

VOLUMES



Parallépipède rectangle
 $V = B \times h$

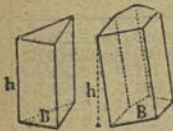


Cylindre droit à base circulaire

$$V = \pi R^2 H = BH$$

Cylindre creux

$$V = \pi H (R^2 - r^2)$$



Prisme droit ou oblique

$$V = B \times h$$



Onglet cylindrique

$$V = \frac{2}{3} R^2 h$$



Pyramide

$$V = \frac{1}{3} B h$$



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

$$1^{\circ} V = \frac{1}{3} H (B + b + \sqrt{Bb})$$

$$2^{\circ} V = \frac{BH}{3} (1 + k + k^2)$$

(*k*, rapport d'un côté de la petite base au côté homologue de la grande)

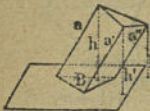


Tronc de cône de seconde espèce

$$V = \frac{\pi H}{3} (R^2 + r^2 - Rr)$$

Sphère = $\frac{4}{3} \pi R^3 = 4,189R^3$

Sphère creuse $V = \frac{4}{3} \pi (R^3 - r^3)$



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*

$$V = \frac{1}{6} \pi h (3a^2 + 3b^2 + h^2)$$

**Garrés; Cubes; Racines carrées; Racines cubiques
Circonférences, Surfaces
et Logarithmes des nombres ou diamètres de 1 à 105.**

Nombres <i>d</i>	Carrés	Cubes	Racine carrée	Racine cubique	Circonférence	Surface	Logarith
	d^2	d^3	\sqrt{d}	$\sqrt[3]{d}$	πd	$\frac{1}{4} \pi d^2$	Log <i>d</i>
1	1	1	1.	1.	3,142	0,7854	0.0000
2	4	8	1.4142	1.2599	6,283	3,1416	0.3010
3	9	27	1.7321	1.4422	9,426	7,0686	0.4771
4	16	64	2.0000	1.5874	12,566	12,5664	0.6021
5	25	125	2.2361	1.7100	15,708	19,6350	0.6990
6	36	216	2.4495	1.8171	18,850	28,2743	0.7781
7	49	343	2.6458	1.9129	21,991	38,4845	0.8451
8	64	512	2.8284	2.0000	25,133	50,2655	0.9031
9	81	729	3.0000	2.0801	28,274	63,6173	0.9542
10	100	1000	3.1623	2.1544	31,416	78,5398	1.0000
11	121	1331	3.3166	2.2240	34,558	95,0332	1.0414
12	144	1728	3.4641	2.2894	37,699	113,097	1.0792
13	169	2197	3.6056	2.3513	40,841	132,732	1.1139
14	196	2744	3.7417	2.4101	43,982	153,938	1.1461
15	225	3375	3.8730	2.4662	47,124	176,715	1.1761
16	256	4096	4.0000	2.5198	50,265	201,062	1.2041
17	289	4913	4.1231	2.5713	53,407	226,980	1.2304
18	324	5832	4.2426	2.6207	56,549	254,469	1.2553
19	361	6859	4.3589	2.6684	59,690	283,529	1.2788
20	400	8000	4.4721	2.7144	62,832	314,159	1.3016
21	441	9261	4.5826	2.7589	65,973	346,361	1.3222
22	484	10648	4.6904	2.8020	69,115	380,133	1.3424
23	529	12167	4.7958	2.8439	72,257	415,476	1.3617
24	576	13824	4.8990	2.8845	75,398	452,389	1.3802
25	625	15625	5.0000	2.9240	78,540	490,874	1.3979
26	676	17576	5.0990	2.9625	81,681	530,929	1.4150
27	729	19683	5.1962	3.0000	84,823	572,555	1.4314
28	784	21952	5.2915	3.0366	87,965	615,752	1.4472
29	841	24389	5.3852	3.0723	91,106	660,520	1.4624
30	900	27000	5.4772	3.1072	94,248	706,858	1.4771
31	961	29791	5.5678	3.1414	97,389	754,768	1.4914
32	1024	32768	5.6569	3.1748	100,531	804,248	1.5051
33	1089	35937	5.7446	3.2075	103,673	855,299	1.5185
34	1156	39304	5.8310	3.2396	106,814	907,920	1.5315
35	1225	42875	5.9161	3.2711	109,956	962,113	1.5441

Nombres <i>d</i>	Carrés	Cubes	Racine carrée	Racine cubique	Circon- férence	Surface	Logarith Log <i>d</i>
	d^2	d^3	\sqrt{d}	$\sqrt[3]{d}$	πd	$\frac{1}{4} \pi d^2$	
36	1296	46656	6.0000	3.3019	113,097	1017,88	1.5563
37	1369	50653	6.0828	3.3322	116,239	1075,21	1.5682
38	1444	54872	6.1644	3.3620	119,381	1134,11	1.5798
39	1521	59319	6.2450	3.3912	122,522	1194,59	1.5911
40	1600	64000	6.3246	3.4200	125,66	1256,64	1.6021
41	1681	68921	6.4031	3.4482	128,81	1320,25	1.6128
42	1764	74088	6.4807	3.4760	131,95	1385,44	1.6232
43	1849	79507	6.5574	3.5034	135,09	1452,20	1.6335
44	1936	85184	6.6332	3.5303	138,23	1520,53	1.6434
45	2025	91125	6.7082	3.5569	141,37	1590,43	1.6532
46	2116	97336	6.7823	3.5830	144,51	1661,90	1.6628
47	2209	103823	6.8557	3.6088	147,65	1734,94	1.6721
48	2304	110592	6.9282	3.6342	150,80	1809,56	1.6812
49	2401	117649	7.0000	3.6593	153,94	1885,74	1.6902
50	2500	125000	7.0711	3.6840	157,08	1963,50	1.6990
51	2601	132651	7.1414	3.7084	160,22	2042,82	1.7076
52	2704	140608	7.2111	3.7325	163,36	2123,72	1.7160
53	2809	148877	7.2801	3.7563	166,50	2206,18	1.7243
54	2916	157464	7.3485	3.7798	169,65	2290,22	1.7324
55	3025	166375	7.4162	3.8030	172,79	2375,83	1.7404
56	3136	175616	7.4833	3.8259	175,93	2463,01	1.7482
57	3249	185193	7.5498	3.8485	179,07	2551,76	1.7559
58	3364	195112	7.6158	3.8709	182,21	2642,08	1.7634
59	3481	205379	7.6811	3.8930	185,35	2733,97	1.7708
60	3600	216000	7.7460	3.9149	188,50	2827,43	1.7781
61	3721	226981	7.8102	3.9365	191,64	2922,47	1.7853
62	3844	238328	7.8740	3.9579	194,78	3019,07	1.7924
63	3969	250047	7.9373	3.9791	197,92	3117,25	1.7993
64	4096	262144	8.0000	4.0000	201,06	3216,99	1.8062
65	4225	274625	8.0623	4.0207	204,20	3318,31	1.8129
66	4356	287496	8.1240	4.0412	207,35	3421,19	1.8195
67	4489	300763	8.1854	4.0615	210,49	3525,65	1.8261
68	4624	314432	8.2462	4.0817	213,63	3631,68	1.8325
69	4761	328509	8.3066	4.1016	216,77	3739,28	1.8388
70	4900	343000	8.3666	4.1213	219,91	3848,45	1.8451

Nombres d	Carrés d^2	Cubes d^3	Racine carrée \sqrt{d}	Racine cubique $\sqrt[3]{d}$	Circon- férence πd	Surface $\frac{1}{4} \pi d^2$	Logarith Log d
71	5041	357911	8.4261	4.1408	223,05	3959,19	1.8513
72	5184	373248	8.4853	4.1602	226,19	4071,50	1.8573
73	5329	389017	8.5440	4.1793	229,34	4185,39	1.8633
74	5476	405224	8.6023	4.1983	232,48	4300,84	1.8692
75	5625	421875	8.6603	4.2172	235,62	4417,86	1.8751
76	5776	438976	8.7178	4.2358	238,76	4536,46	1.8808
77	5929	456533	8.7750	4.2543	241,90	4656,63	1.8865
78	6084	474552	8.8318	4.2727	245,04	4778,36	1.8921
79	6241	493039	8.8882	4.2908	248,19	4901,67	1.8976
80	6400	512000	8.9443	4.3089	251,33	5026,55	1.9031
81	6561	531441	9.0000	4.3267	254,47	5153,00	1.9085
82	6724	551368	9.0554	4.3445	257,61	5281,02	1.9138
83	6889	571787	9.1104	4.3621	260,75	5410,61	1.9191
84	7056	592704	9.1652	4.3795	263,89	5541,77	1.9243
85	7225	614125	9.2195	4.3968	267,04	5674,50	1.9294
86	7396	636056	9.2736	4.4140	270,18	5808,80	1.9345
87	7569	658503	9.3274	4.4310	273,32	5944,68	1.9395
88	7744	681472	9.3808	4.4480	276,46	6082,12	1.9445
89	7921	704969	9.4340	4.4647	279,60	6221,14	1.9494
90	8100	729000	9.4868	4.4814	282,74	6361,73	1.9542
91	8281	753571	9.5394	4.4979	285,88	6503,88	1.9590
92	8464	778688	9.5917	4.5144	289,03	6647,61	1.9638
93	8649	804357	9.6437	4.5307	292,17	6792,91	1.9685
94	8836	830584	9.6954	4.5468	295,31	6939,78	1.9731
95	9025	857375	9.7468	4.5629	298,45	7088,22	1.9777
96	9216	884736	9.7980	4.5789	301,59	7238,23	1.9823
97	9409	912673	9.8489	4.5947	304,73	7389,81	1.9868
98	9604	941192	9.8995	4.6104	307,88	7542,96	1.9912
99	9801	970299	9.9499	4.6261	311,02	7697,69	1.9956
100	10000	1000000	10.0000	4.6416	314,16	7853,98	2.0000
101	10201	1030301	10.0498	4.6570	317,30	8011,85	2.0043
102	10404	1061208	10.0995	4.6723	320,44	8171,28	2.0086
103	10609	1092727	10.1488	4.6875	323,58	8332,29	2.0128
104	10816	1124864	10.1980	4.7026	326,73	8494,87	2.0170
105	11025	1157625	10.2469	4.7176	329,87	8659,01	2.0212

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	0.00000	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	0.0873	0.00095	0.00005	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	0.00469	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	0.15278
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	1.2858	0.2340	0.20573
36	0.6283	0.6180	0.04894	0.02027	81	1.4137	1.2993	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	0.02379	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	0.02975	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	0.26835
44	0.7679	0.7492	0.07281	0.03664	89	1.5533	1.4018	0.2867	0.27675
45	0.7854	0.7654	0.07611	0.03912	90	1.5708	1.4142	0.2929	0.28540

Degrés	Artes	Cordes	Fleches	Surfaces des segments	Degrés	Artes	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	1.8603	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	1.7803	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	1.12473
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	0.8179	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	0.8693	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	1.36213
124	2.1642	1.7659	0.5305	0.66759	169	2.9496	1.9908	0.9042	1.37940
125	2.1817	1.7740	0.5388	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	0.9389	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	0,1051	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	0,9325	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	0,2420	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	0,9925	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			

Intérêts composés.

Valeur, à la fin de n années, de 1 franc placé à intérêt composé.

Nombre d'années n	TAUX DE L'INTÉRÊT					
	T = 5	T = 6	T = 7	T = 8	T = 10	T = 12
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1	1,050	1,060	1,070	1,080	1,100	1,120
2	1,102	1,123	1,144	1,166	1,210	1,254
3	1,157	1,191	1,225	1,259	1,331	1,405
4	1,215	1,262	1,310	1,360	1,461	1,573
5	1,276	1,338	1,402	1,469	1,610	1,762
6	1,340	1,418	1,500	1,586	1,771	1,974
7	1,407	1,503	1,605	1,713	1,948	2,210
8	1,477	1,593	1,718	1,850	2,143	2,475
9	1,551	1,689	1,838	1,999	2,357	2,773
10	1,628	1,790	1,967	2,158	2,593	3,106
11	1,710	1,898	2,104	2,331	2,853	3,478
12	1,795	2,012	2,252	2,518	3,138	3,896
13	1,885	2,132	2,409	2,719	3,452	4,363
14	1,979	2,260	2,578	2,937	3,797	4,887
15	2,078	2,396	2,759	3,172	4,177	5,473
16	2,182	2,540	2,952	3,425	4,594	6,130
17	2,292	2,692	3,158	3,700	5,054	6,866
18	2,406	2,854	3,379	3,996	5,559	7,690
19	2,526	3,025	3,616	4,315	6,115	8,612
20	2,653	3,207	3,869	4,660	6,727	9,642
21	2,785	3,399	4,140	5,033	7,400	10,804
22	2,9 5	3,603	4,430	5,436	8,140	12,100
23	3,071	3,819	4,740	5,871	8,954	13,552
24	3,225	4,048	5,072	6,341	9,849	15,178
25	3,386	4,291	5,247	6,848	10,831	17,000
26	3,555	4,549	5,807	7,396	11,918	19,040
27	3,733	4,822	6,213	7,988	13,109	21,325
28	3,920	5,111	6,648	8,627	14,420	23,884
29	4,116	5,418	7,114	9,317	15,863	26,750
30	4,321	5,743	7,612	10,062	17,449	29,960
31	4,538	6,088	8,145	10,867	19,194	33,555
32	4,764	6,453	8,715	11,737	21,113	37,581
33	5,003	6,840	9,325	12,676	23,225	42,091
34	5,253	7,251	9,978	13,690	25,547	47,142

EXEMPLE. — Quel est, au bout de 22 ans, le capital produit par 1.200 francs placés à intérêts composés au taux de 6 0/0 par an ?

Le nombre 3,603, qui correspond à $n = 22$ et à $T = 6$, est la valeur de 1 franc au bout de 22 ans. En le multipliant par 1.200, on trouve 4.323 fr. 60 qui est la valeur de 1.200 francs au bout de 22 ans.

Amortissement

Temps nécessaire pour opérer l'amortissement d'un capital.

TAUX t de l'amortissement	TAUX DE L'INTÉRÊT									
	T = 5		T = 6		T = 8		T = 10		T = 12	
	Ans	Jours	Ans	Jours	Ans	Jours	Ans	Jours	Ans	Jours
0.001	80	214	70	201	57	36	48	152	42	114
0.002	66	284	58	341	48	91	41	91	36	99
0.0025	62	146	55	88	45	156	38	347	34	123
0.003	58	317	52	91	43	51	37	36	32	277
0.004	53	126	47	213	39	201	34	66	30	108
0.005	49	54	44	7	36	293	31	340	28	145
0.006	45	285	41	56	34	215	30	47	26	311
0.007	42	359	38	279	32	268	28	220	25	207
0.0075	41	273	37	259	31	322	27	337	25	0
0.008	40	220	36	266	31	57	27	110	24	167
0.009	38	197	34	350	29	278	26	61	23	178
0.01	36	265	33	144	28	201	25	58	22	228
0.011	35	40	32	1	27	164	24	92	21	309
0.012	33	241	30	274	26	169	23	156	21	57
0.0125	32	361	30	61	26	2	23	19	20	299
0.013	32	126	29	224	25	120	22	257	20	187
0.014	31	55	28	210	24	182	22	12	19	335
0.015	30	20	27	227	23	354	21	134	19	140
0.016	29	16	26	271	23	101	20	284	18	318
0.017	28	40	25	338	22	228	20	90	18	148
0.0175	27	244	25	197	22	115	19	352	18	68
0.018	27	88	25	60	22	7	19	262	17	350
0.019	26	158	24	167	21	164	19	85	17	202
0.02	25	247	23	289	20	329	18	288	17	61
0.0225	23	359	22	109	19	253	17	281	16	103
0.025	22	189	21	1	18	233	16	319	15	184
0.0275	21	86	19	316	17	257	16	34	14	296
0.03	20	38	18	312	16	318	15	139	14	73
0.0325	19	34	17	347	16	82	14	296	13	231
0.035	18	68	17	50	15	208	14	95	13	54
0.0375	17	133	16	145	14	334	13	254	12	239
0.04	16	227	15	265	14	100	13	52	12	84

EXEMPLE. — Quel est le temps nécessaire pour amortir un capital, le taux de l'amortissement t étant de 2 0/0 ou 0,02, et le taux de l'intérêt T , 5 0/0 ?

En lisant sur la table le nombre qui se trouve dans la colonne verticale $T = 5$ et dans la colonne horizontale 0,02, on trouve 25 ans 247 jours.

**Valeur actuelle de 1 franc
payable à la fin de n 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	0,934	0,925	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	0,263	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	0,183	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	0,255	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

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 :

$$4.000 \times 0,232 = 928 \text{ francs.}$$

**Taux de l'amortissement né-
cessaire pour amortir un capi-
tal 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	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	0,048	0,044
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 : Taux d'amortissement né-
cessaire pour amortir 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	0.131	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	0.0871	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.

Tables de transformation.

Pentes métriques en degrés d'inclinaison.

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 25 0	0,100	5 42 30
0 0 0	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 en fractions décimales (racines carrées et cubiques).

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	0,535	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.

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	0,01745	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	0,57735
5	0,08749	32	0,62487
6	0,10510	34	0,67451
7	0,12278	36	0,72654
8	0,14054	38	0,78120
9	0,15838	40	0,83910

Litres par seconde en litres par minute, en mètres cubes par heure et réciproquement.

Litres par seconde			Litres par minute			Mètres cubes par heure		
Litres par seconde	Litres par minute	Mètres cubes par heure	Litres par seconde	Litres par minute	Mètres cubes par heure	Litres par seconde	Litres par minute	Mètres cubes par heure
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

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 Étrangères, 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 kilogrammètre, 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 Étrangères, 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 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 COMMERCIELLES et INDUSTRIELLES		MULTIPLIÉS et MULTIPLES USUÉS		OBSERVATIONS	
ANCIENNES	DÉFINITION	ÉTALON et REPRÉSENTATION	UNITÉS	DÉNOMINATION	VALEUR
I - Unités géométriques					
Longueur	MÈTRE	Étalon Depuis 1793 du mètre prototype international, déposé au Conservatoire national des arts et métiers	Mégamètre	Mm	1 000 000 m
			Kilomètre	km	1 000 m
			Decamètre	dam	10 m
			MÈTRE	m	1 m
Longueur	Mille marin	longueur moyenne de la minute sexagésimale de latitude terrestre			1 852 m
Superficie	Mètre carré	Superficie contenue dans un carré de 1 mètre de côté	Kilomètre carré	km ²	1 000 000 m ²
			Hectare	ha	10 000 m ²
			Decamètre carré	dam ²	100 m ²
			Mètre carré	m ²	1 m ²
			Decimètre carré	dm ²	$\frac{1}{100}$ m ²
			Centimètre carré	cm ²	$\frac{1}{10 000}$ m ²
			Millimètre carré	mm ²	$\frac{1}{1 000 000}$ m ²
			Hectare	ha	100 a
			Are	a	1 dam ² ou $\frac{1}{100}$ ha
			Centiare	ca	$\frac{1}{100}$ a ou 1 m ²
Volume	Mètre cube	Volume contenu dans un cube de 1 mètre de côté	Kilomètre cube	km ³	1 000 000 000 m ³
			Mètre cube	m ³	1 m ³
			Decimètre cube	dm ³	$\frac{1}{1 000}$ m ³
			Centimètre cube	cm ³	$\frac{1}{1 000 000}$ m ³
			Millimètre cube	mm ³	$\frac{1}{1 000 000 000}$ m ³
			Hectolitre	hl	100 l
			Decalitre	dal	10 l
			Litre	l	$\frac{1}{10}$ m ³
			Décilitre	dl	$\frac{1}{100}$ l
			Centilitre	cl	$\frac{1}{1 000}$ l
Angle droit	Angle droit	Angle formé par deux droites se coupant sous des angles adjacents égaux.	Degré	°	$\frac{1}{90}$ D
			Grade	gr	$\frac{1}{100}$ D
			Décigrade	dgr	$\frac{1}{1000}$ D
			Centigrade	cgr	$\frac{1}{10 000}$ D
Angle droit	Angle droit	Angle formé par deux droites se coupant sous des angles adjacents égaux.	Milligrade	mgr	$\frac{1}{100 000}$ D
			Degré	°	$\frac{1}{90}$ D
			Milli-angle	m	$\frac{1}{100 000}$ D
			Second-angle	''	$\frac{1}{3 600}$ D

(1) Comme le mètre des Anciens, son tiers il est donc le prototype international du mètre est d'environ 0,02 inférieure à la dix-millionième partie.

