http://cnum.cnam.fr
Conservatoire numérique des Arts & Métiers

Titre : Congrès international de l'industrie du gaz. 1900
Auteur : Exposition universelle. 1900. Paris

Mots-clés : Exposition internationale (1900 ; Paris) ; Gaz*Industrie et commerce*Europe*1870-1914*Congrès
Description : 1 vol. (1100 p.) ; 24 cm
Adresse : Paris : Société anonyme de publications périodiques, 1900
Cote de l'exemplaire : CNAM 8 Xae 476

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?8XAE476

La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres fins, notamment commerciales, sont soumises à autorisation, et/ou au règlement d'un droit de reproduction.

You may make digital or hard copies of this document for personal or classroom use, as long as the copies indicate *Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*. You may assemble and distribute links that point to other *CNUM* documents. Please do not republish these PDFs, or post them on other servers, or redistribute them to lists, without first getting explicit permission from *CNUM*.

PDF créé le 14/12/2011

CONGRÈS INTERNATIONAL

DE

L'INDUSTRIE DU GAZ

PARIS 1900

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CONGRÈS INTERNATIONAL

DE

L'INDUSTRIE DU GAZ

PARIS 1900

BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE NATIONAL
des ARTS & MÉTIERS
No du Catalogue 8° Xae 62
Prix ou Estimation 8 f.
Entrée, le 16 Juin 190

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

PUBLIÉ PAR LES SOINS

DE LA

SOCIÉTÉ TECHNIQUE DE L'INDUSTRIE DU GAZ EN FRANCE

65, Rue de Provence, Paris.

PARIS

IMPRIMERIE DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DE PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

13, quai Voltaire, 13

1900

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CONGRÈS INTERNATIONAL

DE

L'INDUSTRIE DU GAZ

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Pages.

Liste des membres du Congrès..... 15
Circulaire du 1er janvier 1900..... 36
Programme des questions proposées..... 33
Liste des membres de la commission d'organisation..... 39
Liste des membres du Bureau du Congrès..... 42
Liste des membres correspondants et délégués..... 44
Liste des Sociétés techniques étrangères ayant adhéré au Congrès..... 48
Règlement..... 49

SAMEDI 1er SEPTEMBRE 1900.

Procès-verbal de la réunion préparatoire du 1er septembre. — Ordre des travaux..... 52

LUNDI 3 SEPTEMBRE 1900.

Matin.

DISCOURS DU PRÉSIDENT..... 57
Présidence de M. Th. Vautier. — Lecture des communications de MM. le Dr H. Bunte, Stœcklin, Rieder et Cie..... 83
Résolution tendant à la nomination d'une commission internationale de Photométrie..... 88
Présidence de M. J. W. Helps. — Lecture des communications de MM. C. E. Brackenbury, Alten S. Miller..... 90

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Après-midi.

Pages.

Présidence de M. Th. Vautier. — Lecture de la communication de M. Euchène..... 96
Présidence de M. E. Beer. — Lecture des communications de MM. H. Sospisio, H. Dicke, Dr J. Bueb, Dr A. Smits..... 97

MARDI 4 SEPTEMBRE 1900.

Matin.

Présidence de M. T. O. Paterson. — Lecture des communications de MM. F. Marshall, Louvel..... 112
Présidence de M. G. O. Ramsdell. — Lecture de la communication de M. F. H. Shelton..... 113
Présidence de M. A. Rothenbach. — Lecture de la communication de M. A. Weiss..... 116

Après-midi.

Présidence de M. Th. Verstraeten. — Lecture de la communication de M. A. Witz..... 122
Liste des membres de la commission internationale de Photométrie..... 131
Ordre du jour invitant les diverses sociétés gazières à ouvrir des concours en vue de la création de lustres et appareils artistiques combinant l'esthétique avec les avantages de l'incandescence au gaz..... 132
Présidence de M. H. Nachtsheim. — Lecture des communications de MM. E. Salzenberg, G. Himmel, A. Lecomte..... 133
Invitation à l'exposition spéciale de l'industrie du gaz et de l'eau, à Vienne..... 138

MERCREDI 5 SEPTEMBRE 1900.

Matin.

Présidence de M. W. Mc Donald. — Lecture des communications de MM. A. E. Forstall, I. Hedde..... 139
Présidence de M. D. J. Cramer. — Lecture des communications de MM. A. Bouvier, J. Bengel, P. Bolsius..... 147

Après-midi.

Présidence de M. V. Krafft. — Lecture de la communication de M. A. Lévy..... 154
Vœu tendant à ce que les compagnies de gaz prennent l'initiative d'agir auprès des fabricants de compteurs et d'appareils

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

pour obtenir d'eux l'emploi de pas de vis uniformes pour chaque type d'appareils..... 158
Lecture des communications de MM. P. Bigeard, G. Asselbergs, C. Guichard..... 159
Concours ouvert par la Société technique de l'industrie du gaz en France en vue du perfectionnement de l'allumage automatique des becs à incandescence..... 166
Clôture du Congrès. — Allocution de M. Th. Vautier et de M. le Dr H. Bunte..... 168
Soirée. — Visites diverses..... 170

DEUXIÈME PARTIE

Communications techniques.

MM.

1) Dr H. Bunte (de Carlsruhe).— Sur l'incandescence par le gaz. (Mémoire imprimé en allemand et en français).. 181 et 193
2) Stœcklin, Rieder et Cie (de Mulhouse).— Projet de conditions et règles à suivre dans la photométrie des manchons à incandescence par le gaz..... 205
3) C. E. Brackenbury (de Londres). — Fours à cornues inclinées..... 207
4) G. Eichelbrenner (de Paris).— Note sur une installation de fours à distiller la houille avec gazogènes indépendants placés à distance..... 219
5) Alten S. Miller (de New-York). — De la mesure des hautes températures (Mémoire imprimé en anglais et en français) 226 et 233
6) Cie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz (Rapport de M. Euchène).— Réactions thermiques dans la distillation de la houille.— Détermination des températures élevées. — Détail des essais..... 239
7) Henri Sospisio (de Trieste). — Gaz à l'eau carburé. — Son emploi dans les usines à gaz de houille..... 423
8) H. Dicke (de Francfort-sur-le-Mein). — Note sur le gaz à l'eau système Dellwik-Fleischer..... 456
9) Dr J. Bueb (de Dessau). — Moyens à employer pour parer aux obstructions dues à la naphtaline..... 469
10) Dr J. Bueb (de Dessau). — Production et fabrication des cyanures dans une usine à gaz..... 473

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

MM.

11) Dr A. Smits (d'Amsterdam). — De l'absorption de l'acide cyanhydrique du gaz d'éclairage comme introduction à la question de savoir quels progrès ont été réalisés dans la fabrication du gaz sous le rapport de la production du prussiate jaune de potasse par voie liquide..... 481

12) Frederick Marshall (de Copenhague). — Manutention mécanique du charbon. (Mémoire imprimé en anglais et en français)..... 485 et 496

13) Cie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz. — (Rapport de M. Louvel.) — Manutention mécanique du coke dans les usines de la Compagnie Parisienne du Gaz. 507

14) Fred. H. Shelton (de Philadelphie). — La réduction de la dépense de distribution par l'emploi des pressions élevées (Mémoire imprimé en anglais et en français)..... 545 et 581

15) P. H. Gibbons (de Philadelphie). — De quelle manière la perte normale du gaz, au cours de la distribution, peut être diminuée dans la plus large mesure (Mémoire imprimé en anglais et en français)..... 616 et 628

16) Société technique Suisse de l'industrie du Gaz et des Eaux. Rapporteur : M. A. Weiss. — Statistique des usines à gaz suisses. — Graphique (années 1890-1899). — Graphique de la consommation du gaz de la ville de Zurich (1890-1899) 639

17) Aimé Witz (de Lille). — Les moteurs à gaz et leurs sources d'alimentation..... 659

18) Ernst Salzenberg (de Crefeld). — La lumière dorée sphérique..... 666

19) G. Himmel (de Tubingen). — Suspension et allumage automatique de lanternes à gaz pour candélabres élevés..... 687

20) A. Lecomte (de Paris). — Contribution à l'étude des éclairages concurrents du gaz..... 694

21) Alfred E. Forstall (de New-York). — Historique, caractère et résultats de l'institution *Educational fund*, créée par *American gas light Association*, pour l'instruction professionnelle des employés de gaz (Mémoire imprimé en anglais et en français)..... 752 et 761

22) I. Hedde (de Paris). — Des moyens d'intéresser les chauffeurs au travail des fours..... 771

23) Ad. Bouvier (de Lyon). — Comparaison entre les éclairages usuels, à éclairage égal, par la méthode graphique..... 814

24) J. Bengel (de Paris). — Rapport sur l'utilité de l'unification des pas de vis pour les appareils à gaz..... 826

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

MM.

25) P. Bolsius (de Bois-le-Duc). — Résultats obtenus en Hollande avec les compteurs à payement préalable..... 830

26) Cie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz (Rapport de M. A. Lévy). — Eclairage intensif par le gaz des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro. — Chauffage au gaz. — Cuisine au gaz..... 852

27) P. Bigeard (d'Angers). — A propos des compteurs d'abonnés. — Ouverture à une discussion sur les compteurs secs et hydrauliques..... 944

28) W. C. P. Asselbergs (de Bergen-op-Zoom). — Des compteurs secs, leurs avantages et leurs défauts..... 953

29) Charles Guichard (de Paris). — Note sur l'installation de l'Eclairage public dans la ville de Guayaquil..... 977

TROISIÈME PARTIE

(**Annexes.**)

Texte des Procès-Verbaux analytiques des séances du Congrès International de l'industrie du Gaz, votés par le Congrès dans la séance du 5 septembre..... 993

M. le Dr Emil Liebenthal. — Sur l'altération avec le temps du pouvoir éclairant des manchons incandescents (note imprimée en allemand et en français)..... 1032 et 1042

M. Franz Schæfer. — Les nouveaux concurrents du gaz de houille dans la distribution par station centrale de la lumière, de la force et de la chaleur (acétylène, gaz à l'eau, gaz à l'air). 1052

Ville de Paris. — Rapport sur l'éclairage..... 1076

M. le Dr H. Bunte. — Instruction des Ingénieurs gaziers..... 1090

M. Von Oechelhaeuser. — Programme de l'Ecole des Maîtres-Gaziers de la Cie allemande continentale du gaz de Dessau.... 1094

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PREMIÈRE PARTIE

DOCUMENTS PRÉLIMINAIRES

PROCÈS-VERBAUX

VISITES

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LISTE DES MEMBRES

DU

CONGRÈS INTERNATIONAL

DE

L'INDUSTRIE DU GAZ (1)

MM.	
A.-B. AALDERS..... de	La Haye.
G. ABADIE.....	Bordeaux.
Edmond ACREMAN.....	Rochefort.
* Ch.-F. ADAMS.....	Portland.
* Harry-C. ADAMS.....	Philadelphie.
* Adolf. AHLSELL.....	Stockholm.
F. ALAVOINE.....	Beauvais.
Othon ALBERTI.....	Varsovie.
Gustave AMIEL.....	Paris.
Joseph ANCEL.....	Lyon.
C. ANDRÉ.....	Lyon.
Ch. ANDRIEU.....	Clermont-Ferrand.
P. ANNEBICQUE.....	Paris.
J. ARNAUD-PIRAUD.....	La Côte-St-André.

(1) Les noms précédés d'une astérisque sont ceux des souscripteurs qui n'étaient pas présents au Congrès.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.	
W. C. P. ASSELBERGS..... de	Bergen-op-Zoom.
AUBRUN.....	Paris.
Émile AUBURTIN.....	Lyon.
Paul AUDOUIN.....	Paris.
J. BRYANT-GRIMWOOD.....	San-Francisco.
Victor BABLON.....	Paris.
Paul BACHELAY.....	Toulon.
Alphonse BACHMANN.....	Orange.
J.-E.-H. BAKHUIS.....	La Haye.
Louis BALLESTER.....	Grenade.
Henri BANCELIN.....	Paris.
Albert BANDSEPT.....	Bruxelles.
H. BARDOU.....	Paris.
J.-B. BARDY.....	Bergerac.
L. BARILLET.....	Paris.
G. BARRAT.....	Saint-Amand-Mont-Rond
Louis BARTH.....	Paris.
E. BAUD.....	Lyon-Vaise.
J.-W.-H. BAUDUIN.....	Maëstricht.
Adolphe BAUX.....	Paris.
E. de BEAUMONT.....	Plainpalais.
* W.-R. BEAL.....	New-York.
Joseph BEAUPLET.....	Brionne.
BECKER.....	Paris.
E. BEER.....	Berlin.
A. BÉGLET.....	Paris.
A.-H.-F. BELLENOT.....	Lyss.
BELLIER.....	Oran.
V. BELON.....	Moissac.
J. BENGEL.....	Paris.
Léon BERGÈS.....	Paris.
Luigi BERIA.....	Turin.
Lorenzo BERMEJO.....	Malaga.
E. de BERNADIÈRES.....	Lorient.
* E. BERGMILLER.....	Pont-l'Évêque.
L. BERTRAND.....	Paris.
S. BERTHET.....	Paris.
Arthur F. BESANT.....	Londres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.

Charles BESNARD..... de	Châteaubriant.
* BESSEMOULIN.....	Livry.
Robert BEYNON.....	Torquay.
P. BIGEARD.....	Angers.
BIJU-DUVAL.....	Paris.
BILLON	Montbrison.
E. de BILLY.....	Paris.
E. BISCHOFF.....	Kaiserslautern.
Paul BIZALION.....	Arles.
C. BLANC.....	Paris.
E. BLANC.....	Genève.
P. BLAVIER.....	Palerme.
E. BLOCAILLE.....	Bayonne.
J. BLOM.....	Haarlem.
* Arthur E. BOARDMAN.....	Mâcon.
Rudolphe BOECKING.....	Halbergerhütte.
BODIN.....	Paris.
J.-J. BOEZEMAN.....	La Haye.
Wilhelm BOEHM.....	Stuttgart.
A. BOISSIERE.....	Paris.
P. BOLSIUS.....	Bois-le-Duc.
Giovanni BONN.....	Vérone.
J. BOOT.....	Londres.
* BOREUX.....	Paris.
J.-J. Van BORK.....	Amsterdam.
A. BOSCHERON.....	Liège.
Ch. BOSQUET.....	Paris.
Ch. E. BOTLEY.....	Hastings.
J. BOUILLETTE.....	Courbevoie.
F. BOURDON.....	Lyon.
J. BOURGEOIS.....	Montivilliers.
P. BOURGOIN.....	Cahors.
BOUSQUET	Lunel.
A. BOUTAN.....	Lyon.
Ad. BOUVIER.....	Lyon.
C.-E. BRACKENBURY.....	Londres.
Walter Bourne BRADY.....	Londres.
E. BRANDT.....	Bruxelles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.	
G. BREITTMAYER..... de	Paris.
R. de BREUK.....	Dordrecht.
BRISAC.....	Paris.
A. de BRISIS.....	Alger.
André BRISSE.....	Paris.
H. BRISSOT.....	Roanne.
Alwin BRIX.....	Vienne.
Dr Walter BRIX.....	Vienne.
Charles BROUTTA.....	Montreuil-sous-Bois.
Joseph de BROUWER.....	Bruges.
Louis BRUERS.....	Bruxelles.
* E. L. BRUNDRETT.....	Philadelphie.
Louis BRUNET.....	Châlons-sur-Marne.
E. BRUXELLES.....	Grenoble.
J. W. BUCKLEY.....	Falmouth.
Dr J. BUEB.....	Dessau.
Walter BURCKHARD.....	Vienne.
A. BURGKLY.....	Luzarches.
Carl BURMEISTER.....	Stettin.
E. BUISSON.....	Romorantin.
Dr H. BUNTE.....	Carlsruhe.
L. BUSINE.....	Wasmuël.
* Julius BUSS.....	Milwaukee.
Gustave CABASSUT.....	Yzeure.
A. CABRIER.....	Moulins.
Raymond CAMELEYRE.....	Albi.
Charles CARPENTER.....	Londres.
R. S. CASTEL.....	Paris.
Justin CASTELA.....	Alais.
Ed. CASTOUL.....	Paris.
Albert CAWLEY.....	Llanelly.
E.-A. CAZES.....	Arcachon.
M. CHABALIER.....	Paris.
CHAFFAUX.....	Lens.
Gabriel CHAMON.....	Paris.
Paulin CHANDANSON.....	Les Andelys.
J. L. CHAPMAN.....	Harrow.
Charles CHARPENTIER.....	Belfort.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.

Emmanuel CHARRIÉ..... de	Rodez.
Henri CHASSIN.....	Paris.
* CHATELARD.....	Concarneau.
S. B. CHANDLEY.....	Warrington.
CHÉNIER.....	Paris.
Michel CHEFTEL.....	Paris.
Charles CHÉRET.....	Lunéville.
CHEVALET.....	Troyes.
CHEVALIER.....	Paris.
Victor CHUINE.....	Clermont.
* Walton CLARK.....	Philadelphie.
* W. B. CLINE.....	Los Angeles.
Georges CLOSSON.....	Paris.
Thomas COLE.....	Westminster.
CONRAD.....	Montargis.
Mario CONSTANT.....	Paris.
CONSTANTIN.....	Paris.
W. R. COOPER.....	Banbury.
Emile CORNUAULT.....	Paris.
Luciano COSSARD.....	Buenos-Ayres.
René COTTIN.....	Paris.
R. COUDELOU.....	Caen.
J. COUDERCHON.....	Paris.
François COUGNET.....	Autun.
* P. COUGNY.....	Saint-Germain-en-Laye.
A. COZE.....	Reims.
D.-J. CRAMER.....	Rotterdam.
Daniel CRISTIANI.....	Saint-Raphaël.
Louis CROS.....	Le Havre.
Baptiste CRUVELLIER.....	Marseille.
* Edmund Mc. CULLOUGH.....	Philadelphie.
CURY.....	Paris.
Miescislas DABROWSKI.....	Cracovie.
Dr A. DANIELL.....	Londres.
DAUDY.....	Angers.
Henry-John DAVIS.....	Londres.
E. DEBENOIST.....	Nice.
Joseph DEBILDE.....	Lessines.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.	
L. DECHESNES..... de	Lille.
* DEGAND.....	Mons.
DEGRAND.....	Boulogne-sur-Seine.
Charles DEHEURLES.....	Suresnes.
Philibert DELAHAYE.....	Paris.
Edmond DELARBRE.....	Paris.
Eugène DELATTRE.....	Paris.
Emile DELEBECQUE.....	Lille.
J. DELEURY.....	Paris.
Amédée DELILLE.....	Douai.
Georges DELMAS.....	Montpellier.
Eugène DERVAL.....	Paris.
N. DESCHAMPS.....	Albert.
A. DES GOUTTES.....	Genève.
Paul DESMAZES.....	Nimes.
Gabriel DESPIERRE.....	Chambéry.
Paul DESSIRIER.....	Vierzon.
Adrien DESSIRIER.....	Aurillac.
DESVIGNES.....	Paris.
Frédéric-G. DEXTER.....	Winchester.
H. DICKE.....	Francfort.
A. DIEUDÉ-DEFLY.....	Nice.
Enrique DOMINGUEZ.....	Buenos-Ayres.
W. Mc DONALD.....	Albany.
E. DORIGNY.....	Ivry.
*W. F. DOUTHIRT.....	New-York.
S.-R. DRESSER.....	Bradford.
John A. DRAKE.....	Thornleigh.
William DRORY.....	Francfort.
DUFOURT.....	Toul.
Walter T. DUNN.....	Westminster.
G. DULAC.....	Besançon.
R. DUPOY.....	Paris.
*G. DURASTEL.....	Meaubeuge.
J. DURIS.....	Lagny.
J. DUTEY.....	Lyon.
Tho. DUXBURY.....	Manchester.
Anton. DZIURZYNSKI.....	Stanislau (en Galicie).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.	
Irénée ECHINARD..... de	Lyon.
L. ELIOT.....	Paris.
S.-J. ENTHOVEN.....	La Haye.
L. ESCOYEZ.....	Tertre.
EUCHÈNE.....	Paris.
Harry FLAIRCLOUGH.....	Latchford-Warringt
Paul FAUCONNIER.....	Orléans.
Antoine FAURE.....	Saint-Etienne.
Joseph FAYN.....	Liège.
Paul FEER.....	Paris.
Dr A. FELDMANN.....	Bréme.
M. FABRE.....	Montluçon.
* William J. FAY.....	Anahèim.
James FERRIER.....	Colombus.
Jules FÉRANDELLE.....	Compiègne.
* Robt. F. FITZ.....	Elgin.
Angelo FINETTI.....	Messine.
L. FIARD.....	Beaucaire.
Albert FLACK.....	Londres.
Henri FLACK.....	Londres.
E. FOIRET.....	Paris.
* L. FORQUENOT.....	Paris.
Léon FOUCART.....	Paris.
William FOULIS.....	Glasgow.
H. FOULON DE VAULX.....	Paris.
* Ch. FOURCHAULT.....	Paris.
Philipp von FRAYS.....	Nuremberg.
Carl FRANCKE.....	Brême.
Fritz FRANCKE.....	Brême.
Raoul FRANÇOIS.....	Bourges.
* G. FRANCOU.....	Constantinople.
J. FRANKIN.....	Paris.
G. FRÈRE.....	Saint-Quentin.
J.-D. FRESTIER.....	Belley.
* GAILLARD.....	Mostaganem.
Jacques GALLIEN.....	Riom.
GALLO.....	Arles.
GARCENOT.....	Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.

Marius GARDES ..... de	Couarsan.
Ch. GAUDRY	Paris.
Rodolphe GAULIS	Lausanne.
Gaston GAUTIER	Le Havre.
Gustave GAUTIER	Rouen.
Alfred GAZA	Barcelone.
Em. GENNOTTE	Bruxelles.
A. GENSSE	Paris.
Henri GEORGELIN	Elbeuf.
Claude GEORGES	Dôle.
P. GERARD	Bucharest.
GEORGIN	Paris.
J. GÉRARDIN	Chauny.
W. D. GIBB	Newcastle.
* P. H. GIBBONS	Philadelphie.
Paul GIGOT	Paris.
* P. GILL	Paris.
L. GIROUD	Paris.
Arthur GLASGOW	Londres.
Thomas GLOVER	Londres.
A. GODINET	Lyon:
L. GODOT	Paris.
GOFFINON	Paris.
Dr Georges GOLDBERG	Amsterdam.
* W. W. GOODWIN	Philadelphie.
GORVEL	Paris.
GOUDARD	Cette.
A. GRAHAM	Notts.
Rosario GRASSO	Catane.
E. GRAUX	Meulan.
A. GRENIER	Paris.
Paul GREYSON de SCHODT	Namur.
GRILLOT	Paris.
GROC	Paris.
Gustav GROHMANN	Düsseldorf.
Paul GRUE	Dinan.
Giacomo GUASCO	Milan.
A. GUÉGUEN	Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.	
Charles GUICHARD ..... de	Paris.
Olaf. N. GULDLIN.....	Fort-Wayne-Indiana.
J. HAMMOND.,.....	Eastbourne.
Jacques HANHART	Remiremont.
W. HARDIE.....	North Shields.
R. HART.....	Paris.
H. HAWKINS.....	Todmorden.
* Thomas HAYWARD	Baltimore.
François HECQUARD.....	Grandville.
I. HEDDE.....	Paris.
J. W. HELPS.....	Croydon.
D. H. HELPS.....	Redhill.
F. HEMBERT.....	Paris.
HERVIEUX	Bois-Guillaume.
* Andrew HICKENLOOPER.....	Cincinnati.
M. HEMPEL.....	Berlin.
Frédéric HIMING.....	Londres.
G. HIMMEL.....	Tubingen.
HIMMEL fils.....	Tubingen.
A. HOCQUETTE.....	Coudekerque.
J. HOGBEN	Edimbourg.
Otto HOFER.....	Budapest.
Ch. HOFER.....	Berlin.
Edm. HOHMANN.....	Munich.
D. Van der HORST.....	Amsterdam.
Ernest HOVINE.....	Paris.
J. HOWLES.....	Ipswich.
G. H. HULTMANN.....	Stockholm.
C. HUBERT.....	Rive-de-Gier.
* C. J. R. HUMPHREYS.....	Lawrence.
Charles HUNT.....	Birmingham.
Auguste HUON.....	Boulogne-sur-Mer.
* HUTCHINGS.....	Paris.
S. J. INGRAM.....	Truro, Cornwall.
D. IRVING.....	Bristol.
J. O. V. IRMINGER.....	Copenhague.
Gustave JACQUIOT.....	Frévent.
Thomas JANIN.....	Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.

A. JÉROME..... de	Douai.
Léon JÉROME.....	Mouy.
John T. JOLLIFFE.....	Ipswich.
Franz JOLY.....	Cologne.
H. E. JONES.....	Londres.
* James H. JOURDAN.....	Brooklyn.
* C. JUBERT.....	Dijon.
G.-S. KAUFMANN.....	Rotterdam.
* William E. Mc. KAY.....	Dorchester.
Fédor KELLNER.....	Mulhouse.
Azn. KENENS.....	Alkmaar.
August KEMPER.....	Dessau.
Gaston KERN.....	Strasbourg.
J. KIEFFER.....	Langres.
Walter KING.....	Londres.
William KING.....	Liverpool.
W. KIRKPATRICK.....	Bruxelles.
W. KLEIN.....	Malstatt-Burbach.
C. KLOSE.....	Solingen.
Joseph KROST.....	Prague.
Armand KLEINER.....	Budapest.
O. S. KNOTTERUS.....	Rotterdam.
O. KOBBE.....	Berlin.
Ernst KOHLER.....	Metz.
Victor KRAFFT.....	Naples.
J. KRESL.....	Autriche.
Dr Hugo KRUSS.....	Hambourg.
Gaston KUENTZ.....	Fougères.
J. KUENTZ.....	Abbeville.
Emile KULLMANN.....	Autriche.
E. KURTH.....	Memel.
KUNHEIM.....	Berlin.
H. LACAZE.....	Paris.
P. de LACHOMETTE.....	Lyon.
Frédéric LAENG.....	Brescia.
LAGAAY.....	Amsterdam.
LAMB.....	Würzburg.
Dr L. LANG.....	Gotha.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.	
LANGLOIS..... de	Paris.
L. LARBITRAY.....	Paris.
F. LARGERON.....	Firminy.
Henri LAURAIN	Paris.
A. LAURAIN	Troyes.
L. LAURAS.....	Rouen.
LAURIOL.....	Paris.
René LAUMY.....	Reims.
John-Petty LEATHER.....	Burnley, Lancashire.
Alfred LEBON	Paris.
Eugène LEBON.....	Paris.
J. LECLAIRE.....	Paris.
E. LECLERC.....	Paris.
A. LECOMTE.....	Paris.
Eugène LELARGE.....	Aubusson.
Jules LEMAIRE.....	Calais.
Julien LEMERLE	Elbeuf.
Félix LE MOINE	Givors.
Emil LENZ.....	Stettin.
LENOIR.....	Marseille.
Jules LENOIR.....	Paris.
Léon LENOIR	Huy.
LEROY.....	Paris.
Henri LEROY.....	Saint-Quentin.
LEROY fils.....	Paris.
Robert LESAGE	Paris.
Eugène LEVAILLANT.....	Pont-Audemer.
Auguste LÉVY.....	Paris.
J. T. LEWIS	Wellingborough.
R. LEWIN.....	Stockholm.
LEYDIER.....	Valence.
Dr Wilhelm LEYBOLD	Hambourg.
Jules L'HEUREUX	Brive.
P. LHOMME	Rueil.
Van LOEY	Bruxelles.
Gabriel de LORIOL.....	Newcastle.
Octave LOISY.....	Libourne.
Baron François-Ch. LUCIFERO.....	Palerme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.	
Friedrich LUX	de Mannheim.
C. MACFIE	Edimbourg.
Daniel MACFIE	Edimbourg.
MAGGIORE	Bône.
L. MAHEU	Meaux.
A. MAIGNAN	Fougères.
De MALAUSSERRE	Paris.
Joseph MALDANT	Paris.
A. MALLET	Paris.
J. B. MANGIAPAN	Nice.
MANY	Bucharest.
MARCERON	Orléans.
MARCHAL	Nantes.
Lucien MARCHESSAUX	Vernon.
MARCHETTI	Paris.
Léon MARIANI	Turin.
Ch. MARIEZ	Nancy.
H. MARQUISAN	Paris.
Frédérick MARSHALL	Copenhague.
J.-S. MARSLAND	Elland.
Ch. MARTIAL	Marseille.
Jean MARTIN	Tournus.
Arthur MARTIN	Charleville.
E. MARTINAUD	Angoulême.
Alfred MARTINEAU	Poissy.
Alexandre de MARTINEZ	Murcie.
A. MARX	Paris.
MASSE	Paris.
Hans MATHYS	La Chaux-de-Fonds.
A. MAURICE	Paris.
MEINECKE	Breslau.
Paul MÉNAGÉ	Lyon.
MENAND	Le Puy.
Hippolyte MÉNARD	Louhans.
Gustave MERCIER	Nancy.
Frédéric METZGER	Montauban.
Lucien MICHAU	Provins.
Francisque MICHOT	Saint-Julien-en-Jarez.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.	
Th. Van MIERLO ..... de	Tilbourg.
Paul MIESCHER	Bâle.
* Carroll MILLER	Newark.
Jules MOIRAND	Lyon.
Valentin MONCHICOURT	Montereau.
P. MONDEN	Paris.
L. MONK	Lewes, Sussex.
Albert MONOD	Marseille.
Philippe MONSON	Londres.
J. MONTHIERS	Paris.
De MONTRAVEL	Montpellier.
De MONTSERRAT	Paris.
* Northrop MOORE	Kansas City, Kan.
Charles MOREL	Millau.
* F. N. MORTON	Hoboken.
* Henri MORTON	Hoboken.
MOWBRAY-LAMING	Livourne.
August MULLER	Charlottenbourg.
August MULLER	M. Gladbach.
Henri MURET	Lausanne.
MYGATT	New-York.
Hubert NACHTSHEIM	Vienne.
Dr Georg. NASS	Charlottenbourg.
Gustave NAUDÉ	Le Havre.
* Ch. H. NETTLETON	Derby.
Max NEUMARK	Autriche.
F.-A. NEUMAN	Eschweiler.
J.-Arnold NORCROSS	Londres.
P.-V. NUGENT	Berlin.
Von OECHELHAEUSER	Dessau.
E. OURY	Charleville.
Ch. PARIS	Le Bourget.
L. du PASQUIER	Avignon.
T. PATERSON	Birkenhead.
PAVEL BAUSE	Prague.
Emile PAVILLON	Deville.
Guillaume-Paul PEETERS	Oudenbosch.
* PELLÉ	Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.	
Ch. PELLETIER..... de	Paris.
Denis PÉROUSE.....	Paris.
Giuseppe PESCE.....	Modène.
Auguste PESCHOT.....	Bolbec.
Gustave PETIT.....	Cosne.
J. PETTRÉ.....	Paris.
Jules PEUILLOT.....	Dreux.
PEYRET.....	Les Roches de Condrieu
L. PEYRELONQUE.....	Paris.
M. PIATON.....	Lyon.
Henri PICARD.....	Givors.
Annibal PICCHIO.....	Biella Novara.
Josef PICHLER.....	Baden-Baden.
Emile PIERQUET.....	Torcy-Sedan.
G. PILLETTE.....	Limoges.
Louis PITTY.....	Brest.
Armand PLANCHET.....	Fougères.
L. van de POLDER.....	Dordrecht.
Robert PORTER.....	Elland.
André POTAIN.....	Paris.
Eugène POTRON.....	Paris.
Charles POUCHAIN.....	Rome.
Raphaël POUJADE.....	Paris.
Amédée PRINCE.....	Paris.
H. PRIOUX.....	Paris.
L. PROST.....	Lyon.
QUEUTELOT.....	Paris.
Ch. RAILLARD.....	Morlaix.
G. RAMSDELL.....	Philadelphie.
Louis RAOUL.....	Vesoul.
RAY.....	Paris.
François REBUFFEL.....	Bologne.
J. S. REEVES.....	Bilston.
Jules REGOUT.....	Maëstricht.
Ernest RENARD.....	Perpignan.
Henri RENARD.....	Vauban-Lille.
Alphonse RENAUD.....	Colombier.
Louis RENOUX.....	Villeneuve-sur-Lot.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.

* E. P. S. RIBBINS..... de	Delft.
Albert RICHARME.....	Annecy.
E. W. T. RICHMOND.....	Londres.
Karl RICHTER.....	Leipzig.
Aimé RIEDER.....	Mulhouse.
D. N. de RIJKE.....	Purmerend.
Joseph ROCHE.....	Nevers.
Camille ROCHE.....	Rennes.
Charles RODBERG.....	Bordeaux.
Otto RŒCHLING.....	Bâle.
J. F. H. ROLL.....	Dordrecht.
Dr H. ROMAN.....	Dresde.
* Fr. ROSSELLEN.....	Neuss.
Jacques van ROSSUM du CHATTEL....	Amsterdam.
Cd ROTH.....	Berne.
A. ROTHENBACH.....	Berne.
A. ROTHENBACH fils.....	Berne.
ROTURIER.....	Paris.
Paul ROUGET.....	Paris.
* Paul ROUSSEAU.....	Paris.
* G. ROUX.....	Paris.
Edmond ROUX.....	Lyon.
* Thomas F. ROWLAND.....	New-York.
Fritz RUHLAND.....	Bucarest.
* Jules RUTGERS.....	Berlin.
* St-NARUTOWICZ.....	Kalioz.
De SAINT-GERMAIN.....	Paris.
A. SALANSON.....	Paris.
H. SALOMONS.....	Bruxelles.
Ernst SALZENBERG.....	Crefeld.
Albert SAR.....	Montpellier.
J. SAUNEY.....	Lyon.
C. SAUNIER.....	Paris.
F. SAUNIER.....	La Coruña.
De SAVIGNAG.....	Paris.
Edwin Charles SAYER.....	Ipswich.
Claude SEGAUT.....	Neuilly.
Ad. SEGHERS.....	Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.	
F. SCHÆFER..... de	Dessau.
Dr Johannes SCHARRER.....	Hanau-Main.
* Georg SCHIMMING.....	Berlin.
W. SCHIRMER fils.....	Leipzig.
J. SCHLUMBERGER.....	Bâle.
Ch. SCHNURR.....	Lyon.
A. SCHREYER.....	Halle a. d. Saale.
SCHRIEK.....	Dordrecht.
J. von SCHWARZ.....	Nuremberg.
Christ F. SCHWEICKHART.....	Vienne.
* William J. SERRILL.....	Philadelphie.
F. H. SHELTON.....	Philadelphie.
Albert SILBERMANN.....	Berlin.
S. SIMMELKJÆR.....	Londres.
R. J. SKINNER.....	Londonderry.
* Howard C. SLATER.....	Milwaukee.
* SNELLEBRAND.....	Rio-de-Janeiro.
C.-H. SOEHREN.....	Bonn-s-Rhin.
Enrico SOSPISIO.....	Trieste.
J. STADELMANN.....	Nuremberg.
* Robert Bruce STEWARD.....	New-York.
Louis STOECKLIN.....	Mulhouse.
Paul STUCKER.....	Neuchâtel.
SUPPLISSON.....	Paris.
TABOURIN.....	Neufchâteau.
* George H. TAYLER.....	Warren.
Joseph TERTRE.....	Saragosse.
J. THIBAUDET.....	Paris.
Pierre THIERCELIN.....	Paris.
* Geo. THOMPSON.....	Denver.
Karl F. THODE.....	Güstrow.
Fréd. THORPE.....	Colne Lancashire.
François TIOLAIS.....	Tullins.
TORMIN.....	St. Johann.
* Ange TREVISAN.....	Corfou.
Ch. TRICOT.....	Mons.
A. TRIFET.....	La Louvière.
P. TRITZ.....	Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.	
* Thomas TURNER..... de	Charleston.
Albert UTINGER.....	Zoug.
A. VAAST.....	Versailles.
VACHER.....	Amiens.
W. VAIGL.....	Agram.
VANDERPOL.....	Lyon.
Emile Van HEEDE.....	Bruxelles.
Th. VAUTIER.....	Lyon.
VAUTHIER.....	Château-Thierry.
Henri VEAUDEAU.....	Paris.
VERDIER.....	Marseille.
VERPILLOT.....	Rouen.
Charles VERSCHOORE.....	Lille.
J. VERSEPUY.....	Toulouse.
Théodore VERSTRAETEN.....	Bruxelles.
VIALAY.....	Paris.
Emmanuel VICTOR.....	Reims.
Raymond VILACLARA.....	Barcelone.
VILLAIN.....	Sablé.
F. VILLENEUVE.....	Paris.
H. VILLIERS.....	Lyon.
Georges VISINET.....	Paris.
VITTE.....	Paris.
Gaston de VLEESCHAUWER.....	Milan.
YMONET.....	Paris.
G. WADESON.....	Windsor.
Aimé WAUTELET.....	Rouen.
J. WEIGEL.....	Leipzig.
WEISS.....	Hilchenbach.
A. WEISS.....	Zurich.
R. WENGER.....	Cannstatt.
WERY.....	Paris.
WALTER WHATMOUGH.....	Manchester.
M. A. Van der WIELEN.....	Rotterdam.
William WILLIAMS.....	Londres.
Colonel WILKINSON.....	Londres.
WITTMANN.....	San Giovani a Teduccio.
Aimé WITZ.....	Lille.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.

F.-M. WOHLGROTH..... de Zurich.
* Walter WOOD..... Philadelphie.
WUILLEME..... Creil.
G. YMONET..... Paris.
Henry YOUNG..... Londres.
* Robert YOUNG..... Pittsburg.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MINISTÈRE
DU COMMERCE
DE L'INDUSTRIE
DES POSTES
ET DES TÉLÉGRAPHES

EXPOSITION UNIVERSELLE
DE 1900

DIRECTION GÉNÉRALE
DE L'EXPLOITATION

CONGRÈS INTERNATIONAUX

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Paris, le 1er janvier 1900.

CONGRÈS INTERNATIONAL
DE
L'INDUSTRIE DU GAZ
(PARIS, 1900)

MONSIEUR,

La Société Technique de l'Industrie du Gaz en France a pris l'initiative de provoquer, à l'occasion de l'Exposition universelle de 1900, une réunion, en Congrès international, de toutes les sociétés similaires de la sienne et de toutes les personnes qui s'intéressent aux progrès de l'industrie du gaz.

Ce Congrès se tiendra à Paris, les 3, 4 et 5 septembre, à l'Exposition, dans le palais des Congrès.

Une réunion de cette nature nous a paru pouvoir donner des résultats utiles en amenant des échanges de vues sur les points les plus importants de la fabrication et de l'utilisation du gaz, ainsi que sur les questions qui s'y rattachent.

Elle nous paraît d'autant plus opportune que nous n'avons pas encore eu un Congrès international consacré à l'industrie du gaz ; il est permis d'espérer que cette première réunion présentera un grand intérêt.

Il se formerait, en outre, entre tous les représentants de notre industrie, des liens d'amitié et de confraternité qui ne pourraient qu'être profitables à cette industrie elle-même.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est dans cet esprit que nous venons vous convier à prendre part à ce Congrès.

Nous avons pensé qu'il n'y avait pas lieu de fixer, dès maintenant, d'une façon définitive, le programme des travaux du Congrès ; nous nous bornons, pour le moment, à indiquer, ci-après, un certain nombre de questions, et nous vous serons très obligés de nous faire connaître celles que vous jugerez à propos d'y ajouter (1); nous recevrons avec reconnaissance toutes les observations et propositions qu'on voudra bien nous adresser.

La Commission d'organisation fixera ensuite et vous enverra le programme définitif des travaux qui comprendra, outre les questions techniques, les visites de l'Exposition, d'usines diverses, ainsi que les réceptions.

La Commission d'organisation demande aux personnes qui voudront bien faire des communications de l'en informer avant le 15 février, si possible, et de lui en envoyer le texte avant le 1er juin, afin qu'elles puissent être imprimées à l'avance et qu'on ait le temps de les expédier à tous ceux des membres du Congrès qui en feraient la demande.

Ce sera un moyen de rendre les discussions plus profitables, chacun ayant ainsi le temps de préparer les questions qu'il peut avoir à faire sur les sujets qui l'intéressent particulièrement; c'est un système qui a déjà été apprécié dans d'autres congrès internationaux.

Ces communications pourront nous être remises en allemand, anglais, français ou italien ; toutefois la Commission exprime le désir qu'elles soient en français.

Le prix de la carte du Congrès sera de vingt francs ; elle donnera droit :

(1) Le programme imprimé ci-après comprend aussi les diverses questions proposées après la publication de cette circulaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° A la participation à tous les travaux, à toutes les assemblées, à toutes les visites qui seront organisées ;

2° A la réception du compte rendu des travaux du Congrès, aussitôt après leur publication.

Le personnel administratif et technique de la Compagnie parisienne du gaz, les membres de la Société Technique de l'Industrie du Gaz en France et ceux des associations gazières étrangères qui payent une cotisation annuelle à leurs sociétés respectives sont exempts de ce droit de vingt francs; néanmoins ces derniers ne recevront gracieusement les publications que s'ils sont présents au Congrès.

Il est nécessaire que la Commission soit, dès à présent, renseignée sur le nombre probable des membres du Congrès de 1900.

Nous ne croyons point cependant pouvoir vous demander, si longtemps à l'avance, une résolution ferme, mais nous insistons, d'une manière toute particulière, pour que vous ayez l'obligeance de nous renvoyer, le plus tôt possible, après l'avoir affranchie et avoir rayé l'une des deux formules, la carte postale que vous trouverez ci-incluse.

Ceci ne vous engagera en rien, à aucun point de vue, ni dans un sens, ni dans l'autre ; cependant les communications ultérieures ne seront adressées qu'aux personnes qui auront envoyé la première réponse.

Toutes les communications devront être adressées à M. Th. Vautier, président de la Commission d'organisation du Congrès international de l'Industrie du Gaz en 1900, *rue de Provence, 65, Paris*.

Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de notre considération très distinguée.

Le Président de la Commission d'organisation,
Th. Vautier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROGRAMME

DES QUESTIONS PROPOSÉES AU CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'INDUSTRIE DU GAZ

FOURS A GAZ. — PROCÉDÉS MÉCANIQUES.

1. — Fours à cornues inclinées : Perfectionnements actuels et mode d'emploi dans les divers pays ; leur emploi dans les grandes usines. — Comparer le capital de premier établissement des fours à cornues inclinées avec celui des fours à cornues horizontales ; résultat économique de cette comparaison rapporté à une production de 1000 mètres cubes par jour ; opportunité de leur emploi dans les usines moyennes ; comparaison des résultats de ce système avec celui des machines à charger et à décharger, au point de vue technique et économique.

2. — Chargement et déchargement mécaniques des cornues et applications mécaniques en général pour le service des usines à gaz.

3. — Appareils pour la manutention mécanique du coke.

4. — Gazogènes à distance des fours et pouvant alimenter un four quelconque. Avantages de ce système.

5. — De l'effet de la récupération dans les fours à gaz sur la production de l'ammoniaque. — De l'effet de la suppression de la plonge dans les barillets sur la production de l'ammoniaque,

6. — Mesure des hautes températures.

7. — Réactions thermiques dans la distillation de la houille.

8. — Conditions d'établissement d'une usine à gaz moderne.

ÉPURATION.

9. — Quel est le meilleur moyen et le plus économique d'épurer le gaz? Choix des matières et leur provenance.

10. — Emploi des résidus de la matière épurante.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

SOUS-PRODUITS.

11. — Développement de la production, de la vente et de l'utilisation des sous-produits de la fabrication du gaz pendant la deuxième moitié du siècle; causes principales.

12. — Quel progrès a-t-on fait dans les procédés de production du prussiate jaune de potasse dans les usines à gaz et quels en sont les avantages?

13. — Production et fabrication des cyanures dans une usine à gaz.

GAZ PAUVRES CARBURÉS.

14. — Emploi, dans les usines à gaz, d'un appareil de gaz pauvre carburé.

CANALISATIONS ET COMPTEURS.

15. — Moyens à employer pour parer aux obstructions dues à la naphtaline.

16. — Par quelle façon peut-on le plus diminuer la perte normale du gaz en distribution?

17. — Des avantages et inconvénients des compteurs secs et des compteurs humides.

18. — Résultats obtenus en Hollande avec les compteurs à payement préalable.

19. — Unification des pas de vis à donner aux raccords de plomberie déstinés à recevoir et à alimenter tous les appareils d'éclairage au gaz.

EMPLOI DU GAZ.

(*a*) Éclairage. — Chauffage.

20. — Meilleurs moyens à employer pour propager l'emploi du gaz pour l'éclairage, le chauffage et la force motrice, concurremment à l'électricité et au pétrole.

21. — Améliorations réalisées dans les appareils de chauffage et cuisine.

(*b*) Force motrice.

21. — Étude sur l'état actuel des moteurs à gaz ordinaire et à gaz pauvre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MESURE ET RENDEMENT DE LA LUMIÈRE.

23. — Adoption d'un étalon photométrique international et méthode d'emploi.

24. — Convenance d'adopter un étalon secondaire, simple de construction, facile à manœuvrer et donnant promptement des résultats assez exacts pour servir de guide dans la fabrication journalière.

25. — La photométrie de l'incandescence par le gaz.

26. — Exposer, d'après les expériences spécialement faites dans ce sens, ou d'après des expériences nouvelles, les causes principales auxquelles est due l'incandescence par le gaz.

27. — Quelles sont les relations entre le rendement lumineux du bec à incandescence, toutes choses égales d'ailleurs, et les pouvoirs éclairant et calorifique du gaz? Envisager un gaz de houille dont le titre varie, par exemple, entre 90 et 130 litres par carcel et au delà.

28. — Étude sur la composition du gaz de houille.

29. — Influence des colorations voisines sur la diffusion de la lumière du gaz ou autre.

30. — Comparaison du coût de la lumière carcel-heure dans les becs à gaz et lampes électriques à incandescence, en se basant sur les prix de vente actuels en divers pays.

31. — Même question pour les becs à incandescence alimentés par l'alcool éthylique dénaturé à bas prix.

32. — Comparaison entre les éclairages usuels, à éclairage égal, par la méthode graphique.

QUESTIONS ÉCONOMIQUES.

33. — Indication des systèmes employés pour intéresser les chauffeurs au rendement en gaz et à l'économie du chauffage des fours.

34. — De l'enseignement professionnel dans l'industrie du gaz, soit pour former des contremaîtres d'usines et chefs plombiers, soit comme enseignement spécial complémentaire pour les directeurs d'usines.

35. — Exposé des résultats de l'Institution « Educational Fund » créé par « American gas light association » pour l'éducation des employés de gaz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

COMMISSION D'ORGANISATION

BUREAU

Président.

M. VAUTIER (Théodore), président de la Société Technique de l'Industrie du Gaz en France, *rue de Provence, 65, à Paris.*

Vice-Présidents.

MM. BERTRAND (Léon), ingénieur des ponts et chaussées, ingénieur adjoint à la Direction de la Compagnie parisienne du gaz, *rue de Courcelles, 97, à Paris.*

LEBON (Alfred), co-gérant de la Compagnie centrale du gaz, *rue de Londres, 26, à Paris.*

VIOLLE (Jules), membre de l'Institut, *boulevard Saint-Michel, 89, à Paris.*

Secrétaire général.

M. DELAHAYE (Philibert), administrateur-délégué de la Compagnie du gaz de la banlieue de Paris, *rue de Provence, 65, à Paris.*

Secrétaires.

MM. BOUVIER (Adolphe), ingénieur, inspecteur d'usines à gaz, *avenue de Noailles, 25, à Lyon.*

GODINET (Auguste), ingénieur d'usines à gaz, *quai de la Pêcherie, 4, à Lyon.*

THIBAUDET (James), administrateur-délégué de la Société « Gaz et Eaux », *rue de la Chaussée-d'Antin, 66, à Paris.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. VISINET (Georges), directeur de la Compagnie du gaz de Saint-Germain-en-Laye, *boulevard Malesherbes, 160, à Paris.*

Trésorier.