UNITES COMMERCIALES et INDUSTRIELLES		ETALON ET REPRESENTATION		MULTI ^{ES} et S/MULTI ^{ES} USUELS		VALEUR	OBSERVATIONS		
II-Unités de masse									
Masse	KILOGRAMME	Masse du prototype international en platine irridié qui a été associée par la conférence générale des Poids et Mesures tenue à Paris en 1889, et qui est déposée au pavillon de Breteuil, à Sèvres (1)	L'etalon	1	10 ⁶	TONNE	t	1 t ou 1000 Kg	Base du système M.T.S
				10 ³	10 ³	KILOGR ^e	Kg	1 t ou 1000 Kg	Unité principale
				10 ²	10 ²	Hectogr ^e	hg	100 Kg	
				10 ¹	10 ¹	Decigr ^e	dag	10 Kg	
				10 ⁰	10 ⁰	GRAMME	g	1 Kg	Base du système C.G.S
				10 ⁻¹	10 ⁻¹	Centigr ^e	cg	100 g	
				10 ⁻²	10 ⁻²	Milligr ^e	mg	1000 g	
						Carat		2 dg.	5 emplois dans le commerce des pierres précieuses.
Densité	Densité	La densité des corps se mesure en nombres décimaux, celle du corps qui a la masse de 1 tonne sans le volume de 1 mètre cube étant prise comme unité.	L'etalon	1	10 ³			1000 kg/m ³	Le symbole se peut être employé lorsque l'on sait qu'il s'agit de la pression d'une colonne de mercure de 76 centimètres de hauteur, à une densité égale à 1 (moins environ 30 000)
				10 ⁰	10 ⁰			1 kg/m ³	Les densités correspondant aux anciens degrés Baumé sont données dans un tableau annexé au présent décret
		Dans les transactions commerciales, le nombre de degrés altimétriques d'un volume d'alcool à 20 degrés à la température de 15° correspond au titre volume, lequel, suivant l'échelle volumétrique centésimale de Gay-Lussac, définit le titre L du décret du 27 déc. 1888							Le graduation des altimètres se fait sur la base du tableau des densités des mélanges d'alcool et d'eau pur, au présent décret.
III Unités de temps									
Temps	Seconde	1/86 400 du jour solaire moyen	L'etalon	1	1	SECONDE	s	1 s	Le symbole se peut être employé lorsque l'on sait qu'il s'agit de la durée d'un jour solaire moyen.
				1	1	Jour	J	86 400 s	
				1	1	Heure	h	3 600 s	
				1	1	Minute	mn	60 s	
				1	1	SECONDE	s	1 s	Base des systèmes M.T.S et C.G.S. Unité principale.
IV. Unités mécaniques									
Force	Stathène	Force qui communique à une masse égale à 1 tonne un accroissement de vitesse de 1 mètre par seconde	L'etalon	1	10 ⁸	Kilostathène	Ksn	1000 sn	
				10 ⁷	10 ⁷	Stathène	sn	100 sn	
				10 ⁶	10 ⁶	Decastathène	dsn	10 sn	
				10 ⁵	10 ⁵	Centistathène	csn	1 sn	
				10 ⁴	10 ⁴	Millistathène	msn	0,1 sn	
				1	1	Dyne	dyn	100 000 sn	Megaoyne Unité C.G.S
A titre transitoire									
		Force avec laquelle une masse égale à 1 Kilogramme est attirée par la terre		1	10 ⁵	Tonne poids	tp	1000 sn	Les valeurs pratiques ci-dessus peuvent être employées dans toute la France, quel que soit le système métrique, avec une erreur inférieure à 1/1000
				1	10 ⁴	Kilogramme poids	kp	100 sn	
				1	10 ³	Gramme poids	gp	1 sn	
				1	10 ²	Milligramme poids	mp	0,1 sn	
Energie ou Travail	Joules	Travail produit par 1 stathène dont le point d'application se déplace de 1 mètre dans la direction de la force	L'etalon	1	10 ⁸	Méga-joule	M.J.	1000 J	1 Kilowatt heure correspond à 3,6 mégajoules
				10 ⁷	10 ⁷	Kilo-joule	K.J.	100 J	
				10 ⁶	10 ⁶	Joule	J.	1 J	Unité C.G.S
				10 ⁵	10 ⁵	ERG	erg	100 000 J	
A titre transitoire									
		Travail produit par 1 Kilogramme force dont le point d'application se déplace de 1 mètre dans la direction de la force		1	10 ³	Kilogramme	kg	9,8 J	Le Kilogramme international diffère numériquement très peu du Kilogramme
				1	10 ²	Decagramme	dg	0,098 J	
Puissance	Kilowatt	Puissance qui produit 1 Kilogramme par seconde	L'etalon	1	10 ³	Kilowatt	K.W.	1 K.W.	Le Kilowatt international diffère numériquement très peu du Kilowatt
				10 ²	10 ²	Hectowatt	H.W.	100 W	
				10 ¹	10 ¹	Watt	W	1000 W	
A titre transitoire									
		Puissance correspondant à 100 Kilogrammes par seconde		1	10 ³	Poncelet	P.	0,98 K.W.	
		Puissance correspondant à 75 Kilogrammes par seconde		1	10 ²	Chev. vap.	CV	0,75 Poncelet ou 0,735 K.W.	

(1) Comme le kilogramme des Archives, le prototype international du kilogramme excède d'environ 0,7 milligramme la masse du décimètre cube d'eau à 4° C. Les poids et mesures de ce système ont donc pour unité le kilogramme.

UNITÉS COMMERCIALES et INDUSTRIELLES			MULTI ^{PLI} et S ^{IMULTI} USUELS		OBSERVATIONS
DEFINITION	ÉTALON et REPRÉSENTATION	VAL EN MTS	DÉNOMINATION	VALEUR	
Pression	Pression uniforme qui se exerce sur une surface de 1 mètre carré, produit un effort total de 1 Stène		Myriopèse	10 000 ps	Cetopèse est employée parfois aussi, sous le nom de Bar, pour la mesure des pressions barométriques
			Hectopèse	100 ps	
			Pièze	1 ps	
Kilopoids par unité de surface	Pression uniforme qui se exerce sur la surface prise pour unité, produit un effort total de 1 Kilogramme poids		Kilopoids par m ²	0,9806 ps	Unités CGS 1 Mégabarye égal à 1 mégadynes par cm ² La pression atmosphérique normale de 76 cm de mercure à 0° est sous l'accélération normale de la pesanteur (980,66 cm/sec ²), l'équivalent employé aussi comme unité de pression correspond à 0,1013 hectopèse, ou à 1 033,23 g poids par cm ²
			Kilopoids par dm ²	0,9806 ps	
			Kilopoids par cm ²	0,9806 ps	

A titre transitoire

V-Unités électriques

DEFINITION	ÉTALON et REPRÉSENTATION	DÉNOMINATION	VALEUR	OBSERVATIONS
1 milliard d'unités de résistance du système électromagnétique CGS	Ohm international système effort à un courant invariable par une colonne de mercure de section uniforme, mesurée à la température de 0° ayant une longueur de 106,300 et une masse de 14,4521g	Mégohm OHM Microhm	1 000 000 D. 1 D. $\frac{1}{1000000}$ D.	10 millions d'unités de résistance du système électro-magnétique M.T.S. Unité principale
1 dixième de l'unité de courant du système électromagnétique CGS	Représentation : Ampère international, intensité du courant uniforme qui dissipe par seconde 0,00011936 joules d'énergie par électrode d'une solution aqueuse de nitrate d'argent.	Kiloampère AMPÈRE Milliampère Microampère	1 000 A A $\frac{1}{1000}$ A $\frac{1}{1000000}$ A	1 cent-millième de l'unité de courant du système électro-magnétique M.T.S. Unité principale
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	Représentation : Volt international (avec division égal à 1,1403 fois force électromotrice à la température de 20° de la pile au sulfate de cadmium)	Volt Microvolt	1 V $\frac{1}{1000000}$ V	
Quantité d'électricité transportée, pendant une seconde, par un courant invariable de 1 ampère	Représentation : Coulomb international, quantité d'énergie qui agit sur un pile électrolytique de 0,00111808g d'argent	Kilocoulomb Coulomb	1 000 C 1 C	L'ampère-heure vaut 3600 coulombs

UNITÉS COMMERCIALES et INDUSTRIELLES			MULTI et S/MULTI USUELS		OBSERVATIONS
DEFINITION	ÉTALON et REPRÉSENTATION	DÉNOMINATION	VALEUR		

VI-Unités caloriques

DEFINITION	ÉTALON et REPRÉSENTATION	DÉNOMINATION	VALEUR	OBSERVATIONS
Pour les températures supérieures à -240°	Représentation : Variation de température qui produit le centième partie de l'accroissement de pression que subit une masse d'un gaz parfait quand le volume est constant, la température de la glace pure fondante (0°) la cellule de la vapeur d'eau distillée en équilibre à 100° sous la pression atmosphérique normale ; la pression atmosphérique normale est représentée par la pression d'une colonne de 760 mm de hauteur ayant la densité de 0,53585 et soumise à l'accélération normale de la pesanteur mesurée par une accélération égale à 9,80665 m/sec ² en mètres et en secondes	DEGRÉ CENTES	1°	Unité principale
Quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré centésimal la température d'une masse de 1 gramme d'eau dans la chaleur spécifique est égale à celle de l'eau à 15° sous la pression de 0,1013 hectopèse (pression atmosphérique normale)		Kilocalorie Calorie Frigorie	1 kcal $\frac{1}{1000}$ kcal $\frac{1}{1000}$ kcal	Pratiquement la microcalorie vaut à 4,18 joules (ou à 0,418 kilopondmètre) dans l'état de l'atmosphère normale

UNITES COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES		MULT ET S/MULT USUELS		OBSERVATIONS
DEFINITION	ETALON ET REPRESENTATION	DENSI- NATION	VALEUR	
VII - Unités optiques				
Intensité lumineuse Bougie décimale	Source d'intensité égale à un vingtième de celle de l'étalon Voigt	<p align="center">Etalon</p> <p>Etalon Voigt, source lumineuse constituée par une surface plane d'un carré de 1 cm de côté, prise à la surface d'un bain de platine homogène normalement à la température de la solidification, conformément aux décisions de la conférence internationale de 1901 (Ann. Ch. 1901, p. 108), et du Congrès international des Poids et Mesures de 1901.</p> <p align="center">Représentation</p> <p>La bougie décimale est représentée pratiquement par une machine permanente par une fixation déterminée de la machine des intensités moyennes, et à l'aide d'un dispositif spécial à l'aide d'un minimum cinq des lampes incandescentes déposées au Conservatoire national des arts et métiers.</p>	Bougie décimale	Unité principale
	Flux lumineux Lumen	Flux lumineux émané d'une source uniforme de dimension infiniment petites et d'intensité égale à 1 bougie décimale et rayonne en l'occurrence dans l'angle solide qui découpe une sphère de 1 m. de rayon ayant pour centre la source.		Lumen	lv
Éclairement Lux	Éclairement d'une surface de 1 m ² recevant un flux de 1 lumen, uniformément réparti.		Phot Lux	10 000 lx 1 lx
Puissance Dioptrie	Puissance d'un système optique dont la distance focale est de 1 mètre.		Dioptrie	δ

**ANNEXE II
CORRESPONDANCE DES DEGRÉS BAUME⁽¹⁾ ET DES DENSITÉS
TABLE I**

Aéromètres pour liquides moins denses que l'eau

Degrés Baume	DENSITÉS	Degrés Baume	DENSITÉS	Degrés Baume	DENSITÉS	Degrés Baume	DENSITÉS	Degrés Baume	DENSITÉS	Degrés Baume	DENSITÉS
10 B	1,0800	24 B	0,9115	38 B	0,8375	52 B	0,7744	66 B	0,7204	80 B	0,6773
11	0,9831	25	0,9058	39	0,8327	53	0,7710	67	0,7160	81	0,6703
12	0,8863	26	0,9002	40	0,8279	54	0,7678	68	0,7113	82	0,6657
13	0,7895	27	0,8954	41	0,8232	55	0,7646	69	0,7068	83	0,6611
14	0,6927	28	0,8906	42	0,8185	56	0,7615	70	0,7023	84	0,6565
15	0,5959	29	0,8857	43	0,8139	57	0,7583	71	0,7029	85	0,6520
16	0,5001	30	0,8793	44	0,8093	58	0,7550	72	0,6995	86	0,6550
17	0,4053	31	0,8730	45	0,8048	59	0,7518	73	0,6961	87	0,6521
18	0,3105	32	0,8677	46	0,8004	60	0,7487	74	0,6928	88	0,6492
19	0,2157	33	0,8625	47	0,7959	61	0,7456	75	0,6895	89	0,6463
20	0,1209	34	0,8574	48	0,7916	62	0,7425	76	0,6862	90	0,6434
21	0,0261	35	0,8523	49	0,7873	63	0,7394	77	0,6829		
22	0,9313	36	0,8473	50	0,7830	64	0,7363	78	0,6797		
23	0,8365	37	0,8424	51	0,7788	65	0,7332	79	0,6765		

Densités calculées avec le module 166,32 par la formule $D = \frac{166,32}{254,2n}$ où $D =$ densité et $n =$ degré Baume

**TABLE II
Aéromètres pour liquides plus denses que l'eau**

Degrés Baume	DENSITÉS	Degrés Baume	DENSITÉS	Degrés Baume	DENSITÉS	Degrés Baume	DENSITÉS	Degrés Baume	DENSITÉS	Degrés Baume	DENSITÉS
0 B	1,0000	128	1,0907	248	1,1995	368	1,3324	488	1,4983	608	1,7110
1	1,0070	13	1,0990	25	1,2095	37	1,3448	49	1,5101	61	1,7231
2	1,0141	14	1,1074	26	1,2197	38	1,3574	50	1,5218	62	1,7352
3	1,0212	15	1,1160	27	1,2301	39	1,3703	51	1,5345	63	1,7474
4	1,0285	16	1,1247	28	1,2407	40	1,3834	52	1,5473	64	1,7598
5	1,0359	17	1,1335	29	1,2515	41	1,3968	53	1,5604	65	1,7723
6	1,0434	18	1,1425	30	1,2624	42	1,4105	54	1,5737	66	1,7847
7	1,0510	19	1,1516	31	1,2735	43	1,4244	55	1,5873	67	1,7972
8	1,0587	20	1,1609	32	1,2848	44	1,4386	56	1,6011	68	1,8097
9	1,0665	21	1,1703	33	1,2964	45	1,4531	57	1,6152	69	1,8224
10	1,0743	22	1,1799	34	1,3082	46	1,4679	58	1,6295	70	1,8351
11	1,0823	23	1,1896	35	1,3202	47	1,4829	59	1,6441		

Densités calculées avec le module 166,32 par la formule $D = \frac{166,32}{254,2n}$ où $D =$ densité et $n =$ degré Baume

(1) Ces degrés, couramment employés en France, sont des degrés Baume, définies par les densités de certains liquides ne servant plus à d'autres fins dans les transactions commerciales. Ils sont définies par les densités de certains liquides ne servant plus à d'autres fins dans les transactions commerciales. Ils sont définies par les densités de certains liquides ne servant plus à d'autres fins 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 carrés, 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 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.....	230 Yds.....	20,11636
"	Furlong.....	1760 Yds.....	301,1636
Mi.	Mill.....	3,454 mi.....	1,609,3088
"	Liene 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.....	0,0929
"	Square yard.....	30 yards carrés.....	0,8361
"	Square pole.....	1210 yards carrés.....	25,292
"	Square rood.....	4840 yards carrés.....	1,011,68
"	Square acre.....		4,046,72
<i>Mesures de capacité.</i>			Litres
"	Gill.....	4 Gills.....	0,1130
Pt.	Pint.....	2 Pts.....	0,5679
Qt.	Quart.....	4 Qts.....	1,1359
Gal.	GALLON.....	5 quarters.....	4,5435
Pek.	Peck.....	4 Peks.....	9,0869
Bu.	Bushel.....	5 quarters.....	36,3477
"	Quarter.....	36 bushels.....	299,7813
"	Load.....		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.....	40 pieds cubes.....	0,764507
"	Tonneau de mer.....		1,1325
<i>Poids.</i>			
1 ^o Mesures dites <i>Troy Weight</i> (non usitées, sauf pour les métaux précieux et la pharmacie).			Grammes
"	Grain.....	24 Grains.....	0,065
"	Penny weight.....	20 Pennyweights.....	1,555
"	Ounce.....		31,103
"	TROY POUND.....		373,233
2 ^o Mesures dites <i>Avoir du poids Weight</i> (mesures usuelles).			Grammes
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
Tou.	Ton.....		1,016,047,541

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.

**Principales mesures
des pays étrangers n'employant pas le Système métrique.**

Pays	Noms	Valeur
Mesures de longueur.		
Bulgarie	<i>archine</i>	0 ^m , 67
	<i>piéd</i>	0, 304
Russie	<i>archine</i> (unité)	0, 711
	<i>sagène</i>	2, 133
	<i>verste</i>	1 ^{km} , 066
Turquie	<i>archine</i>	0 ^m , 757
	<i>pic archen' halebi</i> (soieries et laines)	0, 685
	<i>pic archene indase</i> (étouffes de coton)	0, 652
Chine	<i>ying</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
Egypte	<i>diraa baladi</i> (tissus)	0, 58
	<i>diraa minari</i> (architectes)	0, 75
Haiti	<i>kassalah</i>	3, 55
	<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 cattles)	60, 480
Indes anglaises	<i>bazar Maund</i>	37, 251
	<i>bazar de factorerie</i>	33, 865
Japon	<i>kan</i> (unité)	3, 750
Perse	<i>batman</i>	2, 970
Egypte	<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 *piéd*, 12 *pouces* ; le *pouce* valait 12 *lignes*, et la *ligne*, 12 *points*.

Mesures de longueur.

Toise	1 ^m , 94903
Piéd, 1/6 de toise	0 ^m , 32483
Pouce, 1/12 de piéd	0 ^m , 02706
Ligne, 1/12 de pouce	0 ^m , 00225

Inversement.

1 mètre vaut..... 0,513073 toise.
1 mètre vaut : '3 pièds et 11,296 lig.

Mesures de superficie.

Toise carrée..... 3^m1,7987
Piéd carré..... 0^m9,1055

Monnaies.

France. — La loi monétaire du 25 juin 1923 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. 05895 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 seront remplacés par des jetons de bronze d'aluminium perforés à tranches lisses.

Les billets de 5, 10 et 20 francs n'auront plus cours légal à partir du 31 décembre 1932.

Monnaies des pays étrangers.

	Francs.
Allemagne.....	Reichsmark (100 pfennigs)..... 6,08
Angleterre.....	Livre sterling (20 shillings)..... 124,21
Autriche.....	Shilling..... 3,59
Belgique.....	Belga..... 3,548
Bulgarie.....	Leva (100 stotinki).....
Danemark.....	Krone (100 ore)..... 6,845
Espagne.....	Peseta (100 centimos)..... 4,925
Finlande.....	Markkaas (100 pennis)..... 0,643
Grèce.....	Drachme (100 lepta)..... 0,351
Hongrie.....	Pingó (100 fillers)..... 0,446
Italie.....	Lire (100 centesimi)..... 1,343
Norvège.....	Krone (100 ore)..... 6,845
Pays-Bas.....	Gulden (100 cents)..... 10,259
Pologne.....	Zloty..... 2,862
Portugal.....	Escudo (100 centavos).....
Roumanie.....	Leu (100 bani).....
Russie.....	Rouble (100 kopecks)..... 13,132
Suède.....	Krona (100 ore)..... 6,845
Suisse.....	Franc (100 centimes)..... 4,925
Turquie.....	Livre turque (100 piastres).....
Yougo-Slavie.....	Dinar (100 paras).....
Chine.....	Taël (100 candaréens).....
Indes anglaises.....	Roupie (16 annas).....
Japon.....	Yen (100 sen)..... 12,722
Persé.....	Kran (20 schahis).....
Siam.....	Tical (100 satangs ou cents).....
Egypte.....	Livre égyptienne (100 piastres).....
Erythrée.....	Tallero (100 centièmes).....
Ethiopie.....	Talari (100 centièmes).....
Argentine.....	Peso (100 centavos)..... 10,834
Bolivie.....	Boliviano (100 centavos).....
Bésil.....	Milsreis.....
Chili.....	Peso (100 centavos).....
Colombie.....	Peso (100 centavos).....
Costa-Rica.....	Colon (100 centimos).....
Dominicain.....	Peso (100 centavos).....
Equateur.....	Piastre ou sucre (100 centavos).....
Etats-Unis.....	Dollar (100 cents)..... 25,823
Guatemala.....	Peso (100 centavos).....
Haiti.....	Piastre ou Gourde (100 centièmes).....
Honduras et Salvador.....	Peso (100 centavos).....
Mexique.....	Peso (100 centavos)..... 12,722
Nicaragua.....	Cordoba (100 centavos).....
Panama.....	Balboa (100 centièmes).....
Paraguay.....	Peso (100 centavos).....
Pérou.....	Livre péruvienne (100 dineros).....
Uruguay.....	Piastre (100 centesimos)..... 26,397
Vénézuéla.....	Bolivar (100 centimos).....
Philippines.....	Peso (100 centavos).....

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.

Air.....	1,00	Cyanogène.....	1,806
Hydrogène.....	0,0692	Ammoniaque.....	0,59
Oxygène.....	1,1056	Protoxyde d'azote.....	1,614
Azote.....	0,972	Bioxyde d'azote.....	1,037
Chlore.....	2,450	Oxyde de carbone.....	0,968
Gaz des marais, CH ⁴	0,558	Acide carbonique.....	1,53
Gaz d'éclairage.....	0,399	Acide sulfureux.....	2,27
Hydrogène bicarboné, C ² H ⁴	0,98	Acide sulfhydrique.....	1,19

Densités des vapeurs par rapport à l'air.

Eau.....	0,6235	Chlorhydrate d'ammoniaque..	0,93
Alcool.....	0,794	Brome.....	5,52
Ether.....	0,736	Iode.....	8,71
Acide cyanhydrique.....	0,948	Soufre.....	2,21
Chlore.....	2,45	Phosphore.....	4,42
Chlorure de méthyl.....	1,73	Mercure.....	6,92

Densités des liquides par rapport à l'eau prise à 4°.