M. DELEURY (Jules), directeur général de la Compagnie générale française et continentale d'éclairage, *rue Taitbout, 62, à Paris.*

Secrétaire-Archiviste.

M. VILLENEUVE (Ferdinand), *rue de Provence, 65, à Paris.*

MEMBRES

MM. ALAVOINE (François), administrateur-délégué du gaz de Beauvais.

ANCEL (Joseph), administrateur de la Société anonyme du gaz de Lyon.

AUDOUIN (Paul), ingénieur, chef du Service des travaux chimiques à la Compagnie parisienne du gaz.

BIGEARD (Prosper), directeur de la Compagnie du gaz d'Angers.

BROUARDEL (Ernest), directeur de la Compagnie française du Centre et du Midi.

CHAMON (Gabriel), président de la Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz.

CORNUAULT (Émile), administrateur de la Compagnie du gaz de Marseille.

COZE (André), directeur de la Compagnie du gaz de Reims.

ELLISSEN (Albert), administrateur-délégué de compagnies de gaz.

FOUCART (Charles), propriétaire d'usines à gaz.

FRÈRE (Georges), directeur de la Compagnie du gaz de Saint-Quentin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM. GARDINER (Robert), administrateur de la Compagnie danoise du gaz, à Londres.

GIGOT (Paul), ingénieur, chef du Service des usines de la Compagnie parisienne du gaz.

DE LACHOMETTE (Prosper), administrateur de compagnies de gaz.

LAURIOL (Pierre), ingénieur des ponts et chaussées, ingénieur en chef des Services généraux d'éclairage de la ville de Paris.

LEBON (Eugène), gérant de la Compagnie centrale du gaz.

LECLERC (Émile), ingénieur de la Compagnie centrale du gaz.

LENCAUCHEZ (Alexandre), ingénieur-constructeur d'appareils de chauffage par gazogènes et recupérateurs.

LENOIR (Jules), ancien directeur de la Compagnie du gaz français d'Amiens, ingénieur.

MALLET (Paul), ingénieur, administrateur de compagnies de gaz.

MONTHIERS (Jacques), administrateur de la Compagnie française d'éclairage et de chauffage par le gaz.

PIATON (Maurice), ingénieur civil des mines, administrateur et secrétaire général de compagnies de gaz.

SALANSON (Alphonse), président du Conseil d'administration de la Compagnie l' « Union des gaz ».

SEGUIN (Léon), directeur de la Compagnie du gaz du Mans.

SIGAUD (Charles), administrateur de la Compagnie du gaz de Lyon.

WITZ (Aimé), doyen de la Faculté libre des sciences de Lille.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BUREAU DU CONGRÈS

Présidents d'honneur

MM. E. Beer, président du *Deutscher Verein von Gas-und Wasserfachmænnern*, Berlin.

D.-J. Cramer, Jr., président de *Vereeniging van gasfabrikanten in Nederland*, Rotterdam.

W. Mc Donald, président de *Western gas Association*, Albany.

James W. Helps, président de *Incorporated institution of gas Engineers*, Croydon.

Victor Krafft, secrétaire général de *Conferenze amichevoli fra Gasisti d'Italia*, Naples.

Hubert Nachtsheim, président du *Verein der Gas-und Wasserfachmænnern in Oesterreich-Ungarn*, Vienne.

T. O. Paterson, président de *The incorporated gas Institute*, Birkenhead.

George G. Ramsdell, président de *American gas light association*, Philadelphie.

A. Rothenbach sen, président du *Verein von Gas-und Vasserfachmænnern der Schweiz*, Berne.

Eugène Vanderpool, président de *The Society of gas lighting*, Newark.

Th. Verstraeten, président de l'*Association des Gaziers belges*, Bruxelles.

Membres d'honneur

MM. J. Blom. Szn; ancien président (1899) de *Vereeniging van gasfabrikanten in Nederland,* Arnhem.

Alexander C. Humphreys, ancien président (1899) de *American gas light association*, New-York.

Frederick D. Marshall, ancien président (1899) de *Incorporated institution of gas Engineers,* Copenhague.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM. Von OECHELHAEUSER, ancien président (1899) de *Deutscher Verein von Gas-und Wasserfachmænnern*, Dessau.

E. Herbert STEVENSON, ancien président (1899) de *The Incorporated gas Institute*, Londres.

Président

M. Théodore VAUTIER, président de la Société Technique de du Gaz en France, Paris.

Vice-Présidents

MM. Léon BERTRAND, ingénieur des ponts et chaussées, ingénieur adjoint à la Direction de la Compagnie parisienne du gaz, Paris.

Alfred LEBON, co-gérant de la Compagnie centrale du gaz, Paris.

Jules VIOLLE, membre de l'Institut, Paris.

Secrétaire général

M. Philibert DELAHAYE, administrateur-délégué de la Compagnie du gaz de la banlieue de Paris, Paris.

Secrétaires

MM. P. BOLSIUS, directeur de la Compagnie du gaz, Bois-le-Duc.

Adolphe BOUVIER, ingénieur, inspecteur d'usines à gaz, Lyon.

C.-E. BRACKENBURY, ingénieur de la Compagnie l'Union des Gaz, Londres.

Walter T. DUNN, secrétaire de *The Incorporated gas Institute*, Londres.

Auguste GODINET, ingénieur d'usines à gaz, Lyon.

Baron François LUCIFERO, directeur de la Compagnie du gaz, Palerme.

Emile VAN HEEDE, secrétaire de *l'Association des gaziers Belges*, Bruxelles.

F. SCHÆFER, ingénieur de la Compagnie continentale allemande, Dessau.

Christ. F. SCHWEICKHART, directeur de la Compagnie internationale du gaz, Vienne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM. James THIBAUDET, administrateur délégué de la Société Gaz et Eaux, Paris.

Georges VISINET, directeur de la Compagnie du gaz de Saint-Germain-en-Laye, Paris.

A. WEISS, directeur de l'usine à gaz, Zurich.

Trésorier

M. Jules DELEURY, directeur général de la Compagnie générale française et continentale d'éclairage, Paris.

Secrétaire-Archiviste

M. Ferdinand VILLENEUVE, secrétaire-archiviste de la Société Technique de l'Industrie du Gaz en France, Paris.

MEMBRES CORRESPONDANTS ET DÉLÉGUÉS

ALLEMAGNE

MM. E. BEER, Président de *Deutscher Verein von Gas-und Wasserfachmænnern*, Berlin.

VON OECHELHAEUSER, ancien Président de *Deutscher Verein von Gas-und Wasserfachmænnern*, Dessau.

Dr LEYBOLD, Directeur des usines à gaz de Hambourg, délégué officiel du Sénat de Hambourg.

Dr W. OECHELHAEUSER, Conseiller aulique pour le commerce, Dessau.

Dr H. BUNTE, Conseiller aulique, professeur, Carlsruhe.

E. GRAHN, Ingénieur civil, Hanovre.

A. HEGENER, Directeur général du gaz, Cologne.

C. KOHN, Directeur de la Compagnie du gaz, Francfort-sur-le-Mein.

L. KÖRTING, Directeur des usines à gaz de la Cie Impériale Continentale du Gaz, Hanovre.

G. WUNDER, Directeur des usines à gaz municipales, Leipzig.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

AMÉRIQUE

MM. George G. RAMSDELL, Président de *American Gas Light association*, Délégué officiel des États-Unis, Philadelphie.

Arthur G. GLASGOW, Président des délégués officiels des Etats-Unis, Londres.

Alexander C. HUMPHREYS, ancien Président de *American Gas Light association*, New-York.

William Mc DONALD, Président de *Western Gas association*, Délégué officiel des États-Unis, Albany.

Eugène VANDERPOOL, Président de *The Society of gas Lighting*, Newark.

Alfred E. FORSTALL, Secrétaire de *American Gas Light association*, New-York.

Walton CLARK, Directeur général de *United Gas Improvement Co*, Philadelphia.

Malcolm S. GREENOUGH, Président de *Cleveland Gas Light and Coke Co*, Cleveland.

Dr E. G. LOVE, New-York.

Alten S. MILLER, Ingénieur en chef de *New Amsterdam Gas Company*, New-York.

A. B. SLATER, Directeur général de *Providence Gas Co*, Délégué de *New England association of Gas Engineers*, Providence.

Charles D. SHERMAN, Co-directeur de *Newhaven Gas Co*, délégué de *New England association of Gas Engineers*, Newhaven.

Walter S. ALLEN, Secrétaire du *Comité de Massachussetts*, à l'Exposition de Paris, délégué de *New England association of Gas Engineers*, Paris.

J. BRYANT GRIMWOOD, Délégué de *Pacific coast Gas association*, San Francisco.

ANGLETERRE

MM. T. O. PATERSON, Président de *The Incorporated gas Institute*, Birkenhead.

James W. HELPS, Président de *Incorporated Institution of gas Engineers*, Croydon.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM. E. Herbert STEVENSON, ancien président de *The incorporated Gas Institute*, Londres.

Frédérick D. MARSHALL, ancien Président de *Incorporated Institution of gas Engineers*, Copenhague.

Andrew DOUGALL Jun, Directeur du gaz, Tunbridge Wells.

Walter T. DUNN, Secrétaire de *The Incorporated gas Institute*, Londres.

Thomas COLE, Secrétaire de *Incorporated Institution of gas Engineers*, Londres.

AUTRICHE

MM. Hubert NACHTSHEIM, Président de *Verein der Gas-und Wasserfachmænnern in Osterreich-Ungarn*, Wien.

G. F. BERTHOLD, Directeur des usines à gaz, Preesbourg.

Th. HERMANN, Ingénieur et ancien Conseiller technique du bureau du gaz de la ville, Vienne,

François KAPAUN, Ingénieur, Conseiller impérial et royal, Directeur en chef des usines à gaz, Vienne.

Christ. F. SCHWEICKHART, Directeur de la Compagnie Internationale, Vienne.

G. WOBBE, Ingénieur et Directeur des usines à gaz de la ville, Vienne.

BELGIQUE

MM. VERSTRAETEN, Président de l'*Association des Gaziers Belges*, Bruxelles.

Emile Van HEEDE, Secrétaire de l'*Association des Gaziers Belges*, Bruxelles.

AERTS, Directeur du gaz, à Bruxelles.

Alfred BOSCHERON, Ingénieur de la C^ie^ du gaz, à Liège.

Emile BRANDT, Ingénieur Directeur de la C^ie^ du gaz de Ste-Josse-Ten-Noode, Bruxelles.

Léon BUSINE, Administrateur Délégué de la C^ie^ du gaz de Leuze, Mons.

Paul GREYSON DE SCHODT, Directeur de l'usine à gaz, Namur.

Léon LENOIR, Ingénieur Directeur de l'usine à gaz, Huy.

H. SALOMONS, Directeur de la C^ie^ Continentale du gaz, Bruxelles.

WELVAERT, Directeur de l'usine à gaz, Lokeren.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

HOLLANDE

MM. D. CRAMER Jr., Président de *Vereeniging van gasfabrikanten in Nederland*, Rotterdam.
J. BLOM, Szn, ancien président de *Vereeniging van gasfabrikanten in Nederland*, Arnhem.
P. BOLSIUS, Directeur de la Cie du gaz, Bois-le-Duc.
D. VAN DER HORST, Directeur de la Cie du gaz, Amsterdam.

ITALIE

MM. Victor KRAFFT, Secrétaire général de *Conferenze amichevoli fra Gasisti d'Italia*, Directeur de la Compagnie du gaz, Naples.
Charles POUCHAIN, Directeur-Gérant de la Société Anglo-Romaine pour l'éclairage au gaz, Rome.
Léon MARIANI, Directeur de la Société italienne du gaz de Turin, Turin.
Paul SOLANGES, Directeur de la Cie l'Union des gaz, à Milan.
François REBUFFEL, Directeur de l'usine à gaz municipale, Bologne.
Baron François LUCIFERO, Directeur de la Compagnie du gaz, Palerme.

SUISSE

MM. A. ROTHENBACH Sen, Ingénieur, Président de *Verein von Gas- und Wasserfachmænnern der Schweiz*, Berne.
A. WEISS, Directeur de l'usine à gaz, Zurich.
C. BUTTICAZ, Directeur général des Services industriels, Genève.
P. MIESCHER, Directeur du gaz et des eaux, Bâle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LISTE

DES SOCIÉTÉS TECHNIQUES ÉTRANGÈRES

AYANT ADHÉRÉ AU CONGRÈS

ALLEMAGNE.. — Deutscher Verein von Gas-und Wasserfachmænnern.

AMÉRIQUE... — American Gas light Association.
Western Gas Association.
The Society of gas lighting (New-York).
New England Association of gas Engineers.
Pacific Coast gas Association.

ANGLETERRE. — The Incorporated gas Institute.
Incorporated Institution of Gas Engineers.

AUTRICHE... — Verein der Gas und Wasserfachmænnern in Oesterreich-Ungarn.

BELGIQUE... — Association des gaziers belges.

HOLLANDE.. — Vereeniging van Gasfabrikanten in Nederland.

ITALIE..... — Conferenze amichevoli fra Gasisti d'Italia.

SUISSE..... — Schweizerischer Verein von Gas-und Wasserfachmænnern.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

RÈGLEMENT

ARTICLE PREMIER.

Conformément à l'arrêté ministériel, en date du 11 juin 1899, il est institué à Paris, au cours de l'Exposition universelle de 1900, un Congrès International de l'Industrie du Gaz.

ART. 2.

Le Congrès s'ouvrira le 3 septembre, dans le palais des Congrès de l'Exposition ; sa durée sera de cinq jours environ.

ART. 3.

Seront Membres du Congrès les personnes qui auront adressé leur adhésion au président de la Commission d'organisation avant l'ouverture de la session, ou qui se feront inscrire pendant la durée de celle-ci, et qui auront acquitté la cotisation, dont le montant est fixé à 20 francs.

Les Membres titulaires et correspondants de la Commission d'organisation du Congrès, le personnel administratif et technique de la Compagnie Parisienne du Gaz, les Membres de la Société Technique de l'Industrie du Gaz en France et ceux des Associations gazières étrangères qui payent une cotisation annuelle à leurs Sociétés respectives sont exempts de ce droit de 20 francs, néanmoins ces derniers ne recevront gracieusement les publications et le compte rendu des travaux que s'ils sont présents au Congrès.

ART. 4.

Les Membres du Congrès recevront une carte qui leur sera délivrée par les soins de la Commission d'organisation.

Ces cartes, qui donneront droit à l'entrée dans le Palais des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Congrès, par la porte de l'Alma, sont strictement personnelles; toute carte prêtée sera immédiatement annulée.

ART. 5.

La Commission d'organisation fera procéder, lors de la première séance, à la nomination du Bureau du Congrès, qui aura la direction des travaux de la session.

ART. 6.

Le bureau du Congrès fixe l'ordre du jour de chaque séance, dirige la discussion et rédige les procès-verbaux.

ART. 7.

Les Membres du Congrès ont seuls le droit d'assister aux séances, d'y présenter des travaux et de prendre part aux discussions; ils ne pourront garder la parole pendant plus de quinze minutes ni parler plus de deux fois dans la même séance sur le même sujet, à moins que l'Assemblée consultée n'en décide autrement.

ART. 8.

Les travaux présentés au Congrès sur des questions mises à l'ordre du jour du programme définitif de la Commission d'organisation auront la priorité, à moins d'une décision contraire du Bureau.

ART. 9.

Aucun travail ne peut être présenté en séance ni servir de point de départ à une discussion, si l'auteur n'en a communiqué le texte ou le résumé sommaire ou bien les conclusions à la Commission d'organisation.

ART. 10.

Les Membres qui auront pris la parole dans une séance devront remettre au Secrétaire un résumé sommaire de leur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

communication pour servir à la rédaction du procès-verbal. Dans le cas où ce résumé n'aurait pas été remis en temps utile, le texte rédigé par le Secrétaire en tiendra lieu.

ART. 11.

Les procès-verbaux sommaires seront imprimés et distribués aux Membres du Congrès le plus tôt possible après la session.

ART. 12.

Un compte rendu des travaux du Congrès sera publié par les soins du bureau de la Commission d'organisation.

Tout Membre présent au Congrès ainsi que tout Souscripteur aura droit à un exemplaire de ce compte rendu.

ART. 13.

Le bureau du Congrès statue en dernier ressort sur tous les incidents non prévus et sur l'interprétation du Règlement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAL

DE LA

RÉUNION PRÉPARATOIRE

TENUE

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE, DANS LE PALAIS DES CONGRÈS

Le Samedi 1er Septembre 1900.

PRÉSIDENCE DE M. TH. VAUTIER

La séance est ouverte à 4 heures de l'après-midi.

Sont présents MM. E. Beer, D. J. Cramer, W. Mc Donald, James W. Helps, Victor Krafft, Hubert Nachtsheim, George G. Ramsdell, A. Rothenbach, Th. Verstraeten, présidents d'honneur; J. Blom, von Oechelhaeuser, membres d'honneur; Léon Bertrand, Alfred Lebon, Vice-Présidents; Ph. Delahaye, Secrétaire général; P. Bolsius, Ad. Bouvier, C. E. Brackenbury, A. Godinet, Bon. F. Lucifero, Emile Van Heede, F. Schæfer, Christ. P. Schweickart, J. Thibaudet, G. Visinet, A. Weiss, Secrétaires; J. Deleury, Trésorier; F. Villeneuve, Secrétaire-Archiviste; J. Ancel, G. Chamon, A. Coze, P. de Lachomette, P. Mallet, M. Piaton, A. Salanson, Membres de la Commission d'organisation; D. Van der Horst, L. Mariani, Ch. Pouchain, F. Rebuffel, H. Salomons, Membres correspondants; Walter King, directeur du « journal of Gas lighting ».

En ouvrant la séance, M. LE PRÉSIDENT souhaite la bienvenue aux gaziers étrangers et les remercie d'avoir bien voulu apporter leur éminent et précieux concours.

M. LE PRÉSIDENT soumet les propositions suivantes, relatives aux travaux du Congrès :

Constitution du bureau du Congrès, telle qu'elle est inscrite au programme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fixation des heures d'ouverture des séances.

Ordre de présentation des mémoires et communications à chacune des séances comme ci-après.

Nomination, à la séance du matin du lundi 3 septembre, d'une Commission internationale chargée de fixer les règles à suivre dans les observations photométriques des becs à incandescence par le gaz.

Ces propositions sont votées à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT prie MM. les Présidents d'honneur de vouloir bien le seconder dans la direction des séances, et d'en accepter la présidence, lorque l'ordre des travaux appellera des communications présentées par leurs compatriotes.

M. LE PRÉSIDENT règle ensuite les détails du service de chaque séance entre MM. les Secrétaires, de manière surtout que les explications et observations formulées par des Membres étrangers puissent être fidèlement recueillies et reproduites aux procès-verbaux.

La séance est levée à 6 heures.

ORDRE DES TRAVAUX

3 Septembre, lundi matin

Ouverture à 9 heures.

Allocution du PRÉSIDENT.

Dr H. BUNTE, de Carlsruhe. — Sur l'incandescence par le gaz.

STOECKLIN, de Mulhouse. — Projet de conditions et règles à suivre dans la photométrie des manchons à incandescence par le gaz.

Proposition de nomination d'une Commission internationale de la photométrie des becs à incandescence.

C. E. BRACKENBURY, de Londres. — Fours à cornues inclinées.

G. EICHELBRENNER, de Paris. — Note sur une installation de fours à distiller la houille avec gazogènes indépendants placés à distance.

Allen S. MILLER, de New-York. — De la mesure des hautes températures.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3 Septembre, lundi après-midi

Ouverture à 2 h. 10.

Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz. Rapport de M. Euchène. — Réactions thermiques dans la distillation de la houille. — Détermination des températures élevées. — Détail des essais.

Sospisio (Henri), de Trieste. — Gaz à l'eau carburé. — Son emploi dans les usines à gaz de houille.

H. Bicke, de Francfort-sur-Mein. — Note sur le gaz à l'eau, système Delwick-Fleischer.

Dr J. Bueb, de Dessau. — Moyens à employer pour parer aux obstructions dues à la naphtaline.

Dr J. Bued, de Dessau. — Production et fabrication des cyanures dans une usine à gaz.

Dr A. Smits, d'Amsterdam. — De l'absorption de l'acide cyanhydrique du gaz d'éclairage comme introduction à la question de savoir quels progrès ont été réalisés dans la fabrication du gaz sous le rapport de la production de prussiate jaune de potasse par voie liquide.

4 Septembre, mardi matin.

Ouverture à 9 h. 10.

Frederick Marshall, de Copenhague. — Manutention mécanique du charbon.

Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz. — Rapport de M. Louvel. — Manutention mécanique du coke dans les usines de la Compagnie Parisienne du gaz.

Fred. H. Shelton, de Philadelphie. — La réduction de la dépense de distribution par l'emploi des pressions élevées.

P. H. Gibbons, de Philadelphie. — De quelle manière la perte normale du gaz au cours de la distribution peut être diminuée dans la plus large mesure.

Société Technique Suisse de l'industrie du gaz et des eaux. — Rapport de M. A. Weiss. — Statistique des usines à gaz suisses. — Graphiques (années 1890-1899). — Graphiques de la consommation du gaz de la ville de Zurich (1890-1899). — Plans de l'usine à gaz de la ville de Zurich (1890-1899). — Plan de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'usine à gaz de la ville de Winterthur. — Usines à gaz de la ville de Genève.

5 Septembre, mardi après-midi

Ouverture à 2 h. 10.

Aimé WITZ, de Lille. — Les moteurs à gaz et leurs sources d'alimentation.

Ernst SALZENBERG, de Crefeld. — La lumière dorée sphérique.

G. HIMMEL, de Tubingue. — Suspension et allumage automatique des lanternes à gaz pour candélabres élevés.

A LECOMTE, de Paris. — Contribution à l'étude des éclairages concurrents du gaz.

5 Septembre, mercredi matin.

Ouverture à 9 h. 10.

Alfred E. FORSTALL, de New-York. — Historique, caractère et résultat de l'institution « Educational fund », créée par « American gas light Association », pour l'instruction professionnelle des employés de gaz.

I. HEDDE, de Paris. — Des moyens d'intéresser les chauffeurs au travail des fours.

Ad. BOUVIER, de Lyon. — Comparaison entre les éclairages usuels, à éclairage égal, par la méthode graphique.

J. BENGEL, de Paris. — Rapport sur l'utilité de l'unification des pas de vis pour les appareils à gaz.

P. BOLSIUS, de Bois-le-Duc. — Résultats obtenus en Hollande avec les compteurs à payement préalable.

5 Septembre, mercredi après-midi.

Ouverture à 2 h. 10.

Cie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz (rapporteur : M. A. LÉVY). — Eclairage intensif par le gaz des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro. — Chauffage au gaz. — Cuisine au gaz.

P. BIGEARD, d'Angers. — A propos des compteurs d'abonnés. — Ouverture à une discussion sur les compteurs secs et hydrauliques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

G. Asselbergs, de Bergen-op-Zoom. — Des compteurs secs, leurs avantages et leurs défauts.

Charles Guichard, de Paris. — Note sur l'installation de l'éclairage public de la ville de Guayaquil.

Clôture des séances techniques du Congrès.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

OUVERTURE DU CONGRÈS

PRÉSIDENCE DE M. TH. VAUTIER.

Lundi 3 septembre (matin).

La séance est ouverte à 9 h. 1/2.

Discours de M. Th. VAUTIER,

PRÉSIDENT DU CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'INDUSTRIE DU GAZ EN 1900

Messieurs,

Au nom de la Commission d'organisation du Congrès, je déclare ouvert le premier Congrès international de l'Industrie du gaz.

La Commission d'organisation a pensé qu'il convenait de nommer comme Bureau du Congrès, le Bureau qu'elle avait choisi pour donner suite aux décisions prises par elle en vue de l'organisation du Congrès, et qui, par ce fait même, a été depuis un an, plus directement en communication avec les sociétés gazières dont les membres et les représentants sont actuellement réunis. Elle a nommé Présidents d'honneur du Congrès les présidents actuellement en exercice de toutes les sociétés gazières adhérentes au Congrès, et membres d'honneur les présidents en fonction pendant l'exercice 1899-1900, avec lesquels elle s'est trouvée plus particulièrement en rapport pendant la préparation du Congrès.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En procédant à ces nominations, la Commission a donné à toutes les sociétés techniques qui ont bien voulu lui apporter leur précieux concours, des représentants dans le Bureau du Congrès qui ne pouvaient être mieux qualifiés, puisque ce sont eux que ces sociétés ont elles-mêmes mis à leur tête. Des secrétaires des différentes nationalités ont été désignés d'accord avec les Présidents des diverses sociétés.

Le Bureau ainsi constitué s'efforcera de diriger de son mieux les travaux du Congrès, et il espère que vous voudrez bien lui donner votre approbation.

Messieurs, j'ai tout d'abord à constater que la convocation d'un Congrès international de l'Industrie du gaz, dont la Société technique de France a pris l'initiative, a reçu le plus favorable accueil; l'empressement si cordial avec lequel les Sociétés techniques des divers pays ont répondu à notre appel, en est une preuve manifeste. Nous avons reçu plus de 1.100 adhésions, dont environ 500 viennent de l'étranger. La présence parmi nous des Présidents, des Délégués et de nombreux membres de ces Sociétés parmi lesquels figurent de hautes personnalités gazières, donne un caractère exceptionnel à ce Congrès et permet d'en prévoir le succès ; le nombre et l'importance des mémoires envoyés en assurent l'intérêt.

Qu'il me soit donc permis d'adresser l'expression de notre sincère reconnaissance, à tous ceux qui ont bien voulu, à des titres divers, nous apporter leur importante collaboration.

Nous avons aussi à remercier l'Administration de l'Exposition universelle, de l'utile concours qu'elle nous a prêté, et spécialement M. le professeur Gariel, ingénieur en chef des ponts et chaussées, délégué principal des congrès officiels, dont l'obligeante expérience nous a été précieuse.

Si les représentants de l'industrie gazière se réunissent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

actuellement pour la première fois en un congrès international, ce n'est cependant pas d'aujourd'hui que datent les tendances qui devaient aboutir à la convocation d'une réunion de cette nature : elles se sont manifestées à diverses reprises par des visites réciproques où quelques-uns d'entre nous ont cherché à se rendre compte de l'état de notre industrie au delà des frontières de leur propre pays, afin de se tenir au courant des perfectionnements d'un caractère pratique.

C'est, en effet, commettre une erreur trop répandue que de se figurer que les gaziers n'ont pas beaucoup travaillé à l'amélioration de leur industrie ; cette erreur provient sans doute d'un examen très superficiel de nos usines, et de ce que les opérations fondamentales qui dégagent le gaz, en raison même de leur simplicité primordiale, n'ont pas sensiblement changé. Et cependant, que d'efforts, que d'ingéniosité n'a-t-on pas dépensé pour améliorer les appareils de fabrication et d'utilisation du gaz ! Nos journaux techniques, les comptes rendus de nos sociétés en feraient la preuve à ceux qui prendraient la peine de les parcourir. Nous pouvons constater aussi que nos ingénieurs ont toujours cherché à faire bénéficier notre industrie des découvertes qui se sont produites à côté d'elle. A cet égard, l'application des gazogènes au chauffage des fours à gaz, celle de la récupération aux becs intensifs ne sont-ils pas des exemples remarquables, pour ne citer que ceux-là.

Et notre industrie, que d'aucuns prétendent rétrograde, n'a-t-elle pas à son tour ouvert des voies nouvelles, en créant des moteurs à gaz, qui ont déjà rendu tant de services et dont on voit éclore aujourd'hui une application grandiose dans la métallurgie, par l'utilisation directe de la force explosive des gaz pauvres des hauts fourneaux ?

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un autre préjugé, d'une nature différente, est encore répandu dans le public : c'est que les affaires de gaz ont donné des résultats financiers extraordinairement favorables en raison de prix excessifs qui auraient pesé sur les consommateurs. On oublie que beaucoup de ces affaires ont eu des débuts difficiles, que, même actuellement, pour certaines d'entre elles, le cours des actions est inférieur à leur valeur nominale, et si, pour d'autres, la valeur est plus élevée, il n'est pas difficile de trouver dans les affaires industrielles sans monopole, des actions dont le cours représente cinq ou six fois la valeur nominale, et qui, en conséquence, ont été autrement favorisées que les nôtres.

Depuis l'Exposition de 1889, bien des tentatives ont été faites pour améliorer les diverses branches de notre industrie. Il serait hors de propos de chercher ici à en faire une énumération même approximative. Mais il ne sera peut-être pas sans utilité d'examiner dans quelle direction elles se sont produites.

Dans la fabrication, l'une des questions qui a le plus occupé les ingénieurs est le développement de la manutention mécanique du charbon et du coke. Vous connaissez les principales solutions qui ont été préconisées dans ce but : machines à charger et à décharger, transporteurs à secousses, à chaîne horizontale, élévateurs à godets, monte-charges de wagonnets, etc. Le système le plus récent pour la manutention du charbon est le transport horizontal par courroies combiné avec des élévateurs; il comprend une voie ferrée flanquée d'un côté par le magasin à charbon, à parois inclinées, de l'autre par la salle des fours.

Vous pourrez voir au Champ-de-Mars un intéressant exemple de dispositions de ce genre, dues à la collaboration de MM. Rothenbach de Berne, Weiss de Zurich, et Giroud d'Olten. Elles sont représentées par un modèle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'imposantes proportions, exposé par la « Stettiner Chamotte Fabrik » et par la « Berlin-Anhaltische Gesellschaft » de Berlin.

Parmi les applications les plus récentes qui relèvent de ces divers procédés, figurent entre autres l'usine de Genève et celle de Zurich, étudiée par des ingénieurs très compétents, parmi lesquels M. Weiss, qui a présidé à sa construction, et a publié une brochure des plus intéressantes sur cet important travail.

Mais il n'est pas donné à beaucoup de personnes d'avoir à construire une usine de toutes pièces; et les procédés mécaniques ont dû se plier aux exigences des usines plus anciennes. Nous aurons un exemple très instructif de la manutention mécanique du coke dans la visite de l'usine de Clichy, à laquelle la Compagnie parisienne du Gaz a bien voulu convier les membres du Congrès. Les installations de Clichy font l'objet d'un rapport très étudié que M. Louvel a eu l'obligeance de préparer, et dont il nous donnera communication dans une prochaine séance.

Il serait intéressant de comparer les frais de premier établissement de ces systèmes mécaniques avec les économies qu'ils peuvent apporter dans l'exploitation : on saurait ainsi quelle puissance de production une usine doit atteindre pour trouver un avantage à l'emploi de ces systèmes.

Dans la construction des fours, les gazogènes ont bien conquis leur place; surtout dans les usines qui vendent avantageusement leur coke; les dispositifs sont moins compliqués qu'au début. On cherchait dans les commencements à pousser très loin la récupération, ce qui n'allait pas sans quelque complication; actuellement, l'emploi de dispositifs plus simples et plus robustes paraît compenser l'abandon des dernières calories.

La cornue inclinée, inventée par M. A. Coze, avec les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dispositions que la pratique a suggérées dans son emploi, fait une brillante carrière ; c'est peut-être de tous les perfectionnements survenus depuis longtemps dans la fabrication, celui qui paraît avoir le plus définitivement conquis sa place dans notre industrie. Nous comptons dans ce Congrès des ingénieurs qui ont construit d'importantes installations de fours à cornues inclinées, et nous espérons qu'ils voudront bien nous faire part des résultats qu'ils en ont obtenus.

Avant de quitter la salle des fours, il me semble que nous pouvons exprimer le regret de ne pas avoir un instrument nous permettant de mesurer d'une manière pratique, et même d'enregistrer la température des cornues. Le pyromètre à platine rhodié de M. Le Châtelier est un appareil très intéressant qui a rendu de réels services, mais dont l'usage nécessite des connaissances supérieures à celles que possède le personnel des fours. La recherche d'un appareil plus simple mériterait d'attirer l'attention. Aussi entendrons-nous avec intérêt la contribution que nous apporte M. Alten S. Miller sur cette question.

Au même ordre d'idées se rattache l'important travail que M. Euchêne a préparé pour le Congrès au nom de la Compagnie parisienne du Gaz, sur les réactions thermiques dans la distillation de la houille, et la détermination des températures élevées.

Je ne m'arrêterai pas aux autres questions concernant la fabrication me bornant à signaler le lavage plus complet du gaz, sa vitesse plus lente dans les épurateurs, et notamment les progrès réalisés dans la manière de recueillir les cyanures et la naphtaline, qui sera traitée par l'auteur lui-même, M. le Dr Bueb, de Dessau, dont les nouvelles recherches ont récemment attiré l'attention des gaziers. M. le Dr A. Smits, d'Amsterdam, nous entretiendra aussi de cette

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

question. Enfin je dois rappeler le travail que l'un des anciens présidents de la Société technique de France, M. Mallet, nous a communiqué l'an dernier sur l'emploi des cruds d'ammoniaque comme engrais et comme agent efficace pour la destruction de certains insectes nuisibles à l'agriculture.

C'est surtout dans les appareils servant à l'éclairage que se sont réalisés les progrès les plus marquants dans notre industrie depuis l'Exposition universelle de 1889.

A cette époque apparurent dans tout leur éclat les becs intensifs dont l'invention datait déjà de quelques années ; ces becs constituaient des sources de lumière à la fois plus puissantes et plus économiques que les appareils antérieurs ; car ils donnaient des intensités de 30 à 50 carcels avec des consommations de gaz de 40 à 30 litres par carcel-heure, alors que les papillons ordinaires exigeaient 125 litres et les becs à couronne 90 litres.

Cet important progrès fut le résultat de l'application, que nous devons à Frédéric Siemens, du principe de la récupération aux becs de gaz ; l'échauffement, par les gaz brûlés, de l'air nécessaire à la combustion, produit une élévation de température à laquelle correspond un accroissement considérable d'intensité lumineuse. Celle-ci augmente en effet beaucoup plus vite que la température, comme l'ont montré les expériences de Dulong et Petit, de Stefan, de M. Violle et de divers autres physiciens.

La récupération fut appliquée à la construction de becs de formes diverses dont l'une des plus appréciées fut celle qu'imagina Wenham donnant une flamme renversée ou nappe lumineuse et d'autres types dont bénéficia l'éclairage public, tels que les becs Schulke, Industriel, etc.

L'emploi de ces appareils permet de quintupler la quantité de lumière répandue sur le sol par les becs papillons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(Ca 0,25 par mètre carré) ainsi qu'il résulte de mesures faites à Paris, et de donner un éclairement du même ordre que celui des arcs électriques.

Ces résultats, déjà si intéressants, ne devaient cependant pas tarder à être largement dépassés. Un changement radical était en train de s'opérer dans la manière d'utiliser la combustion du gaz. Revenant à une idée qui était en germe dans la lumière Drummond, et qui se manifesta dans les becs de Frankenstein, de Caron, de Tessié du Motay, de Clamond et autres, abandonnant les flammes éclairantes pour les flammes bleues, le Dr Auer von Welsbach appliqua la combustion du gaz produite par le bec Bunsen à l'élévation de température du manchon dont il est l'illustre inventeur (1885).

Quelques années après, le Dr Auer amena son manchon à un degré de perfection qui lui permit de prendre un rapide essor. La belle et brillante lumière qu'il émet, jointe à l'économie de son emploi, lui ont assuré un succès sans précédent dans notre industrie.

Le bec Auer offre à l'éclairage des villes ou des particuliers des foyers de diverses puissances répondant aux exigences les plus variées des consommateurs, depuis le bec Bébé de 2 carcels jusqu'au n° 3 de 12 carcels : on obtient actuellement 25 carcels avec les modèles récents.

Les becs Denayrouze, Bandsept, etc., qui en sont d'heureuses variantes, n'ont pas été moins appréciés. Plusieurs de ces types ont, entre autres avantages, celui de supprimer l'emploi de cheminées en verre.

Au début, les appareils à incandescence ne donnaient leur plein effet qu'à des pressions supérieures à 35 millimètres d'eau. Mais depuis quelque temps, on a construit des brûleurs Bunsen fonctionnant très bien aux pressions les plus basses qui soient en usage dans les villes. M. Lecomte a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

réalisé un des becs les plus satisfaisants à ce point de vue, pour lequel une pression de 20 millimètres suffit; les C^ies^ Auer et Denayrouze ont aussi construit des Bunsen jouissant des mêmes avantages.

Du côté des pressions relativement élevées qui peuvent convenir à certains usages, les progrès ne sont pas moins nombreux. On possède des foyers qui, avec une pression d'environ 100 millimètres d'eau, donnent chacun de 20 à 30 carcels; en groupant trois d'entre eux, on dépasse largement l'intensité d'éclairement des lampes à arc de 12 ampères. Ce résultat peut même être atteint *sans surpression* par le groupement de 5 à 6 becs Auer ou Denayrouze de 160 litres, ou de 3 becs Bandsept D de 300 litres à l'heure.

Je laisse à M. Salzenberg, ingénieur des usines municipales de Crefeld, le soin de vous parler de la lumière qu'il obtient en envoyant, sur un manchon de forme spéciale de son invention, du gaz comprimé à une atmosphère.

Je dois signaler encore à votre attention l'éclairage à incandescence organisé par la Compagnie parisienne du Gaz dans les parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro, dont l'intensité totale est de 100.000 carcels dont 60.000 sont fournis par 3.300 manchons alimentés par du gaz à la pression ordinaire, et 40.000 par 1.700 manchons brûlant le gaz sous une pression de 200 millimètres (1); les

(1) Les becs Bandsept n'ont été mis en vente que dans le courant de 1899. — Les becs Auer ou Denayrouze de 12 carcels, à la pression normale, le bec Lecomte à basse pression avec manchon Auer n° 3, dépensent de 12 à 13 litres par carcel-heure. Ils ont donc à peu près le même rendement que le Bandsept D de 25 carcels dont la caractéristique principale est de constituer une unité plus forte. L'emploi d'une pression de 200 millimètres dans les becs Auer et Denayrouze a eu pour effet de donner la carcel pour 9 lit. 5 au lieu de 12 litres à moyenne ou basse pression. Cette amélioration de rendement est à mettre en balance avec l'emploi de la surpression.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

becs du Champ-de-Mars sont des Auer avec brûleur Bandsept ; ceux du Trocadéro sont des modèles Denayrouze. M. A. Lévy a bien voulu rédiger pour le Congrès un exposé de cette installation. Ce brillant éclairage a obtenu le plus grand succès auprès du public, et je crois être votre interprète en félicitant la Compagnie parisienne d'avoir fait une démonstration si éclatante des ressources de notre industrie.

Le public peut trouver, dans les appareils si variés que lui offre l'incandescence, les divers modèles correspondant aux emplois qu'il a en vue ; aussi s'est-il promptement rendu compte des avantages de ce système qui procure une lumière plus économique et plus intense que les appareils précédents. Les becs intensifs à récupération donnaient la carcel-heure pour 40 à 50 litres, les becs à incandescence permettent de l'obtenir pour 12 à 17 litres.

Bien que l'usage de ces becs soit très répandu, on peut prévoir que leur emploi se généralisera encore plus, surtout dans les pays où le manchon est l'objet d'une protection qui va bientôt cesser.

Le prix des becs Auer, qui varie en France de 12 à 14 fr. pourra s'abaisser vraisemblablement aux environs de 3 fr. d'après les offres qui ont été récemment faites par divers fabricants ; les manchons, dont le prix actuel est élevé se vendraient 0 fr. 40. Le public réalisera prochainement ainsi toute l'économie que peut offrir l'incandescence.

Cet éclairage se répandra davantage parmi les personnes habituées à se servir du gaz ; il paraît en outre appelé à se propager dans une clientèle que les gaziers atteignaient difficilement, et notre industrie peut espérer ainsi une compensation, au moins partielle, des sacrifices que l'incandescence lui a causés.

Si nous pouvons constater les remarquables progrès que les manchons incandescents ont amenés dans l'éclairage,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nous ne connaissons pas complètement les causes auxquelles est due la brillante lumière qu'ils procurent.

On a imaginé diverses explications, parmi lesquelles je rappellerai celle de M. le Dr Bunte (1), à qui nous devons déjà un si grand nombre de recherches remarquables sur les questions qui intéressent notre industrie. L'auteur établit d'abord par un ingénieux dispositif expérimental qu'il ne faut pas chercher la cause de l'effet lumineux intensif dans un pouvoir émissif particulièrement élevé des terres rares et de leur mélange. De plus, nous savons que des manchons formés seulement d'oxyde de thorium pur, ou d'oxyde de cérium pur, ont un très faible pouvoir lumineux, tandis que les manchons constitués par un mélange de 99 0/0 d'oxyde de thorium et de 1 0/0 d'oxyde de cérium, donnent une brillante lumière, et qu'enfin les proportions de ce mélange ne peuvent varier même faiblement, sans altérer considérablement le résultat. D'après M. Bunte, l'oxyde de thorium qui, après calcination du nitrate, se présente sous la forme de filaments boursouflés et poreux, sert de support isolant à grande surface aux particules d'oxyde de cérium très divisées, de très petites masses, de faible capacité et conductibilité calorifiques, qui peuvent ainsi être portées à une température très élevée. Leur éclat deviendra donc très grand, car l'intensité lumineuse des corps incandescents croît beaucoup plus rapidement que la température.

D'après MM. Le Châtelier et Boudouard (2), le manchon est composé d'une matière dont le pouvoir émissif à la température de fonctionnement, soit environ 1.650°, est différent pour les diverses radiations; c'est donc, au moins à cette

(1) Ber., der Deutschen Chem. Ges. 1898. I. p. 5.
(2) Comptes rendus Ac. des Sciences, 1898, p. 1861.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

température, un corps coloré. Son pouvoir émissif est voisin de l'unité pour le bleu, le vert et le jaune, et bien plus faible pour le rouge. La valeur absolue de l'énergie rayonnée ainsi sous forme lumineuse, quoique très grande, est moindre que celle qui serait émise par un corps noir à la même température. Mais un corps noir semblable, placé dans les mêmes conditions de chauffage et avec une même étendue de surface rayonnante, prendrait seulement une température beaucoup plus basse, et n'aurait alors qu'un rendement lumineux très faible.

M. Bunte a montré en outre que l'oxyde de cérium abaisse d'environ 300° la température de combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène, et pense que cette propriété doit jouer un rôle dans le phénomène ; il se passerait quelque chose d'analogue à ce que l'on obtient avec le platine, dont l'incandescence peut être maintenue à l'aide d'un courant d'air carburé froid, propriété dont les chirurgiens ont tiré un si heureux parti. M. le Dr Bunte nous entretiendra bientôt de la photométrie des corps incandescents.

Pendant que nous parlons de l'incandescence au point de vue du laboratoire, qu'il me soit permis d'exprimer le vœu qu'une entente internationale intervienne pour fixer les règles à suivre dans le contrôle de la valeur des manchons ; tout en conservant dans chaque pays les procédés usuels adoptés pour les mesures photométriques proprement dites, on pourrait adopter un certain nombre de règles précises qui rendraient comparables les essais de manchons : Dans combien d'azimuts mesurera-t-on l'intensité ; combien de mesures photométriques fera-t-on dans chacun pour établir la valeur moyenne : comment fera-t-on pour ramener les nombres trouvés avec des gaz de titres et de pouvoirs calorifiques différents, à la valeur correspondant à un gaz défini ?

Ces questions, et bien d'autres encore qui s'y rattachent,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

devraient être résolues d'un commun accord avant que chacun ait pris des habitudes peut-être difficiles à modifier dans la suite.

Le développement considérable auquel paraît appelée l'incandescence, lors du prochain abaissement du prix des appareils, a amené quelques-uns de nos confrères à se demander si, dans un avenir prochain, elle ne se substituerait pas complètement aux flammes éclairantes.

Dans ce cas, ce serait le pouvoir calorifique du gaz qui deviendrait l'élément prépondérant de sa valeur pour tous usages. Cela ne veut pas dire que le gaz ordinaire devrait céder nécessairement la place aux divers gaz pauvres ; car le gaz ordinaire au titre normal contient deux fois plus de calories que le gaz à l'eau non carburé, le plus calorifique des gaz pauvres. Dans cette hypothèse, y aurait-il ou non économie à l'emploi de l'un ou de l'autre gaz, ou de leur mélange dans certaines proportions ; même en se bornant au point de vue économique, qui n'est pas le seul en jeu, c'est là une question difficile à élucider actuellement d'une manière précise, car sa solution repose sur un grand nombre de données dont plusieurs risqueraient d'être totalement faussées par l'état de choses qui suivrait l'application exclusive du gaz à l'eau, notamment les variations de prix du coke, des houilles à gaz ordinaire, des sous-produits.

La plus récente publication que je connaisse sur ce sujet est celle de M. l'ingénieur Schæfer de Dessau. Elle montre que la production du gaz à l'eau est loin d'être aussi économique qu'on le suppose souvent.

Le coût du gaz à l'eau, tel qu'on l'a articulé quelquefois, est celui qui ressort de sa fabrication proprement dite. Ce n'est pas un prix de revient industriel, c'est-à-dire grevé de toutes les charges qu'il aurait à supporter réellement dans une marche industrielle normale d'une certaine durée. Si

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'on tient compte de ces éléments, je suis persuadé que le prix de revient du gaz à l'eau ne serait pas inférieur à celui du gaz ordinaire, sans parler des inconvénients qu'il présente, au point de vue de l'hygiène en raison de sa teneur élevée en oxyde de carbone.

Il semble, à entendre certaines opinions, que l'emploi de houilles à gaz ne soit imposé que par la production du titre normal ; ce point de vue me paraît trop exclusif; les hydrocarbures dits éclairants n'entrent que pour 5 à 6 0/0 dans le gaz ordinaire ; 92 centièmes du reste se composent d'hydrogène, d'oxyde de carbone et de formène; *à volume égal*, l'hydrogène et l'oxyde de carbone ont très sensiblement le même pouvoir calorifique, celui du formène est trois fois plus grand, et comme ce gaz forme à lui seul le tiers du volume total, on voit que l'emploi des houilles à gaz procure non seulement le titre, mais aussi une quantité de chaleur considérable.

Il en résulte que si l'on supprime par un procédé convenable les hydrocarbures éclairants, le gaz perd son titre, mais conserve environ 93 pour cent de sa valeur calorifique : c'est ce qui expliquerait le résultat de certaines expériences dans lesquelles l'intensité de la lumière émise par un bec à incandescence variait peu lorsqu'on l'alimentait par du gaz ordinaire ou par du gaz décarburé ; mais un tel gaz n'est pas le produit direct d'une distillation normale.

Je ne crois pas qu'il y ait dans cette expérience une contradiction irréductible avec les faits si intéressants que M. Aguitton a publiés en 1893, montrant que le gaz ordinaire a un pouvoir calorifique, proportionnel à son titre dans le bec Bengel ; lorsque le gaz est brûlé dans le bec Auer, l'intensité lumineuse décroît en même temps que le titre, diminution corrélative de celle du pouvoir calorifique. Ce dernier résultat me paraît dû, non seulement à la pro-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

portion décroissante d'hydrocarbures éclairants, éthylène, acétylène, benzine dont la chaleur de combustion est fort élevée, mais peut-être plus encore au formène dont la proportion diminue en général avec celle des hydrocarbures ; c'est ce que l'on observe notamment lorsqu'on augmente la durée de la distillation d'une même houille.

M. Sainte-Claire Deville a fait une classification des houilles propres à la fabrication du gaz ; ses analyses portent sur cinq types très différents ; elles montrent que la proportion de formène et d'hydrocarbures éclairants varie en même temps dans le même sens (tandis que celle de l'hydrogène varie en sens inverse). La corrélation existant entre le titre et le pouvoir calorifique du gaz se trouve ainsi corroborée.