Mercure.....	13,596	Alcool absolu.....	0,794
Brome.....	3,18	Ether.....	0,73
Acide sulfurique monohydraté.....	1,84	Esprit-de-bois.....	0,798
Acide azotique fumant.....	1,52	Acide acétique.....	1,06
Acide azotique (NO ³ H).....	1,42	Eau de la mer.....	1,026
Ac. chlorhydrique (HCl, 3H ² O)	1,21	Lait.....	1,03
Sulfure de carbone.....	1,26	Vin.....	0,99
Benzine.....	0,899	Huile d'olive.....	0,917
Essences de térébenthine.....	0,86	Glycérine.....	1,264

Densités des solides.

<i>Métaux.</i>			
Aluminium, Al.....	2,56	Gypse en poudre.....	2,27
Argent, Ag.....	10,53	Verre (moyenne).....	2,5
Cuivre, Cu.....	8,92	Cristal.....	3,33
Etain, Sn.....	7,9	Kaolin.....	2,26
Fer, Fe.....	7,84	Porcelaine..... 2,2 à	2,5
Nickel, Ni.....	8,9	Ardoise.....	2,9
Or, Au.....	19,32	Diamant.....	3,52
Platine, Pt.....	21,50	Charbon de bois en poudre.	1,5
Plomb, Pb.....	11,37	Charbon de chêne (morceaux)	0,45
Zinc, Zn.....	7,19	Charbon de peuplier.....	0,24
		Poudre à canon.....	0,84
		Caoutchouc, gutta-percha...	0,98
		Gomme.....	1,3
		Amidon, fécule.....	1,5
		Graisse, beurre.....	0,94
		Cire.....	0,96
		Corps humain (moyenne)...	1,07
		<i>Bois.</i>	
		Acajou.....	0,560 à 0,850
		Acacia.....	0,780 à 0,820
		Aune.....	0,460 à 0,550
		Bouleau.....	0,620 à 0,750
		Buis de France.....	910
		Buis de Hollande.....	1,320
		Cèdre du Liban, sec.....	490
		Charme.....	0,759 à 0,900
		Châtaignier.....	0,550 à 0,740
		Chêne de démolition.....	0,850
		Chêne blanc.....	610
		Cœur de chêne (%0 ans).....	1,170
		Chêne vert.....	983
		Cormier.....	819
		Ebène.....	1,120 à 1,18
		Erable.....	0,560 à 0,640
		Frêne.....	840
		Gaïac.....	1,339
		Hêtre.....	800
		Hêtre (un an de coupe).....	660
		Mélèze.....	540 à 600
		Orme.....	540 à 630
		Peuplier.....	390
		Pin rouge.....	660
		Pin du Nord.....	740
		Platane.....	650
		Poirier.....	700 à 840
		Pommier.....	730 à 800
		Sapin.....	450
		Teak.....	860
		Liège.....	240
<i>Alliages.</i>			
Acier.....	7,8		
Bronze.....	8,4 à 9,2		
Bronze d'aluminium.....	7,45		
Ferro-nickel.....	8,4		
Fente blanche.....	7,4 à 7,8		
Fonte grise.....	6,7 à 7,1		
Laiton.....	7,3 à 8,4		
Maillechort.....	8,3 à 8,6		
<i>Substances diverses.</i>			
Glace à 0°, H ² O.....	0,918		
Acide sulfurique.....	1,97		
Chaux, CaO.....	3,15		
Chlorure de potassium, CaCl ₂	1,98		
Chlorure de sodium, NaCl.....	2,10		
Acide arsénieux, As ² O ₃	3,7		
Sel ammoniac, NO ³ NH ₄	1,52		
Nitrate de potasse, NO ³ K.....	2,09		
Nitrate de soude, NO ³ Na.....	2,24		
Peroxyde de fer, Fe ² O ₃	5,12		
Oxyde de zinc, ZnO.....	5,6		
Litharge, PbO.....	9,25		
Minium, Pb ² O ₃	9,07		
Céruse PbCO ₃	6,43		
Oxyde rouge de merc., PbO ₂	11,14		
Quartz.....	2,65		
Soufre, S.....	2,07		
Charbon de cornue.....	1,88		
Granit, porphyre, trachyte.....	2,6 à 2,8		
Grès.....	2,20 à 2,65		
Anthracite.....	1,4		
Houille.....	1,3		
Asphalte.....	1,06		
Naphte liquide.....	0,70 à 0,84		
Albâtre et marbres.....	2,7		
Calcaires compacts.....	2,7		

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^m.

**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	48 606	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

TABLES DIVERSES.

Météorologie.

Hauteur moyenne de la colonne barométrique aux diverses altitudes.

Altitude.	Hauteur barométr.	Altitude.	Hauteur barométr.
0 mètres	762 millimètres	1.147 mètres	660 millimètres
21 mètres	760	1.269	650
127	750	1.393	640
234	740	1.519	630
342	730	1.647	620
453	720	1.777	610
564	710	1.909	600
678	700	2.043	590
793	690	2.180	580
909	680	2.318	570
1.027	670	2.460	560

Températures.

Température moyenne de Paris, 10°,7.

La plus basse température connue à Paris a été de — 23°,5 le 25 janvier 1795.

A 0^m,30, de profondeur dans le sol, les oscillations de température se font peu sentir et, à 1 mètre, elles sont insensibles.

Thermomètre Réaumur : le 0° correspond au 0° du centigrade, et le 80° correspond à 100° centigrades; les nombres de degrés sont donc dans le rapport de 4 à 5.

Thermomètre Fahrenheit : le 32° correspond au 0° du centigrade, et le 212° à 100° centigrades; en retranchant 32 d'un nombre de degrés Fahrenheit, le nombre restant sera au nombre correspondant de degrés centigrades dans le rapport de 9 à 5.

Vitesses du son et de la lumière.

Vitesse du son à la seconde : 337 mètres dans l'air, 1.435 mètres dans l'eau, 3.500 mètres dans la fonte.

Vitesse de la lumière à la seconde : 300.000 kilomètres.

Pression des vents par mètre carré.

	A la seconde par m. carré.	
Vent frais convenable pour les moulins, vitesse.	7 ^m	6 ^k
Vent très fort.....	15 ^m	30 ^k
Tempête.....	24 ^m	78 ^k
Grand ouragan.....	45 ^m	275 ^k

Neige.

Une hauteur de neige est l'équivalent en poids d'une hauteur d'eau 10 fois moindre. — Pour 0^m,25 de neige, c'est donc une surcharge de 25 kilogrammes par mètre carré pour les couvertures.

Points de fusion.

Acier	1400°	Fer doux	1600°
Alcool absolu	—90°	Fonte de fer..... 1250 à	1275°
<i>Alliages :</i>		— aciérée..... 1200 à	1300°
1 plomb, 1 étain	241°	— blanche.....	1100°
1 plomb, 3 étain	186°	— grise.....	1230°
1 plomb, 5 étain	194°	— malléable.....	1300°
2 plomb, 9 étain, 1 zinc....	168°	Huile d'olive.....	2°, 5
<i>Alliage de Darcet :</i>		Huile de palme.....	29°
1 plomb, 1 étain, 2 bismuth.	93°	Iode	113°, 5
Aluminium.....	650°	Mercure.....	—38°, 5
Antimoine	440°	Nickel.....	1452°
Argent.....	1040°	Or.....	1035°
Arsenic.....	410°	Phosphore.....	44°
Beurre.....	30°	Platine.....	1775°
Bismuth.....	265°	Plomb.....	335°
Bronze.....	900°	Soufre.....	114°
Camphre.....	195°	Stéarine.....	61°
Cire blanche.....	68°	Sucre de canne.....	160°
Cobalt.....	1478°	Sulf.....	33°
Chrome.....	1520°	Vanadium	1720°
Cuivre.....	1093°	Zinc.....	412°
Étain.....	226°		

Points d'ébullition.

Acide acétique.....	120°	Essence de térébenthine...	157°
— azotique ordinaire...	86°	Ether sulfurique.....	35°, 5
— carbonique.....	—78°	Huile de lin.....	387°
— chlorhydrique.....	110°	Iode	200°
— sulfureux.....	—10°	Mercure.....	357°, 2
— sulfurique (monohyd.)	338°	Nitrobenzine.....	213°
Alcool.....	78°	Pétrole.....	106°
Benzine.....	80°, 4	Phosphore.....	290°
Brome.....	63°	Potasse caustique.....	175°
Camphre.....	215°	Soufre.....	448°
Sel marin saturé.....	108°	Sulfure de carbone.....	46°
Créosote.....	203°	Zinc.....	929°
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.....	0,000005	Granit.....	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

EXTRAIT DU CATALOGUE 1928-1929



CONDITIONS GÉNÉRALES DE VENTE

EXPÉDITION. — 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 et frais accessoires, 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 et frais accessoires 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 qu'ils règlent dans les conditions indiquées ci-après.

PAIEMENT. — **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 et 5 décembre, avec majoration, pour frais de recouvrement, de 2 fr. 50 en France, 3 fr. 50 en Afrique du Nord.

Exceptionnellement, et afin de faciliter les débuts des jeunes ingénieurs, les fournitures de 200 francs et au-dessus d'ouvrages édités par la librairie Dunod peuvent être payées à raison de un quart du prix des livres et le montant des frais de port joints à la commande, le reliquat en trois paiements trimestriels égaux.

Étranger et Colonies françaises. — Chèque sur Paris, ou mandat-poste pour les pays faisant partie de l'Union Postale.

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 livraisons séparées, spécimens et collections de revues françaises et étrangères, ainsi que de renseignements sur les mêmes catégories de publications font l'objet de conditions spéciales qui sont communiquées sur demande et figurent dans chaque livraison de la *Bibliographie des Sciences et de l'Industrie*. — Cette publication, qui donne le titre de tous les livres techniques récemment parus en France, des principaux ouvrages de même nature publiés à l'étranger, ainsi que les sommaires des revues scientifiques françaises les plus réputées — et dont le prix d'abonnement est fixé à 10 fr. pour la France et les Colonies françaises, 20 fr. pour l'étranger — est servie *gratuitement* aux clients de la librairie Dunod qui en font la demande.

Les fascicules du catalogue général correspondant aux divisions ci-après, et comportant les sommaires des ouvrages, sont envoyés franco.

ORGANISATION INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

I. — ORGANISATION INDUSTRIELLE

- La Technique moderne**, *publication bimensuelle illustrée*. Ab. annuel France, 110 fr. ; Etr., 164 fr. (148 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit). — Le n^o 5 fr. 50
- La Pratique des Industries mécaniques**, *publication mensuelle illustrée*. Ab. annuel : France, 46 fr. ; Etr., 68 fr. (63 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit). — Le n^o. 4 fr. 75
- Les Nouveaux livres scientifiques et industriels**, *publication trimestrielle*. Abonnement annuel. Etranger 20 fr. France..... 12 fr.
- La direction des ateliers**, TAYLOR. *Nouv. tir.* (510 gr.)..... 28 fr.
- Principes d'organisation scientifique**. TAYLOR. *Edition définitive*. In-8^o (330 gr.)..... 12 fr.
- Le Taylorisme**, LE CHATELIER. In-8^o avec figures (320 gr.). 18 fr.
- Création, organisation et direction des usines**, MATTERN. In-8^o avec figures. 2^e édition (590 gr.)..... 44 fr. 50
- Organisation industrielle**, CHARPENTIER. 2^e éd. In-8^o. (970 gr.) 50 fr.
- L'organisation industrielle américaine appliquée aux entreprises européennes**. J. ROMAN. In-8^o av. 72 fig. (500 gr.).. 46 fr.
- Organisation des ateliers de mécanique**, JAQUIN. (240 gr.). 15 fr.
- Organisation scientifique de l'usinage**, DENIS. I. 2^e édit. in-8^o, avec 107 fig. (430 gr.), 28 fr. — II. in-8^o, avec 41 fig. (250 gr.). 19 fr. 50
- L'atelier moderne de construction mécanique**, O. PERRIGO et VARINOIS. In-8^o, avec 219 figures. (970 gr.)..... 58 fr. 50
- Construction et installation modernes des ateliers et usines**, RAZOUS. 5^e édition. In-8^o, avec 303 figures. (1.210 gr.).. 72 fr. 50
- Etude des mouvements**, méthode d'accroissement de la capacité productive d'un ouvrier, GILBRETH. In-16. (190 gr.).... 16 fr. 50
- Etude des mouvements appliqués**, GILBRETH. (260 gr.).. 20 fr.
- Administration industrielle et générale**, FAYOL. (530 gr.) 18 fr. 50
- L'incapacité industrielle de l'Etat : les P.T.T.**, FAYOL. (290 g.) 8 fr.
- Organisation technique et commerciale des usines**, NÉGRIER. In-8^o, avec figures. (550 gr.)..... 30 fr. 50
- Organisation économique du travail dans les usines**, MASUI. 3^e édition. In-8^o, avec 155 figures (710 gr.)..... 42 fr.
- Méthodes économiques d'organisation dans les usines**, IZART. In-8^o, avec 15 figures (420 gr.)..... 25 fr.
- Etude sur l'organisation rationnelle des usines**, SIMONET. *Nouv. édition*. In-8^o, avec figures. (440 gr.)..... 26 fr. 50
- Organisation rationnelle d'une usine**, PETITET. In-4^o, avec 227 fig. et 5 pl. (640 gr.)..... 50 fr.
- La production industrielle intensive**, DE FLEURY. (160 gr.). 12 fr. 50
- La sélection psycho-physiologique des travailleurs (conducteurs de tramways et d'autobus)**, LAHY. In-8^o avec 82 fig. (480 gr.). 48 fr.
- Le moteur humain et les bases scientifiques du travail professionnel**, AMAR, 2^e édit., in-8^o. (810 gr.)..... 78 fr.
- Organisation physiologique du travail**, AMAR. (1.060 gr.). 60 fr.
- L'orientation professionnelle**, AMAR. In-8^o. (220 gr.)... 17 fr. 50

- L'organisation ménagère moderne. 2^e éd. du « Taylorisme chez soi ». CH. FRÉDÉRIK. In-16. (450 gr.)..... 17 fr. 50
 Les appareils transporteurs mécaniques de bureau, JACOB. (*En préparation.*)
 Les déchets et sous-produits industriels, RAZOUS. (128 gr.). 81 fr.
 Formules, recettes, procédés à l'usage des Ingénieurs, FRANÇOIS. In-16. (570 gr.):..... 33 fr. 50

II. — ORGANISATION COMMERCIALE

- La technique des affaires, CHAMBONNAUD, I : *Affaires nouvelles*. 3^e éd. (580 gr.), 19 fr. 50; II : *Affaires et méthode scientifique*, 3^e édit. (580 gr.), 25 fr.; III : *Affaires et personnel*, 2^e édit. (880 gr.), 39 fr.; IV : *Affaires et art de traiter*, 2^e édit. (570 gr.), 23 fr. 50; V : *Affaires par correspondance*, 2^e édit. (580 gr.), 28 fr.; VI : *Affaires et l'imprimé* (575 gr.), 26 fr. 50; VII : *Affaires et l'annonce*. (885 gr.), 60 fr.; VIII : *Affaires et l'affiche*. (730 gr.), 44 fr. 50; IX : *Affaires et leur lancement*. (670 gr.)..... 32 fr.
 Prix de la collection entière (9 vol.)..... 269 fr.
 La statistique appliquée aux affaires, ISABEL. (200 gr.).. 18 fr.
 Ce qu'il faut savoir pour exporter, HORSIN-DÉON. (250 gr.). 25 fr.
 Éléments de commerce, COUDRAY et MAURE. *En préparation.*
 L'art de vendre, CODY et MIS. In-8°. (420 gr.)..... 23 fr.
 La représentation commerciale, SABATIÉ. In-8° (360 gr.). 24 fr. 50
 Traité pratique des sociétés commerciales (aux points de vue comptable, juridique et fiscal). BATARDON. 4^e édit. (1.750 gr.). 75 fr.
 Les Sociétés à responsabilité limitée, POTTIER, 2^e éd. (765 gr.). 56 fr.
 Précis intégral de publicité, GÉRIN. 2^e édit. In-8°. (450 gr.) 30 fr.
 La publicité suggestive. GÉRIN. 2^e édit. In-8°. (920 gr.). 70 fr.
 L'art de faire des affaires par lettre et par annonce, CODY et CHAMBONNAUD. 3^e édit. In-16. (370 gr.)..... 22 fr.
 Pour tirer le meilleur parti des affaires, LEWIS et B. MAYRA. In-8°. (970 gr.)..... 28 fr.
 Le gouvernement des entreprises commerciales et industrielles, CARLIOZ. 2^e édit. In-8°, avec 47 figures. (735 gr.)..... 50 fr.
 Organisation rationnelle des entreprises commerciales, GUTJAHR. In-8°. (640 gr.)..... 39 fr.
 Memento des fondateurs de sociétés, BATARDON. I : *Sociétés en nom collectif, associations en participation et sociétés à responsabilité limitée*. 6^e édit. (70 gr.), 8 fr.; II : *Sociétés en commandite simple et en commandite par actions*, 5^e édit. (130 gr.), 9 fr. 50; III : *Sociétés anonymes*. 6^e édit. (80 gr.)..... 9 fr.
 Le style commercial, MIS, 2^e édit. In-8°. (320 gr.)..... 18 fr.
 Manuel pratique de correspondance commerciale et industrielle, ANSOTTE et DEFRISE. 5^e édit. In-16. (230 gr.)..... 14 fr.
 Dictionnaire français-anglais de la correspondance commerciale, BOMPAS et METTÉE. In-8°. (810 gr.)..... 50 fr.

III. — COMPTABILITÉ ET FINANCES

- Cours de comptabilité, DUFAYEL. 2^e édit. In-8°. (600 gr.).. 29 fr.

Cours pratique de Comptabilité, BATARDON. I : In-16, (520 gr.) 21 fr. ; II : 2 ^e édit. In-16. (420 gr.).....	21 fr.
La comptabilité à la portée de tous, BATARDON (320 gr.)	16 fr.
Comptabilité commerciale : les procédés modernes, la méthode centralisatrice, BATARDON. 3^e édit. (270 gr.)	12 fr.
Comptabilité commerciale : la tenue des livres sur feuillets mobiles, BATARDON. 3^e édit. In-16, avec 14 fig. (180 gr.)	9 fr.
Notions sommaires de comptabilité industrielle, BATARDON. In-16, 2^e édit. (170 gr.)	11 fr.
Traité pratique de comptabilité industrielle, ANSOTTE et DEFRISE. In-4^o, 5^e édition. (470 gr.)	25 fr.
Précis de comptabilité industrielle, TEXIER. In-8^o. (210 gr.)	7 20
Précis de comptabilité industrielle appliquée à la métallurgie, BOURNISIEN. In-8^o. 2^e édit. (450 gr.)	28 fr.
Comptabilité des entreprises du bâtiment, TEXIER. (160 gr.)	12 fr.
Comptabilité des entreprises électriques, DELAVELLE. (70 g.)	2 50
L'inventaire et le bilan, BATARDON. 5^e édit. In-8^o. (890 gr.)	50 fr.
La Gestion des affaires, EDOM. In-16, 4^e édit. (450 gr.)	28 fr.
Précis d'un cours de banque, DESCHAMPS. 7^e édit. (250 gr.)	10 fr.
Administration financière, QUESNOT. 3^e éd. In-8^o. (970 gr.)	50 fr.
L'organisation du contrôle et la technique des vérifications comptables, J. REISER. In-8^o. (440 gr.)	35 fr.
Simple notions sur les changes étrangers, 3^e édit. FAURE. (190 gr.)	12 50
Comptes faits. Tables des produits, CLAUDEL. (250 gr.) ...	16 50
Tables des carrés et des cubes, des nombres entiers, des longueurs, des circonférences, des surfaces, des cercles et des expressions trigonométriques, CLAUDEL. In-8^o. (220 gr.)	19 50
Le barème pratique, MORVAN. In-8^o. (270 gr.)	16 50
Barème Morin pour le calcul des salaires. (1.120 gr.)	21 fr.
Tarif usuel selon le système métrique pour la réduction des bois carrés et en grume, CORDOIN. 25^e édit. (150 gr.)	12 50

IV. — ÉCONOMIE. — LÉGISLATION

Economie industrielle, MARGUERY. (410 gr.)	16 50
Précis de législation usuelle et commerciale, ANGLÈS et DUPONT. In-16, 4^e édit. (540 gr.)	18 fr. 50
Précis de législation ouvrière et industrielle, DUPIN et DESVAUX. In-16, 2^e édit. PENCIOLELLI. (510 gr.)	22 fr.
La législation sur les accidents du travail, BENOIT. (130 gr.)	8 fr.
La protection légale des dessins et modèles, CHABAUD. (790 gr.)	25 fr.
Brevets d'invention. Marques et modèles. VAN DER HAEGHEN. In-8^o (1.320 gr.)	100 fr.
Traité administratif des travaux publics (Nouvelle édition du dictionnaire administratif de DEBAUVE). COURCELLE. In-8^o, 3 volumes (3.100 gr.)	250 fr.
Les clauses du travail dans le traité de Versailles, GODART. In-8^o. (320 gr.)	18 fr.
Ce qu'il faut savoir de la Russie économique, WELTER. (250 g.)	12 fr.

Code de l'assistance, PENCIOLELLI. (220 gr.).....	12 fr.
Les assurances sociales, DEGAS. (270 gr.).....	15 fr.
Les salaires ouvriers et la richesse nationale, BAYLE. (570 gr.)	19 50
Les meneurs et la question des salaires dans l'industrie textile. DELVOYE. In-16 (200 gr.).....	15 fr.
Formules de salaires, PAINVIN. (80 gr.).....	5 50
Comment établir les salaires de demain, DANTY-LAFRANCE. (120 gr.).....	7 fr.

V. — HYGIÈNE

Cours d'hygiène générale et industrielle, BATAILLER et TRESFONT. In-16, avec 148 figures. (610 gr.).....	14 fr.
Organisation et Hygiène sociales. <i>Essai d'hominiculture</i> . AMAR. In-8°, avec 110 fig. (1.190 gr.).....	126 fr.
Lois scientifiques de l'éducation respiratoire. AMAR. (430 gr.)	28 fr.
Applications de la biologie à l'art de l'ingénieur, IMBEAUX. In-8° (400 gr.).....	23 fr. 50
Pratique de l'hygiène industrielle, FROIS et RAZOUS. (450 gr.)	20 fr.
Les maladies professionnelles, BRETON. In-8°. (530 gr.)...	12 fr.
Hygiène et secours et premiers soins à donner aux malades et aux blessés, NOIR. In-16, avec 79 fig. (590 gr.).....	33 50

ENSEIGNEMENT GÉNÉRAL et PROFESSIONNEL

L'enseignement technique, industriel et commercial en France et à l'étranger, ASTIER et CUMINAL. 2° édit. (1.110 gr.) ...	21 fr.
Orientation professionnelle des jeunes gens et jeunes filles. MOUVET. In-8°.....	20 fr.
Pour l'ouvrier moderne, <i>Ecoles, classes, cours, examens professionnels</i> , CAILLARD. In-8°, avec fig. (510 gr.).....	16 fr. 50
Une Université du travail, BUYSÉ. (1.190 gr.).....	42 fr.

I. — MATHÉMATIQUES

Cours d'arithmétique, PHILIPPE et DAUCHY. 2° édit. (540 gr.)	25 fr.
Problèmes et exercices d'arithmétique, avec solutions, PHILIPPE et DAUCHY. 2° édit. (500 gr.).....	25 fr.
Éléments d'algèbre, PHILIPPE et DAUCHY, 3° éd. (440 gr.)	19 fr.
Cours de géométrie, PHILIPPE et FROUMENTY. I : in-16 avec 374 fig. 2° édit. (360 gr.), 15 fr. ; II : In-16, avec fig., 2° édit. (490 gr.)	20 fr.
Notions élémentaires de géométrie descriptive appliquées au dessin, HARANG et BEAUFILS. 5° édit., avec 142 fig. (275 g.)	9 fr. 75
Géométrie descriptive (<i>candidats A. et M.</i>), HARANG. (190 g.)	8 fr.
Trigonométrie, HARANG. In-16, avec 113 fig. (220 gr.).....	11 fr.
Trigonométrie rectiligne, par DORGEOT. (290 gr.).....	19 fr.
Cours préparatoire de mathématiques spéciales, Algèbre et trigonométrie, WEBER. In-8°. (1.010 gr.).....	50 fr.
Mathématiques, DARRIÈS, 2° édit., avec 310 fig. (660 gr.)...	42 fr.

- Les mathématiques après l'école primaire**, TRIPARD. (460 g.). 15 fr.
Les mathématiques de l'ouvrier moderne, VEZO. In-16. 3 vol.
 Tome I : *Arithmétique, Algèbre*, 2^e édit. 21 fig. (375 gr.), 13 fr. —
 Tome II : *Géométrie*, 2^e édit., 575 fig. (410 gr.), 12 fr. — Tome III :
Mécanique, 233 fig. (325 gr.)..... 14 fr.
Connaissances scientifiques utiles aux aviateurs, MARCOTTE et BÉRÉ-
 HARE. In-8°, avec 412 fig. (850 gr.)..... 38 fr.
Le calcul intégral et différentiel à la portée de tout le monde,
 THOMPSON et GÉRARD. In-16, 3^e édit. (470 gr.)..... 35 fr.
Le calcul intégral facile et attrayant. BESSIÈRE. In-16 (255 g.). 15 fr.
La pratique des abaques, JAMIN. Gr. in-8°. (650 gr.)..... 28 fr.
Le calcul des probabilités à la portée de tous, HALBWACHS et FRÉ-
 CHET. In-16, avec fig. (500 gr.)..... 29 fr.

II. — DESSIN

- Travaux graphiques**, JAULIN, avec 739 fig. et 8 pl. (650 gr.). 42 fr.
Traité de dessin géométrique, RAULT. Tome I : *Perspective conique*
 (partie élémentaire), avec atlas de 11 pl. (310 gr.), 15 fr. ; Tome II :
Perspective conique, avec atlas de 21 pl. (540 gr.)..... 25 fr.
Cours de dessin industriel, DUPUIS et LOMBARD. I : *Introduction*
 avec 395 fig. et 3 pl. (480 gr.), 15 fr. 50 ; II : *Technique* avec 280 fig. et
 20 pl. (440 g.), 15 fr. ; III : *Planches d'exécution* de 32 pl. (420 g.). 18 fr.
Technique du croquis et du dessin industriel, MAREC. 2^e édit.
 In-4°, avec 260 fig. et 4 pl. (420 gr.)..... 25 fr.
Traité pratique de dessin industriel, MARTIN. (330 gr.)... 30 fr.
Pour le dessinateur, DE THELLESME. (240 gr.)..... 16 50
**Nouveau traité pratique de projections orthogonales avec appli-
 cations à la tôlerie et à la chaudronnerie**, J. MARTIN. 1^{re} partie,
 (630 gr.), 35 fr. ; 2^e partie (340 gr.)..... 28 fr.
**Le dessin et la composition décorative appliqués aux industries
 d'art**, COUTY. In-16, avec 462 fig. (420 gr.)..... 24 fr.

III. — PHYSIQUE

- Physique (classes spéciales)**. BOLL et FÉRY. Tome I : *Optique*, 19 fr. 50 ;
 Tome II : *Chaleur, gaz, changements d'états, électricité, magnétisme*.
 (720 gr.)..... 38 fr. 50
Précis de physique, BOLL et FÉRY. 2^e édit. *refondue*. In-8°. Tome I :
Statique, dynamique, pesanteur, hydrostatique, optique (600 gr.), 40 fr. ;
 Tome II : *Chaleur, gaz, changements d'états, électricité, magnétisme*
 (720 gr.)..... 38 fr. 50
Cours de physique générale, OLLIVIER, 2^e édition. I : In-8°, avec
 408 fig. 84 fr. ; II : In-8°, avec 146 fig. (730 gr.). *Epuisé* ; III : In-8°
 avec fig. (1.400 gr.)..... 63 fr.
Physique à l'usage des candidats aux écoles d'Arts et Métiers,
 avec supplément (*Optique*) : GOUARD et HIERNAUX. (620 gr.). 21 fr.
Notions de physique (section commerciale), CHAPPUIS et JACQUET.
 In-16, avec 271 fig., 2^e édit. (350 gr.)..... 16 fr.
Éléments de physique (section industrielle), CHAPPUIS et JACQUET,
 In-16, avec 376 fig., 7^e édit. (390 gr.)..... 17 fr.

IV. — CHIMIE (voir pages XLIII et suivantes.)

V. — MÉCANIQUE (voir pages XL et suivantes.)

VI. — ÉLECTRICITÉ (voir pages XLV et suivantes.)

VII. — FRANÇAIS, HISTOIRE ET GÉOGRAPHIE

Les lectures de la profession, A. et L. FRANCHET. (340 gr.)	11 50
La culture générale des jeunes gens se destinant à l'industrie, A. FRANCHET et L. FRANCHET. In-16, av. 21 cartes. (370 gr.)	13 fr.
Morceaux choisis des meilleurs auteurs français des XVII ^e , XVIII ^e et XIX ^e siècles, PÉRIÉ et CRÉPIN. 2 ^e édit. In-16. (460 gr.)...	20 fr.
Le français, l'histoire et la géographie, GRIGAUT. (290 gr.)	8 fr.
La composition française, l'histoire et la géographie, aux examens des Ecoles d'A. et M. GRIGAUT. (110 gr.).....	6 fr.
Cours d'histoire contemporaine, RISSON et MOUSSET. I : <i>La France de 1789 à 1848</i> . 2 ^e édit. (230 gr.), 13 fr. ; II : <i>La France et le monde de 1848 à 1925. Instruction civique</i> . 4 ^e édit. (420 gr.).....	18 fr.
Cours de Géographie commerciale, BERTRAND, 2 ^e édit. mise à jour d'après les derniers traités. (450 gr.).....	21 fr.
Géographie générale et économique, GRIGAUT. (450 gr.)..	20 fr.
Collection des grands ports français (voir p. LIX).	

VIII. — STÉNOGRAPHIE

Sténographie (système Prévost-Delaunay), JULIEN. (450 gr.)	16 fr.
Cours progressif de sténographie, ZRYD. 2 ^e édit. (420 gr.)	14 fr.
Sténographie, 20 devoirs (système Prévost-Delaunay). DEROUIN. (270 g.).....	11 fr.
Adaptation phonétique à l'anglais, THIÉBAULT. (100 gr.)..	5 60
Adaptation phonétique à l'espagnol, POSTIF. (130 gr.)....	8 fr.

IX. — LANGUES ÉTRANGÈRES

Je lis l'anglais, CHAMBONNAUD. In-8°. (230 gr.).....	8 fr.
Fred and Maud at home (1 ^{er} livre d'anglais), CHAMBONNAUD et TEXIER. 3 ^e édit. (370 gr.).....	19 fr.
Fred and Maud across the Channel (2 ^e livre d'anglais), CHAMBONNAUD et TEXIER. (350 gr.).....	16 fr.
Fred and Maud round the World (cours supérieur d'anglais usuel), CHAMBONNAUD et TEXIER. In-16, avec fig. (380 gr.).....	13 fr.
Business english (<i>anglais commercial</i>), CHAMBONNAUD et TEXIER, (400 gr.).....	21 fr.
L'anglais commercial et industriel, DELOGE et VAN GORP. (410 gr.)	21 fr.
Formulaire français-anglais de correspondance commerciale. GILLY. (240 gr.).....	16 fr.
Primer curso de lengua castellana, LOURTAU. (250 gr.)..	12 fr.
Segundo curso de lengua castellana, LOURTAU. (540 gr.)	15 fr.
Vade-mecum espanol del comerciante, LOURTAU et ARIZMENDI. 2 ^e édit. In-16, avec fig. et pl. (390 gr.)	21 fr.
Cours d'allemand commercial, MERESSE. 2 ^e édit. (230 gr.)	18 fr.

MÉCANIQUE ET MACHINES

I. — GÉNÉRALITÉS

Cours de résistance des matériaux: Application au calcul des éléments de machines. BONHOMME. In-8°, 461 fig. (1.510 gr.)...	98 fr.
Construction des machines, HENROTTE. 2 vol. (2.680 gr.)..	168 fr.
Les machines motrices, DAUCHY et JACQUET. (480 gr.)...	22 fr.
Comment tenir compte des chocs dans les calculs pratiques de résistance des matériaux, par JANNIN. In-8°. (490 gr.)...	49 fr.
La mécanique appliquée, théorique, numérique et graphique, DORGEOT. In-4°, avec 617 fig. (1.740 gr.)	98 fr.
Cinématique théorique et appliquée, DORGEOT. (1.020 gr.)	77 fr.
Mécanique à l'usage des candidats aux Ecoles d'Arts et Métiers, GOUARD et HIERNAUX. In-16, avec fig. (210 gr.).....	15 fr.
Cours élémentaire de mécanique industrielle, GOUARD et HIERNAUX. I, 3 ^e édit. avec 367 fig. (480 gr.), 19 fr.; II, 2 ^e édit. avec 327 fig. (440 gr.), 19 fr.; III, 3 ^e édit. avec 196 fig. (320 gr.).....	15 fr.
Mécanique, hydraulique, thermodynamique, DARIÈS. (920 g.).	55 fr.
Principes généraux de thermodynamique, MONTEIL. (410 g.).	25 fr.
Etudes sur la chaleur, ROSZAK. In-8°. (610 gr.).....	50 fr.
Nouvelles études sur la chaleur, ROSZAK et VÉRON. In-8: (<i>En préparation</i>).	
Précis de technologie mécanique, FLEURY. 351 fig. (590 gr.).	50 fr.
Des mécanismes élémentaires, LOCHR. 395 fig. (320 gr.)..	28 fr.
Théorie simplifiée des mécanismes élémentaires, LOCHE. (270 gr.).....	19 fr.
Les essais de machines, ROYDS, trad. par B. GIRAUD. (1.310 gr.).	98 fr.
La pratique des essais de machine. BOYER-GUILLON. (630 g.)	67 fr.
Aide-mémoires de l'ingénieur-mécanicien, IZART. 5 ^e édition. (1.600 gr.).....	95 fr.
Guide pratique de l'ouvrier mécanicien. WALKER-HAPPICH. In-16. 303 fig. (560 gr.).....	36 fr.
Guide pratique d'atelier, PERDRIAT. (170 gr.).....	21 fr.
Manuel du mécanicien, MAILLOT. 3 ^e édit. (240 gr.).....	14 fr.
Mécanique. Formulaire d'Atelier. ADAM (125 gr.).....	10 50
Pour l'ajusteur mécanicien, A. LEFÈVRE. 2 ^e éd. (208 gr.).	17 fr. 25
Pour le contremaître industriel. A. LEFÈVRE. (175 gr.).	16 50
Le travail manuel des métaux : forge, chaudronnerie, ajustage, HOUA. In-16, 192 fig. (220 gr.)	12 fr.
Manuel de traçage dans la chaudronnerie et la charpente en fer, HERMANN et DEYSINE. (210 gr.).....	18 fr.
Traçage des constructions métalliques et de chaudronnerie, BOTTIEAU. 2 vol. (770 gr.).....	55 fr.
Aide-mémoire de l'ouvrier mécanicien, JACQUET. (300 gr.).	21 fr.
Recueil d'essais d'ajustage, LE COZLER. (360 gr.).....	22 fr.
Le petit outillage moderne du mécanicien, JACQUET. 2 ^e édit. (190 g.).	12 fr.
Le contremaître mécanicien, LOMBARD et CAEN. (660 gr.).	42 fr.

Les ressorts, REYNAL. In-16 2 ^e édit. (160 gr.).....	20 fr.
La vérification des pièces interchangeables, NÉGRIER. (160 g.)	12 50
Recueil de graphiques, C. REYNAL, 16 planches. (430 gr.)..	35 fr.
Etude sur les courroies de transmission, CARLIER. (130 gr.)	14 fr.
Comment utiliser au mieux les courroies de transmission. GUILLOU. In-16 (190 gr.).....	8 fr.
La pratique du graissage, THOMSEN et CHAILLOU. (1.500 g.)	119 fr.

II. — CHAUDIÈRES ET MACHINES A VAPEUR

Chaudières à vapeur, DEJUST et TURIN. 2 ^e édit. (960 gr.)..	71 50
Cours pratique de chauffe et de chaudières industrielles, JOLLY. In-16, avec 276 fig. (470 gr.).....	32 fr.
La chaufferie moderne. Alimentation des chaudières et tuyau- teries à vapeur, GUILLAUME et TURIN. 2 ^e édit. (860 gr.)..	53 fr.
La chaufferie moderne. Les foyers de chaudières, TURIN. 2 ^e édi- tion. Avec 484 fig. (1.060 gr.).....	91 fr.
Méthodes économiques de combustion dans les chaudières à vapeur, IZART, 4 ^e édit. Avec 115 fig. (1.000 gr.).....	56 fr.
L'économie de combustible dans les usines de force motrice utilisant le chauffage à la main, VARINOIS. (320 gr.)....	22 fr.
Le gaspillage des combustibles, BERGER. 2 ^e édit. (350 gr.)	23 50
Machines à vapeur et machines thermiques diverses, DEJUST. 2 ^e édit. DOZOUL, avec 440 fig. (810 gr.).....	68 fr.
Cours de machines à vapeur, JOLLY. 350 fig. (470 gr.)....	48 fr.
Les régulateurs des machines à vapeur, LECORNU. (990 gr.)	35 fr.
Traité de la condensation, WEISS. (1.420 gr.).....	56 fr.
L'aptitude élastique des tuyauteries de vapeur au point de vue dilatation. H. CARLIER. In-8 ^o . 76 fig. (300 gr.).....	45 fr.
Législation et contrôle des appareils à vapeur, CUVILLIER. (480 gr.)	44 fr.
Turbines à vapeur et à gaz, A. STODOLA, trad. par E. HAHN. 2 ^e édit., 2 vol. avec 1.138 fig. et 6 planches. (4.500 gr.).....	445 fr.
Diagramme de Mollier, STODOLA et HAHN. 3 pl. (210 gr.)	25 fr.
Les turbines à vapeur, GOUDIE et GIRAUD. (1.550 gr.).....	84 fr.
Incidents de fonctionnement des machines à vapeur, HAMKENS. In-16, avec 276 figures. (400 gr.).....	35 fr.

III. — MACHINES ET TURBINES HYDRAULIQUES POMPES, COMPRESSEURS

Cours d'hydraulique théorique. MONTEIL. (310 gr.).....	21 fr.
Machines hydrauliques, BERGERON. In-16, (en préparation).	
Les turbines hydrauliques et les turbo-pompes, R. THOMANN. Traduit par P. ILTIS. In-8 ^o avec 147 fig. (790 gr.).....	49 fr.
Nouvelle théorie et calcul des roues-turbines, LORENZ, ESPITAL- LIER et STREHLER. In-8 ^o , avec 121 fig. (850 gr.).....	44 fr. 50
Les turbines hydrauliques à grand débit, DE MOISSIER. (220 gr.)	16 50
Les pompes, MASSE. In-4 ^o , avec 957 fig. (1.820 gr.).....	92 fr.
Les ventilateurs, WIESMANN, trad. par PELLET. (540 gr.) in-8 ^o .	48 fr.

IV. — MOTEURS A GAZ, DIESEL, etc.

Les moteurs à gaz, HAEDER et VARINOIS, tome I, 4 ^e édit. (590 gr.).	56 fr. ; tome II, 4 ^e édit. (820 gr.).....	70 fr.
Les moteurs à gaz, RICHARD. In-8 ^o et atlas, 70 pl. (2.170 gr.).		210 fr.
Cours élémentaire à l'usage des monteurs et conducteurs de moteurs à gaz, GUILLOU. In-16 avec 27 fig. (900 gr.).....		21 fr.
Moteurs à combustion interne et gazogènes, LETOMBE. (420 gr.).		19 50
Cours de moteurs industriels à combustion interne, JOLLY. In-16, avec 184 fig. (390 gr.).....		24 fr.
Théorie succincte, conduite et entretien du moteur Diesel, LE GALLOU. 2 ^e édit. In-4 ^o avec 145 fig. (1.090 gr.).....		53 fr.
Les moteurs à huile lourde, à injection directe (<i>semi-Diesel</i>), LE GALLOU. In-8 ^o , 113 fig. (920 gr.).....		53 fr.
Les moteurs Diesel et les moteurs semi-Diesel, VAILLOT, 2 vol. In-4 ^o , avec 1.050 fig. et 29 pl. (4.290 gr.).....		308 fr.

V. — MACHINES-OUTILS ET APPAREILS DE LEVAGE

Les machines-outils pour le travail des métaux, JACQUET. In-8 ^o , avec 173 fig. (220 gr.).....		17 fr.
Les scieries et les machines à bois. RAZOVS. 2 ^e édit. (790 g.).		40 fr.
L'usinage du bois. PETIPAS. In-8 ^o , 35 fig. (620 gr.).....		39 fr.
Cours de technologie du bois. MASVIEL, 3 ^e édit. In-4 ^o . Tome I : 338 fig. (520 gr.), 23 fr. ; Tome II, 2 ^e édit. 286 fig. (610 gr.).		27 fr.
Le sciage des métaux, CODRON. In-4 ^o . (1.870 gr.).....		126 fr.
Méthodes rationnelles d'usinage : ABAQUES, GUYOT. (220 g.).		21 fr.
La taille des métaux, TAYLOR et DESCROIX. (920 gr.).....		44 50
La taille des métaux, d'après les expériences de F.-W. Taylor et la forme rationnelle des outils, MASSOT. (310 gr.).....		16 50
Les outils de tours, DARNAY et LENOUEL. In-4 ^o . (520 gr.).		19 fr.
Les broches à mandriner et le mandrinage à la broche, VIALL et VARINOIS. In-8 ^o . (520 gr.).....		42 fr.
Montages d'usinage et outils spéciaux, COLVIN et HAAS. In-8 ^o , avec 39 fig. (420 gr.).....		39 fr.
Manuel de l'ouvrier tourneur et fileteur, LOMBARD. (250 gr.).		18 fr.
Guide du tourneur-décolleteur, ADAM. In-16 (160 gr.).....		12 fr.
Manuel du tourneur-mécanicien, ADAM. In-8 ^o . (<i>En réimpression</i>).		
Pour le tourneur et le conducteur de machines-outils, LEFÈVRE. In-16 (290 gr.).....		19 fr. 50
Guide pratique de mécanique, filetage et taillage, BOUDOT. In-16 (110 gr.).....		8 fr.
Le fraisage, VARINOIS. In-8 ^o , avec 586 fig., 2 ^e éd. (1.560 gr.).		126 fr.
Le fraisage, HANEN. In-8 ^o , avec 82 fig. (210 gr.).....		16 50
L'emboutissage, GIANOLI. In-8 ^o , avec 224 fig. et 3 pl. (570 gr.).		49 fr.
Poinçons et matrices, STANLEY et VARINOIS. (1.020 gr.)...		77 fr.
Découpage, matricage, poinçonnage et emboutissage, WOODWORTH et RICHARD. In-8 ^o , avec 685 fig. (780 gr.).....		56 fr.
Outillages à découper et à emboutir, V. RICORDEL. (220 gr.).		21 fr.
L'outillage américain pour la fabrication en série, WOODWORTH et VARINOIS. 2 ^e édit. In-8 ^o , avec 601 fig. (910 gr.).....		70 fr.