Ces réserves faites, je ne nie pas qu'on puisse trouver quelque avantage dans l'emploi de houilles donnant des produits moins éclairants que le gaz ordinaire. Une expérience préliminaire devrait être faite, afin de régler des becs à incandescence pour des gaz de cette nature, et d'examiner le rendement.

En ce qui concerne le gaz à l'eau *carburé*, employé dans une mesure plus ou moins restreinte, suivant les pays et le prix des substances servant à la carburation, il paraît dans ces dernières années avoir attiré un peu plus l'attention des gaziers, au moins en Europe, depuis qu'on a plus de facilité pour l'enrichir au moyen du benzol ; il semble pouvoir rendre quelques services dans nos usines, comme auxiliaire de la fabrication, en le mélangeant au gaz ordinaire dans des proportions qui dépendent de la teneur maxima en oxyde de carbone tolérée par l'autorité compétente. En Allemagne, le mélange peut contenir jusqu'à 30 0/0 de gaz à l'eau ; en Angleterre, un peu plus. Vous entendrez un intéressant rapport de M. l'ingénieur Sospisio de Trieste

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur ce sujet, et de M. Dicke sur le procédé de Dellwick Fleischer.

La carburation du gaz ordinaire par le benzol a donné des résultats qui tendent à généraliser ce mode d'enrichissement.

Il y a quelques années, lorsque le carbure de calcium a pu être préparé industriellement par les procédés de M. Moissan, on s'était demandé si l'emploi de l'acétylène comme carburateur ne serait pas avantageux ; l'expérience a été faite ; satisfaisante au point de vue technique, elle a montré que l'acétylène était le plus cher des carburateurs tant que le prix du carbure de calcium de bonne qualité dépasserait 200 francs la tonne rendue à l'usine (1).

Nous ne saurions passer complètement sous silence les tentatives faites depuis une quinzaine d'années pour le perfectionnement du chauffage domestique au gaz. Depuis lors, un très grand nombre d'appareils a été mis à la disposition du public ; la pratique a montré qu'il y a tout intérêt à produire le plus possible de chaleur rayonnée directement au moyen de surfaces appropriées rendues incandescentes par la combustion du gaz ; telles sont, par exemple, les touffes d'amiante sur briques réfractaires, disposées verticalement, que viennent lécher les flammes bleues d'une rampe à gaz. Dans cette voie, que nos connaissances physiques nous montrent comme l'une des plus rationnelles, il est à prévoir que l'on trouvera des dispositifs et des substances donnant encore un meilleur rendement, en élevant davantage la température des surfaces incandescentes. Le chauffage de l'air primaire concourt un peu à ce résultat ; aussi la récupération est-elle appliquée dans la plupart de ces appareils ; mais il

(1) Th. Vautier. — Comptes rendus de la Société Technique de l'Industrie du Gaz en France. 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

y a une limite à ne pas dépasser, soit pour ne pas compliquer la construction, soit pour laisser à la cheminée la quantité de chaleur exigée par un tirage convenable. Il me semble que si ce n'était la fragilité des manchons, l'application des lois physiques nous conduirait à juxtaposer un nombre plus ou moins grand de becs à incandescence sans verre, pour obtenir une cheminée d'un très bon rendement. Les systèmes utilisant la combustion blanche du gaz ont aussi montré certains avantages. Quoi qu'il en soit, on doit constater que de très grands progrès ont été accomplis dans ce domaine et que le public a actuellement un choix très varié de types d'un bon fonctionnement dont il appréciera de plus en plus les avantages, surtout si les maisons qui placent ces appareils à domicile apportent dans leur installation autant de soin que dans leur construction.

La cuisine au gaz offre à notre industrie un débouché encore plus important que le chauffage ; les avantages multiples qu'il procure lui ont assuré une faveur qui ne peut que s'accroître.

La question du chauffage domestique et de la cuisine au gaz sera traitée au nom de la Compagnie parisienne par M. Auguste Lévy, qui a bien voulu préparer pour le Congrès un rapport très documenté et où sont indiquées les méthodes scientifiques qui ont présidé à la construction des appareils, à la vérification des conditions hygiéniques de leur fonctionnement, à la vérification de la combustion complète du gaz, et à la détermination du rendement calorifique.

En comparant ce travail au livre publié par M. Auguste Lévy sur l'Industrie du gaz à l'Exposition de 1889, on se rendra compte du chemin parcouru depuis lors.

Les progrès accomplis à cet égard en dehors de la France n'ont pas été moins intéressants. M. Ad. Bouvier en a donné

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un aperçu pour l'Allemagne dans un rapport sur l'Exposition industrielle du gaz à Berlin en 1896, qu'il a fait sur l'initiative de la Société Technique de France (1).

Je passe sur les moteurs à gaz dont M. Aimé Witz nous parlera avec l'autorité que lui ont acquise ses travaux si appréciés en France et à l'étranger. Il nous montrera que pour certaines puissances, le moteur à gaz ne craint la concurrence d'aucun autre, même avec du gaz ordinaire à vingt centimes, et nous parlera des moteurs de 500 chevaux de la Société Cockerill que vous pourrez voir fonctionner dans la Section belge. Il y a une vingtaine d'années le moteur à gaz le plus puissant était de soixante chevaux à deux cylindres de trente chevaux chacun. M. Von Oechelhaeuser, dont l'activité s'est si largement dépensée dans les recherches relatives à notre industrie, me permettra d'associer son nom à celui des ingénieurs qui ont contribué à ces importants résultats.

Parmi les appareils relativement nouveaux se rattachant à la consommation du gaz, j'ai à rappeler les compteurs à prépayement, qui ont rendu des services plus ou moins considérables suivant les localités, et la nature de la clientèle, ainsi que les allumeurs automatiques, qu'il serait si important de mettre tout à fait au point.

Parmi les industries qui font concurrence à la nôtre, l'électricité est une de celles qui appellent le plus notre attention, et aussi notre intérêt, car il ne manque pas d'exemples d'usines à gaz et de stations centrales d'électricité réunies sous la même direction. Il semble même que les Compagnies gazières ont une tendance plus marquée qu'autrefois à joindre l'exploitation de l'électricité à celle du gaz. Je n'affirmerai

(1) Nous devons à la même initiative un intéressant Rapport de M. A. Godinet, de Lyon, sur le 27e Congrès des gaziers Italiens et l'Exposition générale de Turin en 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas que chacune de ces associées concoure dans la même mesure à la prospérité des entreprises communes ; c'est là une question d'ordre intérieur dans laquelle je me garderai d'entrer.

L'un des faits les plus saillants de ces dernières années dans l'éclairage électrique est l'entrée dans la pratique industrielle des lampes à incandescence à 220 volts dont l'emploi offre des avantages divers, parmi lesquels un des plus appréciables est l'accroissement de la puissance de distribution d'un même réseau. La diminution de la consommation de charbon des lampes à arc mérite d'être signalée ; mais elle n'est obtenue que par des dispositifs qui affaiblissent l'intensité de la lumière. La lampe Nernst, que vous pourrez voir dans la section allemande, n'a pas encore été dotée d'un allumage automatique suffisamment sûr et pratique pour lui permettre de réaliser tous les avantages que l'on attend de son emploi.

Parmi les communications faites au Congrès international des électriciens qui s'est réuni à Paris dans les derniers jours du mois d'août, l'une des plus remarquées est due à M^me^ Herta Ayrton, sur l'intensité lumineuse de l'arc à courant continu. M^me^ Ayrton montre qu'à égalité de courant, un écart de un millimètre entre les charbons donne l'intensité maximum; un arc de deux millimètres est déjà moins bon : il s'agit de courants de forte intensité, compris entre 10 et 25 ampères. L'arc de un millimètre donne non seulement le plus de lumière, mais aussi le meilleur rendement: le rapport de l'intensité lumineuse à la puissance développée par le générateur est plus grand pour l'arc de un millimètre que pour celui de deux millimètres ; toutefois l'auteur ne dit pas dans quelle proportion. Il y aurait donc avantage à employer l'arc de un millimètre et des courants de forte intensité, car pour les faibles intensités

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une trop grande partie de la lumière resterait pour ainsi dire enfermée entre les deux crayons, en raison de leur rapprochement. Le mémoire contient des vues ingénieuses sur les causes d'affaiblissement de l'intensité lumineuse dues à un écart croissant entre les charbons, notamment la formation dans l'arc gazeux, d'un brouillard de parcelles solides de carbone provenant du refroidissement très rapide de sa vapeur, à courte distance du cratère. Cette étude est fort intéressante, mais il est permis de se demander dans quelle mesure on réalisera un appareil industriel permettant de maintenir avec une régularité suffisante l'écart si faible de un millimètre entre les charbons.

Dans les distributions d'éclairage, le courant continu semble en général plus apprécié que le courant alternatif mono ou diphasé ; et la tendance la plus récente est de le distribuer à 500 volts sur trois fils, depuis qu'on a de bonnes lampes à 220 volts. On revendique divers avantages en faveur du courant continu, notamment la facilité de mise en marche des moteurs répartis dans la clientèle, placés suivant leur puissance sur un seul pont ou entre les extrêmes, le meilleur rendement des lampes à arc, l'emploi des accumulateurs, une moindre perte d'énergie sur un réseau dépourvu de transformateurs fixes qui sont onéreux quand ils ne travaillent pas à forte charge.

Par contre, l'alternatif prend sa revanche sous forme de courant triphasé pour les transports d'énergie à grande distance sur les lignes aériennes à haute tension ; c'est une ressource de plus pour l'utilisation des forces motrices naturelles dans le cas où l'aménagement de ces forces ne contrebalance pas l'économie que l'on attend de leur utilisation.

On a aussi récemment employé le courant continu à haute tension à la distribution d'énergie sur des lignes aériennes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

traversant diverses localités ; chacune d'elles possède une machine réceptrice actionnant des transformateurs tournants, et toutes les réceptrices sont en série sur la ligne.

Quelle que soit d'ailleurs la nature du courant, on peut se demander dans quelle mesure il serait prudent de faire dépendre l'éclairage d'une ville de quelque importance, si nécessaire à sa sécurité, de la rupture d'une ligne traversant des espaces très étendus où la surveillance est impossible et qui se trouve à la merci d'un orage.

Mais en dehors de ce cas spécial, on peut considérer ces nouveaux systèmes, susceptibles de nombreuses applications, comme une des plus intéressantes conquêtes de la science moderne, et bien augurer des ressources nouvelles qu'ils promettent à l'industrie.

L'acétylène ne paraît pas beaucoup attirer l'attention des gaziers, si l'on en juge par les publications des diverses sociétés techniques. L'activité des partisans de cet éclairage s'est surtout manifestée par la construction d'un très grand nombre d'appareils divers, servant à dégager l'acétylène du carbure de calcium.

Pour produire l'intensité d'une bougie décimale, il faut 0 lit., 63 d'acétylène (1), ou 1 lit., 5 de gaz ordinaire : le rapport de ces volumes est de 2,38 ; or l'acétylène coûte de dix à douze fois plus que le gaz ; on voit par là combien l'acétylène est inférieur au gaz au point de vue économique. Si l'on remarque en outre que l'acétylène n'est pratiquement utilisé ni pour le chauffage, ni pour la force motrice, on voit qu'une ville alimentée exclusivement par l'acétylène serait privée d'une distribution de chauffage et de force motrice tout en s'imposant un éclairage bien plus coûteux que celui du gaz. Aussi l'on ne cite qu'un petit nombre

(1) Nombre indiqué par les producteurs d'acétylène.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de localités, d'ailleurs peu importantes, possédant une distribution d'éclairage par usine centrale.

Les essais primitivement tentés sans succès pour alimenter les moteurs par de l'acétylène ne semblent pas avoir été repris. Certaines compagnies qui fabriquent les gaz d'huile pour l'éclairage des voitures de chemin de fer ou de tramways, mélangent à ces gaz de l'acétylène en certaines proportions.

Des procédés nouveaux permettent de comprimer l'acétylène dans des récipients très résistants en acier, remplis de brique poreuse imprégnée d'acétone dans laquelle il se dissout ; ces récipients peuvent être transportés à domicile et fournir un certain nombre d'heures d'éclairage, après quoi il sont ramenés à l'usine pour être rechargés. Il y a là en perspective une industrie analogue à celle du gaz portatif.

Enfin la Société des Carbures métalliques, qui possède les brevets Bullier, a obtenu la reconnaissance judiciaire de leur validité.

En dehors des éclairages qui se distribuent par des usines centrales, on compte un certain nombre de procédés récents dont on a plus ou moins parlé. Parmi ceux-ci, les tentatives faites pour produire l'incandescence de manchons au moyen du pétrole, n'ont pas donné de résultats suffisamment pratiques.

L'utilisation de l'alcool dans ce but ne paraît pas rationnelle, en raison de la faiblesse de son pouvoir calorifique par rapport à celui du pétrole ou du gaz d'éclairage. Un litre d'alcool dénaturé et un mètre cube de gaz, peuvent ournir la même quantité de chaleur (1); l'incandescence

(1) Th. Vautier. — Comptes rendus de la Société technique de l'Industrie du gaz en France, 1899.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par l'alcool à 0 fr. 60 coûtera donc en général de deux à trois fois plus cher que le gaz à 0 fr. 30 ou 0 fr. 20, sans parler de la complication et du prix élevé des appareils.

Aussi les partisans de l'alcool ont-ils essayé un retour aux flammes éclairantes, utilisant l'alcool carburé par de la benzine, ou hydrocarbures similaires, mélange dans lequel plonge une mèche portée par un bec analogue à celui des lampes ordinaires à pétrole. Si ce système devient pratique, je ne pense pas que nous ayons à l'envisager autrement que l'éclairage au pétrole, au point de vue de la concurrence; c'est plutôt l'industrie du pétrole qui serait atteinte, car on comprend tout l'intérêt que les pays producteurs d'alcool et importateurs de pétrole auraient à voir diminuer la consommation du pétrole au profit d'un produit national.

Je n'insisterai pas davantage sur ces divers systèmes dont M. A. Lecomte de Paris entretiendra prochainement le Congrès.

Les chefs d'industrie savent combien il leur importe d'avoir sous leurs ordres un personnel suffisamment sûr et instruit. Ce n'est pas tout que de trouver des perfectionnements techniques ou de bons procédés commerciaux, il faut en confier l'application à des ouvriers et employés capables d'en tirer parti et de leur faire produire leur plein effet. Les auxiliaires de cet ordre, devraient être plus nombreux dans notre industrie; même dans les pays qui ont le plus développé l'enseignement professionnel en général, on semble avoir un peu négligé, sauf pour le dessin et la comptabilité, d'établir des cours capables de préparer le personnel aux divers services de nos entreprises. Et cependant certaines industries ont obtenu par ce moyen des résultats très encourageants; pourquoi n'en serait-il pas de même de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nôtre? Comme un enseignement de cette nature ne peut avoir lieu que le soir, il est bien évident que les ouvriers qui le suivront sont ceux chez qui la volonté de s'instruire saura, deux ou trois fois par semaine, dominer la fatigue d'une journée de travail; il y en aurait plus qu'on ne le croit, si j'en juge par ce que je vois depuis longtemps à Lyon à la Société d'enseignement professionnel du Rhône où fonctionnent, avec un succès persistant, cent quarante cours du soir, parmi lesquels un certain nombre concernant les travaux manuels. Cette organisation est souvent citée parce qu'elle a été très remarquée par les étrangers ou les Français qui en ont étudié le fonctionnement.

Je ne veux pas dire que d'autres systèmes ne conduiraient pas au but dont je parle; mais ce que je crois surtout désirable, c'est qu'on se préoccupe davantage de l'atteindre.

A ce propos je signale à votre attention un rapport que M. Alfred E. Forstall a envoyé au Congrès, concernant l'Educational Fund créé sur l'initiative de M. Clark, par l'Association de l'American Gas Light. M. Clark, a voulu établir un système d'instruction complémentaire, pour les nombreux jeunes gens et hommes faits qui, sans avoir l'avantage d'une instruction avancée, s'efforcent, lorsqu'ils occupent des emplois subalternes dans nos usines, de se mettre en état d'occuper des postes où il y a plus de responsabilité. Et il a organisé ce que l'on peut appeler une *école par correspondance*, c'est-à-dire l'envoi d'un certain nombre de questions à traiter, à tous ceux qui se faisaient inscrire ainsi que les ouvrages à consulter pour les résoudre. Les devoirs étaient ensuite corrigés puis retournés aux élèves. Les résultats obtenus furent si encourageants que l'American Gas Light se décida à consacrer annuellement une somme de 20.000 francs au fonctionnement de cette école et à la rétribution d'une personne chargée de l'envoi et de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

correction des devoirs aux élèves dont le nombre s'est élevé jusqu'à une centaine.

Si une organisation de cette nature, qui a l'avantage d'atteindre des personnes disséminées dans différentes villes, a produit des résultats aussi satisfaisants, n'est-on pas fondé a en espérer de meilleurs encore, par la création de cours professionnels, où les élèves sont plus directement et plus fréquemment en contact avec le professeur?

Dans le même ordre d'idées nous avons à signaler The City and Guilde of London Institute, et l'école de plombiers que M. von Oechelhaeuser a fondée à Dessau et dont nous espérons qu'il aura l'obligeance de nous parler.

Dans un certain nombre d'usines à gaz on a cherché à intéresser les chauffeurs au travail des fours; aussi une enquête sur les divers moyens employés dans ce but était-elle particulièrement opportune, et je remercie M. Hedde d'avoir bien voulu la faire en vue du Congrès; je souhaite qu'elle provoque d'utiles communications sur ce sujet de la part de ceux de nos collègues qui s'en sont occupés.

Je n'entreprendrai pas de vous parler de ce qu'il y a à voir à l'Exposition universelle concernant notre industrie; je vous ai déjà signalé l'éclairage des parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro installé par la Compagnie Parisienne.

Nous avons organisé pour vendredi la visite de quelques parties intéressantes, mais il est toujours difficile de conduire une assemblée aussi considérable que la nôtre sur des espaces assez restreints; c'est pourquoi nous avons fait distribuer des plans qui indiquent un certain nombre d'expositions relatives au gaz et que vous pourrez voir individuellement à loisir, d'une manière plus utile que ne le serait une visite collective. Il y a, en outre, au Pavillon du Gaz un agent qui renseignera à cet égard toutes les personnes qui s'adresseront à lui.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le Pavillon du Gaz a été construit à l'aide de souscriptions faites par les diverses compagnies ou personnes se rattachant à notre Société technique, et par la Compagnie Parisienne : montrer les manières si variées et si nombreuses d'utiliser le gaz, réunir les meilleurs appareils des divers types, les installer dans des pièces appropriées à leur usage, soustraire ainsi le public à l'impression confuse que lui cause trop souvent la vue des étalages, disposer, par exemple, trois ou quatre types de salles à manger, de salles de bains, cuisines, etc., pour des loyers plus ou moins importants, de telle sorte que chacun se rende compte des avantages et de l'économie d'emploi du gaz, tel a été, dans ses grandes lignes, le programme tracé par le Comité de notre Société technique. C'est M. Eugène Lebon, le doyen de nos anciens présidents, qui a bien voulu se charger de l'exécuter, aussi lui laissons-nous le soin de vous en faire les honneurs.

Messieurs, je n'ai pas eu la possibilité, dans cette rapide causerie, de parler de toutes les choses intéressantes qui se sont produites dans notre industrie depuis l'Exposition universelle de 1889, ni de citer les noms de tous ceux qui ont eu des initiatives utiles.

Je n'ai pu qu'effleurer très imparfaitement les faits qui m'ont paru les plus saillants. Ils constituent, néanmoins, une brillante et riche moisson qui témoigne de la vitalité de notre industrie et de l'importance des travaux de ses représentants dans les diverses nations; ils nous permettent d'envisager l'avenir avec la confiance propre aux hommes qui ont vaillamment lutté, qui ont su défendre leurs positions, et qui marchent toujours en avant! (*Vifs applaudissements.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lecture des Communications. — Discussions.

M. LE PRÉSIDENT VAUTIER. — Messieurs, la parole est à M. le Docteur BUNTE, pour sa communication sur L'INCANDESCENCE PAR LE GAZ.

M. LE Dr BUNTE, de Carlsruhe. — Messieurs, je commence par remercier la Commission d'organisation d'avoir bien voulu me faire l'honneur de donner la première place à ma communication sur l'incandescence par le gaz, qui est une question très importante. Ceci dit en français, je demande la permission de lire ma communication dans ma langue ; cela vaudra mieux que de parler un mauvais français.

M. LE Dr H. BUNTE lit sa communication sur : L'incandescence par le gaz. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT. — Messieurs, je remercie en votre nom, M. le Dr BUNTE de la très intéressante communication qu'il vient de nous faire ; l'autorité qui s'attache à ses travaux nous rend sa collaboration particulièrement précieuse.

Je donne la parole à M. STŒCKLIN de Mulhouse, pour sa communication sur un PROJET DE CONDITIONS ET DE RÈGLES A SUIVRE DANS LA PHOTOMÉTRIE DES BECS A INCANDESCENCE.

MM. STŒCKLIN (lecture) : — « ..... »

M. L. STOECKLIN ajoute : — La Société anonyme alsacienne d'incandescence, au nom de laquelle j'ai l'avantage de prendre la parole, s'est occupée tout spécialement de la photométrie des manchons pour l'incandescence par le gaz, et elle a eu de nombreuses occasions de constater que les procédés actuels, trop peu réglementés et unifiés ne permettaient pas de comparer les résultats obtenus dans les différents laboratoires et étaient cause de nombreuses erreurs.

Notre installation est copiée sur celle du laboratoire officiel de Charlottenburg et nous y employons les mêmes appareils (Photomètre de Lummer-Brodhun).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Malgré l'identité des conditions d'opération, nous trouvons, pour des manchons photomètres dans les deux laboratoires, des différences se chiffrant par 10 0/0 et plus.

Je cite ce laboratoire officiel, qui, en Allemagne, est tenu pour la première autorité en matière de photométrie, mais je pourrais vous soumettre de nombreux exemples de mesures faites dans divers autres laboratoires, lesquelles, le plus souvent, ne concordent pas et varient, non pas d'une fraction de bougie, mais, comme je viens de vous le dire de 10 et même plus pour cent.

J'attribue cet état de choses à deux causes :

1° Au manque de prescriptions pour la mesure des manchons;

2° Au manque de précision des appareils en usage.

Il appartiendrait au Congrès de fixer ces prescriptions et au besoin de donner son avis sur les appareils de photométrie à employer.

Le bec sur lequel le manchon est mesuré n'est pas sans influence sur les résultats obtenus. Les modèles de bec varient d'un pays à l'autre. Certaines grandes Compagnies, comme les Compagnies Auer n'ont pas partout le même modèle. Le pouvoir calorifique qui dépend du mélange plus ou moins intime de l'air et du gaz et des proportions d'air et de gaz varie avec les différents types de becs. Nos essais nous ont montré des différences de rendement allant jusqu'à 10 0/0, le débit du gaz, la pression, le manchon étant les mêmes.

Les becs diffèrent par le diamètre de la tête, par l'ouverture de la couronne, par des mailles plus ou moins serrées de la toile métallique. Les uns sont munis de chicanes, d'autres n'en ont pas. Pour le mélange d'air et de gaz, les cheminées sont de hauteurs diverses, les admissions d'air plus ou moins grandes, le nombre de trous dans la douille à gaz varie de 1 à 5.

Il y aurait lieu d'établir un bec type pour photométrie.

Pour la hauteur du manchon, nous n'avons aucune indication, et il va de soi que le pouvoir éclairant du manchon est fonction de la surface incandescente.

Cette hauteur du manchon dépend cependant de la dépense horaire du gaz; c'est-à-dire qu'il existe des conditions pratiques dans lesquelles le manchon ayant une hauteur donnée, exige une quantité déterminée de gaz pour être incandescent sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toute sa surface. Cette hauteur devra donc être proportionnée à la dépense de gaz prescrite.

Nos expériences nous ont montré qu'avec l 110 à 115 de gaz sous 30 à 35$^{m}/^{m}$ de pression, une hauteur de 7^{cm} devait être considérée comme donnant le maximum d'éclairement. Ceci pour le bec dit bec n° 2.

Pour les essais de durée, nous avons constaté que les manchons perdaient plus de leur pouvoir éclairant avec les tiges centrales en fer qu'avec les tiges de magnésie. Cela tient certainement à une distillation sèche du fer qui se mélange aux sels d'incandescence. Nous tenons cette réaction pour excessivement pernicieuse.

La pression du gaz est encore un facteur d'importance capitale, et il est parfaitement établi que le pouvoir éclairant des manchons augmente avec la pression.

D'après de récentes recherches, cette augmentation doit être de 1 bougie par millimètre de pression sur bec n° 2.

Pour obtenir des résultats comparatifs entre laboratoires dont le plus grand nombre ne sont pas dotés des pressions moyennes de 40 à 50$^{m}/^{m}$, et qui ne disposent souvent que de 25 à 30$^{m}/^{m}$, il faudrait opérer à basse pression, ou imposer aux opérateurs des appareils de surpression pour exécuter leurs essais aux pressions prescrites.

La consommation horaire de gaz est un facteur qui varie suivant le modèle de bec. Nous connaissons ici le bec dit n° 1 construit pour une consommation de l 50 à 60, le n° 2 pour l 100 à 120, le n° 3 pour l 150 à 160 à basse pression. Le bec est donc défini par son débit et l'indication de basse ou haute pression. Le bec n° 2 de l 100 à 120 étant le plus répandu, il y aurait lieu de donner pour la construction du modèle de laboratoire des prescriptions exactes, qu'on pourrait étendre ensuite par analogie aux autres modèles.

L'intensité lumineuse d'un manchon dépend de la température des oxydes de terres rares en ignition et, par le fait, du pouvoir calorifique du mélange de gaz et d'air. Pour les mesures photométriques du gaz à flamme libre — de même que pour le pétrole, les essences etc., le contrôle du pouvoir calorifique est sans importance. Il n'en est pas de même pour les mesures photométriques de la lumière par incandescence où le pouvoir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

calorifique du gaz employé est un facteur très appréciable. Plus le gaz contiendra d'hydrogène ou de composés riches en hydrogène et plus il sera actif pour l'incandescence, tandis que pour la lumière à flamme libre il sera un gaz pauvre tant qu'il contiendra beaucoup d'hydrogène libre.

Toute prescription pour mesures photométriques devrait donc être accompagnée de certaines indications, plus ou moins précises, mais toujours comparables, d'une mesure de pouvoir calorifique afin de ne pas faire endosser au manchon des différences pouvant provenir de la qualité du combustible.

A cet effet nous disposons du calorimètre qui existe sous diverses formes plus ou moins pratiques. Nous nous sommes servi dans notre laboratoire d'un petit modèle servant à mesurer les températures sur les grilles des chaudières. Il consiste en un petit cylindre de platine que l'on met dans la flamme dont il prend la température et que l'on introduit dans un demi-litre d'eau. L'augmentation de la température de l'eau permet, au moyen d'un calcul simple d'exprimer en degrés la température de la flamme.

A côté des calorimètres, il existe d'autres appareils, basés sur des principes différents, qui nous permettraient de faire ces mesures (Le radiomètre, le bolomètre, etc.). Peut-être arriverait-on en pratique à plus de précision avec ces appareils qu'avec le calorimètre.

Quant au second point dont j'ai parlé, le manque de précision des appareils en usage pour photométrer, il est évidemment plus difficile à résoudre.

Les photomètres sont de constructions bien différentes qui peuvent se diviser en deux classes distinctes :

1° Le photomètre physiologique, qui n'est un appareil complet qu'avec l'œil de l'opérateur, et dont les résultats dépendent de l'appréciation individuelle. Tels sont les photomètres de Bouguer, le plus ancien, modifié par Foucault puis par Dumas et Regnault, de Rumfort, basé sur l'intensité des ombres d'une tige verticale, projetées sur un écran, de Bunsen, à tache d'huile, un des plus employés et ceux de Rüdorff, Hefner-Alteneck, Krüss qui sont des variantes de celui de Bunsen. De Lummer-Brodhun, à tache optique. De Mascart, de Dubosq, et de Wildt, à polarisation. De Wybauw et de Krüss, à compensation, et les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

photomètres basés sur la persistance des impressions lumineuses, de Wheatstone, etc., etc.

2° Les photomètres à lecture directe ou enregistrement automatique. Tels sont, le Radiomètre et les photomètres basés sur le principe du radiomètre comme les appareils de Seguy et Verschaffel, de Zœllner et de Nicholson. Les photomètres électriques comme celui de Siemens, basé sur la propriété du selenium, de devenir conducteur électrique sous l'influence des rayons lumineux et cela proportionnellement au carré des intensités lumineuses. Les photomètres chimiques, basés sur la décomposition de certaines substances, telle la balance photométrique de Lion (décomposition de l'iodure d'azote avec dégagement d'azote), etc.

On ne peut demander des prescriptions strictes au sujet du photomètre à utiliser, mais la question reste ouverte et devrait être étudiée au point de vue des mesures dont nous cherchons à établir la parfaite exactitude.

Pour conclure, nous émettons le vœu que le Congrès nomme une Commission internationale chargée d'établir, en tenant compte de tous les points que nous avons signalés, les règles précises de la photométrie du manchon à incandescence par le gaz et de créer ainsi une « Norme du Congrès » de telle sorte que tous résultats photométriques exprimés en « Norme du Congrès », seraient comparables à tous les points de vue.

M. LE PRÉSIDENT. — Je remercie M. STŒCKLIN de l'intéressante note qu'il vient de nous présenter.

Il n'y a pas lieu d'insister longuement, devant une assemblée comme celle-ci, sur l'importance de tout ce qui touche à l'éclairage par incandescence : l'adoption générale de règles précises et uniformes pour apprécier la valeur des becs et des manchons semble avoir actuellement une utilité d'autant plus grande que leur fabrication va tomber prochainement dans le domaine public. Aussi avons-nous soumis au Bureau du Congrès la proposition de nommer une Commission internationale pour l'étude de la photométrie des becs à incandescence conformément au vœu que nous émettions au début de cette séance. Le Bureau a estimé qn'il y avait lieu de vous inviter à voter la création de cette Commission, car il y a un véritable intérêt à ce qu'elle soit instituée par le Congrès lui-même. Il pourra ensuite examiner

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comment il conviendrait de la composer et de l'organiser et vous faire des propositions à ce sujet avant la clôture de nos séances. Il faudrait avant tout voter sur la question de principe, et je soumets à vos délibérations le texte suivant :

« Le Congrès international de l'Industrie du Gaz,

« Considérant qu'il est de l'intérêt général et commun des producteurs aussi bien que des consommateurs de gaz d'être exactement renseignés sur le pouvoir éclairant des becs employés pour l'éclairage à incandescence.

« Décide :

« Une Commission internationale sera nommée à l'effet de fixer les règles à suivre dans les observations photométriques des becs à incandescence par le gaz ;

« Le Bureau du Congrès est chargé de procéder à l'organisation de cette Commission internationale. »

Quelqu'un demande-t-il la parole sur cette question ?

M. Lecomte, de Paris.

La proposition de M. le Président de nommer une Commission internationale chargée de déterminer les règles à suivre pour la photométrie des corps incandescents, m'engage à faire part au Congrès des observations suivantes concernant le bec à utiliser.

C'est des becs utilisés que proviennent les différences de pouvoir éclairant citées par M. Stœcklin, pour des manchons incandescents de même fabrication.

En effet, dans un bec à incandescence, on peut considérer cinq parties :

L'éjecteur, le bunsen, le brûleur ou galerie, le verre, le manchon.

On considère que des éjecteurs sont semblables quand, vérifiés au compteur, ils débitent le même volume sous la même pression. C'est une très grave erreur. On doit compter aussi avec la forme de l'orifice, et ce facteur intervient dans une mesure telle, que deux éjecteurs de même débit sous la même pression peuvent donner une différence de 20 0/0 dans le pouvoir éclairant.

Le bunsen doit permettre à l'air de se bien mélanger au gaz en absorbant le plus faible travail possible, de telle sorte qu'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

puisse faire l'essai à m m 10 de pression, car à ces faibles pressions, la forme de l'orifice influe beaucoup moins.

La galerie ou brûleur ne devrait pas être à toile métallique dans la tête, mais devra être taillée mécaniquement. Le bec Lecomte nº 3. R. par exemple pourrait être employé pour cet usage.

Il ne faudrait pas employer de verres, leur influence faussant le résultat en augmentant ou diminuant la lumière.

Le manchon devra être défini par sa hauteur libre au-dessus du bec, sa forme, son poids sans collodion ; la dimension du trou de la tête, le mode d'attache et de suspension.

Il serait bon, avant chaque essai, de vérifier le pouvoir calorifique du gaz avec un appareil simple, basé sur le principe du calorimètre Junkers, par exemple, mais peu coûteux, gradué par comparaison et affecté d'un coefficient. Les résultats devraient toujours être ramenés à 0° et mm 760 de pression barométrique.

Le meilleur photomètre est le photomètre à visibilité pour lequel la teinte de la lumière n'a pas d'influence, comme le photomètre Bunsen avec écran spécial, les photomètres à action chimique ou mécanique répondant imparfaitement au but cherché qui est la recherche et la mesure d'une action physiologique.

Je termine en disant que les gaziers éminents qui font partie du Congrès faciliteraient beaucoup les travaux de la future Commission, en présentant immédiatement leurs observations.

M. LE PRÉSIDENT. — Quelqu'un demande-t-il la parole sur le principe de la nomination de la Commission internationale ?

Si personne ne demande la parole, je vais mettre aux voix le texte dont j'ai donné lecture.

Messieurs, il y a grand intérêt à ce que le vote de cette décision soit pris à l'unanimité, l'autorité de la Commission qui sera nommée n'en sera que plus grande. Je prierai tous ceux qui sont d'avis de voter le texte que je viens de lire, de vouloir bien lever la main. (Toute l'Assemblée.)

Il n'y a pas d'avis contraire ? (Personne.)

Le Congrès a pris cette décision à l'unanimité ; je dois l'en féliciter.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Je prie M. HELPS, Président de *l'Incorporated Institution of Gaz Engineers* de vouloir bien présider la suite de la séance.

M. HELPS, de Croydon, Président de « The Incorporated Institution of Gas Engineers », prend place au fauteuil de la présidence. (*Applaudissements.*)

M. C.-E. BRACKENBURY, de Londres, donne lecture de sa communication sur les LES FOURS A CORNUES INCLINÉES (lecture) : — « . . . . . » (*Applaudissements.*)

M. le président HELPS propose de joindre à la lecture de cette communication celle de M. Eichelbrenner avant de passer à la discussion.

En l'absence de M. Eichelbrenner, il est passé à la discussion de la communication de M. BRACKENBURY.

M. ANGEL, de Lyon. — Je demanderai si l'expérience a démontré que le rendement, la qualité et le pouvoir éclairant du gaz sont les mêmes avec les cornues inclinées qu'avec les cornues horizontales.

M. BRACKENBURY. — On obtient d'aussi bons résultats avec les cornues inclinées, comme je l'ai d'ailleurs fait remarquer dans ma communication.

M. le Président HELPS invite les membres du Congrès à formuler leurs observations, notamment sur les résultats obtenus dans les exploitations où l'on emploie des cornues inclinées.

M. V. KRAFFT, de Naples. — Nous pouvons tirer de cette communication des conclusions intéressantes en nous plaçant à un point de vue un peu différent de celui de l'auteur. Il dit qu'on a installé, en Angleterre, dans les dix dernières années près de m. 30.000 de cornues inclinées et que la dépense de premier établissement correspondante est de fr 17.000.000 environ. Si vous divisez ces chiffres l'un par l'autre, vous trouverez que le mètre courant de cornue a coûté fr 583. C'est évidemment une moyenne à laquelle chacun devra ajouter les dépenses supplémentaires qu'il pourra avoir à faire, soit pour transport, soit pour droits de douane des matériaux employés. Ceci posé, nous pouvons continuer le compte de la manière suivante. Un mètre de cornue en service fabrique au moins m c 70 de gaz en 24 heures, soit m c 25.000 de gaz dans l'année ; mais il ne peut être utilisé sans interruption, et je crois qu'il faudrait réduire le chiffre de m c 25.000 d'environ un tiers. Nous pouvons dire

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

alors que chaque mètre de cornue produira m c 16.000 de gaz par an. Le coût de premier établissement, 583 divisé par 16, ressort à fr 36 par m c 1.000 de gaz produit. D'un autre côté, M. BRACKENBURY estime de 60 à 75 0/0 l'économie sur la main-d'œuvre. Si je prends comme exemple une usine où l'on dépense fr 6,50 de main-d'œuvre par m c 1.000 de gaz avec les cornues horizontales, je trouve qu'avec les cornues inclinées, l'économie est de fr 4, qui représentent le revenu de fr. 36. C'est un revenu très convenable; on doit se servir des cornues inclinées pour l'obtenir.

J'ai encore une observation à présenter. Quand vous avez des cornues inclinées, il est pratique, comme le fait observer M. BRACKENBURY, d'avoir une batterie, par exemple, de 6 fours.

Pour ces batteries de 6 fours, vous pourrez employer, à l'étage supérieur, deux hommes, trois à l'étage intermédiaire, un pour le gazogène ; total : 6 hommes, indépendamment du personnel général des installations mécaniques. Si vous avez l'emploi des 6 fours, vous réalisez l'économie entière. Quand vous diminuez le nombre de vos fours, quand vous avez 5 fours, par exemple, l'économie subsiste, mais quand vous n'utiliserez que 3 fours, il pourra bien ne plus y avoir d'économie. Il conviendrait donc d'avoir des batteries de fours à cornues inclinées en nombre suffisant pour assurer la consommation moyenne et de pourvoir aux excédents au moyen de cornues horizontales dotées de moyens de chargements perfectionnés. (*Applaudissements.*)

M. A. COZE, de Reims. — Messieurs, il m'appartient moins qu'à tout autre de faire l'éloge des cornues inclinées; je demande seulement à compléter une estimation que vient de donner M. Krafft. Je connais une usine ayant des cornues inclinées de m 4,80 de longueur, des fours à 9 cornues, et produisant m c 4.000 de gaz par jour. On arrive si l'on fait le calcul, au chiffre de m c 32.000 de gaz par an, par mètre de cornue.

M. BERMEJO, de Malaga. — J'ai entendu les communications précédentes sur les cornues inclinées, et je crois intéressant, pour l'Assemblée, de savoir quels résultats on peut obtenir dans la fabrication du gaz par les cornues inclinées. Nous avons construit, à Malaga, 4 fours à 9 cornues inclinées. Il y en a deux qui fonctionnent depuis l'année dernière, un depuis 1895, l'autre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

depuis 1898. Ils se comportent très bien. Depuis cette époque, nous sommes très tranquilles au point de vue du personnel ; nous sommes arrivés à le conduire, — ce qui était assez difficile auparavant.

Au point de vue industriel, je trouve très avantageux l'emploi des cornues inclinées. Le rendement en gaz et sa qualité ne diffèrent en rien de ceux du gaz produit par les cornues horizontales. Quant à la facilité de chargement et de déchargement, elle est remarquable. Dans un pays où les hommes sont peu robustes, ils y trouvent des avantages considérables. Le four à cornues inclinées ayant m. 3,50 de long, produit, en 24 heures, m. c. 2.200, sans le forcer, en marche normale. Trois hommes, par four en 24 heures suffisent au travail complet de chargement, déchargement et conduite du four. Je crois, — je n'ai pas apporté les chiffres ici, — je crois que l'économie produite, aussi bien en combustible qu'en personnel, amortira très rapidement la différence du capital engagé.

M. Himing, de Londres. — Je dirai seulement deux mots. Il y a un autre avantage, que M. Brackenbury a oublié d'indiquer dans son mémoire : c'est que les cornues inclinées sont utiles, pour nous mettre à l'abri des grèves. Dans une de nos usines où nous les avons fait installer, ce sont les difficultés que donnaient les ouvriers, qui nous ont amenés à introduire ce nouveau système, et cela parce que les ouvriers nous débordaient ; nous ne pouvions plus leur tenir tête. Il y a trois ans, c'étaient les ouvriers qui étaient les maîtres dans nos usines. Je n'ai pas besoin d'insister sur le service que rendent les fours à cornues inclinées au point de vue de la conduite du personnel.

M. Weiss, de Zurich. — Je voudrais seulement faire remarquer qu'on peut construire avec des cornues inclinées, des batteries de 4 fours à 9 cornues de 3 à 4 mètres de longueur. Nous avons, à Winterthur, en Suisse, une usine à 2 batteries de 4 fours chacune. Les résultats obtenus ont montré que, pour des villes qui ont une consommation annuelle de 3 millions de mètres cubes, à peu près, il est ainsi possible de travailler à meilleur compte qu'avec des cornues horizontales. (*Applaudissements.*)

M. le Président Helps donne la parole à M. Brackenbury qui désire ajouter quelques mots à sa communication.

M. Brackenbury. — En réponse aux observations présentées

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à propos des cornues inclinées, je peux dire aussi que tous les chiffres de mon mémoire sont empruntés à des installations existantes, et dans le résumé que j'ai donné page 8 (*page 214 du volume*) sur l'économie faite par les deux systèmes des fours à cornues inclinées et des fours à cornues horizontales, je n'ai reproduit que des résultats consacrés par un grand nombre d'expériences. Il est plus avantageux d'avoir une batterie de 8 fours ou plus. Je pourrais citer, en Angleterre, une installation de 2 fours seulement, dont souvent un seul est en service : on y réalise par homme et par équipe de douze heures, la distillation de kg. 6.000 de charbon.

Je vous remercie, messieurs, pour l'attention bienveillante que vous avez prêtée à ma communication. (*Applaudissements.*)

M. Kohler, de Metz. — Nous avons installé, dans une usine produisant 1.500.000 mètres cubes par an, 3 fours à 9 cornues ; nous avons marché très bien avec eux, mais nous n'avons pas obtenu une grande économie pour la production. Nous avons travaillé à peu près comme avec les cornues horizontales, avec un rendement de 30 à 31 0/0. Nous avons eu une production, avec 9 cornues inclinées, en 24 heures, de 2.900 à 3.000 mètres cubes de gaz. La consommation de coke pour le chauffage a été aussi à peu près la même qu'avec les fours à cornues horizontales et les fours à gazogènes. Le travail, pour les ouvriers, a été plus agréable. Nous avons employé auparavant des fours à 7 et 8 cornues; nous avons été forcés de chercher des hommes très forts pour charger les cornues. Quand nous avons installé les fours avec cornues inclinées, notre personnel, après trois jours, était au courant, et je puis dire que nous avons fait une très bonne expérience dont nous sommes enchantés. (*Applaudissements.*)

M. le Président Helps donne la parole à M. Ramsdell, de Philadelphie, pour lire la communication de M. Alten S. Miller :

« De la mesure des hautes températures. »

M. le Président Helps insiste sur les services que peut rendre un pyromètre exact dans la fabrication du gaz à l'eau et demande si quelqu'un a des observations à présenter au sujet de la communication de M. A. S. Miller.

M. J. Leather, de Burnley. — Je ne crois pas que l'appareil imaginé et décrit par par M. A. S. Miller offre des garanties

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suffisantes d'exactitude : la graduation empirique sera toujours délicate et difficile. Je signalerai un autre pyromètre inventé par M. CALENDER et construit par la *Electrical Instrument Company* de Cambridge pour mesurer et enregistrer les températures jusqu'à 2.000° Fahrenheit.

Je ferai remarquer qu'il a été reconnu impossible de régler l'appareil d'une manière scientifique, c'est-à-dire par le calcul. Les variations de température et de composition de l'air, la forme même de l'orifice d'admission de l'air chaud sont des causes inévitables d'incertitude pour chaque appareil. Néanmoins l'instrument une fois réglé, continue à être exact. L'emploi d'un pyromètre ne supprime d'ailleurs pas la nécessité d'une surveillance constante et personnelle pendant les opérations.

M. GLASGOW, de Londres et New-York. — Monsieur le Président, M. Miller m'a chargé de transmettre à M. le Président du Congrès ses regrets sincères de ne pouvoir assister au Congrès. Je suis désolé de n'avoir pas la facilité d'exprimer mes idées en français, et je demande la permission de parler en anglais. (*Applaudissements.*)

Après avoir fait remarquer quelques erreurs de typographie, M. GLASGOW dit : Je ferai observer qu'un point intéressant, ressortant de la communication, consistait en ce que les pyromètres ne pouvaient pas être calibrés scientifiquement, c'est-à-dire par le calcul. Il serait avantageux de savoir pourquoi les formules usuelles, gouvernant l'écoulement des gaz par les orifices, sont inapplicables. Si les écarts sont uniquement imputables au changement dans la veine contractée en raison de la diminution de densité de l'air échauffé, ils pourraient être déterminés par le calcul, mais il est probable que le changement de superficie et de forme d'orifice à des températures différentes introduit dans chaque instrument des éléments d'incertitude. Toutefois pour les applications ordinaires industrielles, il suffit de savoir que cet instrument simple et ingénieux, quand une fois il a été réglé, restait constamment correct à toutes les températures utiles. On est parfois disposé à penser que l'emploi d'un pyromètre dans une chambre échauffée dispense de toute attention et de surveillance. Je n'ai jamais partagé cette façon de penser, vu qu'il est beaucoup plus difficile de maintenir une distribution convenable de chaleur dans toutes les parties

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'une chambre d'une grandeur considérable, que de maintenir à un point donné une température pratiquement constante. Je n'ai pas l'intention toutefois de diminuer les avantages de l'emploi d'un pyromètre mesurantet enregistrant avec précision de hautes températures.

M. LE PRÉSIDENT HELPS remercie les orateurs qui ont pris part à la discussion.

La séance est levée à onze heures trois quarts.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lundi 3 septembre (après-midi).

La séance est ouverte à deux heures un quart sous la PRÉSIDENCE DE M. TH. VAUTIER.

M. LE PRÉSIDENT. — Messieurs, j'ai un certain nombre de communications à vous faire.

La Compagnie Auer, 147, rue de Courcelles, invite les Membres du Congrès qui en manifesteraient le désir, à venir visiter ses ateliers, vendredi 7, à trois heures de l'après-midi. Je prie ceux d'entre vous qui comptent prendre part à cette visite de vouloir bien se faire inscrire.

La Compagnie Parisienne nous a avisés que les Membres du Congrès pourront visiter, les mercredi et jeudi, de 4 à 7 heures, les installations de cuisine au gaz des restaurants du Tour du Monde, au Champ-de-Mars, et du restaurant Viennois, à l'esplanade des Invalides.

Enfin, je vous signale, en dehors des installations portées sur le plan de l'Exposition qui vous a été remis, celle de la section belge, où sont exposés les brûleurs intensifs de la *Société d'éclairage et de chauffage intensifs de Bruxelles.*

Messieurs, la parole est à M. EUCHÈNE, pour sa communication :

« RÉACTIONS THERMIQUES DANS LA DISTILLATION DE LA HOUILLE. — DÉTERMINATION DES TEMPÉRATURES ÉLEVÉES. — DÉTAILS DES ESSAIS. »

M. EUCHÈNE, de Paris, analyse son mémoire et en expose les principales conclusions. (*Applaudissements.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. LE PRÉSIDENT. — Messieurs, je remercie en votre nom M. EUCHÈNE, du remarquable et important mémoire qu'il vient de résumer d'une manière si intéressante. En le lisant, vous apprécierez, je n'en doute pas, le travail considérable qu'il a exigé, les renseignements multiples qu'il renferme et qui seront précieux à beaucoup d'entre nous. (*Applaudissements.*)

Je prierai maintenant M. BEER, Président de la Société Technique d'Allemagne, de vouloir bien prendre la présidence de la séance.

M. BEER, Président de *Deutscher Verein von Gas-und Wasserfachmænnern*, prend place au fauteuil de la présidence. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT BEER. — Messieurs, personne ne demandant la parole sur la communication de M. EUCHÈNE, je prie M. SOSPISIO de vouloir bien donner lecture de sa communication :

« GAZ A L'EAU CARBURÉ. — SON EMPLOI DANS LES USINES A GAZ DE HOUILLE. »

Lecture.

M. LE PRÉSIDENT BEER. — Messieurs, au nom de l'Assemblée, j'adresse à M. SOSPISIO nos remerciements au sujet de son travail très intéressant.

Avant d'entrer dans la discussion, il convient d'entendre la communication de M. DICKE, sur le même sujet. Je prie M. DICKE de vouloir bien nous lire sa communication :

« NOTE SUR LE GAZ A L'EAU, SYSTÈME DELLWIK-FLEISCHER. »

M. H. DICKE, de Francfort-sur-le-Mein (lecture). (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT BEER. — Je prie M. DICKE de vouloir bien agréer notre reconnaissance pour sa communication.

Est-ce que quelqu'un demande la parole sur les communications de MM. DICKE et SOSPISIO?

M. P. BIGEARD d'Angers. — Messieurs, les communications intéressantes que nous venons d'entendre paraissent montrer que le gaz à l'eau s'est assez répandu en Allemagne. Je ne sais pas s'il en est de même dans les autres pays représentés au Congrès; mais, en France, la plupart des contrats d'éclairage stipulent que le gaz doit être extrait de la houille. Je crois qu'il serait intéressant de profiter de notre réunion pour émettre le vœu que les conditions qui nous sont imposées

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

soient au moins atténuées, et que nous puissions introduire la fabrication du gaz à l'eau, surtout dans la période que nous traversons, en raison des grandes difficultés que nous éprouvons à nous procurer des charbons.

M. LE PRÉSIDENT BEER. — Quelqu'un demande-t-il encore la parole?

M. VAUTIER. — Messieurs, vous savez combien cette question est actuelle. Il doit y avoir un certain nombre de personnes qui pourraient contribuer à la discussion, soit en demandant des explications, soit en donnant des renseignements.

M. GLASGOW (de Londres et New-York). — J'ai écouté avec grand plaisir les parties descriptives du mémoire de M. Sospisio, mais je regrette de ne pouvoir accepter quelques-uns des calculs avancés par lui. L'auteur fait une comparaison entre deux espèces différentes d'appareils, l'un ne produisant que du gaz à l'eau à flamme bleue, l'autre produisant du gaz à l'eau carburé par une opération unique. On découvre dans la question actuelle les deux sources d'erreur auxquelles sont sujettes toutes les comparaisons, d'abord les conditions sont dissemblables, ensuite les calculs mêmes sont erronés. La clé de mon argument, omettant toutes considérations intermédiaires, est dans l'examen de l'équation suivante que porte le mémoire et qui est supposée donner le rendement du générateur Dellwik-Fleischer :

$$\frac{2{,}48 \times 2{,}500}{7{,}000} = 88 \text{ pour cent.}$$

Les brochures Dellvik-Fleischer prétendent avoir produit à Kœnigsberg m c 2,48 de gaz par kilogramme de carbone, non par kilogramme de coke. D'après cette prétention, il résulterait que le rendement thermique du générateur serait :

$$\frac{2{,}48 \times 2{,}500}{8{,}100} = 76 \text{ pour cent.}$$

au lieu de 88 0/0 comme porte le mémoire. Ceci est pour un générateur simple ne faisant que du gaz à l'eau à flamme bleue, ce qui n'est qu'un pas fait dans la fabrication du gaz à l'eau carburé.

Au mois d'octobre 1890, j'avais présenté à *The American Gas*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Light association, un calcul entièrement détaillé déterminant le rendement thermique d'une installation de gaz à l'eau carburé, construite en 1888, il y a plus de douze ans. Ce rendement fut prouvé, dans l'opération commerciale, être de 81 0/0, chaque kilogramme de carbone produisit mc 2,65 de gaz à l'eau carburé ou mc 1,75 de gaz à l'eau, plus l'énergie employée dans la fabrication de mc 0,90 de gaz permanent provenant de l'huile. Je pourrais faire remarquer ici que, lorsque le pouvoir éclairant du gaz carburé était diminué, réduisant ainsi l'énergie requise pour la gazéification de l'huile, le rendement de gaz à l'eau devait être augmenté d'une façon correspondante, et que l'art de fabriquer du gaz à l'eau carburé consistait à maintenir ainsi le rendement, quelles que fussent les proportions relatives des gaz concourant à sa formation.

Comme les résultats que j'indique ne sont pas conformes à ceux énoncés dans le présent mémoire, il serait instructif de voir d'où viennent les principaux écarts. L'auteur a dit qu'il fallait kg 400 d'huile solaire pour m c 1.000 de gaz à l'eau d'un pouvoir éclairant de bd 16, et kg 40 de plus pour chaque bougie additionnelle jusqu'à bd 19, ce qui exigeait l'emploi de kg 520 d'huile solaire, par m c 1.000 de gaz d'un pouvoir éclairant de bd 19. Cette quantité serait équivalente à bd 5,16 par gallon anglais par 1.000 pieds cubes, et il faut noter que l'analyse indiquait que le gaz était libre d'acide carbonique. Or, il advint que les appareils de Rotterdam et d'Utrecht furent éprouvés par les Municipalités respectives de ces deux villes quand il fut fabriqué du gaz de ce pouvoir éclairant. La moyenne de leurs épreuves officielles, d'où dépendait l'acceptation des appareils, excéda bd 8, par gallon anglais, par 1.000 pieds cubes, résultat qui est de 55 0/0 plus élevé que celui porté au mémoire. Je suis maintenant en possession des rendements de l'huile obtenus dans vingt-deux installations existantes dans lesquelles le minimum était de 40 0/0 et la moyenne de 47 0/0 au-dessus du chiffre marqué par l'auteur. En outre, le mémoire ne distingue pas entre les bougies normales allemandes et les bougies anglaises, mais tous les résultats touchant le gaz à l'eau carburé publiés jusqu'ici ont été exprimés en bougies anglaises, qui sont de 20 0/0 supérieures à la bougie allemande Hefner, employée par Dellwik-Fleischer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Relativement à la consommation du combustible, le mémoire donne kg 1.000 de coke comme quantité nécessaire pour la production de m c 1.000 de gaz, ce qui équivaut à 62,3 livres par mille pieds cubes. J'ai les comptes rendus d'une demi-douzaine d'installations où le coke brut pour les générateurs et les chaudières donne une moyenne de 37,8 livres par mille pieds cubes, et quand une portion du goudron produit est brûlée sous les chaudières, ce chiffre est réduit à 33,4 livres par mille pieds cubes. Le montant total indiqué dans le mémoire est donc de 65 0/0 plus élevé que celui qu'on obtient fréquemment dans l'opération faite avec soin. Abstraction faite des chaudières, j'ai trouvé que le chiffre indiqué par l'auteur, par rapport à la consommation dans le générateur seul, était de 54 0/0 plus élevé que la consommation moyenne des douze villes sur la liste en ma possession. J'éviterai toute allusion directe à l'annonce faite par M. Dicke en déclarant qu'une discussion sur les avantages relatifs de ces procédés a déjà eu lieu entre M. Dicke et M. Gerdes, ingénieur en chef de MM. Julius Pintsch de Berlin. Cette discussion a été imprimée, elle n'est pas favorable aux prétentions du premier de ces messieurs.

M. Le docteur Leybold (de Hambourg), traduit à mesure par M. Bouvier, à propos du système de gaz à l'eau carburé à l'huile de MM. Humphreys et Glasgow, tient à dire qu'il est absolument satisfait de l'installation qu'il a fait faire par cette maison pour l'usine de Hambourg, pour mc 50.000 par 24 heures. Les garanties données ont été absolument réalisées; l'appareil fournit du goudron en abondance et d'une bonne vente. M. Leybold avait étudié auparavant les divers systèmes en présence; il s'était rendu à Warstein avec M. Dicke, puis en Angleterre et en Belgique.

Le mélange avec le gaz de houille ordinaire, dans la proportion de 20 0/0 de gaz à l'eau, 80 0/0 de gaz, brûle au papillon comme le gaz ordinaire, et mieux que le gaz au bec Auer.

Par contre, le gaz à l'eau carburé, seul, étant plus lourd que le gaz de houille, nécessite un réglage spécial des brûleurs pour les mesures photométriques, au lieu de l'Argand, système Uster, employé à Hambourg. Il faut absolument un brûleur approprié. (*Applaudissements.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. DICKE. — (En réponse aux observations qui sont faites par M. GLASGOW.)

Je regrette infiniment, vu le temps restreint des Membres du Congrès, de ne pouvoir m'occuper en détail des paroles intéressantes prononcées par M. Glasgow.

Permettez-moi seulement d'attirer votre attention sur quelques erreurs principales de M. Glasgow. En vantant les avantages de son système, il oublie que le système Humphreys et Glasgow demande la carburation par l'huile coûteuse, tandis que le système Dellwik-Fleischer permet la carburation par le benzol qui est beaucoup meilleur marché. De même en comparant la consommation de charbon et d'huile, le système Humphreys et Glasgow est beaucoup inférieur au système Dellwik-Fleischer.

J'ai devant moi quelques attestations sur le rendement du système Dellwik-Fleischer, elles émanent :

1° De M. Ernest Kobbert, ingénieur du gaz municipal de Kœnisgberg, certifiant la production de m c 2,4 à m c 2,48 par 1 kil. de carbone non compris la mise en feu ;

2° De M. Grob, administrateur de l'usine municipale d'Iserlohn certifiant que l'essai de garantie, fait sous le contrôle de l'usine à gaz, a donné un rendement en gaz de m c 2,6 par un kil. de carbone;

3° De M. Agle, inspecteur de la Actien-gesellschaft für gas-wasser-und electricitætsanlagen, certifiant que, pendant un essai d'épreuve fait à l'usine à gaz d'Osterfeld, on a constaté un rendement de m c 2,62 par kil. de coke.

Ces résultats parlent une langue assez claire. Si l'on prend comme base de calcul les chiffres des dernières publications de MM. Humphreys et Glasgow, qui diffèrent de beaucoup de leurs communications précédentes, et dont il m'est impossible d'examiner l'exactitude, on trouve que :

100 bougies de Humphreys et Glasgow coûtent... 0,433 pence par contre 100 bougies de Dellwik-Fleischer coûtent :

a) quand la carburation se fait par l'huile..... 0,421 pence
b) — — — le benzol .. 0,395 —

Supposez une production annuelle de 875.000.000 pieds cubes, c'est-à-dire la consommation d'une ville de grandeur moyenne,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

il en résulte alors sur le système Humphreys et Glasgow une économie :

a) De £ 1400 = f. 35.000 par le système Dellwik-Fleischer, carburation par l'huile;

b) De £ 4400 = f, 110.000 par le système Delwik-Fleischer, carburation par le benzol.

Je crois pouvoir me borner à ces quelques chiffres sans parler des autres avantages de la carburation par le benzol.

M. Mallet, de Paris. — M. Sospisio pourrait-il nous donner quelques renseignements sur le séparateur exhausteur de Mazza, qu'il a indiqué comme étant susceptible de séparer l'oxyde de carbone de l'hydrogène.

M. Vautier. — Quand M. Sospisio sera là, nous pourrons lui poser la question. Il est absent en ce moment. (Voir la communication de M. Sospisio, page 423.)

Messieurs, je voudrais faire quelques observations au sujet du gaz à l'eau.

M. Sospisio, dans sa très intéressante communication, a émis un vœu auquel je suis loin de m'associer, pour ma part. Il consiste à demander aux gouvernements un abaissement sur les droits du pétrole.

Ces droits ont déjà été abaissés dans des proportions considérables en France, il y a quelques années; les diminuer encore, ce serait favoriser d'une manière vraiment excessive et peu équitable l'industrie du pétrole qui fait déjà une si forte concurrence aux autres industries de l'éclairage. Je crois que le préjudice que nous causerait l'adoption d'une pareille mesure n'est pas à mettre en balance avec l'économie qui en résulterait pour la carburation du gaz à l'eau, produit qui n'est d'ailleurs employé qu'exceptionnellement dans notre industrie.

Je ne sais pas si les gaziers se font toujours une idée précise du prétendu bon marché du gaz à l'eau. On fabrique du gaz à l'eau dans une usine; on estime ce qu'on brûle de coke, ce qu'on a de main-d'œuvre et l'on dit : « Le gaz à l'eau revient à tant » cela ne donne pas une idée exacte de ce que serait le prix du gaz à l'eau s'il venait à être substitué au gaz ordinaire. Pour arriver, dans cette hypothèse, à un prix de revient industriel, il faut faire intervenir un très grand nombre d'éléments généralement négligés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A cet égard, M. SCHAEFER a fait un travail intéressant, dont je demanderai l'insertion dans le compte rendu du Congrès (1).

Je note, en particulier, que le gaz à l'eau contenant 2.000 calories au plus, tandis que le gaz ordinaire en possède 5.500, l'usine devrait fournir un volume double de gaz à l'eau, ce qui entraînerait dans un très grand nombre de cas une réfection très importante de la canalisation, un remaniement complet de la plomberie et des appareils de consommation chez la clientèle.

Permettez-moi de vous signaler encore une autre face de la question, en me plaçant toujours dans l'hypothèse où le gaz à l'eau viendrait à être substitué au gaz ordinaire ; dans ce cas, où les usines prendraient-elles le coke nécessaire à la fabrication du gaz à l'eau ? La production du coke des usines à gaz ordinaire étant supprimée, il ne paraît pas douteux qu'il survienne une hausse considérable de cette matière, et le gaz à l'eau la supportera complètement, tandis que le gaz ordinaire aurait trouvé dans les sous-produits une compensation d'une certaine importance à l'élévation du prix des charbons. Pour avoir le coke à meilleur compte, les usines de gaz à l'eau construiront-elles des fours à coke ? Mais, dans ce cas, serait-il économique de changer de système et ne vaudrait-il pas mieux au contraire conserver la fabrication du gaz ordinaire et lui adjoindre un appareil de gaz à l'eau à titre auxiliaire, comme on le fait déjà dans certaines usines ? Pour ma part, je suis persuadé que la substitution du gaz à l'eau au gaz ordinaire ne se traduirait pas par une économie.

M. SALOMONS. — Il me semble qu'il n'est pas question de remplacer le gaz ordinaire entièrement par le gaz à l'eau ; personne ne le propose, à part quelques enthousiastes. Mais le but, dans les grandes villes et les grandes usines, c'est simplement de remplacer le gaz venant du charbon par le gaz à l'eau, à un moment donné, c'est d'avoir un moyen économique et facile, en cas de grève ou de manque de charbon, de pouvoir remplir les conditions de son contrat. Je crois que M. VAUTIER a posé un problème qui n'est pas très pratique. Il demande que fera le gaz à l'eau si les usines à gaz ne produisaient plus de coke. Ce n'est

(1) Voir aux annexes, page 1052.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas la question puisqu'il est toujours question de produire du gaz, d'abord avec la houille et, ensuite avec le coke.

M. Vautier a demandé où le gaz à l'eau trouverait sa compensation, si le prix du coke doublait.— Je réponds : dans le doublement, probablement, du prix du charbon. — Du moment que le coke doublera de prix, le charbon doublera aussi. L'augmentation du prix du mètre cube de gaz à l'eau sera moindre que celle du mètre cube de gaz de houille, quand le coke et le charbon augmenteront de prix, et nous ne pouvons pas imaginer que le coke doublera sans que le prix du charbon double en même temps.

M. VAUTIER. — L'affirmation qui vient d'être exprimée me paraît trop absolue; la corrélation que nous connaissons tous entre le prix du coke et celui du charbon dépend, dans une très large mesure, d'une situation industrielle déterminée dans son ensemble ; s'il survenait une perturbation aussi considérable que celle qui résulterait du déficit de la production du coke de toutes les usines à gaz ordinaire du monde et de la consommation nouvelle du coke nécessaire pour fabriquer deux fois plus de gaz à l'eau que de gaz ordinaire, rien ne prouve que le prix du coke et celui du charbon se maintiendraient dans le rapport correspondant à la situation actuelle.

Toutefois, je suis heureux d'être d'accord avec un ingénieur aussi expérimenté que M. Salomons sur ce point : que le gaz à l'eau doit rester un auxiliaire des usines à gaz. Les municipalités prévoyantes auraient presque le devoir d'imposer aux Compagnies de gaz, dans une certaine mesure, des appareils capables de produire le gaz à l'eau, notamment pour franchir les périodes de grèves et assurer, dans ce cas-là, l'éclairage public.

M. LE PRÉSIDENT BEER. — La parole est donnée à M. le Dr LEYBOLD dont M. BOUVIER veut bien traduire au fur et à mesure les déclarations faites en allemand.

M. LEYBOLD (traduit au fur et à mesure par M. BOUVIER) :

Lorsqu'on veut organiser une installation de gaz à l'eau complètement distincte de celle du gaz de houille, séparée de l'usine à gaz, deux méthodes se présentent : la première méthode consiste à fabriquer le gaz à l'eau brut et à le mélanger dans toute la fabrication avec le gaz d'éclairage ; la seconde consiste à fabriquer les deux gaz séparément, le gaz ordinaire et le gaz à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'eau carburé, et à les mélanger ensuite. La première méthode des gaz mélangés a été mise en pratique à Brême, où elle a bien réussi. L'expérience a prouvé que, dans une usine importante, de 50.000 mètres cubes par jour, par exemple, il vaut mieux produire les deux gaz séparément. L'avantage de la méthode des gaz séparés, c'est qu'on peut déterminer et mesurer exactement le pouvoir éclairant du gaz à l'eau carburé. Dans une usine à gaz, la main-d'œuvre se réduit à peu de chose. Il n'y a que six ouvriers dans l'usine de Hambourg, où l'on produit 25.000 mètres cubes pendant la journée, en suspendant la fabrication du gaz à l'eau carburé pendant la nuit. Le mélange des deux gaz a bien réussi. La combustion est bonne dans le bec papillon comme dans le bec Auer; mais, dans le bec à incandescence, le gaz mélangé est un peu supérieur au gaz ordinaire. Le prix de revient du gaz à l'eau dépend du prix auquel on évalue le coke, et, en général, on l'évalue au même prix qu'on le compte au chauffage des fours. Le gros facteur du prix de revient est l'huile, qu'il est important d'employer économiquement. En Allemagne, on est obligé d'employer des huiles allemandes, des huiles de schiste. Un mouvement se produit en Allemagne pour chercher à obtenir une diminution des droits de douane sur les huiles étrangères, car les droits sont défavorables à l'industrie allemande, dans l'état actuel, alors qu'en Russie, en Autriche, en Belgique et en Suisse, le taux beaucoup plus bas de ces droits rend plus facile la carburation au moyen des huiles. Grâce aux tarifs de pénétration, ou plutôt, de transit, l'huile de Galicie traverse l'Allemagne pour aller dans les autres pays, à bon marché, tandis qu'en Allemagne, on se plaint de ne pouvoir l'arrêter au passage. L'année dernière, le prix de revient a été sensiblement le même pour le gaz à l'eau carburé que pour le gaz ordinaire ; mais, avec des prix normaux de charbon, le gaz de houille serait, au contraire, moins cher, malgré une petite augmentation dans le prix de revient, que le gaz à l'eau carburé. Toutefois ce dernier présente des avantages tels, que je suis d'avis de l'employer tout de même. Pour éviter un excès d'oxyde de carbone, on s'est limité à la proportion de 20 0/0 de gaz à l'eau carburé dans le mélange total.

Tous les membres du Congrès sont invités cordialement à visiter l'installation de Hambourg. (*Applaudissements.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. LE PRÉSIDENT BEER. — Personne ne demande plus la parole?

M. LAURIOL, de Paris. — Je voudrais demander un renseignement : savoir si, à Hambourg, le gaz à l'eau, est employé simplement comme appoint pour aider la fabrication du gaz, ou bien pour renforcer le pouvoir éclairant. Vous avez du gaz suffisamment éclairant?

M. LE Dr LEYBOLD répond que le gaz de houille est suffisamment éclairant par lui-même et que l'installation de gaz à l'eau carburé sert comme régulateur de fabrication pour parer aux variations subites de la consommation du gaz.

M. LE PRÉSIDENT BEER. — Personne ne demande plus la parole? Après ces observations intéressantes, nous pouvons clore la discussion.

Je prie M. BUEB de prendre la parole, pour sa communication :

« MOYENS A EMPLOYER POUR PARER AUX OBSTRUCTIONS DUES A LA NAPHTALINE. »

M. le Dr BUEB, de Dessau (lecture) «.....» (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT BEER. — Je prie M. BUEB de nous donner maintenant sa communication.

« PRODUCTION ET FABRICATION DES CYANURES DANS UNE USINE A GAZ. »

M. le Dr BUEB (lecture) «.....» (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT BEER. — J'ai à exprimer notre reconnaissance à M. BUEB pour ses communications très intéressantes.

Est-ce que quelqu'un demande la parole?

M. MALLET, de Paris. — Monsieur le Président, voudriez-vous demander à M. BUEB dans quel état se trouve la dissolution de sulfate d'ammoniaque qui provient du pressage des boues.

Il nous a produit tous les échantillons, sauf ceux de la dissolution du sel, qui en provient. N'est-il pas à craindre que ce qui prend naissance dans un liquide sale et impur, ne soit lui-même sale et impur, et par conséquent, un peu déprécié au point de vue de la vente?

M. BUEB. — Je répondrai à M. MALLET que la solution de sulfate d'ammoniaque qui est contenue dans le bouilleur, après l'ébullition, est absolument pure et donne un sel propre pour la vente.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. LE PRÉSIDENT BEER. — Je prierai M. le Dr SMITS de faire sa communication :

« DE L'ABSORPTION DE L'ACIDE CYANHYDRIQUE DU GAZ D'ÉCLAIRAGE COMME INTRODUCTION A LA QUESTION DE SAVOIR QUELS PROGRÈS ONT ÉTÉ RÉALISÉS DANS LA FABRICATION DU GAZ SOUS LE RAPPORT DE LA PRODUCTION DU PRUSSIATE JAUNE DE POTASSE PAR VOIE LIQUIDE ».

M. SALOMONS. — M. le Dr SMITS n'est pas ici.

M. Von OECHELHAEUSER. — Je voudrais appeler votre attention sur les deux procédés décrits par M. le Dr BUEB. C'est depuis longtemps que nous avons dirigé notre attention sur ces deux ennemis : la naphtaline et le cyanogène. Vous vous rappelez tous combien on a fait de travaux de tous les côtés, et surtout en Allemagne, en ce qui concerne la naphtaline; il n'y avait pas beaucoup d'Assemblées sans qu'on y rappelât quelque moyen de combattre la naphtaline. Nous avons aussi à Dessau essayé de tout. Je voulais seulement mentionner, pour l'histoire de ces essais, que nous avons aussi essayé d'éloigner la naphtaline par le refroidissement, avant le gazomètre. Puis, nous avons été en communication avec le professeur ERDMANN, de l'Université de Halle-a-S., cité par M. le Dr BUEB, dans son mémoire, et ce procédé tendit à éloigner la naphtaline par l'application de l'acide picrique. Mais, le procédé, qui avait un succès au point de vue technique, était un fiasco au point de vue économique. Ç'a été par le concours de M. BUEB que nous avons réussi à éloigner la naphtaline. Et c'est vraiment très agréable pour nous autres, gaziers, que ces deux procédés se peuvent faire si facilement dans un seul appareil, le laveur Standard, qui nous est familier depuis si longtemps. Il y a à peu près 23 ans que j'ai vu pour la première fois cet appareil excellent installé chez mes amis anglais, et nous l'avons introduit immédiatement en Allemagne, seulement pour l'enlèvement de l'ammoniaque. Nous le retrouvons maintenant pour l'extraction du cyanogène et de la naphtaline, mais il faut ajouter qu'il y aura différentes autres dispositions aussi pratiques, et nous en avons déjà en Allemagne, les anciens appareils.

Maintenant, pour le cyanogène, nous étions forcés de nous en occuper, parce que nous avions observé que nos gazomètres et nos compteurs étaient attaqués, et nous ne savions pas d'abord

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la raison et la cause, surtout dans le grand gazomètre de notre usine de Varsovie. Nous observions avec chagrin que les tôles de nos gazomètres étaient corrodées d'une manière inquiétante. Maintenant aussi, cet ennemi est vaincu, et nous espérons que nous en aurons des avantages aussi grands que par l'enlèvement de la naphtaline. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT BEER. — Est-ce que quelqu'un demande la parole ?

M. SALOMONS. — Je regrette beaucoup d'apprendre que M. le Dr A. SMITS n'est pas présent aujourd'hui pour lire son intéressante communication vu qu'elle a son origine dans les installations que j'ai faites en 1894-95 pour l'absorption, par la voie humide, des cyanures du gaz. J'ai commencé à faire des expériences en 1893 et 1894 et nos appareils ont fonctionné l'année suivante et ont continué à travailler depuis d'une manière satisfaisante et profitable. Depuis beaucoup plus longtemps encore à Glasgow, avec une production annuelle de peut-être 35 millions de mètres cubes, le gaz a été traité pour l'absorption de l'acide cyanhydrique par la voie humide. Je me permets de mentionner ce qui précède parce que M. le Dr BUEB prétend dans sa communication qu'« en quelques établissements en Angleterre la méthode donne « lieu à une application pratique, cependant les résultats éco- « nomiques ne furent pas de nature à en permettre l'extension. »

Outre les usines de Glasgow et d'Amsterdam (dans la dernière environ 13 millions de mètres cubes furent traités annuellement), la grande usine de Beckton traite sa production avec du sulfate de fer pour l'absorption de l'acide cyanhydrique. Ce traitement se faisant avant les laveurs et scrubbers, donc après les condensateurs, il me semble que ce procédé a beaucoup d'analogie avec celui du Dr BUEB. Nous avons eu assez de difficultés au commencement de notre fabrication ; il a fallu tout apprendre, pas seulement pour ce qui concerne l'absorption de l'acide cyanhydrique mais aussi pour la fabrication et bonne cristallisation du prussiate jaune de potasse, mais une fois l'expérience acquise, le procédé que nous avons employé est très praticable dans toute usine d'une certaine importance qui est à même de disposer des services d'un chimiste spécial.

J'ai parlé du système employé à l'usine de Beckton et je dois remarquer que cette usine a toujours tenu secrète sa manière de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

travailler et n'a pas pris de brevet, croyant probablement que si son procédé devait être employé par tout le monde, il en résulterait un surplus de production et aussi un grand abaissement de prix et que l'industrie ne deviendrait plus rémunératrice ; j'avouerai avoir été un peu de cet avis et après avoir été le premier à introduire d'une manière pratique sur le continent, l'absorption de l'acide cyanhydrique par la voie humide, je n'ai trouvé aucun intérêt à donner de la publicité à ma manière de travailler.

M. le Dr Bueb recommande l'emploi d'un laveur Standard. Nous avons employé l'appareil de Holmès que je crois préférable au Standard ; dans le laveur Holmès des herses sont attachées aux diaphragmes, ce qui a l'avantage de bien remuer le liquide dans le laveur et aussi d'y tenir le fer bien en suspension, le gaz devant passer à travers les poils des brosses est forcé de se bien diviser.

M. le Dr Bueb. — En Angleterre, comme M. Salomons l'a dit, on a deux procédés pour extraire les cyanures. En pratique, c'est le procédé Foulis qu'on emploie, et l'ammoniaque n'intervient pas pour extraire le cyanure ; dans un rapport de M. Foulis, il a été déclaré qu'il était absolument nécessaire d'éliminer l'ammoniaque avant l'application du procédé.

Quant au procédé de Beckton, on ne le connaît pas, jusqu'ici.

Le *Journal of Gas Lighting*, après le rapport que j'ai publié sur mon procédé au congrès des gaziers d'Allemagne, à Cassel, en 1899, a déclaré qu'il était identique à celui de Rowland. J'ai répondu qu'il était autre que celui de Rowland et alors, il a été dit, dans le même journal anglais, que le procédé de Beckton est le même que le mien, mais qu'il a été tenu secret jusqu'ici. Du moment où j'ai fait connaître la manière d'opérer, il n'est plus nécessaire de garder le secret. Dans une nouvelle note parue dans le journal du Gas lighting j'ai donné la preuve que le procédé « Secret » de Beckton était différent du mien.

M. Leather, de Burnley : j'ai fait des expériences dans mon usine d'après les principes indiqués par M. le Dr Bueb et je suis arrivé au même résultat. Il n'y a donc plus à craindre pour l'avenir, en suivant les indications de M. le Dr Bueb, les engorgements de conduites par la naphtaline.

M. Foulis (de Glasgow) dit qu'il y avait en Angleterre deux méthodes basées sur l'emploi d'une solution alcaline (potasse ou soude) et sur l'emploi d'une solution de sulfate de fer

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(Beckton), introduites dans les scrubbers d'ammoniaque. Dans les deux cas, on obtient une matière brute qui est vendue à des fabricants de produits chimiques pour être finie. Il ajoute qu'il n'avait pas la moindre difficulté à éliminer tout le cyanogène : en moyenne, il arrivait au chiffre de 4 livres (1.8 kilos) par tonne de charbon. Il a trouvé que plus la température de distillation est élevée, plus grande est la quantité de cyanogène recueillie.

M. Von Oechelhaeuser. — Messieurs, je crois qu'on n'a pas compris très bien ce que M. Bueb a voulu dire, avec son traité. Il n'a jamais prétendu être le premier qui ait retiré le cyanogène du gaz, et s'il a été un peu bref dans l'introduction de ce qu'il a dit, je crois que c'est venu seulement de ce que, dans les journaux et surtout dans les journaux anglais, M. Bueb a déjà traité ces questions, au point de vue chimique et qu'il y a déja eu une discussion détaillée sur les anciens procédés de l'extraction du cyanogène. Et nous autres aussi, en Allemagne, nous avons un chimiste, M. Knublauch, qui s'en est occupé depuis vingt ans. Il y a des maisons très puissantes, en Allemagne, en Silésie et aussi à Cologne, qui ont employé quelque temps le procédé Knublauch sans résultat économique, de sorte que nous avons trouvé tout naturellement ces anciens brevets et tous ces travaux des dernières années sur notre route, quand M. Bueb et notre Compagnie ont pris le brevet, de sorte que je souhaiterais beaucoup que le docteur Bueb eût rendu hommage à tous les auteurs d'autres procédés plus largement qu'il ne l'a fait à cause des longues discussions qui ont eu lieu à ce propos dans les journaux. Maintenant, nous avons expérimenté tous ces procédés, allemands et anglais, tant qu'ils n'étaient pas secrets, comme à Beckton, et nous avons trouvé que pour nous autres, Allemands, ils ne pouvaient pas donner les mêmes résultats économiques auxquels nous sommes arrivés tout d'un coup, lorsque nous avons mis les points sur les *i*. L'extraction du cyanogène du gaz à l'aide de l'ammoniaque, et non pas après avoir enlevé l'ammoniaque du gaz, c'était le point principal pour nous, et cette seule différence, qui semble être petite, mais qui est essentielle, a créé ce mouvement où tout le monde trouve, tout d'un coup, qu'on peut extraire très facilement le cyanogène. Pourquoi l'extraction du cyanogène n'est-elle pas répandue depuis longtemps partout, si les autres

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

procédés ont vraiment de grands avantages? De sorte que nous ne prétendons pas à la priorité d'avoir pris les premiers le cyanogène du gaz, mais nous espérons avoir créé une méthode qui permet de le recueillir très facilement et économiquement dans la plupart des usines.

Cette remarque est pour qu'on ne nous suppose pas des prétentions qui sont très loin de nous. (*Applaudissements.*)

M. Salomons. — M. von Oechelhaeuser a dit que les autres procédés connus, les procédés allemands entre autres, n'avaient pas été appliqués en Allemagne. Est-ce qu'il n'y a pas une raison spéciale pour cela? Est-ce que les associés du Syndicat des fabricants de cyanure de potassium n'ont pas fait un accord avec M. le docteur Knublauch, à condition qu'il ne mettrait son brevet à la disposition de qui que ce soit; s'il en est ainsi, je me permets de penser qu'il y a quelque chose de bon dans une loi anglaise très récente, aux termes de laquelle si l'on prend un brevet, on n'a pas le droit de garder ce brevet pour soi ; on est forcé de le mettre, dans des conditions données, à la disposition de l'industrie. Ç'a été fait pour empêcher, par exemple, qu'un Anglais qui prendrait un brevet à l'étranger et qui reproduirait son brevet étranger en Angleterre, puisse empêcher la fabrication au moyen de son brevet. Maintenant, il y a une loi permettant de demander aux Tribunaux l'autorisation d'employer un brevet quelconque.

M. Von Oechelhaeuser. — M. le Dr Bueb a constaté que le procédé Knublauch était déjà complètement abandonné dans la pratique allemande, comme n'étant pas économique, avant que le Syndicat ne fasse un accord avec le Dr Knublauch pour s'assurer de son appui dans le développement futur de la nouvelle méthode de Dessau.

M. le Président Beer. — L'ordre du jour de la séance étant épuisé, nous terminons les travaux du premier jour du Congrès international.

Je vous prie de vous réunir demain matin, à neuf heures précises.

La séance est levée à cinq heures trois quarts.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mardi 4 septembre (matin).

La séance est ouverte à neuf heures et demie.

M. VAUTIER. — Je prierai M. PATERSON, Président du Gas Institute, de vouloir bien présider la séance.

M. PATERSON, Président de « Incorporated Gas Institute » prend place au fauteuil de la présidence (*Applaudissements.*)

M. KRAFFT à la parole pour la lecture de la communication de M. Marshall sur la « MANUTENTION MÉCANIQUE DU CHARBON » (lecture) «.....» (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT PATERSON.— Quoique je n'aie pas pu suivre la communication en français, les diagrammes sont si clairs que tout le monde peut se rendre compte du beau travail que M. Marshall a exécuté pour la manutention du charbon et du coke dans son usine en diminuant la main-d'œuvre. — D'après un vieux dicton anglais, on gagne ou on perd ses bénéfices dans la salle des fours, — et cette vérité est particulièrement évidente lorsqu'il s'agit d'une fabrication aussi importante que celle de l'usine de M. Marshall; j'espère que la discussion sera des plus complètes, car la communication présente le plus haut intérêt. Je serai heureux de voir la discussion s'ouvrir à ce sujet.

La parole est à M. Louvel, pour sa communication :

« MANUTENTION MÉCANIQUE DU COKE DANS LES USINES DE LA COMPAGNIE PARISIENNE DU GAZ. »

M. LOUVEL (lecture) «.....» (*Applaudissements.*)

Je suis heureux de vous dire que M. le Directeur de la Compagnie Parisienne m'a autorisé à vous donner tous renseignements sur la construction de ces appareils. Si nous pouvons aider nos Collègues gaziers, nous serons infiniment heureux, car nous voulons surtout communiquer le résultat de nos études à tous ceux qui cherchent la diminution de la fatigue imposée aux travailleurs. (*Applaudissements répétés.*)

M. VAUTIER. — Je prie M. RAMSDELL, Président de la Société

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

américaine de Gaz, de vouloir bien prendre la présidence de la séance.

M. RAMSDELL, Président de « American Gas Light Association » de Philadelphie, remplace M. PATERSON au fauteuil de la présidence. (*Applaudissements*).

M. LE PRÉSIDENT RAMSDELL. — Messieurs, je tiens à exprimer mes remerciements de l'honneur que vous me faites en m'invitant en ma qualité de Président de la Société Américaine à présider votre Congrès. Je regrette vivement mon infériorité en ce que je ne puis diriger les débats comme je le voudrais, en raison de mon ignorance de votre langue, mais avec votre bienveillant concours, je ferai de mon mieux.

Si personne ne demande la parole au sujet des communications de M. MARSHALL et de M. LOUVEL, je prierai M. Shelton de vouloir bien donner lecture de sa communication :

« LA RÉDUCTION DE LA DÉPENSE DE DISTRIBUTION PAR L'EMPLOI DE PRESSIONS ÉLEVÉES. »

M. Fréd. H. SHELTON, de Philadelphie (lecture). (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT RAMSDELL. — Il y aurait lieu de discuter cette communication en même temps que celle de M. Gibbons. Mais ce dernier n'étant pas présent au Congrès, nous sommes dans l'obligation de passer outre et d'ouvrir la discussion seulement sur le travail de M. Shelton, c'est une communication de grande valeur sur une des questions les plus importantes à l'ordre du jour, au moins de l'autre côté de l'Atlantique. En Amérique, ce sujet est pris en très sérieuse considération et nous espérons qu'il donnera lieu à une discussion complète et libre.

M. SHELTON a étudié cette question avec beaucoup de soin et il sera très heureux de répondre aux questions que vous pourrez lui poser.

M. Charles HUNT, de Birmingham, demande si le coût de premier établissement des appareils pour la canalisation à haute pression n'est pas plus élevé que pour la distribution à pression ordinaire.

M. S. SIMMÉLKJOER, de Buenos-Ayres a fait des expériences analogues à celles de M. SHELTON, et il lui a paru préférable d'em

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ployer un gazomètre et d'aspirer le gaz au point voulu, sans employer la canalisation avec gaz à haute pression.

M. Norcross, de Londres, demande si le système de M. Shelton s'applique seulement au gaz à l'eau carburé.

M. Shelton en réponse aux questions qui ont été posées, dit que l'établissement d'une canalisation du gaz à haute pression a été étudié pour réduire les frais de capital, et que le gaz de houille peut être comprimé comme le gaz à l'eau carburé. (*Applaudissements.*)

M. le Dr Leybold (parlant en allemand et traduit par M. Bouvier). — Nous avons récemmennt constaté, à Hambourg, des fuites importantes dans le réseau, et notamment au passage du tramway électrique; partout où les tuyaux croisaient les voies des tramways électriques, ils étaient percés, quoique les tuyaux fussent protégés par une toile goudronnée. On remplaça les tuyaux, et, au bout de sept mois, ils étaient de nouveau percés. Cet effet est évidemment dû aux courants électriques. Il s'agit de courants électriques de retour qui reviennent par les rails à l'usine et rencontrent dans les rails une certaine résistance. Dans l'installation de Hambourg, un certain nombre de feeders souterrains servent au retour du courant ; c'est-à-dire qu'au réseau de rails est ajouté un réseau de feeders souterrains pour le retour du courant. Même ces câbles de retour, quoique dans une moindre proportion, exerçaient une influence fâcheuse sur les conduites de gaz. Il y avait m 0,70 de distance entre les rails et les tuyaux percés. Nous constatâmes une différence de voltage, allant jusqu'à 0,3, dans la ligne. Il est facile de reproduire cet effet en disposant dans un vase d'eau distillée deux plaques de fer et en faisant passer un courant électrique. Quand l'eau distillée est parfaitement pure, le courant ne passe pas; mais, quand on y met, par exemple, du sel ordinaire de cuisine, la plaque est attaquée et le courant passe de l'une à l'autre; l'une des deux plaques est garnie de rouille, tandis que l'autre accuse un dépôt d'hydrogéne. On peut aussi remplir d'eau salée un tuyau rempli de sable et fermé par deux plaques de fer, et faire passer un courant : l'une des deux extrémités du tuyau accuse bientôt une production de protoxyde de fer. Il est évident que ces accidents de tuyaux tendent à augmenter dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une proportion considérable les pertes de gaz. Nous espérons obtenir une amélioration à cet état de choses, en décidant la station électrique à augmenter le nombre de ses feeders de retour. Il y aura aussi une amélioration, du jour où le courant électrique sera distribué sur le réseau du tramway par plusieurs stations.

Il serait intéressant de savoir si plusieurs de nos Collègues ont observé les mêmes résultats et s'ils ont obtenu quelques améliorations. (*Applaudissements.*)

M. MARCHAL, de Nantes. — Je demande la parole pour dire que les phénomènes de l'électrolyse des canalisations de gaz et d'eau se produisent non seulement par les courants de tramways, mais aussi par les courants de stations électriques. Vous vous rappelez la communication de notre Collègue M. Gaston GAUTIER, en 1894, dans laquelle il a signalé qu'une partie des canalisations, à Nantes, avait été corrodée par suite de phénomènes d'électrolyse.

Depuis, nous avons eu des tuyaux percés par l'électricité. L'année dernière, notamment, dans le même quartier il a fallu remplacer 30 branchements de plomb corrodés par l'effet de l'électrolyse, et il s'agissait de tuyaux de fort diamètre. La Compagnie d'électricité avait pris des dispositions pour garantir nos canalisations ; elle avait posé des câbles bien conditionnés; malgré cela, nous avons eu une grande longueur de tuyaux Chameroy complètement oxydés.

Ces accidents se produisent aussi à l'interieur des maisons. Chez un abonné, une canalisation a été rapidement corrodée; en un mois, nous avons changé deux fois les raccords de plomberie de la salle à manger.

Nous pouvons encore ajouter la détérioration des compteurs.

Nous attribuons la corrosion rapide des enveloppes aux effets de l'Électrolyse.

M. VAUTIER. — Messieurs, j'ai lu dans les journaux techniques, il y a quelques mois, qu'on avait parlé au Parlement anglais des effets de l'électrolyse sur les canalisations de gaz. Si nos Collègues anglais ont quelques indications à ajouter sur ce sujet, je les prie de le faire, parce que c'est une question excessivement intéressante pour tous.

Personne ne demandant la parole, je vais prier M. ROTHENBACH,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Président de la Société Technique suisse, de vouloir bien prendre la présidence de la fin de la séance. (*Applaudissements.*)

M. ROTHENBACH, Président du « Verein von Gas-und Wasserfachmænnern der Schweiz », de Berne, prend place au fauteuil de la présidence, que lui cède M. RAMSDELL.

Comme Président de la Société Technique suisse du gaz et des eaux, on me fait l'honneur de m'offrir la présidence de l'assemblée, pendant la communication de M. WEISS. Je donne la parole à M. WEISS, pour sa communication :

« STATISTIQUE DES USINES A GAZ SUISSES. — GRAPHIQUE (ANNÉES 1890-1899). — GRAPHIQUE DE LA CONSOMMATION DU GAZ DE LA VILLE DE ZURICH (1890-1899). — PLAN DE L'USINE A GAZ DE LA VILLE DE WINTERTHUR. — USINES A GAZ DE LA VILLE DE GENÈVE.

M. WEISS, de Zurich (lecture)..... (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT ROTHENBACH. — Messieurs, la discussion est ouverte, y a-t-il quelqu'un qui demande la parole ? Peut-être quelqu'un voudrait-il encore parler de la manutention, des charbons à propos de l'installation de Zurich?

M. MARSHALL, de Copenhague, désirerait savoir si l'on observe des glissements de la charge des charbons pendant la distillation ; il demande à M. WEISS quels sont les frais de réparation et d'entretien de ses transporteurs à secousses; ensuite, si cela ne produit pas de poussières. M. MARSHALL a eu beaucoup d'ennuis avec la quantité de charbon réduite en poussière.

M. WEISS. — Messieurs, pour ce qui concerne les tables à secousses, je puis constater que nous n'avons pas de réparation. Il y a deux ans que les tables à secousses marchent, et elles ont transporté peut-être 10.000 tonnes de charbon, et nous n'avons pas eu de réparation. Aussi la force est très petite, pour actionner la table à secousses. Pour transporter 15 tonnes par heure, il faut un moteur de 4 à 5 chevaux.

Quant à la poussière, nous n'en avons pour ainsi dire point du tout, parce que nous avons du charbon déjà préparé, déjà lavé. La descente du charbon dans les cornues inclinées ne nous a donné aucun ennui jusqu'à présent et nous n'avons pas eu de glissement des charges bloquant les cornues.

Seulement, il faut faire en sorte que celles-ci aient, devant et derrière, la même température, qu'on peut bien régler avec les registres. Nous n'avons pas eu de difficultés à cet égard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quant à la poussière, je n'ai qu'à inviter ces messieurs à venir chez nous, à Zurich ; ils constateront que nous n'en avons pas. Je suis prêt à vous montrer l'installation et à vous montrer que les doutes qui subsistent là ne sont pas fondés. Il y a ici quelques personnes qui ont déjà visité notre usine, elles pourront dire que nous n'avons pas de poussières par les tables à secousses, et que nous n'avons pas de réparation non plus.

M. von Oechelhaeuser. — M. Weiss a demandé aux personnes qui ont visité son usine, de certifier ce qu'il dit. J'ai eu le plaisir de visiter cette usine, il y a quelques semaines, et je puis affirmer tout ce que M. Weiss a dit ; j'ai été vraiment étonné de voir cette manutention fonctionner d'une manière si simple et j'en ai rapporté l'impression qu'elle n'avait pas besoin de beaucoup de rêparations. Le transport du charbon et du coke m'a fait l'impression d'une grande simplicité, et je n'ai pas remarqué que la poussière se faisait plus que partout ailleurs. Le peu de force nécessaire fourni par le petit moteur électrique, pour transporter le charbon d'une trémie à l'autre, m'a surtout beaucoup impressionné, de sorte que je ne saurais trop recommander à mes confrères de visiter l'usine de Zurich. (*Applaudissements.*)

M. Helps de Croydon, a visité l'usine de Zurich et en a trouvé l'installation très remarquable.

M. Rothenbach fils. — M. Marshall n'est pas ami des tables à secousses ; il paraît qu'il a fait une mauvaise expérience avec ces transporteurs. Suivant l'expérience acquise à Zurich et à Genève, on n'a jamais de réparations avec les tables à secousses. Je sais, d'autre part, qu'on avait ailleurs des réparations avec ces transporteurs ; mais, je crois que cela venait du mauvais montage. Si nous employons pour le transport des charbons une toile sans fin, nous pouvons utiliser la même toile pour remplir d'un côté le magasin et pour le vider d'un autre côté. Mais, en général, je ne crains pas l'installation des tables à secousses, et je les préfère en certains cas à la toile sans fin.

M. Weiss. — Messieurs, je constate encore une fois que la production de poussières par les tables à secousses est réduite au minimum, avec le charbon que nous recevons de l'Allemagn

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Je ne sais pas si, en d'autres endroits, on a du charbon arrivant avec de la poussière, qui ait des inconvénients avec la table à secousses; mais chez nous, nous n'avons pas de poussières. A Genève, il y a aussi des tables à secousses pour transporter le charbon, je ne crois pas qu'il y ait les inconvénients, les ennuis de la poussière. On aurait pu le constater pendant la distillation, mais nous n'en avons pas. J'ai indiqué, dans ma communication, que la poussière qui se produit en faisant circuler le charbon d'un bout à l'autre du magasin est insignifiante, et la preuve en est donnée par le fait que les moteurs électriques, n'en éprouvent aucune gêne et cependant ils sont assez délicats et très exposés.

Quant aux conditions d'établissement de la nouvelle usine, nous pouvons fabriquer 75.000 mètres cubes de gaz en vingt-quatre heures et la dépense a atteint la somme de cinq millions; mais, beaucoup de bâtiments ont été construits pour une consommation de 125.000 mètres cubes en vingt-quatre heures.

M. Godinet, de Lyon. — Messieurs, il vient de s'établir une discussion tout à l'heure, à propos des tables à secousses et des poussières qu'elles formaient, et on a demandé si cela donnait des ennuis dans les fours à cornues inclinées. J'ai constaté qu'à Zurich, on distille du charbon qui a peu de poussière et les tables à secousses ne semblent pas en augmenter la proportion ; par contre, à l'usine de Genève, où l'on a du charbon de la Loire, il y a beaucoup plus de menu. Je crois que M. Des Gouttes qui est ici, pourrait nous dire qu'à Genève, avant l'introduction dans le réservoir situé au-dessus des cornues inclinées, on arrose le charbon en poussière, parce que, autrement, il glisse trop promptement vers le fond de la cornue.