Le travail à la meule dans la construction mécanique , COLVIN et VARINOIS. In-8°, avec 286 fig. (970 gr.).....	67 fr.
Graphique pour le tracé des engrenages et la détermination des dentures , GATEAU. 2 pl. in-plano (130 gr.).....	8 fr.
Mécanique, électricité et construction appliquées aux appareils de levage , ROUSSELET. I : <i>Les ponts roulants actuels</i> . Gr. in-8°, 286 fig. et 11 pl. 2 ^e éd. (2.220 gr.), 133 fr.; II : <i>Les ponts roulants à treillis et les grues à portiques actuels</i> . Gr. in-8° (2.590 gr.).	154 fr.
Appareils de levage , PACORET. 2 vol. in-8°. Tome I : 460 fig. (1.500 gr.). 114 fr.; Tome II : 19 fig. (450 gr.).....	36 fr.

VI. — MACHINES MARINES

Cours élémentaire de machines marines , OUDOT. (360 gr.).	20 fr.
L'hélice propulsive , LORAIN, avec 92 fig. (430 gr.).....	35 fr.
Les turbines à vapeur marines , SOTHERN. In-8°. (620 gr.)..	22 fr.
Turbines à vapeur , STODOLA (voir page XLI).	
Les bateaux sous-marins , FOREST et NOALHAT. 2 vol. in-8°, avec 663 fig. et 2 pl. (2.070 gr.).....	70 fr.

VII. — DIVERS

Notice pratique sur les instruments de pesage-types (Construction, ajustage, vérification), RAMBAUD. 3 ^e édit. In-8°. (280 gr.)	21 fr.
Réparation, montage et entretien des instruments de pesage usuels , GUEIDON. In-8° avec 171 fig. (270 gr.).....	52 fr.
Le tissage mécanique moderne , SCHLUMBERGER. (350 gr.)..	35 fr.
A. B. C. de l'apprenti horloger , BOURDAIS et GRALL. (190 gr.).	12 fr.
Guide manuel de l'apprenti horloger , PIGNET. (650 gr.)...	35 fr.

AUTOMOBILISME. — AÉRONAUTIQUE

I. — AUTOMOBILISME

La Vie automobile , publication bi-mensuelle illustrée. Ab. annuel : France, 74 fr. ; Etr. 140 fr. (120 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit), le n° ordinaire.....	4 fr. 50
La Technique automobile et aérienne , publication trimestrielle illustrée. Ab. annuel : France, 25 fr. ; Etr. : 35 fr. (32 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit), le n°.....	7 50
Cours d'Automobile (1926-27) de la <i>Vie Automobile</i> . (300 gr.).	21 fr.
Pour le Chauffeur d'Auto , ROUSSET. (150 gr.).....	15 fr.
Traité élémentaire d'automobile , PETIT. In-8°. (1.520 gr.)	77 fr.
Organisation et fonctionnement des véhicules automobiles , P. PRÉVOST. In-8° avec 653 fig. (1.540 gr.).....	84 fr.
J'achète une automobile , FAROUX. In-8°, 74 fig. (470 gr.)..	16 50
Pourriez-vous me dire? (The man who knows). I : <i>Le moteur (épuisé)</i> , II : <i>Le châssis</i> . In-16. (660 gr.).....	16 50
L'acier dans la construction automobile. Le fer et ses dérivés , DELESTRADE. In-8° (490 gr.).....	35 fr.
Le châssis automobile , MARRET. In-8°, avec 88 fig. (340 gr.).	16 50

Le moteur à essence adapté à l'automobile et à l'aviation, BOILEAU. In-4°, avec 163 fig. et 5 pl. (1.010 gr.).....	35 fr.
Le moteur à essence, CARLÈS. In-8°. (960 gr.).....	70 fr.
Construction des moteurs à explosions, CASALONGA. (1.210 gr.).....	56 fr.
La voiture à essence, HELDT et PETIT. In-8°. I. <i>Le moteur</i> , 391 fig., (1.270 gr.), 91 fr. — II. <i>Le châssis</i> , 421 fig. (1.220 gr.).....	91 fr.
Les moteurs à deux temps, VENTOU-DUCLAUX. (320 gr.)..	30 50
L'allumage des moteurs d'automobile, SAUR et MARTENOT DE CORDOUX. In-16, avec 34 fig. (200 gr.).....	14 fr.
La bicyclette à moteur, P. CARRÉ. In-16. (180 gr.).....	11 fr.
Carnet de route de « La Vie automobile », PÉRISSE. (150 gr.)..	14 fr.
Organisation et comptabilité des transports automobiles, CAQUAS. In-4°. (150 gr.).....	11 fr.
Les bateaux automobiles, FOREST. In-8°. (1.820 gr.).....	61 50
Les litiges de l'automobile, IMBRECQ et PÉRISSE. (550 gr.)..	18 fr.
Le mécanicien-wattman, GUÉDON et LIOT. In-8°. (1.020 gr.)..	28 fr.

BIBLIOTHÈQUE DU CHAUFFEUR

Éléments de mécanique et d'électricité, DE VALBREUZE et LAVILLE. In-16, avec 122 fig. (540 gr.).....	21 fr.
Principes et recettes, RAVIGNEAUX et IZART. In-16. (470 gr.)..	16 50
Précis d'automobile, CONTEY. In-16, 2° édit. (510 gr.).....	30 50
Le chauffeur au garage, PRÉVOST. In-16. T. I : <i>Organisation du garage privé</i> , 43 fig. (365 gr.), 22 fr.; T. II : <i>Les réparations et leur contrôle</i> , 70 fig. (365 gr.).....	22 fr.
Choix, dépenses, conduite d'une voiture automobile, P. PRÉVOST. In-16. (370 gr.).....	23 fr.
Le moteur, PETIT, 6° édit. In-16, avec 197 fig. (730 gr.).....	56 fr.
L'équipement électrique des voitures automobiles, P. PRÉVOST. 2° édit. In-16. (325 gr.).....	28 fr.
Allumage électrique des moteurs, SAINTURAT. I : <i>Allumage par batteries et transformateurs</i> , In-16, avec 149 fig. (520 gr.), 21 fr.; II : <i>Allumage par magnétos (épuisé)</i> .	
Transmission, embrayage, changement de vitesse et cardan, RUTISHAUSER. 2° édit. In-16, avec 203 fig. (540 gr.).....	25 fr.
Le pneumatique, PETIT. In-16, avec 76 fig. (600 gr.).....	23 fr.
Voiturettes et voitures légères, LAVILLE et GATOUX. (780 gr.)..	21 fr.
Les occasions dans le commerce automobile, LAVILLE. (480g.)..	21 fr.

II. — AÉRONAUTIQUE

Le bréviaire de l'aviateur, LEFORT. In-8°. (1.000 gr.).....	72 50
Cours d'aéronautique, MARCHIS. I : <i>Statique et dynamique des ballons. Résistance de l'air.</i> In-4°. (1.190 gr.), 53 fr.; II : <i>Aérostation (étouffes, soupapes, filets de ballons). Aviation. Lois expérimentales.</i> In-4°. (710 gr.), 30 50; III : <i>Dynamique expérimentale des fluides.</i> Hélices. In-4°. (730 gr.).....	33 50
Connaissances scientifiques utiles aux aviateurs, MARCOTTE et BÉRÉHARE. In-8°, avec 412 fig. (850 gr.).....	38 fr.
L'aviation de transport, HIRSCHAUER. In-4°. (1.270 gr.)...	53 fr.

L'année aéronautique, 1919-20.	HIRSCHAUER et DOLLFUS (640 g.)	35 fr.
L'année aéronautique, 1920-21,	id. (980 gr.)	49 fr.
L'année aéronautique, 1921-22,	id. (690 gr.)	42 fr.
L'année aéronautique, 1922-23,	id. (490 gr.)	42 fr.
L'année aéronautique, 1923-24,	id.	(épuisé).
L'année aéronautique, 1924-25.	id. (780 gr.)	42 fr.
L'année aéronautique, 1925-26.	id. (750 gr.)	42 fr.
L'année aéronautique, 1926-27	id. (980 gr.)	42 fr.
L'année aéronautique, 1927-28.	id. (1.040 gr.)	42 fr.
Manuel élémentaire du mécanicien d'aviation, FOURCAULT.		
(210 gr.)		16 50
Nos maîtres les oiseaux, ŒHMICHEN. In-8° (480 gr.)		25 fr.
Comment volent les oiseaux, DESMONS. In-8° (300 gr.)		14 fr.
Le vol plané, BRETONNIÈRE. In-8°, avec 3 pl. (120 gr.)		5 60
Les moteurs à explosions dans l'aviation, MASMÉJEAN et BÉRÉHARE. I : (570 gr.), 50 fr. ; II : (550 gr.), 50 fr. ; III : (860 gr.)		75 fr.
Réglage des moteurs d'aviation, R. BARRAU. In-16. (140 gr.)		14 fr.
Etude générale du moteur rotatif, VIDALIE. In-8° (300 gr.)		16 50
Etude dynamique des moteurs à cylindres rotatifs, MAYER et POMILIO. In-8°, avec 68 fig. (280 gr.)		14 fr.
Les hydroaéroplanes, PETIT. In-8°, avec 52 fig. (200 gr.)		9 50
Etude sur les surfaces portantes en aéroplanie, TARIEL. (150 gr.)		7 fr.
Guide de l'aéronaute-pilote, RENARD. In-16. (420 gr.)		14 fr.
Notions pratiques d'électricité appliquées à l'aviation, GOURDOU. In-8°, avec 83 fig. (280 gr.)		14 fr.
Les matériaux des constructions mécaniques et aéronautiques, MARCOTTE et BÉRÉHARE. In-4° (1.510 gr.)		72 50

ÉLECTRICITÉ, TÉLÉGRAPHIE, TÉLÉPHONIE

I. — ÉLECTRICITÉ

L'Electricien, bi-mensuel Abt. France, 52 fr. ; Etr., 90 fr. (78 fr. pour le pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit), le n° 3 25		
Notions d'électricité générale, FLEURY. In-16. (640 gr.)		39 fr.
Théorie générale de l'électromagnétisme, PINEAU. (130 gr.)		8 fr.
Précis d'électricité industrielle. Les appareils à courants alternatifs, SOUBRIER. In-8°, 109 fig. (230 gr.)		16 50
Traité d'électricité (prép. à l'Ec. sup. d'EL), J. CARVALLO. (1.110 gr.)		70 fr.
Electricité, GRININGER. I : Théorie et production. 2° édit. (850 gr.), 60 fr. ; II : Applications industrielles, 2° éd. 2 vol. (1.550 g.)		106 fr.
L'électrotechnique, exposée à l'aide des mathématiques élémentaires, PACQUET, DOCQUIER et MONTPELLIER. I : L'énergie et ses transformations. Phénomènes magnétiques, électriques et électromagnétiques. Mesures usuelles. In-8°. (860 gr.), 30 fr. 50 ; II : Production de l'énergie électrique. In-8°. (1.350 gr.)		50 fr.
Les lois fondamentales de l'électrotechnique, DEPREZ et SOUBRIER. In-16, avec 301 fig. (820 gr.)		56 fr.
Cours pratique d'électricité, ROBERJOT. In-16. (410 gr.)		20 fr.

Cours élémentaire d'électricité industrielle , ROBERJOT. 2 ^e édit. (Nouv. tir.). In-16 avec 448 fig. (640 gr.).....	24 fr.
Principes d'électrotechnie , E. PIERARD. Tome I, in-8°. (810 gr.), 64 fr.; — Tome II, in-8°. (1.020 gr.), 64 fr.; — Tome III, in-8°. (560 gr.).....	44 50
Electricité industrielle. Recueil de problèmes élémentaires avec schémas , F. HARANG. In-16, avec 167 fig. (330 gr.).....	18 fr.
Travaux pratiques d'électricité industrielle , ROBERJOT. I : <i>Mesures industrielles</i> . (410 gr.), 18 fr.; II : <i>Etude des machines électriques. Propriétés. Essais</i> . (420 gr.), 18 fr.; III : <i>Installations intérieures</i> . (460 gr.), 19 fr.; IV : <i>Usines génératrices</i> . (340 gr.)	17 fr.
Cours d'électrotechnique, courants altern. , GILLON. (560 gr.)	54 fr.
L'Électrotechnique des praticiens . FISCHER-HINNEN-GAIBROIS. In-8°. 624 pages. 332 fig. (1.200 gr.).....	95 fr.
L'Électricité à la portée de tout le monde (d'après l'ouvrage de Georges CLAUDE). MAURER. In-8° (875 gr.).....	25 fr.
Pour l'électricien , DE THELLESME. In-16 avec 119 fig. (330 gr.)	20 fr.
L'Électricité industrielle à la portée de l'ouvrier , ROSENBERG et MAUDUIT. 7 ^e édit. In-16, avec fig. (660 gr.).....	44 fr.
Manuel pratique de l'ouvrier électricien-mécanicien , SCHULZ, traduit par STERNBERG. In-8°. (420 gr.).....	24 fr.
Guide élémentaire du monteur électricien , GAISBERG et HAPPICH. In-8°, avec 231 fig. (520 gr.).....	26 fr.
Aide-mémoire et schémas de l'entrepreneur électricien , MAURER. In-16, avec 364 fig. (610 gr.).....	58 50
Technique du métier d'électricien , CAILLAULT. (350 gr.)	17 fr.
L'Électricité domestique , MIS. 2 ^e édit. avec 162 fig. (270 gr.)	16 50
Installations électriques de force et lumière. Schémas de connexions , CURCHOD. 5 ^e édit. In-8°, avec 85 pl. (690 gr.).....	42 fr.
Les maladies des machines électriques , SCHULZ et HAPPICH. 3 ^e édit. In-16, avec 44 fig. (140 gr.).....	12 50
Recueil de problèmes avec solutions sur l'électricité , VIEWEGER et CAPART. 5 ^e édit. (875 gr.).....	67 fr.
Mesures électrotechniques , TURPAIN. In-8°. (590 gr.).....	28 fr.
Unités électriques , DE BAILLEHACHE. In-8°. (620 gr.).....	21 fr.
Unités électriques , SZARVADY. In-8°. (160 gr.).....	18 fr.
Génératrices de courant et moteurs électriques , GUTTON. (570 gr.)	49 fr.
Les machines électriques à champs tournants, à bagues et à collecteur . LANGLOIS. In-8°. 268 p. 120 fig. (600 gr.)...	53 fr. 50
Comment choisir un moteur électrique . MAURER. In-8°. 234 p. 152 fig. (500 gr.).....	44 fr. 50
Machines électriques, électrotechnique appliquée , MAUDUIT. In-8°, avec 566 fig. 3 ^e édit. (refondue). In-8°. (1.730 gr.)....	128 50
La sollicitation mécanique des roues polaires tournant à grande vitesse , WERNER, traduit par SCHEPSE. In-8°. (300 gr.)...	30 50
Transformateurs et moteurs d'induction . CLÉMENT. In-8°. (675 gr.).....	59 fr.
La construction économique des machines électriques , VIDMAR et SCHEPSE. In-8°. (290 gr.).....	25 fr.
Théorie industrielle de l'électricité et des machines électriques , VERDURAND. In-8°, avec 342 fig. (1.190 gr.).....	63 fr.

- Cours d'électricité industrielle. Le courant continu, MAGONETTE.**
In-8°, avec 211 fig. et 41 pl. (660 gr.)..... 35 fr.
- Dynamos et moteurs électriques, GILLON. 2 vol. (1.750 gr.).** 224 fr.
- Plans et croquis de machines électriques, GILLON. (850 gr.)** 49 fr.
- Cours de mesures et essais de machines électriques. GILLON.**
In-8°. 282 p. 365 fig. (575 gr.)..... 100 fr.
- L'Électricité et ses applications industrielles. GILLON. T. I :**
(510 gr.) 54 fr.; T. II : (570 gr.), 54 fr.; T. III : (450 gr.) 54 fr.
- Génératrices électriques à courant continu, HOBART et ACHARD.**
Gr. in-8°, avec 141 fig. (1.090 gr.)..... 28 fr.
- Étude résumée des accumulateurs électriques, JUMAU (Nouv. éd. en prép.).**
- Les maladies de l'accumulateur au plomb, KRETSCHMAR et WALTER.** In-16, 82 fig. (300 gr.)..... 22 fr.
- Théorie des enroulements des machines à courant continu, SZARVADY.** In-8°, avec 40 fig. (240 gr.)..... 23 50
- La construction des bobinages électriques. 2^e édit. CLÉMENT.**
(750 gr.)..... 60 fr.
- Schémas et règles pratiques de bobinage des machines électriques, TORICES et CURCHOD. 3^e édit. avec 54 pl. (220 gr.).** 18 fr.
- Essais des fils et câbles isolés au caoutchouc, A.-R. MATTHIS.**
In-16, 18 fig. (300 gr.)..... 21 fr.
- Deuxièmes notes sur les huiles pour transformateur. MATTHIS.**
In-8°. 196 p. 21 fig. (270 gr.)..... 44 fr. 50
- Stations centrales de production et sous-stations de transformation d'énergie électrique, VELLARD. 113 fig. (520 gr.)...** 42 fr.
- Installations électriques à haute et basse tension, MAUDUIT.**
2 vol. in-8° de 1.406 p., 578 fig. (1.900 gr.)..... 210 fr.
- La protection des réseaux et des installations électriques contre les surtensions, CAPART.** In-8°, avec 287 fig. (620 gr.).... 39 fr.
- Conducteurs électriques en aluminium, DUSAUGEY, (370 gr.)** 23 50
- Abaques pratiques pour le calcul des lignes de transport de force. GARNIER. (380 gr.).....** 35 fr.
- Les lampes électriques à arc, à incandescence et à luminescence, ESCARD.** In-8°, avec 307 fig. (1.180 gr.)..... 42 fr.
- Production et vente de l'énergie électrique, BOILEAU. (190 gr.).**
12 50
- Les aimants. PICOU.** In-8°. 110 p. (240 gr.)..... 20 fr.
- Manuel de l'éclairage et applications pratiques, FOURCAULT.**
In-8° (565 gr.)..... 46 fr.
- Le chauffage électrique, BOILEAU.** In-8°. (530 gr.)..... 35 fr.
- Les compteurs d'électricité, FICHTER. (Nouv. édit. en préparation.)**
- Pour éviter l'électrocution, ROUSSEL.** In-16 (105 gr.)..... 6 fr.
- Les fours électriques industriels et les fabrications électrothermiques, ESCARD.** In-8°, 250 fig. et 40 pl. 2^e édit. (1.540 gr.). 119 fr.
- Fours électriques de laboratoire, ESCARD. 2^e édit. (260 gr.).** 16 50
- La technique de la houille blanche, PACORET. Tome I : 4^e édit.**
2 vol. (3.050 gr.), 266 fr.; Tome II : 3^e édit. 270 fig. et 2 pl. (1.040 gr.), 78 50; Tome III : 3^e édit. : *Utilisation de l'énergie des chutes d'eau.*
676 fig. et pl. (1.870 gr.), 196 fr.; Tome IV : 3^e édit. : *Electrochimie, électrometallurgie.* 253 fig. (1.290 gr.)..... 112 fr.
- Les grandes forces hydrauliques des Alpes. 9 vol., avec fig. et pl.**

Tomes I et II (ensemble). (2.090 gr.), 36 fr. ; III, (1.540 gr.), 47 fr. 50 ; IV, (1.430 gr.), 47 fr. 50 ; V, (1.310 gr.), 47 fr. 50 ; VI, (1.280 gr.), 47 fr. 50 ; VII, (890 g.), 47 fr. 50 ; VIII, (1.290 g.), 71 fr. ; IX, (680 g.) 120 fr.

Manuel pratique des autorisations de voirie pour les distributions d'énergie électrique, BOUGAULT. In-8°. (740 gr.).. 20 fr.

II. — TÉLÉGRAPHIE

Télégraphie pratique, MONTILLOT. In-8°. (1.540 gr.)..... 70 fr.
 Le système de télégraphie Baudot et ses applications, MERCY. 3^e édit. In-8°, avec 236 fig. (700 gr.)..... 50 fr.
 Radiotélégraphie, radiotéléphonie, DEJUSSIEU. (410 gr.). 17 fr.
 Manuel pratique de l'amateur de T. S. F., DUROQUIER. (310 gr.) 17 50
 Théorie simplifiée de la téléphonie et de la télégraphie sans fil, VERDURAND. (130 gr.)..... 7 fr.
 Radiotélégraphie pratique et radiotéléphonie, MAURER. In-8°, avec 261 fig., 2^e édit. (1.050 gr.)..... 60 fr.
 Les grandes étapes de la Radio, GUINCHANT I. *Les premières découvertes.* (150 gr.)..... 9 50
 Dictionnaire des termes de télégraphie-téléphonie français-anglais et anglais-français, TISSOT-DUPONT. (190 gr.)... 16 50

III. — TÉLÉPHONIE

Téléphonie pratique, MONTILLOT. 2^e édit. T. II. (970 gr.).. 35 fr.
 Téléphonie et autres moyens d'intercommunication dans l'industrie, les mines, les chemins de fer, MAURER. (720 gr.). 25 fr.
 Installations téléphoniques, SCHILS et CORNET. 5^e éd. (460 g.). 35 fr.
 La téléphonie automatique, MILHAUD, 199 fig. (520 gr.)... 49 fr.