Maintenant, au point de vue de la durée des tables à secousses, je ne puis pas nier qu'il y ait des inconvénients, lorsqu'elles sont mal construites. Mais, à Zurich, elles sont d'un fini d'exécution, d'une légèreté considérables; elles marchent à 300 tours par minute, animées de mouvements alternatifs. Les points d'attache sont très bien renforcés. Les tables ont quelquefois 35 mètres de longueur. Les liaisons des bielles aux tables sont bien comprises et intéressent une grande quantité de métal; il n'y a pas de déchirement. Quand on regarde ailleurs, dans les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mines par exemple, on voit que les tables à secousses sont très peu employées ; le seul système employé dans les mines que je connais de la Loire et de Commentry, c'est le transport par les toiles sans fin. Les Ingénieurs des Mines prétendent que la toile est infiniment plus commode que les autres appareils. Pour ma part, j'accepte cette manière de voir mais je constate l'excellence de la fabrication des tables à secousses de Zurich, leur résistance absolue et le magnifique travail qu'elles font. C'est admirable. (*Applaudissements.*)

M. VON OECHELHAEUSER. — M. Weiss a parlé du prix de premier établissement de cette manutention intéressante de Zurich ; il a bien raison. Je crois que M. Weiss a manqué encore de donner une raison pour cette manutention splendide ; ce sont les salaires très hauts qu'il a à Zurich.

Nous avons examiné, pour notre usine de Varsovie, toutes ces sortes de choses, et nous sommes venus à la conclusion que, pour nous autres, les frais de premier établissement seraient beaucoup trop élevés si nous avions appliqué une manutention comme celle de Zurich. Nous avons même trouvé, que nous n'étions pas en état, à Varsovie, d'appliquer ce système de cornues inclinées, que j'estime d'ailleurs beaucoup, mais nous avons trouvé, en établissant la comparaison des salaires et de toutes les dépenses de la production entre les cornues horizontales et les cornues inclinées, que ces dernières auraient coûté trop cher. C'est pourquoi nous sommes décidés, en raison de conditions locales, d'appliquer seulement le système de Brouwer pour l'extinction et le transport du coke au sortir des cornues. Vous connaissez cette excellente manière de transporter le coke directement des cornues et de l'entasser dans la cour ; il semble donner toute satisfaction dans plusieurs usines que j'ai visitées. Quoi qu'il en soit, nous n'étions pas en état d'appliquer le système de Zurich à Varsovie, parce que nous y avons encore des salaires assez bas. A Zurich, les salaires sont à peu près le double des nôtres. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT ROTHENBACH. — Est-ce qu'il y a encore quelqu'un qui demande la parole?

M. MARSHALL (parlant en anglais et traduit par M. BOUVIER). — Pour répondre à une question qui m'a été posée, je tiens à dire que les courroies de coton employées au transport des charbons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ont 0^m42 de largeur et 0^m02 d'épaisseur. Elles ont été installées en 1894 et ont transporté 240.000 tonnes de charbon. Il n'y a pas eu d'entretien. On peut évaluer les dépenses d'entretien de la machinerie, depuis six ans, à environ 1.200 francs.

La séance est levée à midi.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mardi 4 septembre (après-midi).

La séance est ouverte à deux heures trois quarts.

M. VAUTIER.— Messieurs, j'ai à vous informer qu'il y a un projet d'Exposition Internationale de l'industrie du gaz et de l'eau, à Vienne, en 1901. Je donnerai la parole ultérieurement, à M. Brix, qui vous parlera de ce projet. Des circulaires relatives à cette Exposition vous seront distribuées.

Maintenant, je prierai M. VERSTRAETEN, Président de l'Association des Gaziers belges, de vouloir bien prendre la présidence. (*Applaudissements.*)

Messieurs, M. Lauriol, ingénieur de la ville de Paris, désire donner quelques explications sur la visite à laquelle il a bien voulu convier les membres du Congrès, pour leur montrer les appareils d'éclairage exposés dans le Pavillon de la Ville de Paris.

M. LAURIOL. — Messieurs, je me permets d'interrompre un moment l'ordre du jour pour vous inviter à visiter le Pavillon de la Ville de Paris. Si vous voulez bien y venir, vous me trouverez, vendredi matin, au Pavillon de la Ville de Paris, de neuf heures et demie à onze heures et demie du matin.

Voici en quoi consiste cette Exposition.

Nous avons d'abord la question d'électricité. Vous trouverez, dans la partie électrique, les tableaux et graphiques complets du développement de l'éclairage électrique depuis la création des secteurs; installations, débit, vente, etc.

Puis, en ce qui concerne le gaz, nous avons les tableaux et graphiques du gaz depuis 1860. Vous verrez que la consommation a été en croissant régulièrement, sauf en 1889, où l'Exposition a amené une augmentation anormale et en 1892, année où l'électricité a fait tomber un peu la consommation de gaz. Depuis, elle s'est relevée, soit parce qu'on a pris des mesures en conséquence, soit parce que le bec Auer a fait amortir le prix du gaz. On a eu aussi l'idée de donner des abonnements gratuits aux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

logements au-dessous de 600 francs, ce qui a amené un grand nombre d'abonnés nouveaux. Depuis ces dernières années, la consommation pour l'éclairage public a été en diminuant; cela tient à la progression de l'éclairage Auer, et celle-ci ira probablement en augmentant.

Au point de vue de l'appareillage, nous n'avons pas installé les supports des appareils d'éclairage; ils sont visibles dans tout Paris; mais, nous avons installé un groupe d'une douzaine d'appareils, où sont montés le bec papillon, le bec à récupération, dit bec du 4 Septembre; un seul exemple des nombreux récupérateurs proprement dits; les principaux types de becs à incandescence. Pour la vérification du pouvoir éclairant du gaz, nous avons installé une chambre noire, dont les appareils pourront fonctionner devant ceux de vous qui le désireront.

Des graphiques donnent pour l'année 1899, jour par jour et pour chaque chambre d'essai, le pouvoir éclairant constaté. Les anomalies même que présentent ces courbes ne sont pas inutiles à constater.

Nous avons exposé également des modèles des différents types de compteurs et d'appareils de contrôle de ces compteurs.

Messieurs, je suis à votre disposition, vendredi matin, pour vous donner toutes les explications que vous pourrez désirer. (*Applaudissements.*)

M. le PRÉSIDENT VERSTRAETEN. — Messieurs, il est donc indiqué qu'on nous donne rendez-vous, vendredi matin, de neuf heures et demie à onze heures et demie, au Pavillon de la Ville de Paris, pour examiner l'Exposition organisée dans des conditions très pratiques, par M. Lauriol, ingénieur des Ponts et Chaussées.

J'espère que nous serons nombreux car nous recueillerons là les indications intéressantes qui viennent de nous être annoncées.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Witz.

« LES MOTEURS A GAZ ET LEURS SOURCES D'ALIMENTATION. »

Je prie M. Witz de vouloir bien prendre la parole.

M. AIMÉ WITZ, de Lille. — (Lecture). . . . . (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT VERSTRAETEN. — Messieurs, je remercie M. Aimé Witz, qui est, comme vous le savez, un des premiers promoteurs des moteurs à gaz, l'un des premiers qui ait indiqué l'orientation nouvelle de la force motrice. Il a été certainement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bon prophète. Il y a douze ou treize ans déjà, nous l'avons vu indiquant le gazogène comme devant remplacer la chaudière à vapeur, et le moteur à gaz comme devant remplacer la machine à vapeur. Il a eu parfaitement raison dans toutes ses prédictions, et peut-être plus raison qu'il ne le rêvait lui-même, car le moteur, le générateur, le gazogène prennent le développement le plus inattendu sous les formes les plus diverses ; et nous voyons, dans bien des localités possédant de grands constructeurs mécaniciens capables de fournir les machines aux meilleures conditions, dans les endroits où le charbon est à très bon compte, nous voyons s'implanter le moteur à gaz, alimenté surtout par le gaz ordinaire. C'est ainsi que, dans l'une des communes que nous éclairons, nous, Compagnie belge, nous voyons le moteur à gaz absorber, non pas 1/33, 1/6, mais 1/3 de la fourniture particulière totale du gaz dans la commune. C'est une question de prix, évidemment. Nous nous sommes contentés du prix de 0 fr. 10, à l'époque où le charbon était à bon compte. Quand nous avons vu le charbon relever considérablement ses prix, et les relever non seulement à la tonne, mais surtout à l'effet utile de la tonne — car vous savez que, plus il y a de cherté dans le charbon, plus il y a de cailloux — nous nous sommes permis d'augmenter aussi le prix du mètre cube. On s'est beaucoup démené ; mais, après quelques paroles vibrantes, le calme s'est fait, et on a accepté le prix nouveau de 0 fr. 13.

Dans la plupart des localités, il est assez rare qu'on dépasse d'une manière notable la force de 25 chevaux ; mais, depuis quelques années, il y a une accentuation considérable qui s'est produite dans la courbe de fabrication des unités motrices par le gaz. Nous arrivons maintenant à posséder des ateliers qui construisent surtout le moteur à gaz de grande puissance. C'est ainsi que la Société Oechelhaeuser a commencé par 250 chevaux, et l'unité de force motrice qui lui paraît la plus favorable, c'est celle de 1.000 chevaux dans un seul cylindre.

Tout cela vient à point pour la lutte toujours plus énergique que doit soutenir notre industrie et mon sentiment est qu'il ne faut pas qu'elle reste dans l'ancienne ornière. Il me semble que les applications du gaz, sous toutes les formes, doivent se multiplier, et que les usines doivent se faire aux nouvelles conditions que leur offre le progrès.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Je félicite M. Witz pour la communication qu'il a bien voulu faire; et j'ai la certitude que j'interprète les sentiments de l'Assemblée, en reconnaissant qu'il a été un bon pionnier pour l'industrie du gaz et qu'il nous a rendu à tous de très éminents services. (*Applaudissements.*)

Quelqu'un demande-t-il la parole sur la question des moteurs à gaz?

M. MARCHAL, de Nantes. — L'intéressante communication de M. Witz aura un très grand poids venant de notre éminent collègue, mais m'étant trouvé plusieurs fois en concurrence avec un gazogène pour l'installation de moteurs de 35 chevaux, je demanderai la permission d'examiner les prix de revient.

En se basant sur le tableau, page 5 (page 663 du volume), qui pour un moteur de 30 chevaux avec du gaz à fr 0,15, donne le prix de ct 11,5 par cheval-heure et appliquant ce chiffre au type de 35 chevaux notre futur client pouvait conclure que sa force motrice lui reviendrait à

$$35 \times 0{,}115 \times 10 \text{ h} = 40 \text{ fr } 25 \text{ par jour}$$

Et que, par contre, en calculant sur les réclames faites à l'Exposition, le coût d'un cheval-heure par gazogène étant annoncé à ct 3 et 4, il pouvait croire que, dans ce cas, la force lui reviendrait à fr 10,50 ou fr 14.

Ni l'un ni l'autre de ces chiffres ne doit être admis.

En effet, les constructeurs livrent couramment des moteurs dépensant 1 500 par cheval-heure et même, pour des modèles déterminés, arrivent à un meilleur résultat.

Admettons le chiffre de 1 500 avec du gaz à ct 15, le coût du cheval-heure sera de ct 7,5.

Quant aux autres frais, nous estimons qu'un moteur de 35 chevaux revient, complètement installé, à fr 10 ou 11.000 si nous comptons l'intérêt, l'amortissement, l'huile, l'entretien au gros chiffre de 20 0/0, soit fr 2.100 l'an, ou fr 7 par jour, cela donne ct 2 par cheval-heure et le coût total de la force motrice avec du gaz à ct 15 sera de :

$$7{,}5 + 2 = 9{,}5 \text{ centimes}$$

Voyons maintenant pour le gazogène.

Si, dans les pays miniers, il est possible d'obtenir le charbon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à bon compte, nous pouvons dire que dans beaucoup de villes éclairées par nos compagnies, il n'en est pas de même, les charbons à gazogène y reviennent très cher et au lieu de ct 3 à 4 le cheval-heure, nous sommes plus exact en comptant sur ct. 5 et 6.

En outre, le moteur à gazogène exige une installation complémentaire qui, dans le cas le plus simple et pour la force en question, est de fr. 7.000; il faut aussi prévoir une surveillance plus grande, plus active, des frais d'entretien supplémentaires et si nous avons pris le chiffre du ct 2 pour l'intérêt, l'amortissement et autres frais dans le cas du moteur à gaz riche, nous devons prendre le double lorsque nous examinons le cas d'un gazogène où le coût total du cheval-heure est de ct 9 à 10, soit le même prix s'il n'est plus élevé que dans le cas du moteur à gaz de nos usines.

Cette constatation est encore plus évidente si, au lieu de comparer des moteurs à pleine charge, nous étudions des installations à effort variable, car alors nos moteurs bénéficient de tous leurs avantages, régularité de marche, consommation proportionnelle au travail demandé, ce qui n'existe pas toujours avec le gazogène.

Enfin, j'ajouterai que, sur six moteurs de 35 chevaux installés depuis deux ans à Nantes et remplaçant des machines à vapeur de Cv 30 à 50, deux dépensent fr 22,50 par jour, un autre fr 20, le quatrième fr 18, et les derniers fr 15, soit par cheval nominal pour le gaz seulement de ct 6,5 à 4.

Dans toutes ces installations, le travail demandé n'est assurément pas constamment de 35 chevaux effectifs, mais parfois il les atteint, aussi nos clients ayant augmenté leur production industrielle tout en diminuant la dépense, disent volontiers que le moteur à gaz d'usines est régulier, pratique et surtout économique.

M. Aimé Witz. — Messieurs, le cas, que j'ai cité dans ma note du kilowatt, ressortant à 0 fr. 04 est tout spécial et absolument particulier à l'usine de M. Mond. Le cas général, vous le trouverez quelques lignes plus haut; j'ai dit qu'un moteur de 100 chevaux, marchant 3.000 heures par an, alimenté de charbon anthraciteux à 25 fr. la tonne, fournit le cheval-heure effectif à moins de 4 ct. C'est le chiffre auquel on arrive couramment. En effet, je viens encore de relever à la station du tramway de Cassel une consommation de 660 grammes de charbon anthraciteux français par cheval-heure effectif pour des moteurs Crossley de 30 chevaux alimentés par des gazogènes Pierson : ce nombre correspond bien à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donnée de ma note. Les gazogènes demandaient autrefois des anthracites spéciaux anglais et autres. Aujourd'hui ces combustibles ne sont plus nécessaires. Dans le Nord, au voisinage des mines d'Anzin, nous avons des charbons anthraciteux, des charbons maigres à longue flamme, qu'il faut cribler et qui, une fois concassés à 30, 50, 80, conviennent aux gazogènes. On trouvait naguère ce charbon-là à 25 francs la tonne, dans le Nord. Maintenant, suivant les frais de transports, les salaires des mineurs et des ouvriers de ports, les prix varient un peu, mais l'écart n'est pas de nature à modifier grandement nos conclusions.

Ma note a fait ressortir, d'autre part, les avantages que procure souvent l'emploi du gaz de ville ; le prix que j'ai établi de 11 centimes et demi est basé sur une consommation pratique de 600 litres par cheval-heure effectif. — On peut arriver à une consommation moindre et j'ai signalé autrefois certain moteur Charon de 30 chevaux qui ne dépensait que 453 litres de gaz à 5,250 calories ; mais il serait imprudent de prendre un chiffre d'essai pour établir un prix de revient industriel.

En somme, je désirerais qu'on retînt de ma note que je suis également partisan du gaz de gazogène et du gaz de houille et qu'on peut obtenir de bons résultats avec chacun d'eux quand on les applique judicieusement. Il faut mettre les choses à leur place et ne pas les examiner en dehors de leur milieu.

M. LE PRÉSIDENT VERSTRAETEN. — Il est évident que le calcul relatif à la détermination du prix du cheval-heure effectif est un calcul strictement local; il y a tant de données, dans la détermination d'un semblable objet, qu'il suffit de prendre deux exemples dans deux communes rapprochées, pour obtenir des résultats absolument différents. Nous savons tous cela et pouvons en déduire que, lorsque nous aurons à déterminer le prix — je me place au point de vue de l'exploitation gazière, — lorsque nous aurons à déterminer le prix auquel il nous faudra vendre le mètre cube de gaz pour obtenir telle ou telle vente de force motrice, nous aurons à prendre les éléments dans la localité où nous nous trouvons, et ces éléments ne pourront pas servir, sans beaucoup de modifications, pour une autre commune. Nous sommes donc d'accord avec M. WITZ, qu'il ne faut pas prendre ses indications comme immédiatement applicables à toutes les localités, mais bien comme des données

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

scientifiques qu'il s'agit de traduire en chiffres suivant les cas.

M. Von Oechelhaeuser. — Messieurs, si je prends la parole dans cette question, c'est d'abord pour adhérer au grand hommage que M. le Président a bien voulu adresser à M. le professeur Witz. Je suis personnellement de l'avis qu'il est de ceux qui ont, avec ses confrères d'Allemagne, contribué énormément à la connaissance des phénomènes complexes qui accompagnent la combustion du gaz dans les moteurs, aussi je pense qu'un Congrès des gaziers, comme celui-ci, ne pourrait passer à l'ordre du jour sans qu'un hommage fût rendu à M. Witz, non pas seulement par M. le Président, mais encore par ceux qui ont vraiment profité de ses excellents travaux, et moi-même je n'ai pas manqué personnellement de consulter beaucoup les ouvrages qu'il a écrits. (*Applaudissement.*)

Vous n'espérez pas de moi, comme intéressé dans cette affaire, que j'aie le mauvais goût de vous parler de mon moteur. J'ai seulement l'intention de montrer comment le moteur à gaz des hauts fourneaux s'est développé de notre industrie gazière et reste lié intimement avec ses intérêts. Cela explique en même temps pourquoi moi, qui suis seulement ingénieur du gaz, je me suis occupé de hauts fourneaux; ç'a été seulement dans l'intérêt de notre métier.

Il y a quatorze ans j'ai construit, avec la *Allgemeine Elektricitæts-Gesellschaft* de Berlin, cette petite usine centrale d'électricité, à Dessau, où je montrais, dès le premier jour, qu'il faut, pour nous autres gaziers, faire l'électricité par les moteurs à gaz. A ce moment-là, les plus grands moteurs qui existaient étaient construits par Otto; ils étaient de 60 chevaux; et en voyant monter ces moteurs dans notre petite station centrale, je me disais: — Mais, cette force est seulement initiale, ce n'est presque rien, comparativement aux progrès de l'électricité. Nous autres, il nous faut des unités beaucoup plus grandes. Et je suis allé, à ce temps-là, chez le fameux Dr Otto, pour lui demander si l'on ne pouvait pas nous fournir des moteurs plus puissants. Cet entretien avec Otto ne m'a pas donné pleine satisfaction, mais cependant le résultat a été qu'après quelques années nous pouvions monter au moins un moteur de 120 chevaux. Ce n'était pas encore suffisant, et j'ai tenté d'arriver à des mo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

teurs plus forts, d'abord seul, puis avec la collaboration de MM. Junkers et W. Lynen, qui sont maintenant professeurs à l'Ecole Polytechnique d'Aix-la-Chapelle.

Le premier résultat de notre tentative était que nous avions remarqué que, pour les améliorations à apporter dans la condition des moteurs à gaz, il fallait un calorimètre tout à fait exact et très commode, parce que sans cela nous ne pouvions jamais constater si les améliorations que nous avions apportées dans la construction, étaient la conséquence de la construction ou la conséquence du changement de la qualité calorifique du gaz. C'était tellement nécessaire, que M. JUNKERS a réussi dans la construction de son excellent calorimètre devenu si fameux maintenant.

Lors de nos premiers essais, la concurrence de l'électricité semblait devenir très sérieuse pour nous. Il fallait chercher et provoquer d'autres modes de consommation de gaz, car les petits moteurs ne suffisaient pas. C'est alors que mes études se dirigèrent vers les moteurs de grande puissance et nous avons eu la satisfaction de réaliser, après cinq années d'essais, un moteur à gaz de 200 chevaux, à un seul cylindre, et d'obtenir, en 1893, une consommation de 450 litres par cheval effectif. Mais pour faire concurrence aux machines à vapeur, le prix du gaz, devait en Allemagne, être de 5 à 6 pfennig le mètre cube : prix qui n'a pas, heureusement, été atteint. Il s'est, en effet, vers cette époque, produit une révolution dans le gaz, grâce au bec Auer, de sorte que la consommation du gaz d'éclairage augmentait considérablement et qu'il n'était pas besoin d'abaisser encore davantage le prix du gaz pour les applications techniques comme pour les grands moteurs de deux cents chevaux et plus. Telle est la raison pour laquelle le moteur OECHELHAEUSER et JUNKERS, construit pour le gaz riche d'éclairage n'est pas entré dans la pratique.

Ensuite est venue la question du moteur à gaz des hauts fourneaux. On a essayé, à Hoerde en juin 1896, le moteur Oechelhaeuser et Junkers de 200 chevaux qui effectuait, avec le gaz des hauts fourneaux 120 à 150 chevaux effectifs. C'est après ces essais de l'emploi, pour la première fois, des gaz pauvres dans de *grands* moteurs, que fut construit mon nouveau moteur de 600 chevaux effectifs qui fonctionne à Hoerde.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le premier moteur de 600 chevaux fut mis en service le 12 mai 1898, soit un an et demi avant le moteur de 500 chevaux de Seraing ; trois moteurs du même type sont maintenant en marche à Hoerde et le premier moteur de 1.000 chevaux est en montage à Bergeborheim (Westphalie). Quoique le moteur à gaz pour ces forces considérables, semble s'être échappé de l'horison du gazier, il reste néanmoins lié avec notre industrie et nos intérêts par les gazogènes qui joueront, par la suite, un rôle peut-être encore plus important que les hauts fourneaux et j'invite les gaziers de tous les pays à soutenir les gazogènes de toutes constructions, pour les raisons suivantes :

Je suis convaincu, comme M. le professeur Aimé Witz et ses collègues, que le moteur à gaz jouera un rôle de plus en plus grand; que 1.000 chevaux dans un cylindre, ce n'est pas la fin. Mais, pour nous autres, gaziers, il est important que les matières premières pour les gazogènes diminuent de valeur de plus en plus, parce que nous savons par expérience que souvent nous avons reçu des charbons qui étaient vraiment destinés pour les chaudières, mais pas pour les usines à gaz. Maintenant, ces quantités de charbons spéciaux pour être brûlés sous les chaudières, resteraient certainement à notre disposition, si les gazogènes ainsi que les moteurs à gaz prenaient de plus en plus la place des chaudières et des machines à vapeur et s'ils pouvaient être alimentés par des qualités de charbons encore inférieures.

Nous avons en outre intérêt à alimenter les gazogènes avec notre coke.

Vous connaissez, par exemple, les installations des grands moteurs à gaz de Bâle où depuis longtemps on ne brûle que du coke des usines à gaz dans les gazogènes. Je suis convaincu que, dans peu de temps, on parviendra à construire des gazogènes puissants et simples pour les plus grands moteurs à gaz, et beaucoup deviendront de gros consommateurs de coke. Je crois donc, qu'après avoir perdu la fourniture du gaz pour les *grands* moteurs, nous pouvons appliquer l'expérience que nous avons de la distillation du charbon et du traitement du coke et tirer parti des perfectionnements et des développements du gazogène sous toutes sortes de formes. (*Applaudissements.*)

M. Salanson, de Paris. — J'ai lu, dans le rapport de M. Aimé Witz, un passage qui m'a frappé; je voudrais appeler l'attention

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du Congrès sur une partie du travail de M. Witz, dans laquelle il nous a dit que le rendement du moteur à gaz était à peu près indépendant de la richesse du gaz. Je ne suis pas en mesure de confirmer ces conclusions, car je n'ai jamais fait d'expériences sur le gaz pauvre; mais il m'est arrivé de faire un très grand nombre d'expériences, autrefois, avec un moteur à gaz, où l'on pouvait régler la richesse du mélange, et je suis arrivé à faire consommer à ce moteur des mélanges très pauvres. J'ai toujours trouvé que le rendement du moteur était d'autant plus avantageux que ce mélange est plus pauvre. Je ne pourrais pas affirmer que la même chose se passe quand c'est du gaz des hauts fourneaux; mais, il y a une espèce d'assimilation. Je suis tenté de croire que l'utilisation de la chaleur est d'autant meilleure que le gaz est plus pauvre, car la plus grande partie de la chaleur perdue se perd par les parois. Je pense que la perte par les parois est moindre avec le gaz pauvre. Mon expérience m'a indiqué que plus le gaz était dilué, moins la déperdition était grande et meilleur était le rendement. Voilà ce que j'avais à faire observer.

M. Vautier. — Quelle était la composition du gaz pauvre employé dans les expériences de M. Salanson.

M. Salanson. — C'étaient des mélanges de gaz courant avec de l'air.

M. le président Verstraeten. — Quelqu'un demande-t-il encore la parole au sujet de la question des moteurs? Si personne ne demande la parole, je me permets d'ajouter un mot à ce que j'ai déjà dit à ce sujet.

M. von Oechelhaeuser me paraît avoir confirmé ce que je disais à propos de l'industrie nouvelle des gazogènes et des moteurs à gaz, en ce sens qu'il faut considérer que l'industrie gazière se complique et qu'il faut qu'elle cherche à utiliser les voies nouvelles qui lui sont ouvertes, en utilisant et son personnel, et ses connaissances et son expérience acquise. Il faut considérer la quantité de travail qu'un moteur doit fournir par jour. Il n'est pas douteux que, dans les villes où le travail est souvent irrégulier, il y a à tenir compte de cette considération. Tel moteur travaillant 12 heures par jour sera plus économique à cheval effectif, et deviendra un moteur coûteux s'il ne travaille que le tiers et même pendant assez longtemps, mais de façon assez

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

irrégulière. Ce sont des considérations locales de détail dont l'industrie doit tenir compte pour déterminer de façon précise le coût du cheval effectif, le mot « effectif » étant pris dans le sens le plus absolu possible.

M. LE PRÉSIDENT VAUTIER demande la parole au sujet d'une communication à faire.

M. VAUTIER. — En conséquence du vote émis à l'unanimité par le Congrès International de l'Industrie du Gaz à la séance du lundi matin, 3 septembre 1900, le Bureau du Congrès, après s'être réuni dans la salle des Commissions, vous propose de former, comme suit, la liste des membres de la Commission Internationale chargée de fixer les règles à suivre dans les observations photométriques des becs à incandescence par le gaz et d'adopter les résolutions indiquées ci-après :

Allemagne..... (4 membres).	MM. le Dr BUNTE, de Carlsruhe; le Dr HUGO KRUSS, de Hambourg; F. SCHÆFER, de Dessau; 1 membre à nommer par le *Verein von Gas und Wasserfachmænnern.*
Angleterre..... (4 membres).	MM. JAMES HELPS, président de *Incorporated institution of Gas Engineers*; T. O. PATERSON, président de *Incorporated Gas Institute*; C. C. CARPENTER, de Londres; VIVIAN B. LEWES.
France..... (4 membres).	MM. TH. VAUTIER; PH. DELAHAYE; 2 membres à nommer par la Société technique de l'Industrie du gaz en France.
États-Unis..... (1 membre).	A désigner.
Autriche-Hongrie. (1 membre).	M. H. NACHTSHEIM fera connaître le représentant désigné par le *Verein*.
Belgique..... (1 membre).	M. TH. VERSTRAETEN.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Hollande..... (1 membre).	M. D. Van der Horst.
Italie..... (1 membre).	M. V. Krafft.
Suisse..... (1 membre).	M. A. Weiss.

Les Sociétés techniques de chacun des pays ci-dessus mentionnés, seront invitées par la Commission à pourvoir aux vacances qui se produiraient parmi ses membres (1).

Le bureau du Congrès émet le vœu que la prochaine réunion plénière de la Commission ait lieu à Zurich.

Le siège social de la Commission est fixé à Paris, 65, rue de Provence au siège de la Société Technique de l'Industrie du Gaz en France.

M. le président Verstraeten. — Messieurs, quelqu'un demande-t-il la parole sur cette communication?

Personne ne demandant la parole, que ceux qui acceptent ces propositions veuillent bien lever la main.

(*Toute l'Assemblée.*)

Que ceux qui sont d'avis contraire veuillent bien lever la main.

(*Personne.*)

Il y a unanimité absolue pour l'acceptation de la proposition

M. Vautier. — Messieurs, j'ai encore à vous communiquer une proposition que, dans sa dernière séance, le bureau a résolu de soumettre à votre approbation.

Le Congrès International de l'Industrie du Gaz émet le vœu suivant :

« Le Congrès, attachant une grande importance à l'appareil-
« lage au gaz, considère comme absolument nécessaire de voir
« se produire parmi MM. les fabricants d'appareils à gaz et
« appareilleurs de tous pays, un mouvement tendant à créer des

(1) Depuis le Congrès, cette liste s'est complétée comme suit : France : MM. P. Audouin et P. Lauriol. — Etats-Unis : M. le Dr E. G. Love. — Autriche-Hongrie : M. H. Nachsteim. — La Société technique d'Allemagne a nommé M. von Oechelhaeuser en remplacement de M. F. Schæfer, et un délégué de l'Institut physico-technique de Charlottenbourg. — La Société technique de Hollande a désigné M. Van Rossum du Chattel, en remplacement de M. Van der Horst.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« lustres et appareils de plus en plus artistiques, combinant « l'esthétique avec les avantages de l'incandescence au gaz, en « tenant compte de son intensité d'éclairage et des sections « réduites de canalisations qui seront désormais suffisantes pour « l'obtention d'un pouvoir éclairant déterminé ;

« Le Congrès invite les diverses Sociétés gazières à ouvrir des « concours, dans cet ordre d'idées, avec des prix en nombre et « de valeur suffisants et à se communiquer mutuellement les « résultats qu'elles auront obtenus dans les divers pays. »

M. LE PRÉSIDENT VERSTRAETEN. — Quelqu'un demande-t-il la parole sur la rédaction qui vient d'être lue? Personne ne demandant la parole, que ceux qui sont d'avis d'accepter ce vœu, veuillent bien lever la main.

(*Toute l'Assemblée.*)

Que ceux qui sont d'un avis contraire veuillent bien lever la main.

(*Personne.*)

La proposition est acceptée à l'unanimité.

M. VAUTIER : — Messieurs, je prierai M. NACHTSHEIM, président de la Société technique de l'Autriche-Hongrie, de vouloir bien prendre la présidence de la séance..... (*Applaudissements.*)

M. VERSTRAETEN cède le fauteuil à M. NACHTSHEIM.

M. LE PRÉSIDENT NACHTSHEIM. — Messieurs, l'ordre du jour appelle la communication de M. Ernest SALZENBERG, pour sa communication :

« LA LUMIÈRE DORÉE SPHÉRIQUE. »

M. SALZENBERG a la parole:

M. Ernst SALZENBERG, de Crefeld (*lecture*). — (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT NACHTSHEIM. — Messieurs, la discussion est ouverte.

M. LECOMTE, de Paris. — Messieurs, sans manquer aux devoirs de la plus grande courtoisie, je ne voudrais pas laisser passer la communication de M. Salzenberg, qui contient quelques chiffres et quelques appréciations erronés, sans apporter des rectifications et je le ferai avec d'autant plus d'impartialité que je citerai tous les documents à l'appui, les erreurs que je signale doivent provenir des sources où M. Salzenberg a puisé, et elles m'ont tellement frappé que, si l'auteur ne parlait pas si bien français, je dirais qu'il en est de sa brochure comme de certaines traductions : *Traddutore, traditore.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, dès la première page, M. Salzenberg compare comme ayant existé la même année, le bec Denayrouze, à ventilateur électrique (brevet 1894-1895) et le bec O. Kern (brevet du 5 janvier 1897).

Continuant son étude, l'orateur passe en revue tous les procédés d'éclairage intensifs inventés et les compare au sien; il est nécessaire que nous le suivions dans son étude.

Ce n'est pas à la maison Pintsch ni à aucun inventeur étranger que reviennent les deux principales innovations dans l'éclairage intensif par incandescence, mais bien à la France où Tessié du Motay, Clamond, Lewis, Popp et d'autres encore alimentaient des foyers à incandescence par le gaz, avec corps incandescent en platine iridié ou en magnésie, avec des chalumeaux à air sous pression, et cela en 1878.

Vous avez été tenus au courant de tous ces travaux par une voix bien plus autorisée que la mienne, par M. Edouard Servier.

Il y avait un défaut à ce système, excellent en principe, et avec lequel on a obtenu facilement la carcel-heure pour moins de 10 litres en 1896, à Paris, c'est qu'il faut une double canalisation, et c'est à M. Auguste Lévy, ingénieur en chef des Services Mécaniques de la Compagnie Parisienne du Gaz, que revient l'honneur d'avoir appliqué le second procédé qui consiste à comprimer simplement le gaz.

Les essais de M. A. Lévy remontent à 1893, et il n'y a rien d'étonnant à ce que de ce chef le brevet de la maison Pintsch ait été annulé.

Donc le procédé, si procédé il y a, est du domaine public; arrivent les appareils de compression.

J'ai eu personnellement l'occasion de voir la lumière de M. Rothgiesser, à Berlin, elle était très belle, la pression du gaz était de 3 mètres d'eau, seule la consommation d'eau était un peu forte.

M. Salzenberg veut bien citer mon exhausteur de 1898 en disant que le brevet allemand a été accordé pour compresseur et régulateur de gaz comprimé, il ajoute : « Le producteur de pression est une sorte de compteur employé comme exhausteur; il ne s'agit ici que d'une *construction* spéciale et non d'un *procédé*. »

Messieurs, c'est évident : étant donné ce que je viens de vous dire plus haut, je ne pouvais que breveter un appareil spécial,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais je n'aurais jamais voulu le revendiquer comme un procédé, j'aurais eu peur qu'on m'accusât d'avoir découvert l'Amérique.

Qu'est-ce donc que le *procédé* de M. Salzenberg?

Ce procédé consiste à comprimer le gaz à $\frac{11}{10}$ d'atmosphère, si vous comprimez à 1 ou 1,2 atmosphères, vous n'êtes plus dans le procédé de M. Salzenberg.

Mais avec cette compression dont j'exposerai tout à l'heure les inconvénients, quels avantages obtient-on? L'auteur nous dit qu'il obtient 1.000 bougies par manchon, que la lumière est dorée, que la répartition de la lumière se fait mieux.

Mais pour arriver à cela, il nous dit aussi qu'il faut employer un manchon sept fois plus lourd qu'un manchon ordinaire! que ce manchon doit être retenu par des liens en fil d'amiante pour qu'il ne s'envole pas comme un aérostat! et enfin qu'il ne dure que 100 heures.

Je me garderai bien d'ajouter un mot à ce que dit M. Salzenberg qui critique mieux son procédé que je ne voudrais le faire moi-même; j'ajouterai qu'il est plus avantageux d'avoir un tribec intensif à gaz à 20 cm de pression, donnant également 1.000 bougies, parce que les trois manchons coûtent moins que celui de M. Salzenberg, ils durent 600 heures chacun, et quand un est cassé, il reste les deux autres et on voit encore très bien, tandis que quand le manchon de 1.000 bougies est cassé, il n'y a plus rien.

M. Salzenberg dit que le mélange d'air et de gaz dans le brûleur est de 86 0/0 d'air et 14 0/0 de gaz, soit 6,15 volumes d'air pour un volume de gaz. Ce résultat m'étonne beaucoup et je suis sûr qu'il y a une erreur dans le dosage, car tous les essais que j'ai effectués sur des brûleurs intensifs, m'ont démontré que le mélange qui donne le meilleur résultat est un mélange de 5,2 à 5,4 volume d'air pour 1 de gaz à l'entrée dans la flamme; laquelle est alors réductrice et répond à la théorie du Dr Bunte sur l'incandescence.

Les becs de M. Salzenberg ont à la tête une toile métallique extrêmement serrée et c'est à son influence que j'attribue l'erreur de dosage commise (voir à ce sujet ma communication au Congrès de 1898).

Quant à la teinte de la lumière, elle est jaune parce que le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

manchon étant très lourd, émet des rayons à vibrations beaucoup plus lentes.

La répartition de la lumière dépend beaucoup de la forme du manchon, mais si un manchon donne 100 bougies sphériques il n'en donnera jamais 110, quelle que soit sa répartition, et alors pour utiliser de la meilleure façon les 100 bougies, nous avons toute la série des réflecteurs coniques, sidéraux, etc... Je ne vois pas encore là un très gros avantage, en tout cas, il est commun à tout le monde.

Enfin, arrive la question d'économie. M. Salzenberg nous dit que son manchon donne la carcel-heure pour l 8,6; il y en a bien eu d'autres qui ont obtenu des résultats semblables, mais M. Salzenberg passe en disant que ces résultats ne lui paraissent pas dignes de confiance.

Eh bien, à cette affirmation, je dois opposer : les essais de Londres où M. le professeur Lewes a trouvé, le 6 août 1897 l 9,7 sur un bec de bd 300 de M. Greyson, bien connu en Belgique, le 2 janvier 1899; l 9,3 pour bd 353 à mm 204 de pression pour un bec Lecomte.

En France, M. Couderchon, ingénieur, chef du service de la vérification du gaz de la ville de Paris a trouvé, le 24 février 1899, l 8,75 par carcel-heure pour un bec de bd 360 à mm 175.

Voilà les résultats qu'on peut opposer à M. Salzenberg et qui ont tous été obtenus à une pression 55 fois plus faible que la sienne.

Est-il besoin d'ajouter que tous les becs sont aussi hygiéniques que la lumière sphérique et nous terminons en disant un mot de la compression.

Ces l 8,6 par carcel-heure doivent être augmentés du gaz consommé pour la compression. M. Salzenberg indique qu'on doit comprimer à As 4 soit 5 absolus et détendre ensuite à As 1,1 soit 2,1 absolus. La formule $T = P\ V$ Log. hyp. $\frac{V_1}{V}$ permet de calculer que 1 cheval vapeur produit l 3,246 de gaz comprimé à As 5 absolus, lesquels en se détendant sans produire aucun travail donnent un volume final de l 7,700.

On doit donc ajouter à la dépense du brûleur celle qui provient du fait de la compression et on a $\frac{720}{7.700} = 93,5$ litres par m. c.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ce cas, la dépense par Cah devient $8,6 \times 1,093 = 9,4$ Cah.

L'auteur ajoute que le gaz en se détendant abandonne de la benzine qui est perdue, ceci doit encore abaisser le rendement car la benzine est un liquide développant Cl 10.000 au kilog.

Nous nous résumerons en disant qu'à notre avis, il est parfaitement inutile de comprimer si fortement le gaz pour n'obtenir au bout du compte qu'un résultat équivalent à celui obtenu avec les becs à pression modérée mm 200, ou encore avec les becs intensifs à basse pression avec cheminée spéciale.

Je vous prie, messieurs, de m'excuser d'avoir tenu si longtemps votre attention. (*Applaudissements.*)

M. SALZENBERG. — Messieurs, je n'ai pas compris tout ce que M. LECOMTE a dit, parce que l'acoustique n'est pas suffisante ici. Mais si M. LECOMTE est assez aimable pour me donner ses explications par écrit, je me ferai un plaisir de répondre, demain matin.

Je prends la liberté de vous dire que nous avons fait l'installation de 4 lampes à lumière sphérique sur la façade du Pavillon du gaz, qui brûleront ce soir et demain, soit de 8 heures à dix heures. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT NACHTSHEIM. — Je remercie M. LECOMTE de ses observations. Quelqu'un demande-t-il encore la parole ?

Je remercie M. SALZENBERG de sa communication, et je donne la parole à M. HIMMEL, pour sa communication :

« SUSPENSION ET ALLUMAGE AUTOMATIQUE DE LANTERNES A GAZ « POUR CANDÉLABRES ÉLEVÉS. »

M. G. HIMMEL, de Tubingue (lecture). — « . . . . . » (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT NACHTSHEIM. — Messieurs, ce bec est installé devant la porte du Palais des Congrès.

Y a-t-il quelqu'un qui demande la parole ?

M. BOUVIER. — Le modèle de M. HIMMEL se trouve du côté de la passerelle. Il a expliqué que les deux cônes, qui s'emboîtent l'un dans l'autre, portent trois rainures : l'une, pour le passage principal du gaz; la seconde, pour une rampe; la troisième, pour une veilleuse. On peut donc allumer grâce à l'une ou l'autre des deux dispositions.

M. le PRÉSIDENT NACHTSHEIM. — La parole est à M. LECOMTE, pour sa communication :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES ÉCLAIRAGES CONCURRENTS DU GAZ. »

M. LECOMTE, de Paris (lecture). — « . . . » (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT NACHTSHEIM. — Messieurs, la discussion est ouverte.

M. VAUTIER. — Messieurs, parmi nos collègues d'Allemagne, il y en a peut-être qui pourraient donner des renseignements intéressants sur l'éclairage à l'alcool.

M. CHEVALET. — La question a été traitée au Congrès International de chimie appliquée, et les personnes que la question intéresse pourront y trouver une ou deux communications sur ce sujet.

M. VAUTIER. — Y a-t-il eu quelques personnes étrangères qui ont pris la parole?

M. CHEVALET. — Oui, monsieur le Président; c'est pour cela que je me suis permis de le citer.

M. VAUTIER. — Messieurs, je rappelle que ce soir a lieu la visite au magasin de la Compagnie Parisienne de la rue du Quatre-Septembre.

M. BRIX a quelques indications à donner au sujet de la circulaire que j'ai mentionnée concernant l'exposition spéciale de l'industrie du gaz et de l'eau, qui doit avoir lieu à Vienne, en 1901.

M. Alwin BRIX, de la maison Brix, Kempler et Cie, de Vienne. — Messieurs, je dois à l'obligeance de M. le Président de prendre la parole pour vous expliquer le but de l'Exposition que nous voulons entreprendre l'année prochaine, à Vienne.

Vous avez bien reçu la circulaire par laquelle nous avons pris la liberté de vous inviter. C'est une Exposition spéciale de l'industrie du gaz et de l'eau que nous voulons entreprendre; malgré les merveilles de l'Exposition que nous avons vue à Paris, nous avons cru qu'il était intéressant pour nous tous d'avoir une exposition spéciale pour notre industrie, et j'espère que notre appel pour que vous preniez tous part à cette exposition ne sera pas fait en vain. (*Applaudissements.*)

La séance est levée à cinq heures trois quarts.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mercredi 5 septembre (matin).

La séance est ouverte à neuf heures et demie.

M. VAUTIER. — Messieurs, j'ai à vous faire les communications suivantes :

Jeudi, à neuf heures et quart, réunion sur la terrasse de l'horticulture pour la photographie des Groupes. Jeudi, à onze heures et demie, visite au Palais des illusions où une séance spéciale sera réservée aux membres du Congrès. Vendredi matin et après-midi, visites dans l'Exposition. Nous indiquerons ce soir les visites organisées. Mais je vous informe dès maintenant que de trois heures à cinq heures, nous pourrons aller voir la fabrication du carbure de calcium d'après le procédé de M. Moissan, dans l'annexe de la classe 24, au Champ-de-Mars.

Nous aurons, en outre, dans la matinée de vendredi, à faire une visite au Pavillon de la Ville de Paris. M. Lauriol a bien voulu nous dire qu'il s'y trouverait de neuf heures et demie à onze heures et demie.

Nous pourrons nous rendre ensuite à l'Exposition rétrospective de l'éclairage installée dans la classe 75, aux Invalides, par M. d'Allemagne qui aura l'obligeance de vous montrer ses intéressantes collections.

M. VAUTIER. — Messieurs, je prie M. MAC DONALD, président de la Western Gas Association des Etats-Unis (Albany), de vouloir bien prendre la présidence. (*Applaudissements.*)

M. MC DONALD. — Messieurs, je vous remercie de l'honneur que vous me faites en me donnant la présidence. Notre séance commencera ce matin par la lecture de la communication de M. Alfred E. Forstall, de New-York, sur « L'HISTORIQUE, LE « CARACTÈRE ET LES RÉSULTATS DE LA FONDATION D'ENSEIGNEMENT « (Educational fund) DE L'AMERICAN GAS LIGHT ASSOCIATION. » M. Forstall étant absent, cette communication sera lue en français.

M. GODINET, secrétaire, donne lecture de la communication de M. FORSTALL. (*Applaudissements.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Mc Donald. — La communication dont nous venons d'entendre la lecture est intéressante, mais je présume qu'elle ne donnera pas lieu à une discussion, par suite de l'absence de l'auteur. C'est notre habitude en Amérique, néanmoins je laisserai les membres du Congrès agir suivant la méthode qu'ils jugeront la meilleure.

M. Von Oechelhaeuser. — Je n'ai pas l'intention d'ouvrir une discussion. Je voudrais simplement donner connaissance de certains faits d'expérience personnelle, comme partisan d'une éducation meilleure des ingénieurs, sous-ingénieurs assistants et plombiers, j'ai été naturellement ravi de voir que les mêmes idées que nous avons poursuivies en Allemagne ont trouvé une solution très intéressante en Amérique. En pareille matière, je ne suis pas d'avis qu'il n'y ait qu'un seul chemin qui conduise à Rome, et je pense que les exigences sont tout à fait différentes dans les divers pays, et que ce qui est bon pour l'Amérique peut ne pas être bon pour l'Angleterre ou l'Allemagne. Si l'auteur dit, à la fin de son mémoire très intéressant, qu'il ne croit pas que les voies que nous avons suivies en Allemagne depuis quelques années, soient bonnes pour l'industrie du gaz, je pense qu'il a seulement parlé au point de vue de l'Amérique ; car nous sommes très satisfaits des résultats que nous avons obtenus en Allemagne, en suivant trois directions.

Nous avons jugé nécessaire d'abord pour les ingénieurs instruits de leur donner, dans les écoles polytechniques, une éducation professionnelle organisée sur une base naturellement scientifique, mais un peu plus spéciale surtout en ce qui concerne la chimie et d'autres spécialités, de sorte que les jeunes gens soient, en sortant de l'École polytechnique, aussi bien préparés pour l'industrie du gaz qu'ils le sont, en Allemagne, au plus haut degré, pour l'électricité. Et ces cours de l'École polytechnique, commencés d'abord à Karlsruhe sous l'initiative de notre ami M. le Dr Bunte, ne peuvent se faire du tout de la même manière, qu'il est proposé ici, parce qu'on ne peut pas donner de telles leçons par correspondance. Nous espérons étendre ce mode d'éducation scientifique supérieure à toutes les Ecoles polytechniques d'Allemagne.

La deuxième direction a été donnée en Allemagne, dans les cours de vacances pour ainsi dire, où des ingénieurs qui n'ont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas fréquenté l'École polytechnique, mais qui ont une éducation technique moyenne, viennent non seulement pour recevoir une instruction scientifique moyenne, mais aussi une instruction pratique, au point de vue des analyses chimiques. Aussi cette instruction ne peut-elle pas être obtenue par correspondance, comme le recommande M. Forstall.

Ensuite, la troisième direction : l'école de plombiers que nous avions créée pour notre Compagnie de Dessau. Cette école a pour but de créer de bons plombiers, sachant se comporter suivant les besoins de notre industrie, par exemple, éviter les explosions et se tirer des difficultés professionnelles ordinaires. Ils doivent recevoir en outre une instruction spéciale, parce que nous avons trouvé que, parmi la jeune génération des plombiers, ils ne savent pas leur métier, pas seulement théoriquement, mais ils ne savent pas bien travailler. C'est donc un enseignement pratique, qu'on ne pourrait jamais donner d'après cette méthode américaine. Je suis convaincu que cette méthode américaine aura de bons résultats en Amérique pour ses besoins ; mais pour nous autres, si nous faisions dans notre congrès allemand une proposition comme celle-là, je ne crois pas qu'il y aurait une seule voix en sa faveur.

Donc, les exigences diffèrent suivant les pays ; et, pour ne pas prolonger davantage cette discusssion, je prends la permission de déposer sur le bureau du Congrès le rapport de notre Commission allemande, qui a été présenté à Mayence cette année. Vous y trouverez toutes les expériences que nous avons faites à Carlsruhe et à Dessau. Jusqu'ici, à Dessau, c'est une petite école, et, pour notre Compagnie, il y a 12 ou 15 ouvriers qui reçoivent ensemble cette instruction sous le contrôle d'un vieux contre-maître et dont les cours sont faits par nos ingénieurs, qui s'en occupent avec beaucoup de plaisir et de dévouement.

Dernièrement, à Mayence, notre assemblée avait étudié comment on étendrait ces écoles aux autres parties de l'Allemagne, parce qu'il est naturellement désavantageux d'envoyer des hommes de toutes les parties de l'Allemagne, à Dessau. Et on a résolu de confier cette tâche à toutes les huit sociétés filiales du « Deutsche Verein von Gas und Wasserfachmænnern » qui s'en occuperont et regarderont les besoins spéciaux des provinces où elles résident et où sont leurs intérêts. Il s'agira toujours de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trouver des jeunes gens qui aient l'ardeur de s'occuper d'une manière plus sérieuse de leur métier, et ce sera seulement une minorité intelligente. Mais j'espère que nous recruterons cette minorité par cette organisation.

Vous trouverez, dans ce rapport de Mayence (1), aussi les frais qui jouent un grand rôle, surtout dans cette école de plombiers, parce que, naturellement, si nous prenons les jeunes gens, nous sommes forcés de les payer; mais en compensation ces jeunes gens prennent l'obligation de nous offrir leurs services pendant trois années, si nous en voulons. Cela a été trouvé jusqu'alors très bien.

Dans tous les cas, nous pouvons être très reconnaissants de ce rapport américain très intéressant; mais j'espère qu'on trouvera, dans les autres pays, les chemins qui correspondent surtout à leurs besoins spéciaux.

Je dépose ici ce rapport; peut-être y trouverez-vous quelque chose qui vous intéressera. (*Applaudissements.*)

M. Gigot, de Paris. — M. Forstall dit, dans son mémoire : « Le Comité croit que les avantages retirés par les élèves de la réception des réponses du Comité aux questions proposées sont de très peu d'importance en comparaison des grands avantages résultant de la connaissance des ouvrages et de l'entraînement intellectuel nécessaire pour préparer les réponses. » Je crois que c'est très juste, mais je crains que ces avantages ne durent pas longtemps. Les questions sont très limitées, et, au bout de quelques années, les nouveaux élèves connaîtront les réponses déja faites par le Comité; ils auront donc un manuel très bien fait, et le but ne sera peut-être pas rempli; tandis que, dans un cours, on est obligé de travailler par soi-même. Si les élèves ont les réponses toutes faites, le travail qu'ils devront présenter au Comité sera moins utile. (*Applaudissements.*)

M. Helps (parle en anglais et est traduit par M. Brady).
— En Angleterre, les institutions organisées sous le contrôle de The City and Guilds of London Institute, pour la préparation du personnel, ont dépensé jusqu'à présent beaucoup d'argent pour l'instruction des personnes, et ce système est confié maintenant à une seule corporation, qui dirige toutes les autres. Des cours

(1) Voir Annexes, page 1094.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont faits non seulement en Angleterre et à Londres, mais dans le pays tout entier. Un programme est dressé, et tout le système d'éducation est arrêté sur les mêmes bases pour toute l'Angleterre. Toutes les professeurs sont inscrits, et personne ne peut donner de l'instruction, à moins d'avoir un certificat provenant de ces corporations. A la fin de chaque session, il y a des examens tenus par des professeurs compétents, et après l'examen des candidats, des prix ou médailles seront distribués à ceux qui sont reconnus méritants.

Il est facile de voir que ce système possède des points faibles, surtout en ce qui concerne notre industrie ; les élèves n'ont pas toujours les moyens nécessaires pour s'instruire sur la fabrication du gaz, parce que, dans beaucoup de villes, les usines ne sont pas assez grandes pour leur offrir toutes les ressources.

Le plan qui a été dressé en Amérique a beaucoup plus d'avantage que le plan que nous avons actuellement en Angleterre. Un des défauts du système, en Angleterre, tient, en ce qui concerne les examens, à ce que les points où les questions sont posés par un seul individu compétent. Mais il serait de beaucoup préférable d'avoir un corps organisé pour préparer les questions et faire les examens, plutôt que de s'en remettre à une seule personne, quelque compétente qu'elle soit. Ceux qui savent la difficulté de trouver des contremaîtres compétents se rendent compte de la peine qu'il faut se donner pour leur éducation. On peut être bon organisateur, bon administrateur, mais ne pas posséder les connaissances techniques nécessaires. Et si nous avions un plan général pour l'instruction des gaziers, je crois que notre tâche serait simplifiée.

M. Vautier. — Ces cours sont-ils faits le soir, en dehors du travail, ou bien dans la journée.

M. Helps. — Principalement dans la soirée, après le travail.

M. Vautier. — L'idée de M. Clarke me paraît nouvelle en tant qu'elle s'applique à un enseignement industriel ; j'ai été témoin, pendant plusieurs années du fonctionnement de cours par correspondance, et bien que ces cours fussent purement scientifiques, j'ai été frappé de voir combien ils donnaient plus de peine et moins de résultats que les cours où le professeur et les élèves sont en présence. Aussi doit-on trouver très remarquables les résultats obtenus par M. Clarke.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai encore à mentionner les cours du soir organisés à Lyon par la Société d'enseignement professionnel du Rhône qui fonctionne depuis une quarantaine d'années. Cette Institution est très bien conçue et supérieurement dirigée; elle a su grouper les initiatives individuelles et en tirer un remarquable parti; son administration est des plus simple, ce qui ne l'empêche pas de déployer beaucoup d'activité, puisqu'elle a 145 cours en fonction et plus de 6.000 élèves; elle ouvre un nouveau cours toutes les fois que la demande en est faite par une vingtaine de personnes; la Société choisit le professeur, les auditeurs désignent un certain nombre d'entre eux, sous le nom de commissaires, qui ont pour mission de veiller à la discipline et à l'assiduité. Des prix sont décernés à la fin de l'année. Ces cours s'adressent aux ouvriers et employés de commerce; ils sont suivis avec une régularité remarquable et ont certainement élevé le niveau de l'instruction professionnelle dans la région lyonnaise. Ils opèrent en même temps une sélection dans le milieu auquel ils s'adressent, car ceux qui s'astreignent à le suivre avec assiduité après une journée de travail, donnent par cela même une preuve appréciable de leur volonté et de leur désir de s'instruire.

Un certain nombre de ces cours se rapportent à des professions manuelles; on développe des connaissances théoriques parmi lesquelles l'ouvrier trouve la raison des règles qu'il met plus ou moins consciemment en pratique : il devient par là plus apte à se perfectionner dans sa profession.

J'ai beaucoup remarqué dans le Pavillon de la Ville de Paris, l'exposition de quelques cours du soir qui sont consacrés non seulement à l'enseignement de la partie théorique de certaines professions, mais encore aux travaux manuels qui s'y rapportent. C'est là un complément d'instruction qui me paraît de la plus haute importance. Ces travaux manuels sont exécutés dans les ateliers des Ecoles professionnelles où les élèves ordinaires ne sont présents que pendant la journée ; on arrive ainsi à réduire à peu de frais la dépense de cet enseignement pratique, qui, sans cela, serait probablement difficile à réaliser, en raison de la dépense élevée qu'il entraînerait. Il y a là un exemple à retenir.

Pour revenir à notre industrie, je crois qu'il y a quelque chose à faire pour arriver à former un plus grand nombre d'ouvriers habiles, notamment pour la plomberie, et, à cet égard, j'estime

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que M. von Oechelhaeuser en fondant l'Ecole de Dessau, a pris une initiative des plus intéressantes.

M. HUNT, de Birmingham (parle en anglais, traduit par M. BRADY). — En ma qualité d'ancien examinateur pour la City and Guilds of London, je demande la permission de compléter sur quelques points les remarques de M. Helps; j'ai trouvé que les personnes qui se présentaient pour l'examen étaient principalement, sinon entièrement, employées dans des usines à gaz ou des industries se rattachant à la fabrication du gaz et qu'elles présentaient peu ou pas de traces de l'influence de la fréquentation des cours créés pour l'enseignement de la fabrication du gaz.

De mon temps, à tous les degrés d'examen, les questions étaient préparées dans le but de mettre en évidence, autant que possible, les connaissances pratiques des candidats, en évitant la théorie. — Toute tendance à transformer un examen pratique en un examen théorique doit, à mon avis, être écartée.

M. Helps semblait attacher une grande importance à ce que ces examens fussent contrôlés plutôt par une corporation que par une seule personne. Si ces examens étaient dirigés par une corporation, par le « Gas Institute » ou une autre compagnie, ils pourraient avoir plus de valeur que dans le système qui existe actuellement.

Mais, je ne veux pas aller plus loin. J'ai une grande expérience des examens, j'ai eu à en parler avec des collègues, et j'ai trouvé cette question d'enseignement très difficile, et je la trouve particulièrement difficile quand un seul individu est chargé de poser les questions. Les examens rédigés auraient plus de valeur si le programme était préparé par une corporation. (*Applaudissements.*)

M. RAMSDELL (parle en anglais, traduit par M. Brady). — Nous avons fait la même expérience, en Amérique. Lorsqu'on s'est occupé de la question d'éducation, en Amérique, on en a chargé un comité. On a trouvé beaucoup de difficultés à poser les questions, mais encore plus à examiner les réponses. On ne pouvait pas suivre les progrès faits par un seul individu, lorsqu'il y avait plusieurs ingénieurs examinant les réponses. Après une longue expérience on se trouvait forcé de confier l'ouvrage à un seul ingénieur. (*Applaudissements.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. LE PRÉSIDENT Mc DONALD. — Je propose des remerciements en faveur de M. FORSTALL, pour la communication qu'il a présentée. (*Applaudissements*).

La parole est à M. HEDDE, pour sa communication :

« DES MOYENS D'INTÉRESSER LES CHAUFFEURS AU TRAVAIL DES FOURS. »

M. HEDDE, de Paris (lecture) : — « .... » (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT Mc DONALD. — J'invite les membres de ce Congrès qui parlent anglais à prendre la parole au cas où ils auraient où des indications à donner ou des renseignements à fournir sur les méthodes qu'ils emploient soit pour intéresser les chauffeurs à leur travail, soit pour leur allouer une partie des bénéfices de la Compagnie.

Si l'un des représentants anglais ou un Membre d'un autre pays a trouvé le moyen d'encourager ses ouvriers à faire un meilleur travail, c'est-à-dire à fabriquer plus de gaz ou à obtenir du gaz d'un pouvoir éclairant plus élevé, en leur accordant un supplément à leurs salaires réguliers, nous serions heureux de l'entendre parler sur ce point.

M. RIEDER, de Mulhouse. — Messieurs, je crois qu'il faut attribuer le silence de nos collègues d'Allemagne à ce fait que, depuis un certain temps, l'Etat ayant pris en main, par une loi spéciale, les caisses de retraites, de secours, etc., les usines n'ont plus rien fait. Auparavant, il y avait certaines usines qui faisaient peut-être mieux pour l'ouvrier : aujourd'hui, l'Etat se charge de tout. C'est à cela qu'il faut attribuer probablement le silence de nos collègues à ce sujet.

M. SALOMONS, de Bruxelles. — Messieurs, je voulais seulement dire que la compagnie Continentale impériale, qui existe depuis soixante ans, a toujours donné depuis cette époque des pensions à ses ouvriers et à leurs femmes sans aucune contribution de leur part. Depuis quelques années, ces mesures ont été réglementées et la base est que, l'ouvrier arrivé à un certain âge, reçoit une pension calculée à raison de 4 0/0 de son salaire pour chaque année de service et les veuves la moitié de la pension qu'auraient touchée leurs maris. Les pensions ne sauraient naturellement jamais dépasser la totalité des salaires annuels.

M. VAUTIER. — Je remercie M. SALOMONS de ce qu'il vient de dire ; mais, ce n'est pas cette question que nous avions posée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons demandé si, en dehors de la question de salaire, on ne faisait pas quelque chose pour intéresser les chauffeurs à faire mieux leur travail.

M. KRAFFT, de Naples. — A Naples, nous avons essayé d'intéresser les chauffeurs à un meilleur travail, en leur donnant, indépendamment de leur salaire fixe, une rétribution proportionnelle, par exemple, au gaz produit par cornue. Au bout d'un certain temps, nous nous sommes aperçus que nous n'obtenions rien. Nous nous sommes contentés alors d'allouer une prime de fr. 0,25 par jour de douze heures, lorsque le travail est bien fait; cette prime n'est pas donnée, lorsque le travail est fait avec négligence. L'ouvrier s'arrange pour avoir sa prime de fr 0,25. Le salaire est de fr 3,50 par jour, plus les fr 0,25 de prime, plus un repas qui nous coûte fr 0,50. Nous sommes obligés d'avoir recours à ce moyen, parce que les ouvriers se nourrissant très mal, nous devons leur faire manger de la viande pour les mettre en état de résister au travail des fours, qui est très dur, surtout en été. (*Applaudissements.*)

M. Chas. E. BOTLEY, de Hastings (parle en anglais, traduit par M. Krafft).

Les chauffeurs ont été encouragés pour donner le maximum de travail, et pour cela, on leur accorde une prime. Une certaine quantité de travail est imposée, ainsi qu'une certaine quantité de gaz à faire. Après ce travail fait, pour tout ce qui est produit en plus, on leur donne fr. 0,25 par mille pieds cubes. Cette somme est distribuée entre tous les chauffeurs. On pratique ce système depuis quelques années, et le travail est meilleur que précédemment. S'il se trouve un chauffeur ne faisant pas bien son travail, il est éliminé par ses camarades, parce qu'ils perdraient leur prime.

Je suis très content de la façon dont nos ouvriers se sont conduits sous le nouveau système. (*Applaudissements.*)

M. VAUTIER. — Messieurs, je prie M. CRAMER, Président de la Société technique de Hollande, de vouloir bien présider la fin de la séance. (*Applaudissements.*)

M. CRAMER remplace M. MAC DONALD au fauteuil de la présidence.

M. LE PRÉSIDENT CRAMER, de Rotterdam. — La parole est à M. BOUVIER, pour sa communication :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« COMPARAISON ENTRE LES ÉCLAIRAGES USUELS, A ÉCLAIRAGE ÉGAL, « PAR LA MÉTHODE GRAPHIQUE. »

M. Ad. BOUVIER, de Lyon. — (Lecture.) « ..... » (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT CRAMER. — Messieurs, quelqu'un demande-t-il la parole ?

Nous témoignons notre reconnaissance à M. BOUVIER pour son intéressant travail.

La parole est à M. BENGEL, pour sa communication :

« RAPPORT SUR L'UTILITÉ DE L'UNIFICATION DES PAS DE VIS POUR LES « APPAREILS A GAZ. »

M. VISINET, en l'absence de M. BENGEL (de Paris), résume la communication. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT CRAMER. — M. LACAZE a la parole.

M. LACAZE. — M. BENGEL propose au Congrès de prendre l'initiative d'une disposition générale, internationale, qui, en ce qui concerne les compteurs, a déjà été prise à Paris et est due à l'initiative de la Compagnie Parisienne.

En effet, la Compagnie Parisienne, dont le nombre des compteurs en service est très important, éprouvait, aux époques des termes, des difficultés considérables lorsqu'il fallait, pour une raison quelconque, remplacer un compteur dans une installation. Les entrepreneurs demandaient, afin de simplifier leur travail, un compteur de tel fabricant et de telle année, pour mettre aux lieu et place d'un compteur du même fabricant et de même année, parce que le fabricant lui-même n'avait pas conservé, d'une année à l'autre, les mêmes diamètres et les mêmes pas de vis. C'était là une complication extrême.

Souvent, dans l'impossibilité de donner satisfaction à son entrepreneur, la Compagnie donnait un compteur quelconque ; alors, si l'ouvrier chargé de placer le compteur avait un compteur dont les raccords étaient plus faibles que ceux du compteur ancien, il obviait à l'inconvénient en garnissant le nez du raccord de filasse et de blanc de céruse. Cette installation défectueuse, au bout de peu de temps, se signalait par des fuites de gaz qui provoquaient des réclamations de la part des abonnés. Cette situation devenait d'autant plus périlleuse que le nombre des abonnés augmentait.

Aussi, dès 1889, M. MAILLET, Ingénieur, Directeur des Ser-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vices extérieurs de la Compagnie Parisienne, prit-il l'initiative d'une réforme locale et radicale.

M. MAILLET fit remettre aux différents fabricants de compteurs une série de calibres types, depuis le 5 becs jusqu'au 150 becs, et, lors des commandes, il fut spécifié que les entrée et sortie des compteurs seraient du type adopté, type se rapprochant le plus possible de ceux indiqués par l'arrêté préfectoral de 1866. Le diamètre du raccord de compteur 5 becs prévu à l'arrêté, de mm 30, a dû être porté à mm 30, 4, afin de pouvoir obtenir l'enclavement indiqué de mm 23. Pour tous les autres calibres, les diamètres de l'arrêté de 1866 ont pu être maintenus.

Depuis cette époque, les changements de compteurs se sont faits sans difficulté, et les fuites signalées à l'entrée des compteurs ont presque totalement disparu.

Cette mesure, adoptée par la Compagnie Parisienne et les fabricants ayant, tous, les mêmes raccords pour une Compagnie, il semblait que le plus difficile était fait et qu'il n'y avait plus qu'à se donner le mot d'ordre pour avoir en France et dix ans plus tôt la réforme désirée.

Quelques groupes d'usines ayant eu connaissance de ce que la Compagnie Parisienne avait fait spécifièrent, lors de leurs commandes, que les raccords des compteurs devaient être du type « Compagnie Parisienne ».

Avant d'arriver à faire adopter par tous les pays représentés ici au Congrès un type unique, ce qui serait l'idéal, il semble que déjà, au point de vue national, il suffirait que le Congrès décrétât l'emploi d'un type normal, par exemple celui de la Compagnie Parisienne, pour que, du jour au lendemain, la décision puisse être mise en vigueur, puisque ce type normal est déjà d'une fabrication courante dans tous les ateliers de fabrication des compteurs.

Si, voulant généraliser la réforme, on désirait unifier tous les filetages, je rappellerai que, dans la réunion du 22 mars 1899, de l'Association de Constructeurs Néerlandais de machines et de navires, transformée dans le courant de l'année en Section de l'Institut Royal des Ingénieurs Néerlandais, il fut constitué une Commission spéciale chargée de continuer l'étude de la question de l'unification des filetages. Les résultats acquis par le Comité d'action Suisse dans le Congrès international de Zurich

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 1898, ont provoqué la constitution de cette Commission ; mais, ces propositions se bornaient au filetage des boulons et des écrous. La Commission fut chargée, en premier lieu, de commencer son travail par l'étude du filetage des tubes à gaz. Voilà donc une Commission qui fonctionne depuis deux ans, et il serait de l'intérêt de tous que le Congrès nommât une Commission qui se mettrait en rapport avec la commission de l'Institut Royal des Ingénieurs Néerlandais : ce serait ainsi deux années de préliminaires de gagnées. (*Applaudissements.*)

M. SILBERMANN, de Berlin. — Je puis ajouter que les fabricants allemands se sont réunis pour fabriquer tous les compteurs aux mêmes pas de vis.

Je profiterai de la proposition faite ici, pour me mettre en relation avec les fabricants d'appareils allemands, afin de prendre part à la convention pour le filetage des appareils (*Applaudissements*).

M. LE PRÉSIDENT CRAMER. — Quelqu'un demande-t-il encore la parole ?

M. BOLSIUS a la parole pour sa communication :

« RÉSULTATS OBTENUS EN HOLLANDE AVEC LES COMPTEURS A PAYE-« MENT PRÉALABLE. »

M. P. BOLSIUS, de Bois le-Duc (lecture). (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT CRAMER. — Messieurs, quelqu'un demande-t-il encore la parole?

M. KRAFFT, de Naples. — Messieurs, il est trop tard pour que je vous retienne longtemps. Je trouve très intéressant d'apprendre qu'à Amsterdam, ville maritime, les outils des ouvriers disparaissent comme à Naples, qui est aussi une ville maritime. Les Napolitains ne sont pas voleurs, mais ils ont sur la propriété des idées différentes des nôtres. Nous n'avons pas pu établir, comme on l'a fait ailleurs, des installations complètes avec le compteur à payement préalable ; nous installons un seul bec gratuitement et nous en faisons cadeau au propriétaire de l'immeuble, et non au locataire.

Quant au compteur à payement préalable, les Napolitains ont poussé l'ingéniosité jusqu'à trouver moyen de faire marcher le système de payement et de retirer la pièce de monnaie pour la remettre de nouveau, de sorte qu'ils avaient beaucoup de gaz pour fr. 0,10. Nous avons demandé aux constructeurs de modi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fier les appareils, de manière qu'on ne puisse plus retirer la pièce de monnaie, et nous n'avons plus les mêmes inconvénients.

En somme, nous nous trouvons bien du système du payement préalable, qui nous a procuré une nouvelle couche d'abonnés. (*Applaudissements.*)

M. Salomons, de Bruxelles. — Je désire demander à M. Bolsius, s'il n'y a pas quelque contradiction dans ce qu'il écrit, page 17 de son mémoire (page 846 du volume.) Je crois que nous sommes tous d'accord qu'il y a un point très important dans l'installation des compteurs à payement préalable, c'est qu'il faut assurer l'intérêt et l'amortissement du capital engagé, surtout quand il s'agit de quantités énormes. On parle, dans la brochure, d'une quantité éventuelle de 30.000, à Amsterdam ; cela ferait 1 million et demi de francs, à raison de 50 francs par installation de compteur. Page 17 (page 846 du volume), M. Bolsius dit :

« Dans les renseignements mis à ma disposition, j'ai pu remarquer que d'aucuns de mes collègues sont toujours encore d'avis que le système des compteurs P. P., considéré au point de vue commercial et financier, peut être accepté et introduit avec tel prix du gaz qui après soustraction faite des frais d'amortissement et d'intérêts sur le montant des conduites, compteurs, lampes, réchauds, etc., et des frais extraordinaires attachés à la recette assure encore un certain bénéfice sur le prix coûtant du gaz. »

Et, plus loin, M. Bolsius propose d'augmenter le prix du gaz d'une surtaxe suffisante pour couvrir les frais d'amortissement et les frais d'intérêts d'installation. Est-ce qu'il veut dire un bénéfice exceptionnel, en dehors du prix coûtant du gaz, quand il parle de bénéfice ? Je suppose qu'il coûte 300 francs et qu'on le revende 700, est-ce qu'il y a là un bénéfice existant en dehors du bénéfice de surtaxe qu'il faudrait ajouter pour amortir et payer les frais ? Est-ce que je pourrais demander à M. Bolsius de s'expliquer sur ce point ?

M. Bolsius. — Mon intention est de dire que les frais extraordinaires du système (ou plutôt ordinaires, puisqu'il s'agit d'intérêts et d'amortissement d'avances faites au client) doivent être retrouvés, dans la surtaxe, ou à peu près. Par contre, je ne partage pas l'avis de ces collègues qui introduisent le système avec

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tels prix, laissant (à cause de sa trop faible surtaxe) au-dessus du prix coûtant du gaz, un bénéfice *notablement* moindre que la différence entre le prix général et le prix coûtant.

M. Vautier. — Si je comprends bien, la question posée est la suivante. Je suppose que le prix, pour les compteurs ordinaires, soit de fr. 0,25 ; et qu'on fasse payer au compteur préalable fr. 0,29 : les 4 centimes de différence seraient pour reconstituer le capital engagé, et il ne resterait pas de bénéfice supplémentaire pour le gaz ; au lieu que vous demandez s'il restait un bénéfice supplémentaire pour le prix du gaz.

M. Bolsius. — Non, c'est tout à fait le contraire.

M. Vautier. — Vous demandez que la surtaxe soit suffisante pour l'amortissement et l'intérêt du capital engagé dans l'installation.

M. Salomons, de Bruxelles. — A Amsterdam, où ce système paraît avoir une extension si grande, tandis que M. Bolsius compte qu'il faut 1 1/2 cent pour payer l'intérêt et l'amortissement, on ne compte que 1/2 cent ; à Amsterdam, le prix de vente par le compteur à payement préalable est réellement de 1/2 cent plus élevé que le prix ordinaire. En admettant une consommation moyenne de 400 mètres cubes par an, on aurait 2 florins par an, comme amortissement sur un capital, mettez 50 florins ; de sorte que, sur 20.000 compteurs à payement préable, il y aurait un déficit de 100.000 florins par an.

Je dois dire qu'en relisant le premier budget de la ville d'Amsterdam, en 1898, après que nos usines ont été reprises, j'ai été frappé de voir qu'il n'y avait pas d'amortissement pour le compteur à payement préalable.

M. Vautier. — A combien estimez-vous qu'une installation à compteur à payement préalable vous revient ?

M. Bolsius. — Vous avez ici les chiffres d'Angleterre : 50 florins à peu près, plutôt un peu moins. Aujourd'hui, par suite de la hausse des métaux, il faut compter 65 florins.

M. Vautier. — Oui, mais en général, on fait la plomberie gratuitement et la colonne montante. Est-ce que vous comptez ces frais-là ?

M. Salomons. — Toute l'installation extérieure. Je crois que, pour être prudent, il faudrait que la surtaxe fût suffisante pour donner à peu près 10 0/0 sur le capital engagé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. VAUTIER. — Alors, nous ne sommes plus à 2 florins.

M. SALOMONS. — Je constate qu'à Amsterdam, avec une augmentation de 1/2 cent, on arrive à peu près à 4 ou 5 0/0 sur le capital engagé.

M. VAUTIER. — Alors, ce serait insuffisant ?

M. SALOMONS. — Je parle comme ex-Directeur des usines à gaz ; je le trouve insuffisant.

Maintenant, M. Bolsius constate que c'est en 1895 qu'on a commencé l'introduction des compteurs à payement préalable Si je ne me trompe, à Amsterdam, nous avons commencé plus tôt ; nous les avons introduits sur une petite échelle ; et je me rappelle que, quand les premiers compteurs à payement préalable ont paru, j'ai eu occasion de les examiner et de les soumettre à l'Administration du poinçonnage, à Amsterdam. Je crois que c'est par suite de mes démarches que ces compteurs du système anglais à payement préalable ont été admis. Pour le poinçonnage des compteurs anglais, on éprouvait des difficultés ; l'Administration du poinçonnage ne voulait pas admettre, dans le moment, le compteur à payement préalable, parce que cela pouvait avoir une influence sur le compteur même. Ils n'ont pas voulu accepter ces compteurs ; ils voulaient seulement avoir des compteurs où, quand le gaz était arrêté, la chambre se trouvait vidée.

M. LE PRÉSIDENT CRAMER. — Messieurs, personne ne demande plus la parole ?

Je vous rappelle que la séance de cette après-midi commencera à deux heures dix précises, l'ordre du jour étant très chargé.

La séance est levée à midi et demi.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mercredi 5 septembre (après midi).

La séance est ouverte à deux heures un quart.

M. VAUTIER. — Depuis le commencement du Congrès et grâce à l'activité de MM. les secrétaires et de notre secrétaire général, vous avez reçu chaque jour les procès-verbaux imprimés des séances de la veille. Quelqu'un a-t-il des rectifications ou des observations à présenter sur ces procès-verbaux ? Personne ne demandant la parole, je prie ceux qui sont d'avis de les approuver, de lever la main... (*Toute l'assemblée*)... Il n'y a pas d'avis contraire?... (*Personne*). Les procès verbaux sont adoptés à l'unanimité.

Avant la cloture de cette séance, nous soumettrons à votre approbation les procès-verbaux des séances de ce matin et de cette après-midi.

M. ROUGET, de Paris. — Voulez-vous me permettre de dire un mot pour expliquer ce qu'il y a à voir à Montreuil. Il s'agit du chargement des cornues à gaz à l'aide de la chaîne de Brouwer, de l'entraîneur de Brouwer. J'ai déjà fait plusieurs communications à ce sujet au Congrès italien : c'est l'utilisation de la chaîne pour amener le charbon au haut de la plus haute cornue et le chargement dans la cuiller, dans les conditions de service d'une usine. J'ai eu l'honneur de recevoir hier plusieurs ingénieurs anglais et ils n'ont pas regretté leur petit voyage : je crois que vous ne perdrez pas votre temps en venant voir cette installation. (*Applaudissements.*)

M. VAUTIER. — Messieurs, je prie M. Krafft, secrétaire de la Société Technique d'Italie, de vouloir bien prendre place au fauteuil de la Présidence. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT KRAFFT. — Messieurs, l'ordre du jour appelle la communication de M. Auguste LÉVY sur les objets suivants :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Eclairage intensif par le gaz des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro. — Chauffage au Gaz. — Cuisine au Gaz. »

Pour la clarté de la discussion, je crois qu'il conviendrait de diviser cette communication en trois parties et d'ouvrir la discussion après chacune d'elles.

La parole est à M. Auguste Lévy.

M. Auguste Lévy, de Paris, donne d'abord lecture de la première partie de sa communication : « Eclairage intensif par le gaz des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro » — (Lecture) « . . . . . » (*Applaudissements.*)

M. le Président Krafft. — Messieurs, vous avez apprécié l'importance de la communication de M. Lévy. M. A. Lévy avec MM. Euchène et Louvel, dont vous avez déjà entendu et applaudi les communications, est un des éléments de cette phalange remarquable de chefs de service de la Compagnie Parisienne, qui savent, sur des indications générales, poursuivre des recherches personnelles et contribuer aussi bien au développement de nos connaissances techniques qu'à l'amélioration des conditions financières de notre industrie. L'éclairage au gaz sous pression du Champ-de-Mars et du Trocadéro ne fait certainement regretter aucun éclairage électrique. Si nous pouvions amener ici les maires, les bourgmestres, les syndics des Communes qui sont encore entraînés par le courant électrique et se figurent qu'il n'y a pas de salut en dehors de lui, je crois que nous obtiendrions qu'ils conservent le gaz au lieu de s'enticher de lampes à arc, qui font un tout autre effet. (*Vifs applaudissements.*)

Je donnerai la parole à ceux de vous qui voudraient la prendre sur cette question. Il y a certainement ailleurs des installations qui pourraient intéresser l'Assemblée. Je prie instamment ceux qui sont en mesure de faire des communications importantes sur cette question, de vouloir bien prendre la parole.

Personne n'a rien à demander à M. Lévy, comme complément de ses explications?

Alors, je prie M. Lévy de vouloir bien passer à la seconde partie de sa communication : « Le chauffage au gaz. »

M. A. Lévy (lecture). — « . . . . . » (*Applaudissements.*)

Je n'ai parlé que du chauffage des appartements et pas du chauffage industriel. J'ai donné simplement quelques indications pour faire des essais dans un laboratoire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. LE PRÉSIDENT KRAFFT.— Messieurs, la discussion est ouverte sur la question du chauffage au gaz des appartements. Quelqu'un de vous désire-t-il la parole?

Nos collègues allemands ont fait des travaux très détaillés sur la question des meilleurs appareils pour le chauffage des appartements. Il y a eu aussi en Allemagne la question des chauffe-bains, qui a donné lieu à des observations importantes, parce qu'il s'est produit des accidents dans les cabinets de bains. Il ne faudrait pas laisser nos clients s'imaginer, qu'il ne peuvent prendre de bains sans courir le risque d'être asphyxiés. Je crois qu'il serait intéressant de parler sur ces deux questions et de donner les résultats obtenus dans différents pays. Personne ne demande la parole sur la question du chauffage des appartements par le gaz?

En ce cas, je prie M. LÉVY de passer à la troisième partie de sa communication sur la « CUISINE AU GAZ ».

M. A. LÉVY (lecture). — « ..... » (*Applaudissements.*)

Des essais comparatifs sommaires ont démontré qu'on pourrait faire la cuisine, dans les restaurants avec une consommation de 150 à 250 litres de gaz *par repas*. Il y avait lieu de savoir quelle était la consommation de charbon de quelques restaurants. Il est assez difficile d'obtenir des renseignements de ce genre. On nous a indiqué le chiffre de k. 1,300 par repas, dans un grand restaurant de Paris.

Un dernier point à examiner, quand il s'agit du gaz de cuisine, c'est l'intérêt du personnel à l'économie. Il y aura lieu, à l'avenir, dans les restaurants, de fixer une consommation approximative par repas ; une fois cette consommation établie, il conviendra de tenir compte au personnel des économies qu'il réalisera. En mettant à profit les indications techniques et les considérations commerciales, la cuisine au gaz a de grandes chances de se développer rapidement. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT KRAFFT. — Messieurs, je prie les personnes qui ont des communications à faire sur la cuisine au gaz, de vouloir bien prendre la parole.

M. DAUDY, d'Angers. — Quand les fourneaux à gaz placés gratuitement ou en location rentrent à l'usine, ils sont recouverts d'une couche graisseuse, dont l'enlèvement nécessite une main-d'œuvre assez coûteuse. Je demanderai à M. Lévy s'il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

connaît un procédé simple pour le nettoyage des fourneaux.

M. A. Lévy. — La question du nettoyage des appareils a attiré notre attention. Au moment de la construction des fourneaux de l'Exposition, nous avons été amenés à rechercher les moyens de simplifier le nettoyage. Il y a des plaques de propreté qui sont placées au-dessous des brûleurs et doivent faciliter la besogne. La hauteur entre ces plaques et les brûleurs sera augmentée dans l'avenir. (*Applaudissements.*)

M. le Président Krafft. — Messieurs, personne ne demande plus la parole sur la question de la cuisine au gaz?

M. Marchal, de Nantes. — Je crois qu'il serait intéressant que la plupart de nos abonnés connussent les avantages qu'on vient de signaler. Si, pour 150 litres de gaz par jour, on peut faire la cuisine d'un ménage, il me semble que c'est un résultat qui n'est pas atteint aujourd'hui avec le charbon. Si nous arrivons à assurer les mêmes résultats que ceux obtenus au Bon Marché et à l'École Polytechnique, nous aurons l'espoir d'avoir demain ou sous peu, de gros Établissements qui feront la cuisine au gaz dans des conditions avantageuses et pour eux et pour nous. (*Applaudissements.*)

M. le Président Krafft. — Quelqu'un a-t-il encore à dire quelque chose sur la cuisine? Personne ne demande la parole?

La cuisine, messieurs, pourtant est un sujet qui nous touche tous directement. Plus nous l'aurons perfectionnée, plus nous aurons à en profiter. Nous avons, parmi les conférences annoncées, une conférence sur l'art culinaire; je crois que nous avons tous intérêt à développer l'art culinaire par le gaz. Tout le monde n'a pas besoin de fours en état de cuire 250 côtelettes simultanément; mais, nous savons que le gaz se prête aux petites cuisines comme aux grandes. Les dispositions que présente M. Lévy ont été imaginées pour des cuisines françaises : mais le fourneau de cuisine sait s'adapter aux exigences locales. A Naples, j'ai fait étudier par un employé de la Compagnie un appareil permettant de cuire rapidement le macaroni et un four pouvant cuire un quartier d'agneau, un demi-agneau au besoin. Il a été construit par M. André, de Lyon, qui l'intitule : « cuisine italienne »; c'est une erreur; c'est une cuisine *napolitaine*. Cette cuisine, je l'ai mise à la disposition de ma cuisinière, qui, pendant cinquante-cinq ans ne s'est servie que du charbon. Au premier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moment, elle a été un peu dépaysée ; mais, six mois plus tard, elle ne pouvait plus se passer du gaz. (*Applaudissements.*)

Messieurs, je voudrais bien que quelqu'un voulût encore nous communiquer des observations faites ailleurs, sur les appareils de cuisine au gaz.

Si personne ne demande la parole, il me reste à remercier M. Auguste Lévy des intéressantes communications qu'il nous a faites et tous ceux qui ont bien voulu prendre la parole à cette occasion. (*Applaudissements.*)

M. Vautier. — Messieurs, comme suite à la discussion qui a eu lieu ce matin sur l'unification des pas de vis, le Bureau du Congrès s'est réuni et propose à votre approbation le vœu suivant :

« Le Congrès international de l'Industrie du Gaz,

« Considérant l'intérêt que présente, au point de vue des « installations de gaz chez les abonnés, l'interchangeabilité des « appareils de distribution et d'utilisation ;

« Émet le vœu que les Compagnies de Gaz prennent l'initia- « tive d'agir auprès des fabricants de compteurs et d'appareils « pour obtenir d'eux l'emploi de pas de vis uniformes pour « chaque type d'appareil ;

« Charge le Bureau de la Commission Internationale de Pho- « tométrie de réunir les éléments nécessaires en vue de réaliser « l'unification des pas de vis et de préparer, à cet effet, un rap- « port qui sera communiqué à tous les intéressés. » (*Applaudissements.*)

M. le Président Krafft. — Messieurs, vous avez bien compris le sens du vœu dont M. Vautier vient de donner lecture. Il est bon que ce vœu reçoive une approbation complète, plus complète que celle qui résulte de vos applaudissements. Je demanderai donc à l'assemblée d'émettre un vote.

M. Chevalet. — Le vœu est à prendre en considération, mais il ne peut être émis qu'à la condition qu'on adoptera le système métrique. Or, en Angleterre, le système métrique n'existe pas, et vous ne pouvez pas faire concorder les deux systèmes.

M. Vautier. — Cette difficulté, n'est qu'apparente, parce que nous n'avons pas l'intention d'imposer un pas de vis à créer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous cherchons, à atteindre un résultat pratique, et j'estime qu'il ne serait pas pratique de prendre comme pas de vis unique un pas de vis n'existant chez aucun constructeur d'appareils. Il s'agit de prendre le pas de vis le plus fréquemment répandu et de recommander son application aux maisons de construction.

M. CHEVALET. — Les mesures ne sont pas toutes les mêmes.

M. CHAMON. — Remarquez qu'au Conservatoire des Arts-et-Métiers, il y a toute une série de raccords pour compteurs, qui y sont déposés depuis 1875, sur la demande de la Chambre syndicale de Chauffage et d'Éclairage par le Gaz.

Je ne suis pas opposé à la proposition qui est faite et je m'y rallie; mais je crois qu'il serait bon de prendre connaissance de ces types-là et de s'en rapprocher le plus possible, de façon que le plus grand nombre de compteurs en service ne soient pas modifiés, autrement nous pourrions avoir des complications très grandes, entre autres l'obligation, chaque fois qu'un compteur devrait être changé, de changer également la plomberie. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT KRAFFT. — Les observations présentées seront prises en considération par la Commission qui sera nommée, si vous êtes d'avis de la nommer.

Que ceux qui sont d'avis de voter la proposition présentée par M. VAUTIER veuillent bien lever la main. (*Toute l'Assemblée.*)

Avis contraire? (*Personne.*)

Le vœu est adopté à l'unanimité.

Messieurs, l'ordre du jour appelle la communication de M. BIGEARD :

« A PROPOS DES COMPTEURS D'ABONNÉS. — OUVERTURE A UNE DISCUSSION SUR LES COMPTEURS SECS ET HYDRAULIQUES. »

M. BIGEARD, d'Angers. — (Lecture.) « ..... » (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT KRAFFT. — Messieurs, avant de donner la parole aux Membres de l'Assemblée qui l'ont demandée, je crois qu'il est de l'intérêt de la discussion, comme nous avons une deuxième communication sur les compteurs, d'entendre l'auteur de cette deuxième communication.

Si vous n'êtes pas d'avis contraire, je donnerai la parole à M. ASSELBERGS, pour sa communication :

« DES COMPTEURS SECS, LEURS AVANTAGES ET LEURS DÉFAUTS. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. P. Asselbergs, de Bergen-op-Zoom. — (Lecture.) « ... » (*Applaudissements.*)

M. le président Krafft. — Messieurs, la discussion est ouverte.

M. Rouget. — Messieurs, M. Bigeard a fait le procès des compteurs humides; je viens les défendre. Ils existent depuis longtemps; ils ont pour eux la pratique; ils ont enrichi ceux qui s'en sont servis; par conséquent, ils n'ont certainement pas tous les défauts signalés.

Parlons, par exemple, de l'abaissement du niveau de l'eau. Le remède est trouvé depuis longtemps avec les compteurs à bâche saturatrice combinés avec les compteurs à mesure invariable. Il y a eu jadis un concours à Bruxelles, pour le compteur humide qui conservait le plus longtemps son niveau d'eau normal. Il existait des compteurs que nous avons présentés, qui ne nécessitaient la mise d'eau que tous les six mois.

Pour remédier à la variation du niveau d'eau, on n'a qu'à se servir du compteur à mesure invariable, dans lequel il y a compensation constante entre la capacité mesurante et le niveau de l'eau : celui-ci peut baisser, l'exactitude n'en est pas moins parfaite. Du reste, notre collègue hollandais a signalé que le compteur humide est un instrument de laboratoire : c'est reconnaître qu'il est de sa nature très exact, et cette exactitude lui a fait toujours donner la préférence.

Quant au nivelage des compteurs humides, je n'admets pas qu'on ne puisse pas pénétrer chez un abonné tous lel six mois, pour remettre de l'eau dans le compteur; quand on va chez l'abonné pour faire la recette, il faut en profiter pour niveler le compteur si l'on ne veut pas se déranger une seconde fois.

On parlait tout à l'heure de compteurs secs. Nous en faisons, quand on nous en demande, comme le dit M. Bigeard. Mais, en somme, le compteur humide est un instrument parfait. Il avait l'inconvénient que vous avez signalé : le nivelage. Il vaudrait mieux ne pas avoir à remettre de l'eau. Mais, avec le compteur à mesure invariable avec la bâche de saturation combiné — je pourrais montrer un compteur où on renouvelle l'eau tous les six mois, — je crois que le compteur humide est préférable au compteur sec. J'ajouterai qu'en Suisse, l'Administration des Poids et mesures fait la vérification des compteurs tous les cinq ans pour les compteurs secs, et tous les dix ans pour les comp-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

teurs humides. Je crois que cela suffit pour montrer que l'un est supérieur à l'autre du simple au double.

Voyons un peu les inconvénients du compteur sec : il est plus difficile à fabriquer; il reste moins longtemps exact et commet des erreurs au profit de la Compagnie. Vous aurez beaucoup de mal en France à faire poinçonner un compteur sec par l'Administration. Vous en avez un exemple pour le compteur d'eau. Chaque fois qu'un compteur sera tel que ses inexactitudes nuisent au consommateur et profitent au fournisseur, ce compteur ne sera pas admis.

M. Lacaze. — Il est bien certain que les fabricants de compteurs livreront à ceux qui en feront la demande, des compteurs secs, de même qu'ils fournissent des compteurs à garde hydraulique au siphon, des compteurs à mesure invariable, etc., etc.

Donc, sans discuter les valeurs comparatives des deux systèmes, compteurs secs et humides, on peut dire tout de suite qu'il y a un principe contre lequel, en France et à Paris en particulier, on ne pourra rien : c'est que tout appareil qui se dérange ne doit pas donner d'indications au détriment de l'abonné.

Dans sa communication, M. Bigeard a reconnu qu'il existe peu d'exemples de compteurs humides fonctionnant au détriment du consommateur. La raison en est bien simple : c'est que dès que l'on constate que l'appareil surcompte, c'est-à-dire peut enregistrer plus qu'il ne débite, il est refusé, ou l'autorisation de l'employer est retirée.

Donc, un appareil, pour être admis au poinçonnage, ne doit jamais enregistrer plus que son débit. Il peut, par contre, à la suite d'avaries, compter moins.

C'est là le gros argument invoqué en 1871.

« Le compteur sec, est-il dit, offre des écarts considérables dans l'enregistrement du gaz, tantôt en plus, tantôt en moins du volume réel mesuré. »

Mais, il n'y a pas qu'à Paris que l'on considère le compteur sec comme un instrument d'une exactitude très contestable. Dans l'extrait de règlement fédéral suisse, du 24 novembre 1899, nous lisons, art. 136, compteurs secs :

« Comme les compteurs de petit calibre, principalement, ne donnent pas toujours des résultats parfaitement concordants, si on les soumet à des vérifications successives, il faut, dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaque lot présenté au poinçonnage essayer plusieurs fois un certain nombre de ces compteurs. Lorsque, pour un compteur neuf, les indications obtenues dans plusieurs essais ne sont pas identiques, on prendra la moyenne des divers résultats pour déterminer si le compteur peut être admis au poinçonnage. » — Voilà qui est suggestif!

Dans ce règlement fédéral, à l'article : Durée de la validité du poinçonnage, il est dit :

« Art. 130. — Le poinçonnage d'un compteur à gaz n'est plus valable après dix ans, pour un compteur sec, et après vingt ans, pour un compteur humide. » C'est moitié moins.

Voilà donc une appréciation de la valeur du compteur sec comparé au compteur humide, et cela dans un pays où la proportion des compteurs secs est 4 fois celle des compteurs humides.

Le compteur humide, une fois réglé, donnera toujours des indications concordantes, quel que soit le nombre des essais et le nombre des années de service, si le compteur n'est pas avarié. Le compteur sec, au contraire, ainsi que cela est constaté, peut donner à l'état neuf, des résultats différents dans plusieurs essais successifs, et, au bout de quelques mois, suivant la nature du gaz qui l'aura traversé, peut surcompter, les soufflets étant moins flexibles, les tiroirs légèrement grippés. Un compteur qui peut surcompter, en France, ne peut être admis, comme appareil de mesure poinçonné.

Dans sa communication, M. Asselbergs dit : — « Au Congrès « de Londres, en 1884, la plupart des gaziers, même presque « tous, disaient que le compteur sec enregistrait trop peu, « c'est-à-dire aux dépens de l'usine. »

C'est là la condamnation même du compteur sec en France.

Est-ce à dire pour cela qu'il ne doive jamais être employé? Certainement non, car, dans certains cas, les avantages qu'il procure peuvent être supérieurs aux inconvénients qu'il présente.

Ainsi, pour l'éclairage à l'acétylène des voitures de tramways, on emploie des compteurs secs, puisque le compteur humide est impossible. Quand le compteur sera hors de service, au bout de trois, quatre ou cinq ans, on le remplacera.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les moteurs à gaz, peut-être y a-t-il là un emploi avantageux du compteur sec; mais, il est indiscutable que le compteur humide est théoriquement et pratiquement plus exact que le compteur sec, et que le défaut de surcompter fera toujours hésiter toute Administration à classer, en France, ce dernier comme appareil de mesure admis au poinçonnage.

En résumé, on peut se procurer des compteurs secs aussi facilement que des compteurs humides. Quant à faire adopter les compteurs secs par les municipalités ou obtenir le poinçonnage officiel, ce sera un soin qui incombera à chaque usine isolément, les exigences du poinçonnage pouvant varier d'une ville à l'autre.

M. Chamon. — Au point de vue du poinçonnage des compteurs par l'Administration des Poids et Mesures, je dirai que, dès 1875, nous avons fait des efforts pour obtenir du Gouvernement le poinçonnage des compteurs humides. Or, le compteur humide, en tant que mesureur, est sûrement le plus exact; la meilleure preuve en est que les compteurs d'expériences sont des compteurs humides. Nous n'avons jamais pu obtenir le poinçonnage pour le compteur humide, parce qu'il avait une tolérance de 1 0/0 en plus ou en moins. Eh bien! dans tous les pays où l'on contrôle les compteurs secs, on admet, pour ses variations, un écart total de 6 0/0; 3 0/0 en plus et 3 0/0 en moins. En Allemagne, 2 0/0 en plus. Dans ces conditions, le compteur sec ne sera pas admis, ce n'est pas à dire que son emploi ne peut être avantageux dans certains cas, mais il est évident que le compteur humide est et sera toujours un instrument de plus grande précision; il suffit d'employer le compteur à mesure invariable, dont l'exactitude d'enregistrement reste toujours dans les limites, très faibles d'ailleurs, de tolérance, soit 1 0/0 en plus ou en moins.