CHIMIE. — ANALYSE CHIMIQUE

I. — CHIMIE GÉNÉRALE ET INDUSTRIELLE

Dictionnaire anglais-français-allemand des mots et locutions intéressant la physique et la chimie, CORNUBERT. (770 gr.). 70 fr.
 Encyclopédie chimique, publiée sous la direction de M. FRÉMY. 67 vol. in-8°, avec fig. *Conditions de vente sur demande.*
 Les mathématiques du chimiste. GAY. In-8°. (565 gr.).. 28 fr.
 Chimie générale et industrielle. MOLINARI et MONTPELLIER. Tomes I et II : *Chimie inorganique (Introduction : métalloïdes)*, 2 vol. in-8°, (2.380 gr.), 119 fr. Tome III (*métaux*). In-8°. (1.350 gr.), 90 fr. Tome IV (*Chimie organique, 1^{re} partie*). In-8°. (1.380 gr.), 112 fr. Tome V (*Chimie organique, 2^e partie*), in-8°. (1.500 gr.)..... 140 fr.
 Memento du chimiste, BOLL et BAUD, I. *Partie scientifique.* In-16. 676 p. (700 gr.)..... 105 fr.
 II. *Partie industrielle.* In-16, 686 pages (700 gr.)..... 95 fr.
 Pour le chimiste, CHAPLET. In-16, avec 140 fig. (230 gr.)... 16 50

- Cours de chimie, Lois générales. Métalloïdes.** BOLL. (740 gr.). 47 fr.
Cours de chimie. Métaux et Cations. BOLL et ALLARD (*Nouvelle édition en préparation.*)
- Précis de chimie.** P.-C.-N. BOLL et CANIVET. In-16. (820 gr.). 56 fr.
La chimie des complexes inorganiques, SCHWARZ et JULLIARD. In-16, avec 41 fig. (110 gr.)..... 16 50
- Traité de chimie générale,** NERNST et CORVISY, I. *Propriétés générales des corps. — Atome et molécule.* In-8°. (1.170 gr.), 84 fr.; II. *Transformations de la matière et de l'énergie.* (1.000 gr.).... 84 fr.
- Cours élémentaire de chimie industrielle,** TOMBECK et GOUARD. 3° édit. In-16, avec fig. (430 gr.)..... 15 fr.
- Cours de chimie (sect. commerc.),** CHARABOT et MILHAU. (480 g.) 17 fr.
- Chimie à l'usage des candidats aux Ecoles d'arts et métiers,** TOMBECK et GOUARD. In-16, avec 160 fig. et 12 tabl. (430 gr.). 21 fr.
- La chimie à la portée de tous,** HISKISCH. 41 fig. (600 gr.). 40 fr.
- Les méthodes de la chimie organique,** WEYL et CORNUBERT. I. *Généralités.* In-4°, 280 fig. (1.730 gr.), 91 fr.; II: *Monographies.* In-4°, fig. (1.790 gr.), 91 fr.; III: *Monographies.* In-4°. (1.750 gr.). 112 fr.; IV: In-4°, avec fig. (2.090 gr.)..... 112 fr.
- Travaux pratiques de chimie organique,** ULMANN et CORNUBERT, 2° édit. In-8°, avec 26 fig. (340 gr.)..... 27 fr.
- Chimie légale,** DE FORCRAND. In-8°. (710 gr.)..... 35 fr.
- Les colloïdes : leurs gélées, leurs solutions,** BARY. In-8°, avec 105 fig. (1.170 gr.)..... 84 fr.
- Chimie colloïdale,** ZSIGMONDY (1.050 gr.)..... 90 fr.
- Les colloïdes métalliques,** BARY. In-8°, avec 13 fig. (260 gr.) 16 50
- Osmose. Dialyse. Ultrafiltration,** GENIN. In-8° (510 gr.).. 48 fr.
- Eléments de marchandises.** I : *Bois, matériaux de construction, combustibles, eaux minérales et gazeuses,* JACQUET et TOMBECK. In-16. (330 gr.), 15 fr. 50; II : *Métallurgie, métaux,* JACQUET et TOMBECK. In-16. (360 gr.), 17 fr.; III : *Produits chimiques,* SON et MARTIN. In-16, (230 gr.), 7 fr. 50; IV: *Matières alimentaires,* BROTTET et LELEU. In-16, (290 gr.), 13 fr.; V : *Matières grasses, textiles et diverses,* BROTTET et LELEU. In-16. (340 gr.)..... 13 fr.
- L'appareillage mécanique des industries chimiques,** PARNICKE et CAMPAGNE. In-8°, avec 298 fig. (810 gr.)..... 58 50
- La récupération des solvants volatils,** ROBINSON. In-8° (*En préparation.*)
- Les métaux des terres rares,** SPENCER et DANIEL. (710 gr.). 56 fr.
- L'électrochimie et l'électrometallurgie,** LEVASSEUR. (330 g.). 25 fr.

II. — ANALYSE CHIMIQUE

- Précis d'analyse chimique.** BOLL-LEROIIDE. T. I : *Principes généraux, tables numériques.* In-8° (635 gr.), 50 fr.; T. II : *Cations.* (960 gr.), 72 fr. T. III : *Anions (en préparation).*
- Essais et analyses,** ROSSET. In-8°, avec figures. (220 gr.)... 10 fr.
- Essais chimiques des marchandises,** LÉVI. In-16. (310 gr.). 10 fr.
- Chimie analytique,** TREADWELL et BOLL. I : *Analyse qualitative.* 4° édit. In-8°, 29 fig. et 3 pl. (760 gr.), 60 fr.; II : *Analyse quantitative.* 4° édit. In-8°, 125 fig. et 1 pl. (940 gr.)..... 70 fr.

Traité d'analyse des substances minérales, CARNOT. I : Méthodes générales. In-8°, 357 fig. (2.290 gr.), 112 fr. ; II : <i>Métalloïdes.</i> In-8°, 81 fig. (1.970 gr.), 91 fr. ; III : <i>Métaux</i> (1 ^{re} partie). In-8°. (2.050 gr.), 105 fr. ; IV : In-8° (2 ^e partie). (1.840 gr.)..... 112 fr.
Cours d'analyse quantitative des matières minérales. MEURICE. 2 ^e édit. In-8°. 894 pages, 74 fig. (2.000 gr.)..... 120 fr.
Analyse des métaux par électrolyse, HOLLARD et BERTIAUX. (Nouvelle édition en préparation.)
Manuel des laboratoires sidérurgiques. Méthodes analytiques conventionnelles de la communauté. ARBED-TERRES-ROUGES. In-8°, 312 p., 67 fig. (510 gr.)..... 30 fr.
Essais et analyse des produits sidérurgiques. SERRE. In-16, 196 p. 36 fig. (280 gr.)..... 26 fr. 50
Manuel pratique d'analyse organique. WESTON. (200 gr.). 19 50
Nouvelles méthodes d'analyse chimique organique. TER-MEULEN-HESLINGA. In-8°, 50 p. 21 fig. (130 gr.)..... 7 fr.
Traité d'analyses industrielles, GRIFFITHS et LEVI. (1.260 g.). 105 fr.
Expertises chimiques, KLING. In-8°. I : <i>Produits animaux, conserves, sel, av. fig. et pl. en coul.</i> In-8°. (870 gr.), 70 fr. ; II : <i>Matières grasses. Cires et paraffines. Essence de térébenthine. Huiles minérales.</i> In-8°. (800 gr.), 63 fr. ; III : <i>Boissons et dérivés immédiats.</i> In-8°. (690 gr.). 56 fr. ; IV : <i>Produits végétaux et dérivés.</i> In-8°. (1.040 gr.), 77 fr. ; V : <i>Eaux et air.</i> In-8°. (490 g.), 35 fr. ; VI : <i>Etamage, Jouets, Matières colorantes, Toxicologie des aliments.</i> In-8°. (550 gr.)..... 39 fr.

INDUSTRIES DIVERSES

Le pain, SÉRAND, 2^e édit. In-8°, avec fig. (340 gr.)..... 19 50
Le lait, VILLAIN et PETIT. In-8°, avec 24 fig. (320 gr.)..... 21 fr.
Conservation du lait et des dérivés, RAZOUS. (210 gr.)... 11 fr.
L'examen des viandes, MARTEL. 100 fig. (830 gr.)..... 30 50
Pour le boulanger et le pâtissier. FOUASSIER. In-16 (240 gr.). 18 fr.
Pour le confiseur. FOUASSIER. In-16 (170 gr.)..... 13 fr. 50
La conservation par le froid des denrées périssables, MONVOISIN. In-8°, avec 178 fig. (1.040 gr.)..... 86 50
Les déchets et sous-produits d'abattoirs, de boucherie et de fabriques de conserves, POHER et RAZOUS. (500 gr.)..... 10 fr.
L'industrie de l'équarrissage. MARTEL. 2 ^e édit. In-8° (840 g.). 75 fr.
Fabrication des colles et gélatines, V. CAMBON. (360 gr.).. 30 50
L'œuf de poule. Sa conservation par le froid, LESCARDÉ. (380 gr.). 12 50
La distillation fractionnée et la rectification, MARILLER, 2^e édit., avec 144 fig. (1.370 gr.)..... 126 fr.
Pour le distillateur, le débitant, le barman. FOUASSIER. In-16 (150 gr.). 16 fr. 50
La vinerie, BARRET 2^e édit. In-8°, avec 11 fig. (470 gr.)..... 25 fr.
Le tissage mécanique moderne, SCHLUMBERGER. (350 gr.). 35 fr.
Notice sur l'emploi d'un tableau de jauges pour métiers circulaires à bonneterie, suivie d'une étude sur l'installation d'une manufacture de bonneterie en métiers Standard, OBJOIS. In-8°. (170 gr.)..... 14 fr.

Technologie du bois, MASVIEL. 2^e édit., T. I : Généralités.	338 fig.
(520 gr.), 23 fr.; T. II : <i>Travail mécanique</i> , 286 fig. (510 gr.).	27 fr.
Exploitations forestières et scieries, LE BOUTEILLER.	(410 g.). 30 50
L'usinage du bois, PETITPAS.	In-8 ^o , avec 35 fig. (620 gr.)... 39 fr.
Pour l'artisan du bois. STHEGENS.	In-16. (360 gr.)..... 23 fr.
Le séchage des bois. IHNE, In-8^o (270 gr.).....	30 fr.
La grande industrie des acides organiques, ROUX et AUBRY.	
In-8 ^o , avec 147 fig. (1.120 gr.).....	92 fr.
L'acide formique ou méthanoïque, DUBOSC.	In-8 ^o . (990 gr.). 42 fr.
L'eau dans l'industrie, DE LA COUX. 2^e édit. In-8^o.	(1.230 gr.). 5 ^e fr.
Del'apprêt des tissus de laine peignée, LAGACHE.	(1.210 gr.). 63 fr.
Les turgoïdes. La turgométrie, JUSTIN MUELLER.	In-8 ^o . (100 gr.). 7 fr.
La fabrication des matières intermédiaires pour les colorants,	
CAIN et SALLES. In-8 ^o avec 25 fig. (640 gr.).....	49 fr.
Les matières colorantes de synthèse et les produits intermé-	
diaires servant à leur fabrication, CAIN et THORPE.	(1.360 g.). 105 fr.
Les matières colorantes organiques, EHRMANN.	(2.000 gr.). 105 fr.
La teinture du coton, SERRE.	In-16, avec 62 fig. et 9 pl. (580 gr.). 19 fr.
Couleurs et colorants dans l'industrie textile, VASSART.	(350 gr.).
	21 fr.
Traité de la couleur, ROSENSTIEHL.	In-8 ^o , 14 pl. coul. (990 gr.). 56 fr.
Traité de la teinture moderne, SPETEBROOT 2^e éd.	(1.410 gr.). 114 50
Manuel du teinturier, GNEHM DE MURALT.	In-16. (530 gr.). 72 50
Les fibres textiles et la teinture. BARY.	In-8 ^o , 256 p., 46 fig. 49 fr.
Dictionnaire des matières explosives, DANIEL.	(910 gr.).. 84 fr.
Les explosifs et leur fabrication, MOLINA et MONTPELLIER.	(520 gr.).
	28 fr.
Le problème des poudres, BUISSON.	In-8 ^o . (510 gr.)..... 14 fr.
Pour le blanchisseur. CHAPLET.	In-16. (200 gr.)..... 16 fr. 50
Les blanchisseries, FROIS.	In-8 ^o , avec 32 fig. (460 gr.)..... 21 fr.
La chimie du savonnier et du commerce de corps gras, EHRSAM.	
In-8 ^o , avec figures. (1.000 gr.).....	67 fr.
La fabrication des savons industriels, EHRSAM.	(600 gr.).. 40 fr.
La fabrication moderne des savons, bougies, glycérines, etc.,	
LAMBORN et APPERT. In-8 ^o . (1.360 gr.).....	95fr.
L'air liquide, oxygène, azote, gaz rares, G. CLAUDE.	(1.300 gr.).
	44 50
Rectification de l'air liquide, BARBET.	In-8 ^o . (210 gr.)..... 16 50
Production industrielle synthétique des composés nitrés, Es-	
CARD.	In-8 ^o , avec figures. (600 gr.)..... 49 fr.
La technique de la production du froid, PACORET.	(1.120 gr.). 84 fr.
Les cycles frigorifiques. OSTERTAG-PRIOR.	In-8 ^o . 172 p., 58 fig.
(350 gr.).....	53 fr.
Manuel d'essais simples et rapides, à l'usage des tanneurs et mégis-	
siers, EGLÈNE.	In-8 ^o . (200 gr.)..... 14 fr.
La chimie de la fabrication du cuir. WILSON-DEFORGE.	In-8 ^o
468 p., 150 fig. (450 gr.).....	95 fr.
La chimie du cuir, EOLÈNE.	In-8 ^o , avec fig. (300 gr.)..... 18 fr.
Industries des peils et fourrures, cheveux et plumes, BELTZER.	
In-8 ^o , avec 83 fig., 3 ^e édit. (520 gr.).....	49 fr.
Le gantier, FROUMENTY et BOUVIER.	In-8 ^o , 89 fig. (370 gr.).. 18 fr.
Guide du tailleur, MORIM.	In-8 ^o , avec 89 fig. (260 gr.)..... 17 fr.

Pour le relieur, ROUX. In-16 avec fig. (170 gr.).....	16 50
Les huiles, graisses et cires, Technologie et analyse chimiques, LEWKOWITSCH et BONTOUX (En réimpression).	
L'industrie des parfums, OTTO. 98 fig. et 9 pl. (1.490 gr.)..	133 fr.
Pour le parfumeur, TRAVELLER. (190 gr.).....	15 fr.
Les colloïdes dans l'industrie. Le caoutchouc, BARY. In-8°, avec 50 fig. (300 gr.).....	47 50
Technologie du caoutchouc souple, DE FLEURY. (300 gr.)..	30 50
Les caoutchoucs artificiels, VENTOU-DUCLAUX. (260 gr.)..	14 fr.
Gaz et cokes, GREBEL et BOURON. In-8°, 324 fig. (1.450 gr.)..	109 fr.
Manuel de chimie gazière, SAINTE-CLAIRE DEVILLE. (320 g.)..	24 50
Eclairage : huile, alcools, gaz, électricité, photométrie, GALINE et SAINT-PAUL. 2° édit. In-8°, avec 308 fig. (970 gr.).....	45 fr.
Manuel de l'éclairage et applications pratiques. FOURCAULT. In-8°. (565 gr.).....	46 fr.
L'éclairage à l'incandescence par le gaz, LÉVY. (760 gr.)..	42 fr.
Le goudron et ses dérivés, MALATESTA. 2° édit. in-8°. (1.200 g.)..	98 fr.
Les fours à coke, LECOCQ. In-4°, avec 108 fig. et pl. (1.600 gr.)..	98 fr.
Combustibles industriels, COLOMER et LORDIER. (1.470 gr.)..	105 fr.
Recherche et exploitation du pétrole, HARDEL. (350 gr.)..	28 fr.
Le pétrole en France, LECOMTE-DENIS. In-16. (200 gr.)....	14 fr.
Le pétrole. Son utilisation comme combustible, MASMEJEAN et BÉRÉHARE. In-8°, avec 92 figures et 30 tableaux. (1.070 gr.)....	52 fr.
Détermination de la provenance d'un naphte, CHERCHEFFSKY. In-8°, avec pl. (1.100 gr.).....	67 fr.
La carbonisation des bois, lignites et tourbes, MARILLER. In-8°, avec fig. (930 gr.).....	58 50
Exploitation industrielle de la tourbe, VAN ECKE. (730 gr.)..	49 fr.
La tourbe et son utilisation, DE MONTGOLFIER. (270 gr.)...	24 fr.
Soufflage du verre, VIGREUX, 2° édit. avec 256 fig. (320 gr.)..	35 fr.
Céramique industrielle, ARNAUD et FRANÇHE. (770 gr.)...	70 fr.
Les argiles réfractaires, BISCHOF, trad. par SCHUBERT. (750 g.)..	77 fr.
Pour le doreur, l'argenteur, le nicketeur, de THELLESME. In-16.	(En préparation)
Manuel de l'émaillage sur métaux, MILLENET. (200 gr.)..	18 fr.
L'émaillage de l'acier et de la fonte, par M. THIERS (En préparation).	
Installation d'une émaillerie, EYER et THIERS. (160 gr.)..	15 fr.
Technologie chimique des matières premières de l'émail. GRUNWALD, HIRSCH, THIERS. In-8°. 316 p., 25 fig. (610 gr.)..	56 fr.
Pour le photographe et le cinéman. DE THELLESME. In-16, 229 p., 139 fig. (240 gr.).....	19 fr. 50
Photographie, MIRON. 2° édit., PROMIO. In-16. (730 gr.)....	68 fr.
Le guide de l'opérateur dans la photogravure, VILLEMAIRE. (250 gr.).....	19 fr.
La technique cinématographique, LOBEL. 3° édit. (665 gr.)..	70 fr.
Séchage industriel, RAZOUS. (650 gr.).....	46 fr.
Pour l'inventeur, CHAPLET. (230 gr.).....	18 50

AGRICULTURE

- Les Industries agricoles et alimentaires, FRANÇOIS et VALLIER.**
In-8°, avec 128 fig. (470 gr.)..... 21 fr.
- Analyse des matières agricoles, HUBERT.** In-16. (120 gr.). 8 fr.
- Génie rural. Constructions rurales et machines agricoles, PHILBERT-PORCHET.** 2^e édit. In-8°. 596 p. 299 fig. (760 gr.)..... 60 fr.
- Hydraulique agricole, LÉVY-SALVADOR.** I : *Cours d'eau. Barrages. Maintien du libre écoulement des eaux.* 3^e édit., avec 293 fig. et 4 pl. (920 gr.), 68 fr.; II : *Irrigations* avec 459 fig. 2^e édit. (520 gr.), 45 fr.; III : *Eaux nuisibles*, avec 239 fig., 2^e édit. (490 gr.) 45 fr.
- Manuel d'agriculture tropicale, WILLIS,** 25 pl. (620 gr.).. 30 50
- Zoologie appliquée en France et aux colonies, PELLEGRIN et CAYLA.**
In-16, avec 282 fig. (1.060 gr.)..... 54 fr.
- Comment prévoir le temps ? MOREUX.** (350 gr.)..... 18 50
- Méthode simple pour prévoir le temps, MOREUX.** (50 gr.). 6 fr.
- Pour le jardinier amateur. ROUSSET** (300 gr.)..... 19 fr. 50

BIBLIOTHÈQUE PRATIQUE DU COLON, HUBERT

- Ananas.** In-8°, avec 52 fig. (340 gr.)..... 21 fr.
- Le palmier à huile.** In-8°, avec 100 fig. (570 gr.)..... 30 50
- Fruits des pays chauds.** I : *Etude générale des fruits.* (1.090 gr.). 56 fr.

ARCHITECTURE. — CONSTRUCTION TRAVAUX PUBLICS

I. — ARCHITECTURE

- Traité d'architecture, REYNAUD.** *Ouvrage couronné par l'Institut.*
4^e édit. 2 vol. in-4° et 2 atlas in-fol. de 179 pl. (12.100 gr.).. 504 fr.
- Architecture, HÉBRARD.** In-16, avec 371 fig. (720 gr.)..... 58 fr.
- Traité d'architecture théorique et pratique, TUBEUF.** I : *Histoire de l'architecture.* In-4°. (1.280 gr.), 42 fr.; II : *Pratique de l'architecture.* In-4°. (1.380 gr.), 48 fr.; III : *Types de constructions diverses (Habitations particulières).* In-4°. (1.440 gr.), 48 fr.; IV : *Types de constructions diverses (Edifices publics et divers).* In-4°. (2.230 gr.). 72 fr.
- Pour l'architecte et le futur propriétaire. CHAPLET.** In-16.
..... (En préparation)
- Philosophie des structures dans l'architecture et dans l'art de l'ingénieur, CARDELLACH et JAUSSELY.** In-8°. (660 gr.).. 28 fr.
- Edifices publics, GUILLOT, BOUSQUET.** 2^e édit. (950 gr.).. 75 fr.
- Petits édifices communaux, CHEBANIER.** 32 pl. (2.690 gr.). 105 fr.
- Comment construire une villa. La construction à la portée de tous.**
GUILLOT. 3^e édit. In-8° avec 474 fig. et 1 pl. (640 gr.)..... 44 50
- Petites constructions françaises, par un Comité d'architectes.** 4 vol., avec 400 pl. en couleur. T. I : 77 fr.; T. II, III, IV en réimpression.
- Maisons ouvrières récemment construites.** 40 pl. (760 gr.). 40 fr.