M. Bigeard. — Je ne demande pas que le compteur sec remplace exclusivement le compteur humide; mais je désire pouvoir utiliser le compteur sec qui répond mieux au service de nombreux petits consommateurs. Aujourd'hui, la clientèle n'est plus la même qu'autrefois, elle comprend une proportion importante d'ouvriers et employés dont les compteurs sont installés dans des appartements restreints.

Je crois nécessaire que le compteur sec, entrant dans la pra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tique, soit admis au poinçonnage ; ce serait une garantie pour la clientèle et les usines.

M. Asselbergs. — Je suis d'accord avec M. Rouget et avec M. Chamon. A la fin de ma communication, je dis :— « Il est incontestable « qu'en théorie et comme instrument scientifique, le compteur « humide proprement nivelé, est une mesure plus exacte que le « compteur sec, mais que, d'autre part, ce dernier a plusieurs « avantages, qui souvent le font préférer au compteur humide. » — Quant on s'en sert dans le laboratoire, il est un instrument tout à fait comme il faut ; mais, en pratique, quand le compteur a été placé chez les abonnés, ce n'est plus la même chose. Je suis sûr que, après une expérience de quelques années, ils préfèreront le compteur sec au compteur humide : que les pertes de gaz par les mesures fausses, inexactes, seront beaucoup plus grandes avec le compteur humide qu'avec le compteur sec. Le compteur humide est pour le laboratoire, et le compteur sec est pour l'abonné. Le contrôle des compteurs humides n'est jamais exact puisque vous le contrôlez au laboratoire et jamais chez l'abonné.

M. Weiss, de Zurich. — Puisqu'on a parlé de la Suisse, je voudrais constater qu'on a renouvelé, cette année, le règlement pour les compteurs. On a fixé la limite de vérification à dix ans pour le compteur sec, et à vingt ans pour le compteur humide. C'est bien le règlement fédéral de novembre 1899.

M. Bigeard. — On me disait ce matin que vous n'employiez que le compteur sec, à Zurich. Je vous demanderai de me le confirmer et de me dire quelles sont les raisons qui vous auraient décidé à n'employer que le compteur sec.

M. Weiss. — Nous avons le compteur sec et le compteur humide, et nous remplaçons les compteurs humides par des compteurs secs, surtout à cause du froid, et aussi des ouvriers, qui commencent à consommer du gaz. On ne les trouve pas à la maison, et c'est difficile d'aller les chercher pour renouveler l'eau des compteurs. C'est pour cela que nous mettons des compteurs secs à Zurich.

M. Salomons. — Je crois qu'il résulte de la discussion que, sans aucun doute, le compteur humide est un instrument de mesurage plus exact qu'un compteur sec. Mais, il y a des raisons locales et nombreuses qui font que beaucoup de Compagnies de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gaz ont avantage à employer le compteur sec. Vaut-il mieux ne pas vendre de gaz du tout, ou mettre le compteur sec?

Lorsque j'ai commencé, en Hollande, à placer des compteurs à payement préalable, j'ai tout de suite employé des compteurs secs. Je crois que c'est une chose que tous mes Collègues ont faite, parce que, quand on pose un compteur chez un petit consommateur, il faut mettre un compteur qui exige le moins d'entretièn possible, c'est-à-dire qu'on n'ait pas à s'occuper de niveler le compteur.

A Amsterdam, il y a eu et il y a encore à peu près un nombre égal de compteurs humides et de compteurs secs. Autrefois, il y avait deux Compagnies de gaz, à Amsterdam : la Compagnie Hollandaise et la Compagnie Continentale; la Compagnie Hollandaise n'employait que le compteur sec. Il y a eu une adjudication; la Compagnie Continentale est devenue adjudicataire et s'est trouvée obligée par l'opinion publique, d'employer le compteur sec, parce que les anciens abonnés ne voulaient à aucun prix des compteurs humides. Cela prouve que, quoique le compteur sec puisse être, après une certaine durée, désavantageux pour l'abonné, l'abonné le préfère. Alors, pourquoi le contrarier? Depuis que les usines d'Amsterdam ont été reprises par la municipalité, je crois qu'on a continué à ne poser que des compteurs secs. (*Applaudissements.*)

M. Rothenbach père. — « ..... » (*Applaudissements.*)

M. le président Krafft, traduisant ce que vient de dire M. Rothenbach.

Messieurs, M. Rothenbach a confirmé les indications déjà données par M. Weiss, en disant qu'en Suisse, les compteurs secs prennent de plus en plus la place des compteurs humides. Le compteur humide n'est visité ordinairement qu'une fois par mois; dans certains cas, cela peut donner lieu à d'assez grandes différences dans le mesurage. Mais ce n'est pas la raison définitive pour faire rejeter le compteur humide, c'est plutôt que la soupape se ferme quand il n'y a plus assez d'eau dans le compteur, et depuis que la cuisine au gaz a pénétré, surtout dans les petits ménages, on n'ose plus risquer une interruption dans la livraison du gaz. C'est la raison pour laquelle on donne, en Suisse, la préférence au compteur sec. (*Applaudissements.*)

Quelqu'un demande-t-il encore la parole sur cette question?

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il me reste à remercier les auteurs des communications et tous ceux qui ont bien voulu présenter des observations.

Je donne la parole à M. LAURIOL sur une autre question.

M. LAURIOL. — Messieurs, je voulais fournir quelques renseignements sur la visite d'après-demain, au Pavillon de la Ville de Paris. Notre Exposition est très restreinte, comme espace ; je vous demanderai de ne pas venir tous à la fois, d'avoir vos insignes à la boutonnière pour qu'il n'y ait pas de méprise, et, si c'est possible, de vous grouper en diverses nationalités. Je donnerai les explications dans les différentes langues ; mais, comme je ne puis en parler qu'une à la fois (*rires*), je vous serai obligé de vous grouper par nationalité. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT KRAFFT. — L'ordre du jour appelle la communication de M. GUICHARD :

« NOTE SUR L'INSTALLATION DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC DANS LA VILLE DE « GUAYAQUIL. »

M. GUICHARD a la parole.

M. GUICHARD, de Paris (Lecture) : « ..... »

M. LE PRÉSIDENT KRAFFT. — Messieurs, quelqu'un demande-t-il la parole sur la communication de M. GUICHARD ? Personne ne demande la parole ?

Je remercie M. GUICHARD de son intéressante communication.

M. VAUTIER prend place au fauteuil de la présidence.

Messieurs, je vous informe que la Société technique de l'industrie du Gaz en France vient d'ouvrir un concours pour le perfectionnement de l'allumage automatique des becs à incandescence auquel pourront prendre part les inventeurs de tous les pays ; elle a affecté à ce concours une somme de 5,000 francs, qui pourra être distribuée aux inventeurs de systèmes que la pratique aura consacrés.

M. Bachelay a demandé la parole.

M. BACHELAY. — Messieurs, ce matin, une proposition a été faite par un de nos collègues tendant à obtenir l'unification des pas de vis ; cette proposition m'a suggéré l'idée, approuvée par plusieurs de nos collègues, de profiter de la réunion du Congrès pour demander qu'un vœu soit émis en faveur de l'unification du type et des dimensions des briques courantes employées dans la construction des fours à gaz des divers systèmes.

Personne parmi nous, n'a été exempt des ennuis causés par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les différences d'épaisseur, de largeur et de longueur des briques réfractaires, et même des briques ordinaires, lors des réparations. Les fabricants font varier les dimensions de 55 × 110 × 220 type parisien), à 80 × 120 × 260 (type de la région lyonnaise). C'est le type que les constructeurs ont baptisé « Brique avantageuse ». Nous admettrions volontiers ce dernier type, mais il nous semble qu'il y aurait intérêt pratique à amener les fabricants à adopter une série *unique*, de dimensions sur laquelle on se baserait pour les briques que j'appelerai *multiples* et *non multiples* du type courant, et pour l'étude des pièces spéciales.

J'ai l'honneur de soumettre cette question au Congrès et en même temps au bureau de la Société technique.

M. LE PRÉSIDENT VAUTIER. — Quelqu'un demande-t-il la parole sur cette question?

Personne ne demande la parole ; ce n'est pas que la proposition de M. Bachelay manque d'intérêt, mais elle vient peut-être trop tard pour être examinée utilement.

Je prierai M. le Secrétaire général de vouloir bien nous donner lecture des procès-verbaux des séances de ce matin et de cet après-midi, afin que vous puissiez voter sur leur texte.

M. DELAHAYE (lecture des procès-verbaux) : « ..... ».

M. LE PRÉSIDENT VAUTIER : — Messieurs, quelqu'un de vous a-t-il des observations à faire à propos des deux procès-verbaux dont vous venez d'entendre la lecture?

M. BIGEARD. — J'avais proposé comme sanction à ma communication, que le Congrès émît un vœu en faveur de l'admission au poinçonnage, en France du compteur sec. Je prierai le Bureau d'examiner de quelle manière il croit pouvoir donner une sanction à ma proposition, s'il juge de la proposer au Congrès ou de l'ajourner.

M. LE PRÉSIDENT VAUTIER. — Le Congrès étant international, je crois qu'il vaudrait mieux régler cette question dans une réunion de la Société technique, parce que c'est au Gouvernement français qu'il faudrait s'adresser le cas échéant.

Personne ne demandant plus la parole, les procès-verbaux des deux séances du mercredi sont mis aux voix et adoptés à l'unanimité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ALLOCUTION DE M. VAUTIER

MESSIEURS,

Nous voici arrivés à la fin des séances techniques du Congrès.

Le Bureau tout entier tient à vous remercier d'avoir rendu sa tâche aussi facile et aussi agréable. Je conserverai, pour ma part, un souvenir ineffaçable de l'honneur que j'ai eu de présider le premier Congrès international de notre Industrie.

Je suis heureux de constater que nos séances ont eu un plein succès et je vous félicite de ce résultat si satisfaisant; il est dû au nombre et à l'importance des travaux présentés, à l'intérêt soutenu des discussions, à la parfaite courtoisie qui n'a cessé de régner entre tous, à l'agrément des relations qui se sont créées ou renouvelées, enfin, à la présence d'une quantité considérable de Membres de diverses nations, parmi lesquels nous avons eu le privilège de compter beaucoup des représentants les plus autorisés de notre industrie. (*Applaudissements.*)

Il ne m'appartient pas de dire si ce premier Congrès sera suivi de plusieurs autres, mais je vois à cet égard un heureux présage pour l'avenir dans les résultats que nous avons obtenus et dont l'un des plus précieux est la manifestation imposante du cordial accord de toutes nos Sociétés techniques que vient de consacrer le Congrès de Paris (*Bravo! Bravo! Applaudissements.*)

La Commission internationale de la Photométrie de l'incandescence, que vous avez créée, laisse subsister une trace matérielle et un lien moral entre elles toutes.

J'espère donc, en terminant, que nous pouvons nous dire, non pas adieu, mais au revoir. (*Bravo! Bravo! Longs et vifs applaudissements.*)

M. LE Dr BUNTE :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,
MESSEURIS,

Le premier Congrès International du Gaz vient d'être clos, et je suis convaincu qu'il a rempli les plus grandes espérances qu'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

y a conçues. Nous ne voulons pas laisser échapper ce moment sans exprimer au Comité du Congrès et aux Membres de la Société Technique de l'industrie du Gaz en France, nos plus sincères remerciements pour l'initiative qu'ils ont prise.

Spécialement, nous tenons à remercier vivement MM. les Présidents, qui ont eu tant de peine et qui ont dirigé si bien nos séances. En premier lieu, c'est à M. VAUTIER —(*Bravo! bravo! Vifs applaudissements.*), que nous présentons nos remerciements les plus sincères pour la charmante et cordiale manière avec laquelle il a dirigé notre Assemblée (*Nouveaux applaudissements.*)

Messieurs, je vous prie de vous lever en l'honneur de M. VAUTIER, le Président du premier Congrès International de l'Industrie du Gaz. (*Toute l'Assemblée se lève et applaudit chaleureusement*).

M. LE PRÉSIDENT VAUTIER. — Messieurs, je vous suis très reconnaissant des sentiments que vous venez de manifester et qui s'adressent aussi à tous mes collaborateurs. Je remercie très particulièrement M. le Dr BUNTE d'avoir bien voulu s'en faire l'interprète.

M. ROUGET. — Messieurs, je crois que nous devons aussi de chaleureux applaudissements et remerciements aux Membres du Comité et aux Secrétaires qui ont fait des comptes rendus instantanés. (*Vifs applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT VAUTIER. — Messieurs, je prononce la clôture des séances techniques du Congrès International.

La séance est levée à cinq heures.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

SOIRÉE. — VISITES DIVERSES.

Soirée du Lundi 3 Septembre.

Le Lnndi soir, 3 *Septembre*, *la Société Technique* avait organisé à l'Hôtel Continental une soirée musicale et artistique qu'elle offrait aux membres étrangers et à leurs familles; cinq cents personnes environ se rendaient à son invitation et applaudissaient chaleureusement les artistes inscrits au programme : M. Lucien Fugère et M. Furet de l'Opéra-Comique; M^lle^ J. Leclerc de l'Opéra-Comique; M^lles^ Blanche et Suzanne Mante de l'Opéra; M^lle^ Ch. Wormèze violoniste, etc...

A la fin de la soirée, ainsi qu'entre la 1^re^ et la 2^e^ partie, les Membres du Congrès se rendaient au buffet et avaient ainsi l'occasion de causer entre eux et de faire connaissance plus intime.

Visite au magasin de la rue du Quatre-Septembre.

La soirée du mardi 4 Septembre était consacrée à la visite du Magasin de la rue du Quatre-Septembre que la Compagnie Parisienne avait eu l'obligeance de mettre à la dispo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sition de la commission d'organisation, pour l'exposition des appareils présentés au Congrès.

Les Membres du Congrès étaient très gracieusement reçus par MM. Bertrand, ingénieur-adjoint à la direction et A. Lévy, ingénieur, chef du service des travaux mécaniques de la Compagnie, ils trouvaient auprès de ces messieurs et des constructeurs des appareils exposés, tous les renseignements désirables.

Voici la nomenclature de la plupart des appareils.

Eclairage.

M. Bengel (de Paris). — Suspensions (modern style). — Lyres (modern style). — Appliques (modern style).

M. Ch. Blanc (de Paris). — Suspensions (modern style). — Lyres. (modern style). — Appliques (modern style).

Compagnie Parisienne du Gaz. — Perche d'allumeur spéciale pour l'allumage des becs à incandescence.

Compagnie pour l'Eclairage des Villes. — Bec Héliogène. — Lustre (modern style).

M. Galy (de Paris). Suspensions (modern style). — Lyres. (Modern style).

M. Henry (de Paris). — Becs à incandescence.

M. Lebrun-Tardieu (de Paris). — Suspension (modern style).

M. Roman. — Lampes à incandescence et à récupération à manchon renversé.

M. M. Sappey-Giroud (Paris). — Lanterne avec système d'allumage.

M. Scoot-Snell (de Westminster). — Lanterne avec bec à incandescence à surpression.

M. Silbermann (de Berlin). — Bec à incandescence.

Société française d'Incandescence par le Gaz (Paris). —

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lanterne avec motif lumineux. — Bec Auer brûleur Bandsept B. C. D.

Chauffage.

M. André (de Lyon). — Grillade pour restaurant. — Marmite pour la cuisson de légumes avec brûleur spécial. — Foyer de chauffage au gaz avec boules en terre réfractaire.

Compagnie Parisienne du Gaz. — Grillade-Braisière au gaz pour restaurant. — Grillade-Ménagère portative sans rôtissoire. — Grillade-Ménagère portative avec rôtissoire.

M. Grouard (de Paris). — Cafetière-percolateur.

M. Houben J. G. (d'Aix-la-Chapelle. — Bec Bunsen pour chauffe-bain.

Divers.

M. Dorian (Paris). — Régulateur de température.

MM. Elster et Cie (de Vienne, Autriche). — Compteur à gaz sec à payement préalable.

M. Sappey-Giroud (Paris). — Compteur à gaz « autopayeur. » Vérificateur du gaz d'éclairage.

M. Munzinger (de Kaiserslautern). — Laveur rotatif.

Visite à l'usine à gaz de Clichy.

Visite à l'usine à gaz de Clichy. — Le jeudi, 6 septembre, les Membres du Congrès, au nombre de 350 environ se rendaient à l'usine à gaz de Clichy. Par une gracieuse attention de la Compagnie Parisienne du gaz deux bateaux les attendaient au pont de la Concorde et les conduisaient à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Clichy. L'agrément de ce trajet par la Seine, encore rehaussé par un temps splendide, a été particulièrement apprécié.

A leur arrivée à l'usine, les congressistes étaient reçus par MM. Camus administrateur-délégué, Godot, directeur, Gilbert-Boucher, administrateur de la Compagnie Parisienne du Gaz.

Ils étaient divisés en plusieurs groupes et c'est dans un ordre parfait qu'ils ont visité l'usine, sous l'habile direction de la plupart des Ingénieurs et chefs de service de la Compagnie.

Les Congressistes revenaient ensuite par les bateaux qui les avaient amenés et prenaient part au lunch que la Compagnie Parisienne avait l'aimable attention de leur offrir.

Sur l'un des bateaux, M. Bertrand, ingénieur-adjoint à la direction et sur l'autre, M. Gigot, ingénieur en chef des usines de la Compagnie Parisienne prenaient la parole et exprimaient aux Membres du Congrès toute la satisfaction qu'ils avaient eue à les recevoir, MM. Th. Vautier, Beer, Godinet, Sospisio les remerciaient à leur tour, de la visite si intéressante de l'usine et de l'accueil si cordial qui leur avait été fait.

Nous reproduisons ci-après la notice qui a été distribuée, sur le bateau aux visiteurs :

Notice sur l'usine à Gaz de Clichy. — L'usine à gaz de Clichy, d'une superficie totale de ha 17, se compose :

De l'usine à gaz ;

D'un atelier de préparation du coke, avec appareils mécaniques pour le classement, le transport et la mise en tas, et un séchoir à coke ;

D'une fabrication de sulfate d'ammoniaque ;

D'un charronnage, pour la fabrication des voitures nécessaires aux divers transports de la Compagnie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'usine est reliée à la Seine par un appontement de m 17 de hauteur, sur lequel se trouvent trois grues pour l'élevage du charbon : deux de ces grues sont à vapeur, l'autre est mue par une machine à gaz de Cv 16 de force, qui permet de monter t 240 de charbon en 10 heures ; l'usine est reliée d'autre part au chemin de fer de l'Ouest.

La production moyenne annuelle de l'usine est de 100 000.000 mc de gaz, soit un peu moins du tiers de la production totale de la Compagnie.

La production maximum journalière est de mc 400.000 de gaz.

La consommation annuelle de charbon est de t 320.000.

La distillation s'opère dans 1.440 cornues, distribuées dans 3 ateliers distincts, en 15 batteries de 12 fours chacune, chaque four contenant 8 cornues.

Les fours sont adossés deux par deux : les cornues sont simples.

Les cornues ont les dimensions suivantes à l'intérieur :

Longueur.....	m 3,00
Largeur.....	m 0,65
Hauteur.....	m 0,35

Les fours, à gazogènes, sont du système Siemens à récupération par inversion.

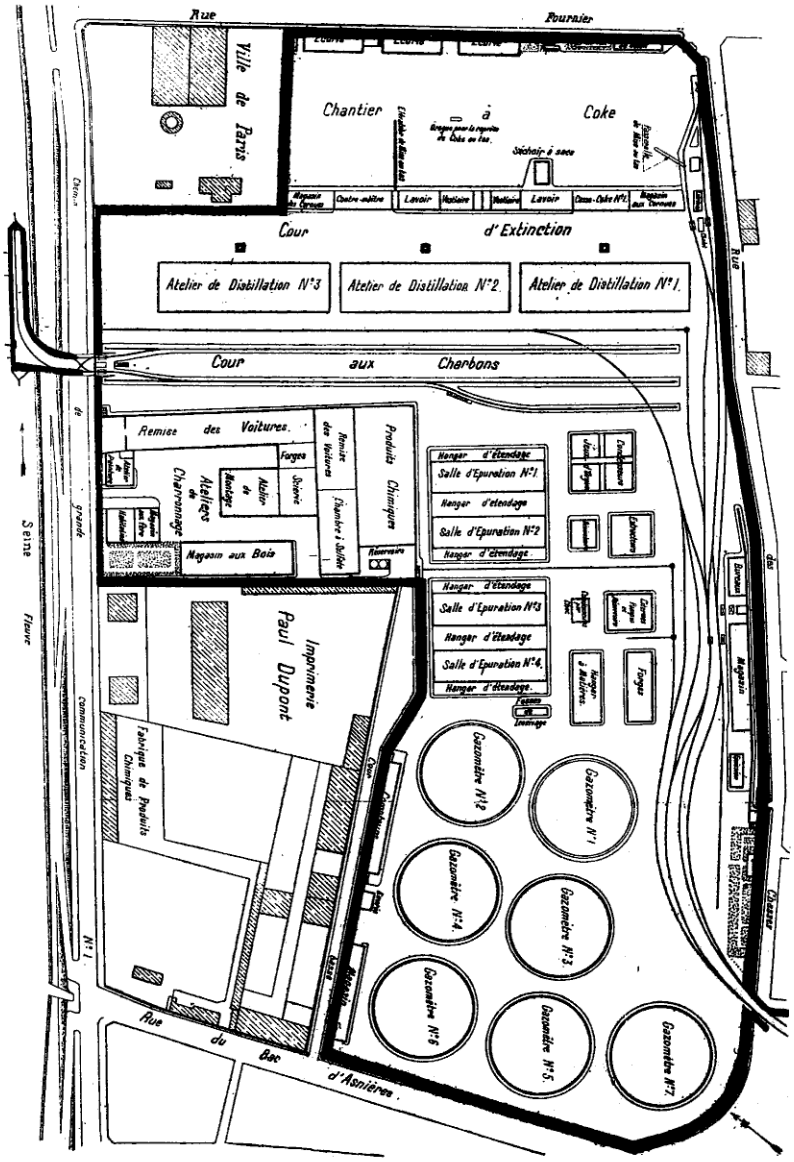
La distillation se fait en 4 heures.

On charge à la cuiller, à raison de 2 cuillers par cornue, soit kg 150 de charbon par cornue, ce qui donne une charge totale de kg 900 de charbon par cornue, par 24 heures.

La consommation de combustible est de kg 15 de coke par kg 100 de charbon distillé.

Les chauffeurs sont payés à la tâche, à raison de fr. 3,30 par kg 1.000 de charbon. Ils reçoivent en outre : une prime

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de fr. 0, 50 par jour quand ils tiennent la queue de la cuiller; une prime de 3 hectolitres de coke par mois et une gratification d'environ fr. 0,30 par journée, comme participation aux bénéfices de la Compagnie.

Le gaz sortant des cornues passe :

Dans les barillets en tôle;

Dans de longs collecteurs en tôle de mq 1.850 de surface, où commence le refroidissement du gaz, qui s'achève dans des réfrigérants verticaux, dits jeux d'orgue, de mq 7.225 de surface, arrosés par de l'eau en été;

Dans des extracteurs à piston, au nombre de six, à trois cylindres horizontaux conjugués : chacun d'eux peut extraire m. c. 84.000 de gaz par vingt-quatre heures; leur marche est régularisée par des régulateurs à cloche;

Dans des condensateurs à choc Pelouze et Audouin, au nombre de 8, qui arrêtent les dernières traces de goudron;

Dans des laveurs Kirkham, au nombre de 4, mus par des machines à gaz et par des turbines à vapeur Laval, pour l'absorption de l'ammoniaque;

Dans les cuves d'épuration, au nombre de 124, qui renferment de la matière Laming (mélange d'oxyde de fer, de sulfate de chaux et de sciure de bois). Cette matière retient le soufre, et le cyanogène à l'état de bleu de Prusse.

Dans 10 compteurs, dont chacun peut mesurer m c 36.000 de gaz en vingt-quatre heures.

Dans 7 gazomètres simples, d'une capacité totale de m. c. 215.000.

Le gaz sort de l'usine dans 3 conduites de m. 1 de diamètre.

L'enrichissement du gaz est fait, soit avec le Cannel-coal, soit avec le benzol.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Visites diverses.

Le programme des journées du vendredi et du samedi comportait des visites dans l'Exposition et plusieurs congressistes ont pu ainsi, sous la conduite de quelques-uns de nos collègues, visiter avec méthode, les diverses sections intéressant l'Industrie du gaz.

En dehors des invitations inscrites au programme, d'autres se sont produites au cours même du Congrès. On en trouvera la nomenclature dans les procès-verbaux des séances où elles ont été annoncées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DEUXIÈME PARTIE

COMMUNICATIONS

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

COMMUNICATIONS

Sur l'incandescence par le gaz.

Par le Dr H. BUNTE

(CARLSRUHE.)

Au cours des dix dernières années, l'incandescence par le gaz s'est acquis en Allemagne, une position tout à fait prépondérante vis-à-vis de l'ancien éclairage au moyen des flammes de brûleurs Argand ou à papillon. Dans l'éclairage tant public que privé, la lumière Auer est la règle et les anciennes flammes perdent de plus en plus de terrain. Aussi, non seulement au point de vue de l'effet d'illumination et de l'économie de l'éclairage au gaz, s'est-il accompli une complète rénovation, mais encore les bases mêmes de l'appréciation du gaz d'éclairage, ses propriétés et son mode de préparation ont complètement changé.

Tandis que précédemment le « pouvoir éclairant » devait être regardé comme une caractéristique essentielle du gaz, aujourd'hui la majeure partie du gaz, qu'il serve à l'éclairage ou au chauffage, est préalablement mélangée à l'air : les éléments éclairants du gaz sont ainsi complètement détruits et il n'y a à considérer que l'effet calorifique de la flamme bleue du Bunsen.

La quantité de lumière engendrée dans l'incandescence par le gaz n'est plus maintenant dans la dépendance de la qualité du gaz produit dans les usines et livré au consommateur, mais elle est essentiellement déterminée par la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

constitution du corps incandescent, que la flamme du Bunsen rend lumineux.

L'industrie du gaz a donc ainsi le plus vif intérêt à suivre les progrès réalisés dans la préparation des manchons Auer, et à se rendre continuellement un compte exact du rendement des manchons qu'on trouve dans le commerce.

Quoique déjà, au cours de ces dernières années, de nombreuses mesures photométriques aient été déjà publiées dans des revues et des prospectus, il était cependant très désirable, avec l'extraordinaire dissémination de la lumière Auer en Allemagne, d'établir des recherches générales et systématiques, sur le rendement des corps incandescents actuellement dans le commerce. L'union allemande des gaziers et hydrauliciens s'est, sur mon invitation, mise en rapport avec le bureau impérial physico-technique de Charlottenbourg, pour assurer dorénavant à ces essais toutes l'exactitude et la certitude scientifiques qu'on peut atteindre. Avec la collaboration de MM. Drehschmidt (Berlin), Dr Krüss et Dr Leybold (Hambourg), Schæfer (Dessau) on a arrêté un programme avec le bureau impérial; et d'après ce programme, on a achevé ou commencé, au cours de l'hiver dernier de 1900 à Berlin, Charlottenbourg, Dessau et Carlsruhe, l'examen, d'après des méthodes uniformes, des corps incandescents les plus employés en Allemagne.

Le représentant du bureau impérial physico-technique, M. le Dr Liebenthal, a rendu compte à la réunion de notre Société, de cette première série d'essais (1), elle s'étend sur cinq espèces de manchons des fabriques les plus connues, lesquelles fournissent environ les trois quarts de la consommation des manchons en Allemagne. Quoique les résultats

(1) Le texte du compte rendu est inséré aux annexes, page 1032.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de ces essais, qui continuent encore, ne puissent être regardés que comme provisoires, ils apportent cependant une utile contribution à la question suivante : *Que fournit à diverses époques un manchon incandescent, de constitution moyenne, et dans les conditions normales?* La réponse à cette question peut, d'après ces essais, être à peu près la suivante : « *Un manchon soigneusement calciné donne à une pression d'environ 30 mm de gaz, et pendant 300 heures de combustion une intensité moyenne de 70 HK avec une consommation de l 120 par heure ou l 1.7 par heure et par HK. Au début l'intensité lumineuse dépasse le plus souvent 80 HK; après 300 heures de combustion, elle est au moins égale à 60 HK et après un assez long emploi, elle ne redescend plus guère.* »

Si l'on compare ce résultat avec celui de l'examen photométrique de quatorze espèces de manchons exécutés dans l'hiver de 1895, et que j'ai publié dans le journal de l'éclairage au gaz et de l'alimentation d'eau (1) on constate un progrès considérable tant pour l'économie que pour la la constance de l'intensité lumineuse. Tandis qu'autrefois après 300 heures de combustion la majeure partie des manchons était retombée à 40 HK, et que le meilleur brûleur offrait après ce temps une diminution d'intensité de 45 0/0, les meilleures espèces de manchons plus récents ne donnent une diminution de pouvoir éclairant que de 12 à 20 0/0 laquelle ne diminue plus notablement après une assez longue durée de combustion.

L'éclairage par l'incandescence du gaz a donc soutenu sérieusement sa prétention de donner la lumière la plus brillante et en même temps la meilleur marché, et elle a considérablement agrandi de nouveau son avance sur les

(1) H. Bunte, *Journ. f. Gasbel, u. Wasservers*, 1895; p. 432.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

autres modes d'éclairage concurrents, sous le rapport économique et hygiénique. Avec un prix de 16 pf. (20 ct) par mc de gaz (1), la dépense pour une intensité de 100 HK soit 10 carcels, atteint en moyenne seulement 2 pf 73 (3,43 ct) par heure, vis-à-vis d'environ 13 pf 3 (16.6 ct) dans les anciens brûleurs papillons et Argand. Les conditions hygiéniques ont progressé dans le même rapport, si ce n'est même à un plus haut degré, car pour la même intensité il n'y a plus guère que le cinquième de la chaleur et des produits de la combustion qui arrivent dans l'espace éclairé.

Ce rendement du brûleur à incandescence par le gaz n'est encore que la limite inférieure qu'avec un choix convenable des brûleurs et des manchons on peut atteindre, sans autre modification, quand on dispose de gaz de houille ordinaire sous la pression habituelle.

On peut atteindre des effets lumineux bien plus grands encore quand on emploie le gaz sous une pression assez élevée, dans des brûleurs spéciaux (2).

Le rendement s'élève alors à 1 HK par litre de gaz par heure, et l'on peut créer de puissantes sources lumineuses de plusieurs centaines, ou même milliers de bougies, qui pour l'intensité et l'économie peuvent marcher de pair avec la lumière de l'arc électrique.

Les brillants effets de lumière que permet d'obtenir le gaz comprimé nous sont offerts par l'éclairage très bien réussi du Champ-de-Mars à l'Exposition universelle de Paris, effectuée par la Compagnie parisienne, qui a eu un grand mérite à introduire aux yeux du grand public l'éclairage à incandescence par le gaz comprimé dans l'éclairage public.

(1) 1 HK = 0,095 carcels.

(2) Bunte et Eitner. Recherches sur le pouvoir éclairant et la couleur de la lumière-boule, *Journ. f. u. Wasservers.* 1899, p.832

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'emploi de la lumière à incandescence a rendu l'effet lumineux indépendant dans de larges limites de la constitution du gaz : il dépend bien plutôt surtout du mode de combustion et de la constitution du manchon employé. Ce fait très important et déjà observé auparavant (1) s'est révélé aussi dans le cours des essais entrepris systématiquement en collaboration avec le Bureau impérial physico-technique.

Les mesures photométriques entreprises en différentes villes, Berlin, Charlottenbourg, Dessau, Carlsruhe devaient également servir à déterminer jusqu'à quel point la constitution du gaz employé aux diverses stations d'observation influençait le rendement des manchons. Dans ce but, on mesura au photomètre l'intensité lumineuse des manchons, on détermina en même temps le pouvoir éclairant du gaz dans des brûleurs à fente uniformes et spécialement choisis, ainsi que le pouvoir calorifique du gaz dans le calorimètre de Junkers. La moyenne de nombreuses observations donna comme l'intensité dans des brûleurs de 5 pieds cubes pour 150 litres, et comme pouvoir calorifique du gaz employé aux diverses stations d'observation, les nombres suivants :

Pouvoir éclairant.....	HK	9,4 —	8,8 —	11,6 —	12,4
Pouvoir calorifique par m c..	Cal.	5.153 —	5.022 —	5.242 —	5.003

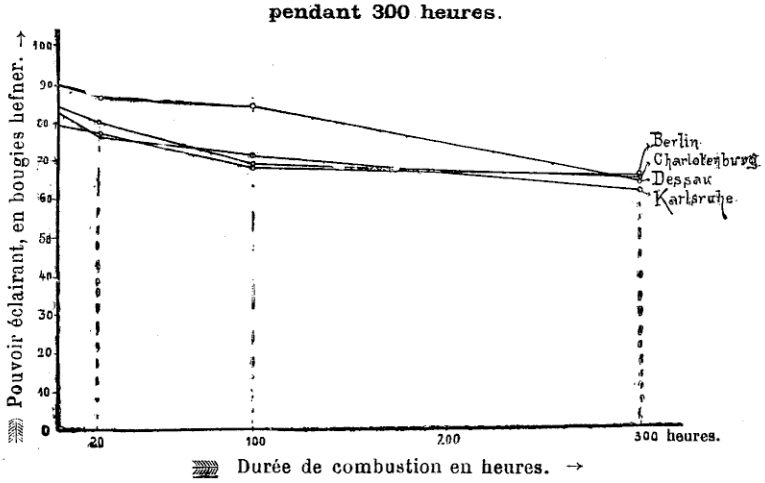
Malgré cette différence relativement grande dans le pouvoir éclairant du gaz déterminé au brûleur à fente, on ne put trouver qu'une petite différence dans les rendements des manchons; les résultats obtenus aux diverses stations

(1) Von Oechelhaeuser, *Journ. f. Gasbel. u. Wasservers* 1899, p. 492 et H. Bunte. *Journ. f. Gasbel u. Wasservers*, 1900, n° 29, p. 529.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étaient plutôt assez concordants comme on le voit sur la fig. ci-jointe qui donne le rendement des manchons aux diverses stations.

Pouvoir éclairant moyen des manchons incandescents pendant 300 heures.



Pour étudier de plus près cette question importante pour la technique, et déterminer quelle influence une altération plus grande de la constitution chimique du gaz d'éclairage a sur l'effet lumineux dans le brûleur Auer, on a préparé à mon Institut des mélanges artificiels de gaz d'éclairage avec de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone, du gaz à l'eau, du méthane, de l'éthylène et du benzol, et on a déterminé le pouvoir éclairant de ces mélanges comparativement à celui du gaz d'éclairage pur, dans des brûleurs Auer. Le résultat de ces essais sur de semblables mélanges gazeux, est donné par le tableau suivant :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	POUVOIR ÉCLAIRANT, EN HK	
	Dans le brûleur à fente, pour un débit horaire de 150 l	Dans le brûleur Auer.
Gaz d'éclairage.....	15	70
Gaz d'éclairage mélangé avec :		Le pouvoir éclairant du gaz pur dans le brûleur Auer = 100.
20 °/₀ d'hydrogène H^2..	7,3	100
20 °/₀ d'oxyde de carbone CO.....	3,0	85
20 °/₀ de méthane CH^4..	12,5	88
20 °/₀ de gaz à l'eau ($CO + H^2$).....	3,1	105
25 °/₀ d'éthylène C^2H^4..	40,3	136
Gaz d'éclairage carburé au benzol.....	25,0	108
Gaz d'éclairage décarburé par l'huile de paraffine.	6,2	93

Il faut remarquer que les valeurs fournies dans ce tableau ne peuvent au préalable donner qu'une idée approchée de l'influence des mélanges divers sur la production de lumière dans le brûleur Auer. Car toute altération de la composition du gaz nécessite aussi un autre mode de combustion, et notamment un réglage de la quantité d'air appelée au Bunsen. Dans nos essais, cette circonstance a d'abord été laissée de côté, et on a plutôt fait attention au but pratique et immédiat de savoir comment le brûleur Auer utilise le gaz pur et les mélanges gazeux qui présentent pour une part de très notables différences. On reconnaît toujours que de grandes différences dans la composition du gaz, qui abaissent de beaucoup plus de moitié le pouvoir éclairant du gaz pur,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ou l'élèvent considérablement dans les brûleurs Argand ou à fente, et qui altèrent fortement le pouvoir calorifique comme le mélange d'hydrogène, de méthane et d'éthylène, ne produisent que des variations relativement faibles dans le rendement lumineux du brûleur Auer.

C'est dans les conditions spéciales de la combustion du brûleur Bunsen qu'il faut chercher la cause de ce fait remarquable. On sait que le gaz ne reçoit dans le tube du mélange du Bunsen avant sa combustion, qu'une quantité d'air insuffisante pour la combustion complète mais effectuant cependant la décoloration complète. — Aussitôt que ce mélange d'air et de gaz montant dans le tube a été porté à la température d'inflammation par la flamme chaude environnante, il y a une combustion incomplète, en quelque sorte une combustion de l'air dans l'excès de gaz qui apparaît dans le cône vert intérieur de la flamme du Bunsen. C'est là que presque tous les carbures lourds sont décomposés et partiellement brûlés, et les produits de la combustion incomplète, à côté d'acide carbonique et de vapeur d'eau, consistent en oxyde de carbone et hydrogène avec des restes du méthane difficilement décomposable et combustible, et enfin un peu d'acétylène.

Les gaz chauds qui s'élèvent du noyau verdâtre de la flamme, à l'intérieur du manchon contiennent ainsi dans tous les cas, que le gaz employé soit très ou peu éclairant, principalement de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène : ces gaz brûlent dans le cône de flamme, limité extérieurement par les mailles du manchon, et avec l'air extérieur qui y parvient, ils se transforment complètement en acide carbonique et vapeur d'eau, et ainsi ils amènent au blanc éblouissant les mailles du tissu. Ainsi dans la combustion au voisinage du manchon, avec les gaz de compositions diverses, il n'y a à considérer que l'oxyde de carbone et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'hydrogène, et on conçoit alors que le rendement des manchons est relativement peu influencé par une composition variable du gaz.

Nos observations et expériences jusqu'à ce jour ne suffisent pas encore pour disséquer davantage les processus de la combustion dans le manchon et pour résoudre d'autres questions nombreuses et importantes pour l'éclairage moderne au gaz; cependant les dernières années nous ont apporté de très importantes conclusions sur la cause de la lumière dans le brûleur Auer. Il faut citer ici surtout les recherches de MM. Le Châtelier et Boudouard (1) et de M. Nernst et Bose (2), qui ont démontré que l'éclairage Auer doit sa lumière éblouissante à la haute température du tissu de terres rares. Le faible rayonnement du squelette permet aux corps incandescents de prendre rapidement et complètement la haute température des gaz enflammés, et le pouvoir émissif, relativement fort dans la partie visible du spectre, produit la grande économie de ce brûleur.

La flamme du Bunsen telle qu'elle est possède-t-elle dans toutes les parties du manchon la haute température nécessaire pour échauffer au blanc incandescent d'une façon uniforme le squelette de cendres, comme c'est le cas dans le brûleur Auer, ou bien y a-t-il une accélération des réactions de combustion par l'action catalytique de la masse du manchon produisant l'incandescence également intense du manchon Auer? C'est ce qui reste encore indécis. En tout cas, des essais que M. H. Luggin a entrepris à mon Institut, il y a déjà quelque temps, ont montré que la

(1) Comptes rendus 1898, 126, p. 1861; *Journ., f. Gasbel*, 1898, p. 733.

(2) *Physikalische Zeitschrift*, 1900, n° 26, p. 289.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

matière Auer peut être amenée, même sans flamme, à donner une lumière complète, par l'action catalytique d'un mélange froid de gaz et d'air tel qu'il sort du Bunsen.

Tout en reconnaissant que l'incandescence par le gaz doit exclusivement à la haute température de la flamme son pouvoir éclairant et son éclat, il faut naturellement que les bases de l'estimation des propriétés du gaz d'éclairage et des méthodes de production soient modifiées, car la production de la lumière est devenue, avec l'introduction de la lumière Auer, une simple question de chauffage.

Quand les brûleurs à fente et à couronne régnaient, on attribuait la plus grande importance à la production d'un gaz riche en carbures lourds, éthylène et benzol, parce que l'effet lumineux de la flamme dépendait exclusivement de la présence de ces éléments. La préoccupation d'obtenir et de conserver ces sources de lumière détermine aussi bien le choix de la matière première que la méthode de gazéification. Avec le gaz de houille, on ne peut employer qu'un charbon à gaz déterminé et rare, et par conséquent cher ; la distillation ne peut en être faite dans les usines de toute grandeur que dans des cornues relativement petites, qu'on vide toutes les quatre à six heures et qu'il faut recharger avec une grande dépense de temps et de salaire. En employant des récipients à distillation plus grands et des périodes de gazéification plus longues, les carbures lourds sont en grande partie détruits, et le pouvoir éclairant du gaz en est notablement amoindri.

A mesure que se répandent les becs à incandescence et l'emploi de gaz non éclairant pour le chauffage et l'éclairage, ces sources de lumière, autrefois si nécessaires, si chèrement achetées, perdent de plus en plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

leur valeur, et pour estimer la qualité du gaz, on ne peut plus prendre pour base la mesure photométrique de l'intensité lumineuse d'un brûleur à fente ou à couronne, mais c'est la chaleur de combustion qui joue désormais le rôle principal.

En s'émancipant des déterminations surannées du pouvoir éclairant du gaz au moyen de brûleurs à papillon ou à fente, l'industrie du gaz acquiert, dans le choix des matériaux et dans les méthodes de préparation du gaz, une liberté de mouvements qui a la plus haute importance tant pour son propre développement futur que pour l'alimentation des villes en lumière, chaleur et force motrice, au moyen de combustible gazeux.

Dans ces conditions, la production du gaz n'est plus réduite à l'emploi d'un charbon tout à fait déterminé et qu'on ne peut se procurer qu'insuffisamment, même à de hauts prix, mais le choix s'élargit parmi les matériaux, et la préparation est notablement facilitée. On n'est plus lié dans la production du gaz à la distillation pénible et coûteuse dans de petites cornues, avec courte période de gazéification, mais selon l'importance de l'exploitation, on peut employer de grandes chambres, comme dans les fours à coke, dont le service, par des moyens mécaniques, est beaucoup plus faible et moins cher. A côté de la distillation, d'autres méthodes de production du gaz acquièrent aussi une haute importance. Les méthodes de production de gaz à l'eau seul, ou uni avec le gaz d'huile, ou la carburation par vapeurs de benzol, qui permet de régler les pouvoirs éclairant et calorifique, peuvent venir soutenir le gaz de houille spécialement en temps de rareté de charbons et rendre à l'industrie du gaz d'importants services en produisant un gaz mélangé.

Ainsi, sous l'impulsion de l'incandescence par le gaz

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'ouvre pour les méthodes de production du gaz et l'aménagement des dispositifs de fabrication un large champ d'activité et de progrès, et la recherche scientifique aussi bien que l'esprit d'invention pratique peut se proposer là plus d'un but rémunérateur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ueber Gasglühlicht.

Von Dr H. BUNTE

(KARLSRUHE)

Im Lauf des letzten Jahrzehntes ist das Gasglühlicht gegenüber der ælteren Flammenbeleuchtung mit Schnitt- und Argandbrennern in Deutschland zu einer beherrschenden Stellung gelangt; bei der œffentlichen wie bei der privaten Beleuchtung bildet das Auerlicht die Regel und das ældere Flammenlicht tritt immer mehr zurück. Es hat sich dadurch, nicht allein in Bezug auf den Beleuchtungseffekt und die Oekonomie der Gasbeleuchtung, ein vœlliger Umschwung vollzogen, sondern es haben sich auch die Grundlagen für die Beurtheilung des Leuchtgases selbst, seine Eigenschaften und die Art seiner Darstellung vœllig verschoben.

Während früher die « Leuchtkraft » als ein wesentliches Charakteristikum des Gases angesehen werden musste, wird heute der weitaus grœsste Theil des Gases, gleichgiltig ob er zur Beleuchtung oder zum Heizen verwendet wird, zunæchst im Bunsenbrenner mit Luft gemischt; dadurch werden die leuchtenden Bestandtheile der Flamme vœllig zerstœrt und es kommt nur noch die Heizwirkung der blauen Bunsenflamme in Betracht.

Die im Gasglühlicht erzeugte Lichtmenge ist nun niche mehr unmittelbar abhængig von der Qualitæt des auf den Gaswerken erzeugten und dem Verbraucher gelieferten Gases, sondern wird wesentlich mit bedingt durch die

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Beschaffenheit des Glühkœrpers, welcher in der Bunsenflamme zum Leuchten gebracht wird.

Die Gasindustrie hat demnach das lebhafteste Interesse den Fortschritten in der Herstellung der Auerbrenner zu folgen und sich fortlaufend ein genaues Bild von der Leistung der im Handel befindlichen Glühkœrper zu verschaffen.

Obwohl nun im Lauf der letzten Jahre zahlreiche photometrische Messungen in Zeitschriften und Prospekten veroeffentlicht worden sind, so war es doch bei der ausserordentlichen Verbreitung des Auerlichtes in Deutschland dringend wünschenswerth, umfassende systematische Untersuchungen über die Leistung der z. Z. im Handel befindlichen Glühkœpersorten anzustellen. Der Deutsche Verein von Gas-und Wasserfachmænnern hat sich deshalb auf meine Veranlassung mit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg in Verbindung gesetzt um von vornherein diesen Versuchen den irgend erreichbaren Grad wissenschaftlicher Genauigkeit und Zuverlæssigkeit zu sichern. Unter Mitwirkung der Herren Drehschmidt (Berlin), Dr. Krüss und Dr. Leybold (Hamburg), Schæfer (Dessau), wurde mit der Reichsanstalt ein Programm vereinbart, nach welchem zunæchst in Berlin, Charlottenburg, Dessau und Karlsruhe die Untersuchung der in Deutschland gebræuchlichsten Glühkœrper nach einheitlichen Methoden im Lauf des letzten Winters 1900 durchgeführt bezw. begonnen wurde.

Ueber diese erste Versuchsreihe ist von dem Vertreter der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Herrn Dr. Liebenthal, auf der Versammlung unseres Vereins in Mainz berichtet worden (1); dieselbe erstreckt sich auf

(1) Der Text des Berichtes ist im Beilage einfügen, S. 1042.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5 Glühkœrpersorten der bekanntesten Fabriken, welche etwa dreiviertel des Bedarfs an Glühkœpern in Deutschland decken. Obgleich die Ergebnisse dieser Versuche, welche fortgesetzt werden, nur als vorlæufige bezeichnet werden kœnnen, so liefern sie doch einen werthvollen Beitrag zu der Frage : *Was leistet zur Zeit ein Gasglühlicht von guter Durchschnittsbeschaffenheit unter normalen Verhæltnissen?* Die Antwort darauf kann nach den bisherigen Versuchen etwa wie folgt lauten : « *Ein sorgfæltig abgebranntes Gasglühlicht giebt bei ca.* 30 *mm Gasdruck während* 300 *Brennstunden durchschnittlich eine Helligkeit von* 70 *HK. bei einem Gasverbrauch von* 120 *l pro Stunde oder* 1,7 *l pro Stunde und HK. Anfænglich übersteigt die Leuchtkraft meist* 80 *HK, betrægtnach* 300 *Brennstunden nicht weniger als* 60 *HK und geht bei længerer Brenndauer nicht mehr erheblich zurück.* »

Vergleicht man dieses Ergebniss mit dem Resultat einer photometrischen Untersuchung von 14 Glühkœrpersorten, welche im Winter 1895 ausgeführt und von mir im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung verœffentlicht ist (1), so ergiebt sich ein wesentlicher Fortschritt sowohl bezüglich der Oekonomie als namentlich bezüglich der Constanz der Leuchtkraft, der Lichtbestændigkeit belængerer Brenndauer. Wæhrend damals nach 300 Brennstunden weitaus die Mehrzahl der Glühkœrper unter 40 HK zurückgegangen war und der beste Brenner nach dieser Zeit eine Verminderung der Leuchtkraft von 45 0/0 zeigte, geben die besseren neueren Glühkœrpersorten nur einen durchschnittlichen Rückgang der Leuchtkraft von 12 bis 20 0/0, der nach laengerer Brenndauer nicht wesentlich fortschreitet.