L'urbanisme à la portée de tous, RAYMOND. 79 fig. (290 gr.).	22 fr.
Plantations d'alignement, promenades, parcs et jardins publics, LEFEBVRE. In-16, avec 356 fig., 2 ^e éd.....	50 fr.
Sanatoriums et hôpitaux, TURIN. In-8 ^o , avec 92 fig. (400 gr.).	15 50
La maison salubre, GUILLOT. In-8 ^o , avec 172 fig. (980 gr.)...	42 fr.

II. — GÉNÉRALITÉS SUR LA CONSTRUCTION

Annales des Travaux publics de Belgique, Ab. annuel (6 n ^o). 90 fr, Le n ^o	16 fr.
Aide-mémoire des ingénieurs, architectes, entrepreneurs, conducteurs, agents-voyers, dessinateurs, CLAUDEL et DARIÈS. Partie théorique : <i>Introduction à la science de l'ingénieur</i> . 8 ^e éd. 2 vol. in-8 ^o , avec 1.710 fig. et 2 pl. (2.430 gr.).....	86 50
Partie pratique : <i>Formules, tables et renseignements usuels</i> . 12 ^e édition. 2 vol. in-8 ^o . (<i>En préparation</i>).	
Formulaire des Centraux, J. BRAIVE, avec fig. (250 gr.)...	33 50
Pratique de l'art de construire, CLAUDEL, LAROQUE et DARIÈS. 7 ^e éd. In-8 ^o , avec 1.162 fig. (1.520 gr.).....	133 fr.
Procédés modernes de construction, RAZOUS. In-8 ^o (430 gr.).	35 fr.
Les travaux publics et le bâtiment aux Etats-Unis, ANTOINE. In-8 ^o , avec 123 fig. (330 gr.).....	30 fr.
Outils et organisation des chantiers de travaux publics, DEBAUVE. In-8 ^o , avec atlas. (2.350 gr.).....	88 fr.
Devis et évaluations des travaux publics et des constructions civiles, BONNAL et DARDART. In-16, 2 ^e éd. (960 gr.)....	72 fr.
Méthodes rapides d'évaluation du prix de construction et série de prix au mètre superficiel, LOUARN. In-4 ^o . (430 gr.)..	35 fr.
Législation du bâtiment, COURCELLE et LEMAIRE. (1.150 gr.).	60 fr.
Traité administratif des Travaux publics (<i>Nouvelle édition du Dictionnaire administratif des Travaux publics de A. DEBAUVE</i>). COURCELLE. In-8 ^o . 3 vol. (3.100 gr.).....	250 fr.

III. — RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX, STABILITÉ DES CONSTRUCTIONS

Résistance des matériaux appliquée aux constructions, ARAGON. I : 2 ^e éd. (1.020 gr.), 62 fr. II : 370 fig. (890 gr.); 50 fr. III : 2 ^e éd. 584 p. 254 fig. (740 gr.).....	56 fr.
Cours de résistance des matériaux : <i>Applications au calcul des éléments des machines</i> , BONHOMME. In-8 ^o , avec 461 fig. (1.500 gr.).	95 fr.
Cours de résistance des matériaux. RABOZÉE. In-8 ^o . (1.800 gr.)	182 fr.
Cours de résistance des matériaux, MESNAGER. (<i>En préparation</i>).	
Constructions civiles et essais des matériaux, POUTRAIN, GOBLET et ANDRÉ. In-4 ^o avec 206 fig (1.400 gr.)	84 fr.
Le calcul des colonnes, LEMAIRE. I : In-8 ^o , avec 92 fig. (470 gr.); 50 fr. II : in-8 ^o , avec fig. (210 gr). 30 fr. III : in-4 ^o , avec 52 fig. (320 gr.).....	50 fr.
Elasticité et résistance des corps pierreux, MONTEL et DARRAS. In-8 ^o , avec 20 fig. (360 gr.).....	23 50

Statique graphique , BUGAT-PUJOL. In-4°, 46 pl. (1.410 gr.).	67 fr.
Traité de la résistance des matériaux, et de la stabilité des constructions civiles , DE VILLIERS DE L'ISLE-ADAM. (710 gr.).	35 fr.
Stabilité des constructions usuelles , ROUSSELET et PETITET. In-4°, avec 421 fig. 2 ^e édition. (840 gr.).	78 fr.
Déformations des constructions usuelles , ROUSSELET et PETITET. In-4°, avec 493 fig. (1.010 gr.).	61 50
Cours de stabilité des constructions , VIERENDEEL. I : 4 ^e édit. 305 fig. et 3 pl. (1.170 gr.), 140 fr.; II : 116 fig. et atlas 48 pl. (1.280 gr.), 140 fr.; III : 2 ^e édit. 182 fig. et 4 pl. (650 gr.), 100 fr.; IV : 4 ^e édit. 260 fig. et 7 pl. (965 gr.), 130 fr.; V : 167 fig. et atlas 18 pl. (<i>En réimpression</i>).	

IV. — MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION, CIMENT ARMÉ

Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction. Travaux de la deuxième session. I : Documents généraux. (360 gr.), 8 fr.; II : <i>Rapports particuliers. Métaux.</i> 46 pl. (1.930 gr.). 70 fr.; III : <i>Rapports particuliers. Autres matériaux.</i> (1.090 gr.),	47 50
Les matériaux de construction , DEBAUVE. 30 pl. (2.350 gr.).	103 50
Bois et métaux , AUCAMUS. In-16, 365 fig. et 1 pl. (630 gr.).	60 fr.
Analyses et essais des matériaux de construction , MALETTE. In-16. 916 p., 187 fig. (1.010 gr.).	72 fr.
Recherches industrielles sur les chaux, ciments et mortiers , BIED. 227 p., 37 fig., 23 graphiques (470 gr.).	49 fr.
Cours de béton armé , A. MESNAGER. In-4°. (1.590 gr.).	140 fr.
Aide-mémoire de l'ingénieur-construteur de béton armé , BRAIVE. 3 ^e édit. In-8°, avec fig. (560 gr.).	42 fr.
Le béton armé à la portée de tous , MALPHETTES. (420 gr.).	33 50
Calculs simplifiés de stabilité des constructions en béton armé , THIBAUT. (<i>En préparation</i>).	
Les calculs de résistance de pièces en béton armé rendus simples THIBAUT. In-8°, 106 p. (250 gr.).	19 fr. 50
Pratique de la construction en béton et mortier de ciment armés ou non armés , TAYLOR, THOMPSON et DARRAS. (1.360 gr.).	95 fr.
Pour le cimentier . CHAPLET. (150 gr.).	15 fr.
Le portefeuille du béton armé , FORESTIER. Fascicules I à IV : 21 fig., 6 pl (680 gr.), 56 fr.; Fasc. V à VIII. 23 fig., 7 pl. (780 gr.).	56 fr.
Béton armé. Aabaques pratiques pour le calcul des hourdis et des poteaux , CORSET. 44 planches 32 x 50. (940 gr.).	123 fr.
Calcul des constructions hyperstatiques . RIEGER-CAROT, 2 vol., in-8° 218 p., 162 fig. (450 gr.).	49 fr.
Calculs graphiques et analytiques du béton armé , HEIRMAN. In-4°, avec 141 fig. (670 gr.).	42 fr.
Calcul du béton armé sans formules algébriques , DE TEDESCO. In-8°. (330 gr.).	30 50
Application de la résistance des matériaux au calcul des ouvrages en béton armé , DÉVÉDEC, avec 201 fig. (830 gr.).	67 fr.
Règle à calcul pour construction en béton armé, système RIEGER. (avec 3 réglettes).	915 fr.

V. — TERRASSEMENTS, FONDATIONS, MAÇONNERIE

Tracé et terrassements, FRICK et GUILLEMONT. In-16, avec fig. 2 ^e édit. (950 gr.).....	70 fr.
Fouilles et fondations, FRICK et LÉVY-SALVADOR. In-16 .. 2 ^e éd. (720 gr.).....	62 fr.
Métré et attachements de terrasse, maçonnerie, etc., MOUREL-MAILLARD. I : <i>Terrasse.</i> (900 gr.), 42 fr.; II, III, IV, V : <i>Maçonnerie.</i> (6.250 gr.).....	258 fr.
Traité des fondations, mortiers, maçonneries, OSLET et CHAIX. In-4 ^o , avec 644 fig. (1.790 gr.).....	60 fr.
Maçonneries, SIMONET. In-16 (550 gr.).....	37 fr. 50
Traité de coupe de pierres, CHAIX. In-4 ^o . (1.410 gr.).....	48 fr.
Album du cours de stéréotomie (<i>Charpente et coupe de pierres</i>), LÉVI. 34 pl. in-folio. (1.420 gr.).....	25 fr.
La marbrerie, DARRAS. In-8 ^o , avec 151 fig. (910 gr.).....	56 fr.
Carrelages et faïences, MOULINEY. In-4 ^o , 157 fig. (700 gr.).....	28 fr.
Pour le maçon et le plâtrier, HANNOUILLE. In-16 (216 gr.).	16 fr. 50

VI. — CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES, SERRURERIE

Les grands barèmes de la construction métallique, CROS. I : (<i>Epuisé</i>) ; II : <i>Poutres en treillis et à âme pleine.</i> (<i>Epuisé</i>) ; III : <i>Charpentes.</i> 3 vol. in-8 ^o , avec 2.000 fig. (5.520 gr.).....	217 fr.
Calcul des charpentes, BERGERON. In-4 ^o . 10 pl. (1.440 gr.) ..	126 fr.
Constructions métalliques, BONHOMME et SILVESTRE. In-4 ^o avec 867 fig. et 2 pl. (1.710 gr.).....	112 fr.
Les nouveaux procédés de construction en fer, OSLET. In-4 ^o , avec 638 fig. et 3 pl. (1.040 gr.).....	70 fr.
Le traçage en chaudronnerie et en charpente en fer, HERMANN et DEYSINE. In-16, avec fig. (200 gr.).....	18 fr.
Traçage des constructions métalliques et de chaudronnerie, BORTIEAU. (770 gr.).....	55 fr.
Manuel de serrurerie, HENRIET. In-8 ^o , 232 fig. (330 gr.)...	21 fr.
Métré de serrurerie et de quincaillerie, charpente en fer, ferronnerie et grillage, GUILLAUME. In-4 ^o , 519 fig. (1.250 gr.).	60 fr.

VII. — CHARPENTE. — COUVERTURE. — MENUISERIE

Traité de charpente en bois et en fer, OSLET. In-4 ^o . I : <i>Charpente en bois.</i> 1.063 fig. (1.360 g.), 48 fr.; II : <i>Charpente en fer.</i> 1.620 fig. (2.060 g.), 72 fr.; III : <i>Serrurerie, Quincaillerie et petite charpente en fer.</i> 172 fig. (2.230 gr.), 78 fr.; IV : <i>Procédés de construction.</i> 638 fig. (1.040 gr.), 60 fr.; V : <i>Métré de charpente en bois.</i> 1.068 fig. (2.280 gr.)	90 fr.
Art du trait de charpente, DELATAILLE. I : <i>Bois droit.</i> (590 gr.), 30 fr.; II : <i>Bois droit.</i> (580 gr.), 30 fr.; III : <i>Bois broché.</i> (560 gr.), 30 fr.; IV : <i>Combles</i> (570 gr.), 30 fr.; Les 4 vol. (2.300 gr.),	100 fr.
Charpente et obuvature, ALDEBERT et AUCAMUS, (700 gr.).	52 fr.
Métré de couverture et série de prix des ouvrages de couverture, O... LAMBOURNE et CORDEAU. In-4 ^o , avec 610 fig. (1.630 gr.).	78 fr.
Cours de technologie du bois, MASVIEL. In-4 ^o , I : <i>Généralités.</i> 3 ^e éd. (520 gr.), 23 fr.; II : <i>Travail mécanique.</i> 2 ^e éd. (610 gr.).	27 fr.

- Traité de menuiserie, OSLET et JEANNIN.** In-4°. I : *Généralités. Menuiserie de bâtiments d'habitation. Escaliers. Boutiques.* 217 fig. (1.340 gr.), 48 fr. ; II : *Métré.* 217 fig. (650 gr.), 36 fr. ; III : *Installations diverses. Ebénisterie et Layetterie.* 812 fig. (1.370 gr.). 48 fr.
- Menuiserie, serrurerie, plomberie, peinture et vitrerie, AUCAMUS.** In-16, avec 247 fig., 2^e édit. (520 gr.)..... 45 fr.
- Industrie du meuble, BOISON.** In-16, avec 185 fig. (510 gr.). 23 fr.
- Pour finir un meuble, DEHEURLES.** In-16..... (En préparation)
- Pour le tapissier amateur, BEAURIEX.** In-16 (240 gr.). 18 fr. 50
- Manuel du tapissier-garnisseur, BOISARD.** In-16. (470 gr.). 18 fr.

VIII. — PLOMBERIE, CHAUFFAGE, FUMISTERIE, PEINTURE

- Traité pratique de la pose et l'entretien des canalisations de gaz, BARBE.** In-8°, avec 135 fig. (910 gr.)..... 30 50
- Plomberie, Electricité, OSLET.** In-4°, 1.661 fig. (1.570 gr.). 66 fr.
- Métré de plomberie et d'électricité et série de prix s'y rattachant, OSLET, LASCOMBE et CORDEAU.** In-4°. (2.160 gr.)..... 78 fr.
- Traité pratique de fumisterie, chauffage et ventilation, MAUBRAS.** 2 vol. in-4°, avec 1.347 fig. (2.200 gr.)..... (En réimpression)
- Chauffage, ventilation et fumisterie, AUCAMUS.** (480 gr.). 45 fr.
- Le chauffage des habitations, DEBESSON.** 730 fig., (1.630 gr.) 123 fr.
- Notes sur les chaudières employées dans les installations de chauffage central, LELEUX.** In-8°, avec 43 figures (220 gr.)..... 20 fr.
- Méthodes graphiques pour l'étude des installations de chauffage et de réfrigération en régime discontinu, NESSI et NISOLE** (En préparation).
- Distribution et réglage de la chaleur dans les installations de chauffage central, NESSI et NISOLLE.** In-4°. (150 gr.).... 11 fr.
- Répartition générale de la chaleur dans les immeubles au moyen de centrales thermiques, NESSI.** In-4°, 12 fig. (220 gr.).. 16 50
- Régimes variables de fonctionnement dans les installations de chauffage central, NESSI et NISOLLE.** (250 gr.)..... 44 50
- Métré de fumisterie, chauffage, tôlerie, chaudronnerie, faïencerie, GRANDJEAN.** In-4°, avec 1.316 fig. (2.180 gr.)..... 78 fr.
- Pour le peintre-vitrier, BATAILLE, CHAPLET et DE THELLESME.** In-16. 164 pages. (200 gr.)..... 14 50
- Traité de peinture en bâtiment et de décoration, BOUDRY et CHAUVEL,** 2 vol. avec 1.545 fig. et 180 pl. en coul. (5.410 gr.). 270 fr.

IX. — TOPOGRAPHIE. — ROUTES

- Topographie appliquée aux travaux publics, PRÉVOT et ROUX.**
I : *Instruments.* In-16, 341 fig. 2^e éd. (670 gr.), 60 fr. ; II : *Méthodes*
In-16, avec 317 fig. et 5 pl. 2^e éd. (990 gr.)..... 72 fr.
- Cours de topographie de l'École des maîtres-mineurs de Douai, TISON.** I : In-8°, 44 fr. ; II : In-8°, 28 fr. L'ouvrage complet. 66 fr.
- Manuel de topométrie, BAILLAUD.** In-8°, 93 fig. (800 gr.)... 42 fr.
- Sur le terrain, Topographie usuelle, LIGER.** In-8°. (180 gr.).. 9 50
- Géodésie, OSLET.** In-4°, avec 694 fig. (1.210 gr.)..... 42 fr.
- Construction et entretien des routes et chemins, DEBAUVE.**
2^e édit. In-8°, avec 187 fig. et 2 pl. (1.210 gr.)..... 50 fr.

Routes et chemins vicinaux , ROUX. 2 ^e édit. (640 gr.).....	53 fr.
Les routes américaines , ANTOINE. 2 ^e éd. (150 gr.).....	22 fr.
Voie publique , LEFEBVRE. In-16, avec fig. 2 ^e éd. (750 gr.)...	60 fr.
Législation de la voirie et du roulage , COURCELLE. (990 gr.)...	40 fr.

X. — PONTS. — VIADUCS. — TUNNELS

Méthode de calcul des ponts métalliques , MÉTOUR. In-8 ^o , avec 236 figures. (1.410 gr.).....	112 fr.
Traité des ponts , CHAIX. I : <i>Ponts en maçonnerie et tunnels</i> . 2 vol. In-4 ^o . (En réimpression). II : <i>Ponts en charpents, métalliques et suspendus</i> , 2 vol. In-4 ^o	(En réimpression)
Ponts et ouvrages en maçonnerie , ARAGON. (660 gr.).....	50 fr.
Ponts en bois et en métal , ARAGON. In-16. (640 gr.).....	50 fr.
Calculs de résistance des ponts métalliques , d'après les prescriptions mini-térielles. DE BOULONGNE et BEDAUX. (1.160 gr.)...	42 fr.

XI. — HYDRAULIQUE. — DISTRIBUTION D'EAU ASSAINISSEMENT

Cours d'hydraulique théorique , MONTEIL. (310 gr.).....	21 fr.
Machines hydrauliques , 2 ^e édit., par BERGERON. (En préparation).	
Théorie du coup de bélier , ALLIÉVI et GADEN. 2 vol. (690 gr.)...	14 fr.
Etude des coups de bélier , Essais, CAMICHEL, EYDOUX et GABRIEL. In-4 ^o , avec 204 fig. (1.530 gr.).....	91 fr.
La technique de la houille blanche , PACORET. I : <i>Création et aménagement des chutes d'eau et des usines hydro-électriques</i> . 4 ^e édit., 2 vol., 871 fig. et 14 pl. (3.050 gr.) 266 fr. ; II : <i>Descriptions et études d'usines hydro-électriques aménagées ou projetées</i> . 3 ^e édit., 270 fig. et 2 pl. (1.040 gr.), 78 fr. 50 ; III : <i>Utilisation de l'énergie des chutes d'eau</i> . 3 ^e éd., 676 fig. (1.870 g.), 196 fr. ; IV : <i>Utilisation de l'énergie des forces hydrauliques, électrochimie, électrometallurgie</i> , 3 ^e éd., 253 fig. (1.290 g.)...	112 fr.
L'avenir de la vallée du Rhône , MAHL. (100 gr.).....	6 50
Distributions d'eau , DARIÈS. (680 gr.).....	53 fr.
Traité d'adductions et de distributions d'eau , GILBERT et MONDON. In-8 ^o avec 904 figures et 8 planches. 2 volumes, ensemble (2.500 gr.)...	285 fr.
Règle Mougnié , pour le calcul des conduites.....	100 fr.
Etablissement des projets de distribution d'eau potable , FRICK, 2 ^e édit., par LÉVY-SALVADOR. In-8 ^o , 140 p., 45 fig. (275 gr.)...	25 fr.
Devis et cahiers des charges pour travaux communaux de distributions d'eau , FRICK et CAUVIN. In-4 ^o . (730 gr.).....	44 50
Type de rapport de l'alimentation en eau d'une ville , GILBERT. In-4 ^o , avec 6 pl. 350 gr.).....	12 50
Assainissement (des villes et égouts de Paris) , DAVERTON. In-8 ^o , xviii-794 pages. (900 gr.).....	68 fr.
Les égouts et les vidanges de Paris , BELGRAND. In-8 ^o , avec fig. et atlas in-folio de 16 pl. et cartes (2.410 gr.).....	133 fr.
Abattoirs publics , MARLET, DE LOVERDO et MAILLET. In-8 ^o , avec fig. (1.690 gr.).....	81 fr.

XII. — NAVIGATION. — PORTS

Des eaux comme moyen de transport, DEBAUVE. 3 vol. (I : <i>Rivières. — II. Canaux. — III. Ports maritimes.</i>) In-8°. (4.050 gr.)..	154 fr.
Rivières canalisées et canaux, CUÉNOT. 459 fig. (1.060 gr.)..	68 fr.
Fleuves et rivières, CUÉNOT. In-16, 232 fig. (910 gr.).....	60 fr.
Collection des grands ports français : Dunkerque, Calais, Boulogne.	
H. MALO. (200 gr.), 12 fr. — <i>Le port de Rouen</i> , DUPOUY. (190 gr.), 12 fr. — <i>Le Port de Paris</i> , COLIN. (250 gr.), 15 fr. — <i>Nantes et Saint-Nazaire</i> , COLIN. (250 gr.), 15 fr. — <i>Le Port du Havre</i> , WEULERSSE. (250 gr.), 14 fr. — <i>La Rochelle et Bayonne</i> , VERGNIOL. (170 gr.), 10 fr. — <i>Le Port de Strasbourg</i> , ARNAUD. (230 gr.), 13 fr. — <i>Bordeaux-la Gironde</i> , LORIN. (220 gr.), 13 fr. — <i>Brest et Lorient</i> , DUPOUY. (210 gr.), 13 fr. — <i>Cette, Port-Vendres, Nice</i> , MARTIN et COMBY. (310 gr.), 13 fr. — <i>Le Port de Marseille</i> , LÉOTARD. (310 gr.), 13 fr. — <i>Caen, Dieppe, Cherbourg</i> , GIDEL. (240 gr.).....	13 fr.
Le port d'Alger , DELVERT. (280 gr.).....	13 fr.
Le Rhin et le Port de Strasbourg , LUCIUS. In-16 (260 gr.)..	13 fr.
Ports maritimes, DE CORDEMOY. 2 vol. In-16. 687 fig. . . .	90 fr.
Exploitation des ports maritimes, DE CORDEMOY. 175 fig.	45 fr.

XIII. — ADMINISTRATION ET LÉGISLATION
DES TRAVAUX PUBLICS

Traité administratif des travaux publics (édition refondue du Dictionnaire administratif des travaux publics de DEBAUVE). COURCELLE. In-8°, 3 volumes (3.100 gr.).....		250 fr.
Exécution des travaux publics, DARDART. In-16 (940 gr.)..	42 fr.	
Manuel juridique des travaux publics, MARIZIS et COT. (430 gr.)..	56 fr.	
Clauses et conditions générales imposées aux entrepreneurs. LEFEBVRE et BASSOMPIERRE-SEWRIN. In-4°. (2.330 gr.)... 72 fr.		
Des difficultés entre propriétaires et locataires, GUILLOT. (310 gr.)		12 50
Organisation des services de travaux publics en France, CAMPREDON. In-16. (620 gr.).....	26 fr.	
Comptabilité des travaux publics et tenue des bureaux des services des Ponts et Chaussées, HERBERT. In-16. (810 gr.)..	36 fr.	
Occupations temporaires, Commentaires de la loi sur les dommages causés à la propriété privée par l'exécution des travaux publics. PLONQUET. In-8°. (350 gr.).....	11 fr.	
Canalisations d'éclairage, réglementation et jurisprudence, REMAURY. In-8°. (420 gr.).....	16 50	
Législation des eaux, COURCELLE et DARDART. (1.160 gr.)..	60 fr.	

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Revue générale des chemins de fer. Publication mensuelle. Abont. annuel France, 85 fr.; Etranger, 126 fr. (110 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit). Le N°.....	8 fr.
Traité des chemins de fer, MOREAU. In-4°. I : <i>Infrastructure.</i> (1.390 gr.), 56 fr.; II : <i>Superstructure.</i> (1.930 gr.), 70 fr.; III : <i>Maté-</i>	

- riel et traction. (2.330 gr.), 84 fr.; IV : *Locomotives, accessoires.* (1.970 gr.), 77 fr.; V : *Exploitation, statistique.* (2.510 gr.), 98 fr.; VI : *Chemins de fer secondaires.* (1.960 gr.) 84 fr.
- Les chemins de fer à voie d'un mètre, MUSTAPHA IBRAHIM BEY.**
In-4°, avec fig. (1.110 gr.) 63 fr.
- Exploitation technique des chemins de fer, GALINE. 3° édit.**
In-16, 344 fig. 1 pl. (900 gr.) 73 fr.
- Exploitation commerciale des chemins de fer, BONNAL. 2° édition, CHATEL. In-16 (840 gr.) 68 fr. 50**
- Tables trigonométriques pour le tracé des courbes de chemins de fer, routés et canaux, GAUNIN, HOUDAILLE et BERNARD. Nouv. édit. In-8°, avec 24 fig. (450 gr.) 42 fr.**
- Construction et voie, SIROT et BELORGEY. 2° édit. In-16, 317 fig., 14 pl. (810 gr.) 64 fr.**
- Manuel pratique des poseurs de voies de chemins de fer, SALIN et SOUSTELLE. 5° édit. In-16, avec 280 fig. (400 gr.) 25 fr.**
- Locomotive et matériel roulant, DEMOULIN et VIGERIE. 2° édit. In-16, 219 fig., 14 pl. (630 gr.) 60 fr.**
- La locomotive, LAMALLE. 3° édit. 498 p., 433 fig. (1.050 gr.) 80 fr.**
- Le charbon dans les chemins de fer en France, GODFERNAUX. In-8° (50 gr.) 3 fr. 50.**
- Le mécanicien de chemin de fer, GUÉDON, 3° édition. In-8°, avec 512 fig. et 2 pl. (960 gr.) 50 fr.**
- Manuel du mécanicien de chemins de fer vicinaux et d'intérêt local, HALLEUX. In-16, 141 fig. (860 gr.) 54 50**
- Electrification partielle du réseau de la Compagnie d'Orléans, PARODI. In-4°, avec 215 figures (930 gr.) 48 fr.**
- La traction électrique aux États-Unis de 1920 à 1926, JAPIOT. In-16, 45 figures (330 gr.) 25 fr.**
- Les chemins de fer coloniaux français, GODFERNAUX. In-4°, avec 206 fig. et cartes. (1.770 gr.) 75 50**
- Tramways, Métropolitains et Automobiles, AUCAMUS et GALINE. 3° édit. JULIEN. In-16, 461 fig. 1 pl. (950 gr.) 75 fr.**
- Monographies des réseaux de l'Est et du Nord, H. LAMBERT. I : Est. (220 gr.), 12 fr. 50; II : Nord. (230 gr.) 12 50**
- Législation des chemins de fer et des tramways, THÉVENEZ et MANESSE. In-16. (810 gr.) 36 fr.**
- Contrôle des chemins de fer et tramways, DE LA RUELLÉ. (1.040 gr.) 40 fr.**
- Les chemins de fer pendant la guerre, PESCHAUD. In-4°. avec fig. (Livraison spéc. de la *Revue des chemins de fer*). (1.030 gr.) .. 35 fr.**
- Cahiers des charges unifiés et spécifications techniques adoptés par les chemins de fer français, VIOLET. (250 gr.) 19 fr.**

GÉOLOGIE. — MINES. — MÉTALLURGIE

I. — GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE

- Dictionnaire de Géologie, S. MEUNIER. (900 gr.) 125 fr.**
- Œuvres géologiques de Marcel Bertrand, recueillies par de MARGERIE, 3 volumes in-8°. I : 100 fr.; II et III, en préparation. L'ouvrage complet 300 fr.**

Etudes synthétiques de géologie expérimentale, DAUBRÉE. In-8°, avec 257 fig. et 7 pl. (2.000 gr.)	105 fr.
Les eaux souterraines, DAUBRÉE. 3 vol. 390 fig. (3.500 gr.)	140 fr.
Hydrologie et hydroscoPie, LANDESQUE. In-8°. (740 gr.)	50 fr.
Les sourciers et leurs procédés. La baguette, le pendule, MAGER. In-16, 352 p. avec fig., 3 ^e édit. (500 gr.)	42 fr.
Une science nouvelle, la science des vibrations, MAGER. In-16, 50 fig. (260 gr.)	22 fr.
Les baguettes des sourciers et les forces de la nature, MAGER. In-16, avec 197 fig. (570 gr.)	56 fr.
Les influences des corps minéraux. Recherche des eaux souterraines, des corps enfouis, des gisements métallifères, MAGER. In-8°, avec 127 fig. (520 gr.)	25 fr.
Traité pratique de géologie, LEMOINE. In-8°. (1.100 gr.)	56 fr.
Géologie et minéralogie appliquées, CHARPENTIER. (960 gr.)	57 fr.
Les causes actuelles en géologie, MEUNIER. In-8°. (750 g.)	28 fr.
Notions élémentaires de cristallographie, géométrie et optique, de minéralogie et de pétrographie, BUTTGENBACH. (200 gr.)	28 fr.
Les météorites, MEUNIER. In-8°, avec 132 fig. (950 gr.)	77 fr.
Tableaux des constantes géométriques des minéraux, BUTTGENBACH. In-4°, avec 5 fig. (250 gr.)	21 fr.
Les minéraux et les roches, BUTTGENBACH. In-8°, 5 ^e édit., 592 fig. (1.320 gr.)	160 fr.
La genèse et l'évolution des roches, VIALAY. (560 gr.)	25 fr.
Les gîtes minéraux, MEUNIER. In-8°, avec fig. (800 gr.)	49 fr.
Ressources de la France en mineral de fer, NICOU. (360 gr.)	21 fr.
Les gisements algériens de phosphate de chaux, DUSSERT. In-8° avec 51 fig. et 20 pl. (660 gr.)	42 fr.
Richesses minérales de Madagascar, LEVAT. In-8°, avec 154 fig. et 1 carte en couleurs. (970 gr.)	49 fr.

II. — MINES

Annales des Mines. Publication mens. Abt. annuel. Paris, 110 fr. Départ., 120 fr.; Etr., 150 fr. (140 fr. pour les pays ayant accepté l'échange du tarif postal réduit). Le n°	11 fr.
Comment on crée une mine, LECOMTE-DENIS. (310 gr.)	16 50
Gîtes miniers et leur prospection, ROUX-BRAHIC. (1.450 gr.)	126 fr.
Guide pratique de la prospection des mines et de leur mise en valeur, LECOMTE-DENIS. 4 ^e édit., In-8° (1.380 gr.)	100 fr.
Recherches minières. Guide pratique de prospection et de reconnaissance des gisements. COLOMER. 4 ^e édit. (530 gr.)	49 fr.
Guide du prospecteur à Madagascar, LEVAT. (340 gr.)	18 fr.
Cours d'exploitation des mines, HATON DE LA GOUPILLIÈRE et BÈS DE BERC. 4 ^e édit. I : in-8°, avec 761 fig. (2.075 gr.)	189 fr. II, III, IV (<i>En préparation</i>).
Exploitation des mines, COLOMER. 3 ^e édit. (590 gr.)	53 fr.
Exploitation des mines métalliques; CRANE et BORDEAUX. In-8°, avec 66 fig. (740 gr.)	22 fr.

Ateliers modernes de préparation mécanique des minerais, ROUX-BRAHIC. In-8°. 895 p., 425 fig. et 1 pl. (1.490 gr.).	168 fr.
Carte du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. (250 gr.).	35 fr.
Carte du bassin de la Sarre, LENCAUCHEZ. (120 gr.).....	28 fr.
Traité pratique du broyage et tamisage des matériaux et minerais, RATEL. In-8°, avec 405 fig. (1.880 gr.).....	133 fr.
Traité général de l'emploi de l'électricité dans l'industrie minière, LAPOSTOLEST. In-8°, avec 67 fig. (700 gr.).....	28 fr.
Les explosifs dans les mines, MARTEL. 2 ^e édit. (400 gr.)...	28 fr.
Législation minière et contrôle des mines, CUVILLIER. (<i>Nouvelle édition en préparation.</i>)	
Législation des mines en Alsace-Lorraine, COURAU. (390 g.).	21 fr.
La nouvelle législation minière, AJAM. In-8°. (420 gr.)...	11 fr.
Pétrole (v. page LII).	


III. — MÉTALLURGIE

Introduction à l'étude de la métallurgie. Le chauffage industriel, LE CHATELLIER. 3 ^e édit. In-8°, avec 96 fig. (1.110 gr.).....	72 50
Calculs métallurgiques, RICHARDS et LALLEMENT. (1.710 gr.).	114 50
Essais et analyses des produits sidérurgiques, SERRE. (280 gr.).	26 50
Manuel des laboratoires sidérurgiques. Méthodes analytiques conventionnelles de la communauté ARBED-TERRES-ROUGES. In-8°. 312 p. 67 fig. (510 gr.).....	30 50
Calcul du lit de fusion des hauts fourneaux, PAWLOFF et DLOGATCH. In-8°, avec fig. (550 gr.).....	35 fr.
Chimie physique des métaux, SCHENCK. In-8°. (750 gr.)..	42 fr.
Précis de métallographie microscopique et de macrographie, GUILLET et PORTEVIN, 2 ^e édit. 117 pl. et 565 fig. (1.180 gr.).	95 fr.
Les méthodes d'étude des alliages métalliques, GUILLET. In-8°, avec 577 fig. (1.210 gr.).....	98 fr.
La corrosion des métaux, EVANS. In-8° (640 gr.).....	54 fr.
Actualités métallurgiques, DEJEAN. (560 gr.).....	50 fr.
Etude de l'organisation de la production française après la guerre (Métallurgie), CARLIOZ, CHARPY et GUILLET. In-4°. I : (300 gr.), 14 fr. ; II : (130 gr.), 5 fr. 60 ; III : (210 gr.).....	11 fr.
Contribution à l'étude de la fragilité dans les fers et les aciers, AST, AUSCHER, BARBA, etc. In-4°, avec fig. (1.730 gr.).....	42 fr.
Trempe, recuit, revenu, GUILLET. In-8°. I : <i>Théorie</i> , 308 p., 175 fig. (870 gr.) 110 fr. ; II : <i>Pratique</i> , 296 p. 276 fig. (600 gr.).....	75 fr.
III : <i>Résultats (En préparation).</i>	
Essais de réception des métaux, CHARPY. In-8°.....	25 fr.
Les essais de fatigue des métaux, BREUIL. In-16. (120 gr.).	9 50
L'usure des métaux, BREUIL. In-16. (80 gr.).....	7 fr.
Les métaux industriels, TURPIN. 13 fig. et 9 pl. (380 gr.)..	22 fr.
Technologie de la forge : les tuyères, FOUCARD. (250 gr.).	14 fr.
Soufflantes et compresseurs centrifuges, MONTEIL. (210 g.).	18 50
Manuel pratique de fonderie. Cuivre, Bronze, Aluminium. Alliages divers. DUPONCHELLE. In-8°, avec 201 fig. (350 gr.).....	19 fr.

Pour les praticiens de la fonderie : modeleurs, mouleurs, fondeurs, LEFEBVRE. In-16, avec 143 figures (240 gr.).....	19 fr.
La technique du modèle de fonderie, MASVIEL. In-4° (600 gr.)	53 fr.
Comment on pratique la fonderie, DUPONCHELLE. (1.070 gr.)	77 fr.
Le modelage mécanique, CHAMPDECLER. In-4° (710 gr.)...	33 50
Aciers, fers, fontes, JACQUET. I : 160 fig. (320 gr.), 18 fr. ; II : 133 fig. (320 gr.).....	18 fr.
Le fer et ses dérivés, DELESTRADE. In-16. (490 gr.).....	35 fr.
La fonderie d'acier, H. HALL, traduit par DROUOT. (940 gr.)	80 fr.
Le traitement thermique préliminaire des aciers doux et demi-durs, GIOLITTI. In-8°, avec figures. (1.210 gr.).....	70 fr.
Installations d'aciéries et laminoirs, JACQUES. 3 fascicules. I et II, épuisés. III. (300 gr.).....	42 fr.
Études sur les laminoirs, PUPPE et DEMOLE. (1.370 gr.)	98 fr.
Laminoirs à fers marchands, RICHARME. In-16 (<i>En préparation</i>)	
Le water-jacket à cuivre, DE VENANCOURT (1.210 gr.).....	50 fr.
Métallurgie du zinc, LODIN. In-8°, 25 pl. et 375 fig. (1.560 gr.)	126 fr.
Traitement métallurgique des minerais complexes (zinc, cuivre, plomb, etc...), ROUX-BRAHIC. In-8°. 784 p., 178 fig. (1.500 gr.)	147 fr.
Les métallurgies électrolytiques et leurs applications, LEVASSEUR. In-8°. (380 gr.).....	25 fr.
L'aluminium dans l'industrie, ESCARD. In-8°. (1.090 gr.)	75 50
Des emplois de l'aluminium dans la construction des machines, FLEURY et LABRUYÈRE. In-8°, avec 32 fig. (130 gr.).....	9 50
La galvanisation du fer, BABLIK-SCHUBERT. In-8°. (250 gr.)	49 fr.
Manuel pratique de soudure autogène, GRANJON et ROSEMBERG. In-8°, avec figures. (530 gr.).....	28 fr.
La soudure autogène des métaux, RAGNO. (160 gr.).....	12 50
La soudure électrique, DELAMARRE et LÉVY. (200 gr.).....	22 fr.
La soudure électrique, VARINOIS. In-8°. (1.270 gr.).....	91 fr.
Pour le soudeur-braseur, LEFÈVRE. In-16 (165 gr.).....	17 fr.
L'électrometallurgie du fer et de ses alliages, ESCARD. (1.840 gr.)	133 fr.

IV. — PIERRES ET MÉTAUX PRÉCIEUX

L'or, propriétés, gisements et extraction, CUMENGE et FUCHS. I : <i>L'or dans la nature</i>, avec 13 pl. (350 gr.), 28 fr. ; II : <i>L'or dans le laboratoire</i>. (400 gr.), 42 fr. ; III : <i>L'or dans les centres de travail et de l'industrie. Exploitation et traitement des minerais aurifères (épuisé)</i> ; IV : <i>Traitement des minerais auro-argentifères (épuisé)</i>.	
Guide pratique pour la recherche et l'exploitation de l'or en Guyane française, LEVAT. In-8°, avec 6 pl. (610 gr.).....	25 fr.
Métallurgie de l'argent, ROSWAG. 175 fig. et 2 pl. ((890 gr.)	84 fr.
Désargentation des plombs, ROSWAG. In-8°. (900 gr.).....	84 fr.
Le diamant, BOUTAN. In-8°, avec 147 fig. (640 gr.).....	63 fr.
La synthèse du rubis, FRÉMY. In-4°, 22 pl. col. (650 gr.)...	70 fr.



Toute l'organisation
Du bureau d'études, de la fabrication et du service commercial
chez

X. Morin
BOYELLE-MORIN (A & M)
PAUL BEAU (EP) & C^{tes}

11, Rue Dulong
PARIS (17^e)

Envoi franco du catalogue général

DICTIONNAIRES TECHNIQUES ILLUSTRÉS

EN SIX LANGUES

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

Par **A. SCHLOMANN**

Prix susceptibles de variations correspondant à celles des prix pratiqués par l'éditeur allemand, et compte tenu du change.

I. Éléments de machines. — Outils usuels, 43 fr. — II. Electrotechnie, 281 fr. — III. Chaudières. — Machines. — Turbines à vapeur, 147 fr. — IV. Moteurs à combustion interne, 63 fr. — V. Chemins de fer (Construction. — Exploitation), 93 fr. — VI. Chemins de fer (Matériel roulant), 87 fr. — VII. Appareils de levage, 70 fr. — VIII. Béton armé, 46 fr. — IX. Machines-outils, 80 fr. — X. Automobiles, Canots automobiles, Dirigeables, Aéroplanes, 117 fr. — XI. Sidérurgie, 107 fr. — XII. Hydraulique, Pneumatique, Froid, 234 fr. — XIII. Construction, 134 fr. — XIV. Matières textiles, 122 fr. — XV. Filatures et filés, 207 fr. — XVI. Tissage et tissus, 207 fr.

Nous pouvons également fournir la nouvelle édition du volume « *Electrotechnie* » qui vient de paraître, beaucoup plus complète que la précédente, au prix de..... 488 fr.

TOURS. — IMPRIMERIE RENÉ ET PAUL DESLIS.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

LA PUBLICITÉ

dans
les **AGENDAS DUNOD** vous
assure :

LA PLUS GRANDE DIFFUSION POSSIBLE DE VOS ANNONCES

*dans tous les milieux industriels et
commerciaux où ils circulent à des
centaines de milliers d'exemplaires*

UNE CLIENTÈLE DE LECTEURS SPÉCIALISÉS

*dont chacun est un ache-
teur possible ou tout au moins
un conseiller écouté pour
le choix des fournisseurs*

UNE PUBLICITÉ PERMANENTE

*qui passe à chaque
instant sous les yeux
de l'intéressé à la
recherche d'une
formule technique*

UN MINIMUM DE FRAIS

*Demandez le Tarif
de la Publicité pour
l'édition prochaine*

SERVICE
PUBLICITÉ
DUNOD
ÉDITEUR

TRANSFÉRÉ
92, Rue Bonaparte
PARIS
Tél. : FLEURUS 33.43



R. G. 5.748 Versailles

AYEZ TOUJOURS un ŒIL dans votre USINE
grâce à l'emploi rationnel de nos
Spécialités d'ENREGISTREURS
P^r **CONTROLE SCIENTIFIQUE DANS L'INDUSTRIE**



Contrôle de la Combustion,
Compteurs d'eau, etc.
Analyseurs de gaz,
d'eau, etc.



Pyrométrie optique

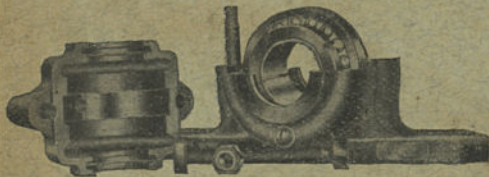


Des milliers de références élogieuses
sont à votre disposition.

Écrivez aujourd'hui aux **ÉTABLISSEMENTS IZART**, route
de Paris, **IRIS-BILLIARD**, Université Lille et recevrez tous
renseignements susceptibles de vous intéresser.

SKF

~ pour chaque cas
le roulement
qu'il faut



SOCIÉTÉ DES
ROULEMENTS A BILLES **SKF**

40, Avenue des Champs-Élysées, PARIS VIII.

Usines a Bois-Colombes. (Seine).
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1



IRIS - LILLIAD - Université Lille 1