(1) H. Bunte Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1895, S. 452.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Die Gasglühlichtbeleuchtung hat damit ihren Anspruch, das hellste und zugleich billigste Licht zu liefern wesentlich gestützt und den Vorsprung vor anderen concurrirenden Beleuchtungsarten in œkonomischer und hygienischer Beziehung von neuem erheblich vergrœssert. Bei einem Gaspreis von Pf. 16=20 ctm pro cbm betragen die Kosten für eine Helligkeit von 100 HK, rund 10 Carcel, im Mittel nur Pf. 2,73. (ct. 3,43) pro Stunde gegenüber etwa Pf. 13,3 (ct. 16,7) in den alten Schnitt-und Argandbrennern. In gleichem Verhæltniss, ja in noch hœherem Grade haben sich die hygienischsn Verhæltnisse verbessert, da für die gleiche Helligkeit nur etwa der fünfte Theil der Wærme und der Verbrennungsprodukte in den beleuchteten Raum gelangt.

Diese Leistung des Gasglühlichtbrenners bezeichnet jedoch nur die untere Grenze, welche bei passender Auswahl der Brenner und Glühkœrper ohne Weiteres überall erreichbar ist, wo gewœhnliches Steinkohlengas unter dem üblichen Druck zur Verfügung steht.

Weit grœssere Lichteffekte kœnnen erreicht werden, wenn das Gas unter hœherem Druck in besonderen Brennern zur Verbrennung gebracht wird (1); die Leistung erhebt sich dann auf 1 Hfl. für 1 Liter Gas pro Stunde und es werden mæchtige Lichtcentren von mehreren hundert ja tausend Kerzen geschaffen, die in Lichtglanz und Oekonomie dem elektrischen Bogenlicht an die Seite treten kœnnen. Welche glænzenden Lichteffekte durch Pressgas erreicht werden, zeigt die wohlgelungene Beleuchtung des Marsfeldes auf der Pariser Weltausstellung durch die Compagnie Parisienne, die damit sich ein grosses Verdienst um die Einführung des Pressgasglühlichtes in die œffent-

(1) Vergl. Bunte und Eitner, Untersuchungen über Leuchtkraft und Lichtfarbe des Kugellichtes. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 832.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

liche Beleuchtung vor dem grossen Publikum erworben hat.

Durch die Anwendung des Glühlichtes ist der erzielte Lichteffekt in weiten Grenzen unabhængig geworden von der Beschaffenheit des Gases und hængt vielmehr wesentlich von der Art der Verbrennung und der Beschaffenheit der verwendeten Glühkœrper ab. Diese schon früher beobachete (1) wichtige Thatsache zeigte sich auch bei den oben erwæhnten in Verbindung mit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgeführten systematischen Versuchen.

Die photometrischen Messungen an verschiedenen Orten in Berlin, Charlottenburg, Dessau, Karlsruhe sollten auch dazu dienen zu ermitteln, ob und in wie weit die Beschaffenheit des an den eizelnen Beobachtungsstellen benutzten Gases auf die Leistung der Glühkœrper von Einfluss sei. Zu diesem Zweck wurde gleichzeitig mit den photometrischen Messungen der Glühlichter die Leuchtkraft des Gases in besonders ausgewæhlten gleichmæssigen Schnittbrennern und die Heizkraft des Gases im Junkers-Calorimeter bestimmt. Als Durchschnitt zahlreicher Beobachtungen ergab sich die Leuchtkraft im 5 cbf Schnittbrenner bei 150 l und der Heizwerth des an den einzelnen Beobachtungsstellen benutzten Gases wie folgt :

Leuchtkraft.... HK	9,4 —	8,8 —	11,6 —	12,4
Heizkraft pro 1 cbm	5153 —	5022 —	5242 —	5003 W. E.

Trotz dieser verhæltnissmæssig grossen Verschiedenheit in der Leuchtkraft des Gases im Schnittbrenner liess sich eine Verschiedenheit der Leistungen der Glühkœrper nicht

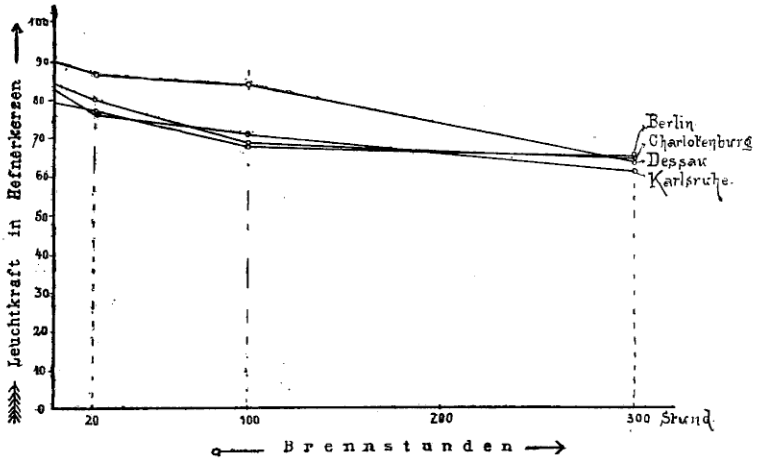
(1) Vergl. v. Oechelhaeuser, Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899. S. 492. u. H. Bunte, Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900 No 29, S. 529.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

erkennen, vielmehr waren die an verschiedenen Orten erhaltenen Ergebnisse in guter Uebereinstimmung, wie die Fig. erkennen lässt, welche die mittlere Leistung der Glühkœrper an den einzelnen Beobachtungsstellen angiebt.

Um diese für die Technik wichtige Frage noch weiter zu studiren und zu ermitteln, welchen Einfluss eine grœssere

Mittlere Leuchtkraft der Glühkörper während 300 Stunden.



Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Leuchtgases auf die Lichtwirkung im Auerbrenner hat, wurden in meinem Institut künstliche Mischungen von Leuchtgas mit Wasserstoff, Kohlenoxyd, Wassergas, Methan, Aethylen und Benzol hergestellt und die Leuchtkraft dieser Mischungen gegenüber dem unvermischten Leuchtgas im Auerbrenner geprüft. Das Ergebniss solcher Versuche, mit Gasmischungen ist in der folgenden Tabelle verzeichnet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Leuchtkraft	
	im Schnittbrenner bei 150 l Stunden-verbrauch HK	im Auerbrenner HK
Leuchtgas.....	15	70
Leuchtgas gemischt mit:		Leuchtkraft des unvermischten Gases im Auerbrenner = 100 gesetzt.
20 °/₀ Wasserstoff H_2	7,3	100
20 °/₀ Kohlenoxyd CO ...	3,0	86
20 °/₀ Methan CH_4	12,5	88
20 °/₀ Wassergas($CO+H_2$)	3,1	105
25 °/₀ Aethylen C_2H_4 ...	40,3	136
Leuchtgas mit Benzol carburirt.....	25,0	108
Leuchtgas durch Paraffinœl decarburirt.....	6 ,2	93

Für die Beurtheilung der Tabelle ist zu bemerken, dass die angegebenen Werthe vorerst nur einen ungefähren Massstab für den Einfluss der einzelnen Beimischungen auf die Lichterzeugung im Auerbrenner geben kœnnen. Denn jede Veränderung der Zusammensetzung des Gases bedingt streng genommen auch eine andere Art der Verbrennung, namentlich eine Aenderung der Menge der im Bunsenbrenner zugeführten Luft. Bei unseren Versuchen ist nun zunæchst dieser Umstand ausser Acht gelassen, und es wurde vielmehr mit Rücksicht auf den zunæchst liegenden praktischen Zweck derselbe Auerbrenner für unvermischtes Leuchtgas wie für die Gasmischungen, welche zum Theil recht erhebliche Verschiedenheiten zeigen, benutzt. Immerhin læsst sich erkennen, dass grosse Veræderungen in der Zusammensetzung des Gases, welche die Leuchtkraft

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

im Schnitt-und Argandbrenner weit unter die Hælfte des unvermischt Leuchtgases herabsetzen oder dieselbe beträchtlich erhœhen, und auch den Heizwerth des Gases stark verændern, wie bei Zumischung von Wasserstoff, Methan und Aethylen, nur relativ geringe Verschiebungen in der Lichtleistung des Auerbrenners hervorbringen.

Die Erklærung für diese merkwürdige Thatsache dürfte in den eigenthümlichen Verbrennungsverhæltnissen im Bunsenbrenner zu suchen sein. Bekanntlich wird dem Gas vor seiner Verbrennung im Mischrohr des Bunsenbrenners eine zur vollstændigen Verbrennung unzureichende, dagegen die vœllige Entleuchtung bewirkende Luftmenge zugeführt. Sobald dieses aus dem Brennerrohr aufsteigende Gas Luftgemisch durch die heisse umgebende Flamme auf die Entzündungstemperatur gebracht ist, tritt eine unvollstændige Verbrennung, gewissermassen eine Verbrennung von Luft im Gasüberschuss ein, welche in dem innern grünen Flammenkegel des Bunsenbrenners zur Erscheinung kommt. Dabei werden fast alle sogenannten schweren Kohlenwasserstoffe zersetzt und theilweise verbrannt, und die Produkte der unvollkommenen Verbrennung, neben Kohlensæure und Wasserdampf, sind Kohlenoxyd und Wasserstoff mit Resten des schwer zersetzlichen und verbrennlichen Methan und etwas Acetylen. Die aus dem grünen Flammenkern des Bunsenbrenners im Innern des Glühkœrpers aufsteigenden heissen Gase enthalten demnach in allen Fællen, ob schwach oder stark leuchtendes Gas verwendet wird, in der Hauptsache Kohlenoxyd und Wasserstoff; diese Gase verbrennen in dem durch die Maschen des Glühstrumpfes begrenzten æusseren Flammenkegel mit der von aussen zutretenden Luft vollkommen zu Kohlensæure und Wasserdampf und erhitzen dadurch die Maschen des Gewebes zu intensivster Weissgluth. Bei der Verbrennung am

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Glühkœrper kommen somit bei allen Gasen wechselnder Zusammensetzung wesentlich nur Kohlenoxyd und Wasserstoff in Betracht und man begreift so, dass die Leistung der Glühkœrper durch eine wechselnde Zusammensetzung des Leuchtgases relativ wenig beeinflusst werden wird.

Für eine weitere Zergliederung der Verbrennungsvorgænge am Glühkœrper und zur Lœsung zahlreicher anderer für die moderne Gasbeleuchtung wichtiger Fragen reichen unsere bisherigen Beobachtungen und Erfahrungen noch nicht aus, obwohl die letzten Jahre uns hœchst werthvolle Aufschlüsse über die Ursache des Leuchtens der Auerbrenner gebracht haben. Vor allem sind hier zu nennen die Versuche von Le Chatelier und Boudouard (1), sowie von Nernst und Bose (2), durch welche der Beweis erbracht wurde, dass das Auerlicht lediglich der hohen Temperatur des Gewebes aus Edelerden sein glænzendes Licht verdankt; die geringe Wærmestrahlung des Skelettes befæhigt den Glühkœrper die hohe Temperatur der Flammengase rasch und vollstændig anzunehmen und das relativ starke Strahlungsvermœgen im sichtbaren Theil des Spektrums bedingt die grosse Oekonomie des Brenners.

Ob nun die Bunsenflamme in allen Theilen des Mantels ohne Weiteres die erforderliche hohe Temperatur besitzt um das Aschenskelett gleichmæssig zur hœchsten Weissgluth zu erhitzen wie es beim Auerbrenner der Fall ist, oder ob auch eine Beschleunigung des Verbrennungsprocesses durch die katalytische Wirkung der Strumpfmasse eintritt und so das gleichmæssig intensive Erglühen des Auerstrumpfes des erzeugt wird, mag vorerst noch dahin gestellt bleiben. Jedenfalls zeigen Versuche,

(1) *Comptes rendus* 1898, 126, S. 1861 ; Journ. f. Gasbeleuchtung 1898, S. 633.

(2) Physikalischs Zeitschrift 1900, Nr. 26, S. 289.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

welche H. Luggin vor längerer Zeit auf meine Veranlassung in meinem Institut angestellt hat, dass die Auermasse durch katalytische Wirkung auf eine kalte Gasluftmischung, wie sie aus dem Bunsenbrenner aufsteigt, auch ohne Flamme zum vollen Leuchten gebracht werden kann.

Mit der Erkenntniss, dass das Gasglühlicht ausschliesslich der hohen Flammentemperatur seine Leuchtkraft und seinen Glanz verdankt, müssen sich naturgemæss auch die Grundsætze für die Beurtheilung der Eigenschaften des Leuchtgases und der Methoden zu seiner Darstellung ændern, denn die Lichterzeugung ist mit der Einführung des Auerlichts zu einer reinen Heizungsfrage geworden.

Unter der früheven Herrschaft der Schnitt-und Rundbrenner musste auf die Erzeugung eines an sog. schweren Kohlenwasserstoffen, Aethylen und Benzol, reichen Gases der grœsste Werth gelegt werden, weil die Lichtwirkung der Flamme ausschliesslich von der Gegenwart dieser Betandtheiles herrührt. Durch die Rücksicht auf die Gewinnung und Erhaltung dieser Lichtgeber wird sowohl die Auswahl des Rohstoffes wie die Methode der Entgasung bestimmt. Bei Steinkohlengas ist eine bestimmte und seltene, daher theuere Gaskohle erforderlich; die Destillation derselben kann bei Gaswerken jeder Grœsse nur in relativ kleinen Retorten vorgenommen werden, welche nach je 4 bis 6 Stunden entleert und neu beschickt werden müssen und einen grossen Aufwand von Arbeit und Lœhnen erfordert; bei Anwendung grœsserer Destillationsræume und længerer Entgasungsperioden würden die schweren Kohlenwasserstoffe grossentheils zerstœrt und die Leuchtkraft des Gases dadurch erheblich geschædigt.

Mit der wachsenden Verbreitung des Glühlichtes und der Verwendung entleuchteten Gases für Beleuchtung und

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Heizung verlieren diese früher so nœthigen und so theuer erkauften Lichtgeber mehr und mehr an Werth, und für die Beurtheilung des Gases kann nicht mehr die photometrische Messung der Leuchtkraft eines Schnitt- oder Argandbrenners zu Grunde gelegt werden, sondern der Heizwerth des Gases spielt nun die wichtigste Rolle.

Durch die Emancipation von den veralteten, auf die Beleuchtung mit Schnitt-und Argandbrennern zugeschnittenen Bestimmungen über die Leuchtkraft des Gases gewinnt aber die Gasindustrie in der Auswahl der Rohstoffe und in den Methoden der Gaserzeugung eine Freiheit der Bewegung, welche sowohl für ihre ganze künftige Entwickelung,als auch für die Versorgung der Stædte mit Licht, Kraft und Wærme durch gasfœrmigen Brennstoff von der allergrœssten Bedeutung ist.

Denn unter solchen Umstænden ist die Gazerzeugung nicht mehr auf die Verwendung einer ganz bestimmten und selbst bei hœchsten Preisen kaum noch in genügender Menge zu beschaffenden Gaskohle angewiesen, sondern die Auswahl unter den Rohstoffen wird erheblich erweitert und die Beschaffung wesentlich erleichtert. Bei der Herstellung des Gases ist man nicht mehr an die umstændliche und kostspielige Destillation in kleinen Retorten mit kurzer Entgasungsdauer gebunden, sondern es kœnnen je nach der Grœsse des Betriebes grosse Kammern, wie bei den Destillationscokereien, benutzt werden, deren Bedienung durch mechanische Hifsmittel wesentlich leichter und billiger ist. Neben dem Destillationsprocess gewinnen auch andere Gaserzeugungsprocesse erhœhte Bedeutung : Die Wassergasverfahren für sich allein oder in Verbindung mit der Oelgaserzeugung oder der Carburation mit Benzoldæmpfen, durch welche neben der Leuchtkraft auch die Heizkraft geregelt wird, kœnnen zur Unterstützung

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des Steinkohlengases, namentlich in Zeiten der Kohlennoth und zur Erzeugung eines Mischgases der Gasindustrie wesentliche Dienste leisten.

So eröffnet sich unter der Herrschaft des Gasglühlichtes für die Gaserzeugungsverfahren und die Gestaltung der Fabrikationseinrichtung ein weites Feld der Thætigkeit und des Fortschrittes, und der wissenschaftlichen Forschung sowohl wie dem praktischen Erfindungsgeist winkt noch manch lohnendes Ziel.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Projet de conditions et règles à suivre dans la photométrie des manchons à incandescence par le gaz.

Par MM. STŒCKLIN RIEDER et Cie.

(DE MULHOUSE)

La mesure du pouvoir éclairant des manchons, quel que soit le procédé de photométrie adopté, est restée jusqu'ici très alléatoire.

En Allemagne, l'association des gaziers a publié certaines instructions devant servir de base pour le mode d'opérations mais elles sont incomplètes.

Il serait utile de déterminer exactement les conditions dans lesquelles la photométrie du manchon doit être faite et surtout d'établir une norme à laquelle on puisse ramener les résultats obtenus, dans des conditions toujours différentes, par les divers opérateurs.

Il appartient au Congrès d'établir les règles nécessaires.

Il y aurait lieu de fixer :

1° L'emploi d'un bec normal (avec donnée du diamètre du bec, de sa grille, le nombre de maillons, la hauteur de la cheminée, etc.), un bec type tel qu'il en a été établi pour l'Argant, pour mesurer le pouvoir éclairant du gaz;

2° La hauteur du manchon;

3° La pression du gaz;

4° La consommation à l'heure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Une décision du Congrès simplifierait l'expression du pouvoir lumineux en l'unifiant sous la dénomination de « Norme du Congrès ».

Nous proposons de fixer la pression à 40 mm, la consommation à 110 l et la hauteur du manchon à cm 7 1/2 pour le manchon n° 2.

Nous nous occupons, en nous basant sur un nombre très considérable d'expériences, d'établir un tableau qui permettra de ramener à la norme toutes les opérations photométriques faites dans d'autres conditions que celles qui auront été fixées.

Nous nous proposons d'apporter au Congrès, à l'appui de notre projet, tous les résultats, matériaux et documents pouvant servir à la discussion de cette question.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fours à cornues inclinées.

Par M. C.-E. BRACKENBURY.
(DE LONDRES)

Toutes les personnes qui s'occupent de l'industrie du gaz d'éclairage, ingénieurs ou simples ouvriers, doivent une grande reconnaissance à M. Coze pour son système de distillation de la houille, actuellement en usage dans presque tous les pays de l'Europe.

En Angleterre seulement, on a installé, dans les dix dernières années, près de m 30.000 de cornues inclinées, et la somme dépensée à cet effet n'a pas été inférieure à fr 17.500.000, soit une dépense moyenne de fr 1.750.000 par an, non compris le capital nécessaire à la construction de salles de distillation. Pour qu'une pareille dépense ait été faite, malgré tous les obstacles rencontrés au début par ce mode de distillation, il fallait évidemment qu'il présentât des avantages considérables tant au point de vue commercial qu'au point de vue technique et ouvrier.

Le dessin ci-annexé (voir Pl. I)d'une batterie de 10 fours à cornues inclinées peut être considéré, d'une façon générale, comme représentant les règles ordinairement suivies en ce moment en Angleterre pour ce genre d'installation; mais les détails mécaniques et autres peuvent, bien entendu, varier suivant les circonstances locales, les idées et l'expérience des intéressés.

Le charbon est déchargé dans une trémie A, en forme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'entonnoir, d'où il tombe dans un broyeur à mâchoires ou à rouleaux B. Le premier semble plus employé sur le continent qu'en Angleterre. Au-dessous du broyeur on peut placer le tambour d'alimentation C (construit par MM. Graham, Morton et C°), dont l'auteur a déjà donné la description et signalé les avantages dans la communication qu'il a eu l'honneur de faire sur le chargement mécanique des fours à cornues horizontales, au dernier Congrès de la Société Technique de l'Industrie du Gaz.

Chaque godet de l'élévateur D reçoit ainsi une charge régulière, et le charbon, une fois élevé, est versé sur un transporteur à palettes E qui remplit un réservoir F régnant sur toute la longueur de la batterie de fours. Il est prudent de donner à ce réservoir une capacité suffisante pour un service de vingt-quatre heures, et les machines doivent être assez puissantes pour le remplir en moins de douze heures. On évite ainsi de faire marcher les appareils accessoires pendant la nuit, et l'on a du charbon en réserve en cas de besoin.

Au-dessous du réservoir, et dans l'axe de chaque rangée verticale de cornues, se trouve une chambre de mesurage G qui peut être mise en communication avec le réservoir à charbon en ouvrant le registre du haut. Lorsqu'on fait la charge, le registre du bas permet au charbon de passer dans la cornue. Ces deux registres sont reliés par un levier H disposé de manière à ce que si on le tire pour le placer hors de sa position normale, le registre inférieur s'ouvre et le registre du haut se ferme, interceptant ainsi toute communication entre le réservoir à charbon et la chambre de mesurage. Lorsque le levier est remis dans sa position primitive, le registre du bas se ferme et le registre du haut s'ouvre en donnant passage au charbon qui remplit de nouveau la chambre de mesurage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces chambres, comme l'indique leur nom, servent à mesurer très exactement la quantité de charbon versée dans chaque cornue, et cette quantité peut être réglée à volonté. Elles doivent être munies du mécanisme connu sous le nom de « mécanisme de Graham » qui permet d'assurer l'alimentation complète des cornues. Ce mécanisme consiste en un simple clapet équilibré qui s'ouvre lorsque le charbon tombe, et empêche l'opérateur d'interrompre l'écoulement du charbon avant que toute la charge soit passée dans la cornue. L'emploi de ce clapet permet donc d'éviter que le moindre morceau de charbon sorte de la chambre de mesurage avant que le registre du haut ne soit complètement fermé. Par ce moyen le chargement régulier des cornues ne dépend plus uniquement de la bonne volonté de l'ouvrier, et la direction de l'usine est assurée, sans grande surveillance, que la quantité de charbon voulue sera distillée.

Chaque rangée horizontale de cornues est munie d'une goulotte de chargement I, en tôle légère, dans laquelle se trouvent des chicanes permettant de régler et de rendre uniforme la vitesse avec laquelle le charbon s'écoule dans la cornue, et cela quelles que soient la longueur de la goulotte ou la nature du charbon employé.

La lettre J désigne le bec de chargement que l'on place dans la tête de la cornue. Si on le désire ce bec peut être pourvu d'un clapet à ressort pour régler encore la vitesse du charbon au moment même où il entre dans la cornue. Ce frein additionnel est quelquefois utile lorsqu'on emploie des charbons de différentes qualités, et dans le cas où il faut distiller aussi du cannel ou du boghead.

A l'étage où se fait le déchargement, on emploie, pour protéger les ouvriers contre la chute du coke chaud, un écran ou bouclier mobile K, qui sert également à faire passer le coke par des ouvertures convenables ménagées

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans le plancher et à le diriger ainsi dans l'entraîneur L. La description que nous venons de faire est une esquisse rapide de ce qui se fait aujourd'hui en Angleterre. Nous allons examiner maintenant d'autres points intéressants.

La salle dans laquelle on se propose d'établir une seule batterie de fours à cornues inclinées peut être recouverte par une charpente ordinaire; mais, pour une batterie double avec plancher de chargement placé entre les deux rangées de fours, il semble plus avantageux d'adopter une toiture avec fermes cintrées qui laissent plus d'espace libre pour les transporteurs, réservoirs à charbon, etc.

Pour une installation de ce genre la portée la plus convenable serait d'environ m 30, et la distance entre le sol et la poutre formant arbalétrier de m 20. La bonne ventilation et l'éclairage d'une pareille salle de fours ont une grande importance, et ces deux points méritent d'être sérieusement étudiés, car ils laissent souvent à désirer.

Les dimensions données ci-dessus se rapportent à des fours montés avec des cornues de m 6,100 de longueur. Cette longueur est-elle la meilleure pour les grandes usines? L'auteur croit que l'expérience est faite actuellement, et que la longueur de m 6,100 est la plus convenable pour les grandes installations.

A l'origine, lors de l'introduction des fours à cornues inclinées dans l'industrie du gaz, on a commencé tout naturellement, et cela fort justement, par employer des cornues ayant seulement m 3,50 de longueur. Puis l'expérience ayant donné confiance, cette longueur a été portée à m 4,75 et finalement à m 6,10 (20 pieds anglais) longueur que l'on peut considérer comme étant actuellement la longueur normale des cornues inclinées en Angleterre.

Quelques personnes ont pensé qu'une aussi grande longueur pouvait avoir un mauvais effet sur le pouvoir éclai-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rant du gaz et rendre plus difficile la réparation des cornues, mais la pratique n'a pas confirmé cette manière de voir qui s'appliquerait tout aussi bien aux cornues de même longueur placées horizontalement.

L'avantage de pouvoir distiller des charges de kg 350 par cornue avec les mêmes appareils et la même main-d'œuvre que pour kg 250, est assez évident et assez important pour faire passer sur toutes les difficultés qui peuvent se produire, même les plus ennuyeuses.

La forme des cornues a aussi une grande importance, et c'est encore la pratique qui a permis de trouver celle qui convient le mieux pour chaque nature de charbon.

Lorsqu'on distille du charbon anglais de Durham, ou du charbon qui gonfle pendant la distillation, le point essentiel est de donner aux côtés de la cornue assez de hauteur pour empêcher que la charge en gonflant ne s'attache aux parois supérieures. L'auteur pense qu'il serait utile de donner en outre une légère inclinaison aux côtés de la cornue (au lieu de les faire verticaux) de manière à ce que le charbon puisse gonfler librement, c'est-à-dire sans presser contre les côtés. Le déchargement de la cornue se ferait ainsi plus facilement.

Nous donnons (fig. 1 ci-contre), la coupe d'une cornue disposée de cette façon.

La forme cintrée, que l'on donne souvent à la sole des cornues en D, s'oppose un peu au déchargement facile du coke, mais augmente beaucoup leur résistance et par suite leur durée, surtout dans le cas où elles ont une grande longueur. Si l'on a soin d'augmenter convenablement la largeur des cornues du côté de l'orifice de déchargement (largeur à laquelle il convient, selon l'auteur, de donner environ mm 150 de plus que du côté du chargement) le déchargement se fera plus facilement et d'une façon plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

automatique que dans certaines installations où cette précaution n'a pas été prise.

De même qu'on a été amené à faire les cornues plus longues, la tendance actuelle est d'augmenter leur inclinaison qui est passée de 29° 1/2 à 33° et même plus.

Les fours sont généralement à 9 cornues, bien qu'en

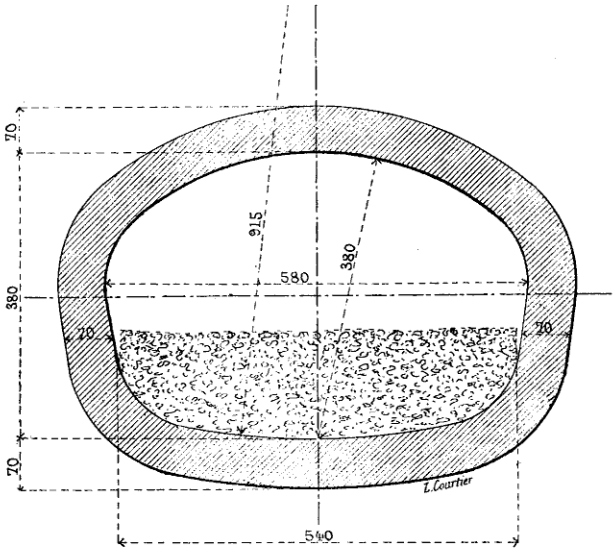


Fig. 1.

Angleterre, pour une raison ou pour l'autre, on ait hésité un peu à adopter cette disposition qui est la plus employée sur le continent.

Pour les grandes usines, on pourrait même songer à construire des fours à 12 cornues disposées sur trois rangées verticales et chargées avec les mêmes appareils. Les fours à 12 cornues horizontales ayant donné de bons résultats, rien ne s'oppose à ce qu'il en soit de même pour les fours à cornues inclinées. Les ingénieurs du continent sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

également en avance sur leurs collègues anglais en ce qui concerne la construction proprement dite des fours, avance due en partie, croyons-nous, à un empressement plus grand à faire pour les fours des dépenses assez fortes, parfaitement justifiées d'ailleurs par la cherté du combustible et la nécessité d'avoir une marche aussi économique que possible.

Il est très difficile de comparer le capital de premier établissement des fours à cornues inclinées avec celui des fours à cornues horizontales munies de machines à charger et à décharger, en raison des conditions différentes dans lesquelles ces installations ont été généralement faites et des variations du prix de la main-d'œuvre et des matériaux. Il y a tant de sources d'erreur dans une telle comparaison qu'il n'est pas facile d'arriver à une conclusion d'une exactitude absolue. C'est ainsi que l'auteur a entendu parler d'une installation de fours à cornues inclinées dont le prix a été seulement de fr 7.000 par mc 1.000 de gaz fabriqué par jour, tandis qu'une autre n'a pas coûté moins de fr 17.250 !

Des batteries de fours à cornues horizontales avec machines à charger et à décharger, installées dans des conditions à peu près identiques à celles des deux exemples que nous venons de citer, ont coûté respectivement environ fr 5.000 et 13.150 par m c 1.000 de gaz.

Dans un autre cas encore les prix comparatifs de deux installations de fours à cornues inclinées et de fours à cornues horizontales avec machines étaient inverses ; les premiers ayant coûté approximativement fr 11.000 par mc 1.000 de gaz fabriqué par jour et les autres fr 13.000.

L'économie procurée par l'un ou l'autre des deux systèmes est également très variable ; mais en général les mérites présentés par les deux systèmes en présence peuvent se résumer ainsi :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A. — *Avec des fours à cornues inclinées*, marchant dans des conditions normales, on peut réaliser une économie de 60 à 75 pour cent sur le nombre des ouvriers employés, et le coût de la distillation par kg 1.000 de charbon (non compris l'amortissement, l'usure et l'intérêt du capital dépensé) peut être abaissé à fr 1, soit fr 3,33 par mc 1.000 de gaz fabriqué en admettant un rendement de mc 300 de gaz par tonne de charbon distillé.

B. — *Avec des fours à cornues horizontales et des machines à charger et à décharger*, on peut obtenir une économie de main-d'œuvre de 45 à 60 pour cent, et le coût de la main-d'œuvre par kg 1.000 de charbon distillé (non compris l'amortissement, l'usure et l'intérêt du capital dépensé) peut être évalué à environ fr 1,30, soit fr 4,33 par mc 1.000 de gaz fabriqué par jour, ou fr 1 de plus qu'avec les fours à cornues inclinées.

Mais, laissant de côté les chiffres, il ne peut y avoir le moindre doute sur l'avantage qu'il y a à faire tomber automatiquement le charbon dans des cornues inclinées, plutôt que de charger des cornues horizontales avec des machines, quelque parfaites et bien disposées qu'elles puissent être. Avec ce dernier procédé il faut en effet les mêmes appareils pour casser, élever et transporter le charbon, et en ajouter d'autres pour obtenir la force nécessaire au fonctionnement des machines à charger et à décharger (force hydraulique ou air comprimé).

On doit aussi se rappeler que pour desservir une batterie de fours à cornues horizontales de m 6.100 de longueur, il est nécessaire d'avoir quatre machines (deux pour le chargement et deux pour le déchargement) avec tout leur attirail

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de leviers et autres organes qui exigent certaines connaissances de mécanique pour être manœuvrés convenablement. Il faut tenir compte, en outre, de l'usure du matériel et des accidents toujours possibles avec des machines de ce genre.

Avec les fours à cornues inclinées, il n'y a qu'un levier de manœuvre pour chaque cornue, et si les broyeurs, élévateurs et transporteurs à charbon sont en double, les risques d'arrêt par suite d'accidents sont complètement évités. On ne doit pas oublier, d'ailleurs, qu'avec les cornues inclinées on peut obtenir par mq de surface horizontale, une puissance de fabrication plus grande, et que l'expérience a montré que l'usure et les frais d'entretien des fours à cornues inclinées sont moins élevés que pour les fours à cornues horizontales.

Il ne faudrait pas cependant, comme le font quelques ingénieurs, préconiser un système à l'exclusion complète de l'autre, car dans certaines conditions exceptionnelles, ou lorsqu'il existe déjà des fours à cornues horizontales, les machines ingénieuses imaginées par M. West et par M. Foulis sont très utiles et rendent de grands services. Mais l'auteur croit que pour la plupart des usines où l'on construit de nouvelles halles de distillation, la supériorité des fours à cornues inclinées est indiscutable.

Un autre point doit être encore examiné dans la comparaison des fours à cornues inclinées avec les machines à charger et à décharger les cornues horizontales : c'est l'opportunité de leur emploi dans les usines de moyenne importance. Pour qu'on puisse appliquer avec avantage ces dernières machines aux fours à cornues horizontales, il est nécessaire qu'elles puissent desservir un nombre suffisant de cornues, car une paire de machines peut charger et décharger 200 à 300 cornues. Il est vrai que pour obtenir les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

meilleurs résultats avec les fours à cornues inclinées on doit également avoir un certain nombre de fours en marche, mais on peut, à la rigueur, n'avoir avec ce système qu'un ou deux fours allumés. Lorsqu'il n'y a que deux ou trois fours en marche, on a l'habitude d'employer un homme par four et par équipe. On peut distiller dans ce cas environ kg 6.000 de charbon par homme et par équipe de douze heures.

M. E. Derval, ingénieur-constructeur à Paris, a fait breveter dernièrement, de concert et en collaboration avec MM. Graham, Morton et C° une disposition de fours à cornues inclinées représentée par la photographie suivante, prise sur un dessin exposé au Champ-de-Mars à côté d'un modèle de four muni des appareils spéciaux dont il a été parlé plus haut pour le chargement automatique des cornues inclinées et la manutention du coke et du charbon.

En dehors des particularités intéressantes présentées par ces fours, qui se distinguent surtout des appareils similaires par deux admissions d'air chaud permettant de fractionner la combustion du gaz et de chauffer le bas des cornues aussi bien que le haut, le but principal de ces Messieurs a été de réduire le plus possible les dépenses de premier établissement des fours à cornues inclinées, et de faciliter leur introduction dans les petites usines et les usines de moyenne importance.

A production égale, ces fours ne coûtent pas en effet beaucoup plus que les fours à cornues horizontales chauffés au gaz, et ils peuvent s'adapter aux usines où l'on n'a besoin que de quatre ou six cornues par four. On arrivera peut-être ainsi à généraliser les avantages et les économies procurées par les fours à cornues inclinées.

L'auteur n'a pas tenté dans cette étude d'examiner à fond tous les points intéressants dans l'installation des fours à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

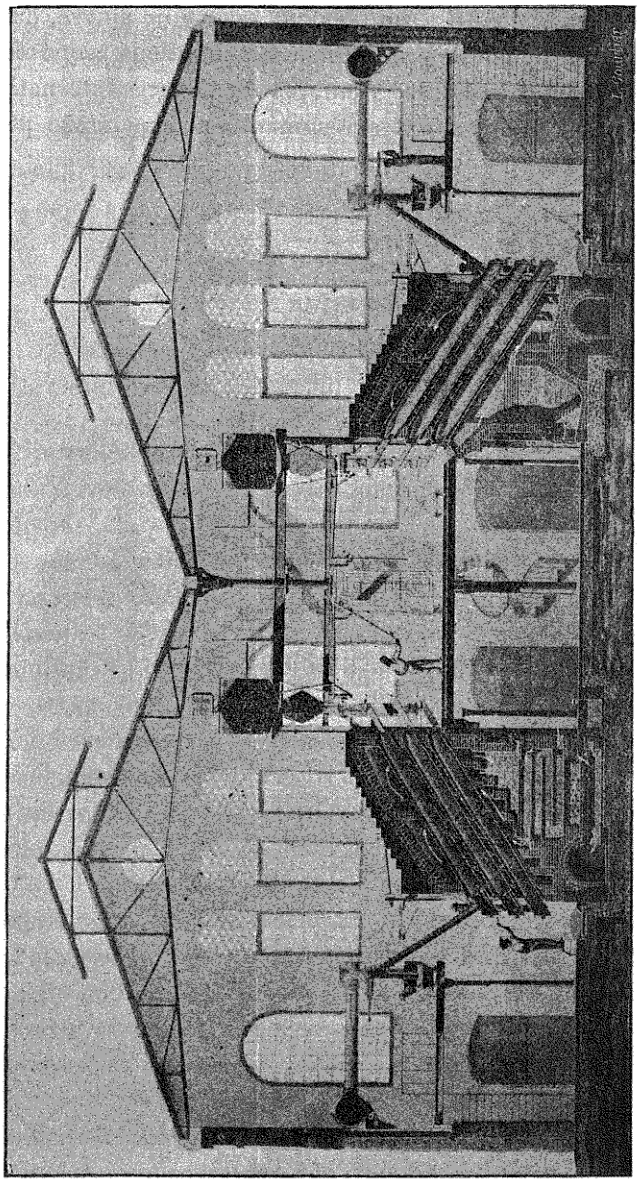


Fig. 2.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cornues inclinées. Il a simplement essayé de suivre, dans ses grandes lignes, le programme des questions proposées et de présenter à MM. les Membres du Congrès International du gaz quelques notes résumant son expérience personnelle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Note sur une installation de four à distiller la houille avec gazogènes indépendants placés à distance.

Par M. G. EICHELBRENNER.

(DE PARIS)

L'installation que je présente à l'examen de mes collègues s'écarte notablement des dispositions généralement adoptées, et cela pour des causes très spéciales. Je crois cependant que ce type peut recevoir avec avantage des applications assez fréquentes.

J'avais à refaire entièrement une usine établie à proximité des mines de charbon, sur un sol constamment disloqué par les tassements résultants de l'exploitation souterraine. Malgré une fondation sur béton armé très sérieusement établie, il n'était pas possible de compter sur une stabilité complète du sous-sol. Des dislocations dans les maçonneries des fours étaient donc à prévoir, et il s'agissait de réduire au minimum les inconvénients résultant, pour l'exploitation, de ces tassements irréguliers.

J'ai pensé réduire notablement ces inconvénients en séparant les gazogènes des fours proprement dits et des récupérateurs (voir Pl. II). Les gazogènes sont robustes, peu susceptibles de se détériorer. Les fours et les récupérateurs, au contraire, peuvent être mis hors de service brusquement, par la dislocation des pièces des récupérateurs ou des cornues. Mais, par contre, la réparation en est facile et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

prompte lorsqu'elle ne comporte pas la réfection des parties corrodées des foyers et des gazogènes.

En ayant un nombre suffisant de fours de rechange, il suffit, en cas d'avaries d'un four, de couper le gaz à ce four, d'en allumer un autre, et, après visite du four avarié, bouchage des fissures, de le remettre en service en lui rendant le gaz de chauffage.

Incontestablement, il est d'un usage presque général, lorsqu'on applique le chauffage à chaleur régénérée aux fours de distillation de la houille, de placer les gazogènes dans le voisinage, immédiat du four à chauffer; généralement au-dessous, ou, tout au moins, en avant du four, en sous-sol et contre le massif à très faible distance. Le four proprement dit, son gazogène, son ou ses récupérateurs forment un tout autonome que l'on s'efforce de condenser sous le plus petit volume possible pour éviter les déperditions de calorique, d'autant plus considérables que les parois exposées à l'air sont plus développées.

Cependant, beaucoup de fours employant le chauffage, à chaleur régénérée, dans la verrerie, la métallurgie, etc... séparent complètement les gazogènes des appareils à chauffer; une conduite de gaz de chauffage partant de la batterie de gazogènes distribue le gaz aux divers fours, qui ne conservent dans leur voisinage immédiat que les appareils à air chaud, récupérateurs ou accumulateurs.

Cette disposition que j'ai adoptée pour les fours à distiller la houille, présente divers avantages qui ne sont pas à dédaigner :

1° Elle débarrasse complètement la halle du service accessoire des grilles, réservant tout l'espace autour des fours aux opérations et manœuvres qu'exige le travail propre du four de la fabrication proprement dite ;

2° Elle permet de procéder à l'air libre, dans des fosses

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

spacieuses et à ciel ouvert aux décrassages des grilles, au chargement du combustible dans les gazogènes; on évite ainsi dans la halle des fours, l'élévation de la température, les poussières, les dégagements d'oxyde de carbone et de vapeur d'eau qu'il est impossible d'éviter complètement pendant le travail des chauffeurs ;

3° Elle rend possible l'emploi, au chauffage des fours, de combustibles de qualité inférieure comme le lignite, la tourbe, les déchets de houille schisteuse dont la gazéification exige des surfaces de grille qui ne pourraient se loger dans l'espace restreint dont on dispose sous les fours. En outre, la nécessité d'apporter ces combustibles spéciaux dans la halle de distillation l'encombrerait d'une façon gênante. En présence de la hausse considérable des charbons et des cokes, et de l'intérêt que présente l'utilisation des combustibles inférieurs, cette considération n'est pas sans valeur;

4° Elle rend complètement indépendants l'un de l'autre le four et le gazogène qui l'alimente, ainsi que je l'ai dit ci-dessus.

Bien plus, grâce à l'élasticité dans la production dont un gazogène est susceptible, et aux faibles détériorations que subit cet appareil lorsqu'on l'alimente au coke, il n'est pas nécessaire d'avoir autant de gazogènes qu'il y a de fours à alimenter. Même, tous les fours étant allumés, 6 ou 8 gazogènes alimenteront 8 à 10 fours, en activant leur marche ;

5° Enfin, et c'est là un avantage dont on a tiré parti dans plusieurs usines, on peut, lorsque l'eau est à faible profondeur sous le sol, employer néanmoins le chauffage par gazogènes, à condition de placer ces derniers à distance et hors d'eau, alors que placés sous les fours ils eussent été noyés.

Deux objections peuvent être faites à ce type d'installation appliqué aux usines à gaz :

1° L'économie moins grande de combustible par suite

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des déperditions de calorique dans le trajet du gaz des gazogènes aux fours ;

2° Le coût plus élevé de l'installation.

Nous allons examiner successivement l'importance de chacune d'elles.

1° Moindre économie de combustible.

Tout d'abord, cette objection tombe d'elle-même dans le cas où le groupement des gazogènes en batteries indépendantes permet d'employer des combustibles à bas prix, déchets de mines, tourbes, lignites, etc...

L'économie *en poids* peut être nulle ou négative, mais l'économie *argent* est considérable.

Ensuite, si la distance à parcourir par le gaz est considérable, et si ce gaz arrive très refroidi aux fours, on peut le réchauffer, sans dépense supplémentaire, dans un récupérateur spécial accolé au récupérateur d'air secondaire. En effet, si le gaz arrive au four à 250° au lieu de 500°, température de départ des gazogènes, il y aura perte, il est vrai, mais qui sera compensée, car cela permettra, en les refroidissant plus complètement, d'évacuer les fumées du four à 250° tandis qu'elles se fussent échappées à 500° si on n'avait eu à réchauffer que l'air secondaire seul.

Si la distance à franchir est moyenne, ou si l'isolement de la conduite est convenable, la perte sera très faible.

En effet, on sait que pour le coke la gazéification en oxyde de carbone absorbe environ 23 0/0 du calorique (1) qui est employé à élever à 850° environ la température du gaz produit.

Si le gaz au lieu d'être introduit de suite dans le four se

(1) Voir Lencauchez, *Traité des Combustibles*, pages 225 et suivantes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

refroidit, dans son trajet du gazogène au four, il y a perte. Si le refroidissement est de 200° par exemple, ce qui est déjà beaucoup, cette perte représente :

$$0{,}23 \times \frac{200}{850} \text{ soit } 5{,}5\ 0/0,$$

du calorique total. Or, on sait par les travaux d'Ebelmen que la portion du calorique total, utilisée dans un four à haute température, est très faible (de 4 à 35 0/0). On voit donc (quand il ne s'agit pas de produire des températures limitées toutefois) combien est peu importante la perte résultant du refroidissement partiel des gaz.

Comme néanmoins cette perte est réelle, il y a lieu de la combattre en isolant le mieux possible la conduite de gaz. Dans le cas particulier que nous examinons, j'ai établi cette conduite en sous-sol avec parois en terre réfractaire épaisses, et remblai bien sec tout autour.

Ces conduits peuvent se déniveler par suite de tassements inégaux du sol sans que, pour cela, il se produise des fuites de gaz appréciables, et le bouchement de ces fuites peut se faire facilement en marche.

Il y a lieu évidemment de donner aux parois des gazogènes et de la canalisation du gaz une épaisseur suffisante pour éviter les déperditions de calorique dans les parties non enterrées.

En recueillant les renseignements pratiques de consommation sur des installations de ce genre, quoique moins importantes, déjà en service dans diverses usines, je suis arrivé à conclure que la dépense par 100 kg de houille distillée ne diffère pas d'une façon sensible de ce qu'elle serait avec des fours à gazogènes en dessous; ce qui confirme les considérations théoriques développées ci-dessus.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° Coût plus élevé de l'installation.

La construction de cette batterie faite dans le nord de la France et pendant cette période de renchérissement des matériaux, revient à 1.435 fr par cornue pour l'installation telle qu'elle est figurée au dessin annexé. Dans cette installation, on a prévu 1 gazogène par four en vue de dislocations provenant des tassements du sol.

Sur un sol normal, il suffirait de 8 gazogènes et le coût par cornue serait ramené à 1.355 fr par cornue.

Une batterie de même importance, du même nombre d'unités, mais avec gazogènes au-dessous des fours coûterait dans la même région 1.250 fr par cornue.

La différence du coût d'établissement par cornue est donc très sensiblement de 100 fr à 110 fr, soit 8.000 à 9.000 fr sur le prix total, ou 8 0/0 environ d'augmentation.

Étant donné que cette installation établie pour le chauffage au coke peut, sans modification sensible des gazogènes, être adaptée à l'emploi de la houille, ce qui n'est pas possible avec des gazogènes sous les fours, je suis amené à penser que cette solution présente des avantages réels dans le cas spécial où je l'ai appliquée et qu'elle est susceptible de s'approprier avantageusement à un certain nombre d'autres cas.

J'ai confié l'exécution de ces travaux à M. Hovine, ingénieur, un spécialiste en la matière, et je suis persuadé qu'avec son concours, nous arriverons aux excellents résultats que j'attends de ces fours et que je serai heureux de vous faire connaître l'année prochaine.

Tous mes appareils de condensation et d'épuration sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

prévus par séries, cette façon d'opérer me permet de ne monter que ceux nécessaires pour le moment.

Je ferai installer successivement les autres suivant l'augmentation de la fabrication et sans avoir aucun changement à apporter, soit aux bâtiments, soit aux appareils et conduites déjà placés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De la Mesure des hautes températures

Par M. Alten-S. MILLER

(DE NEW-YORK)

Jusqu'à une époque comparativement récente, il n'avait pas été inventé d'instrument permettant de mesurer avec facilité et d'une façon continue, des températures de 1.000° et au-dessus. Vous êtes tous familiarisés avec le thermomètre à air, le thermo-couple, la bobine à résistance de platine, les alliages fusibles et les autres méthodes, qui ont été employées jusqu'ici pour mesurer les hautes températures ; mais aucune d'entre elles ne convient pour un service ordinairement continu. Il leur manque l'élément de continuité ; les appareils sont trop délicats pour un fonctionnement ordinaire, ils sont inexacts, ou dépourvus, d'un autre côté, des qualités nécessaires assurant une manipulation régulière et facile. J'ai l'intention de décrire

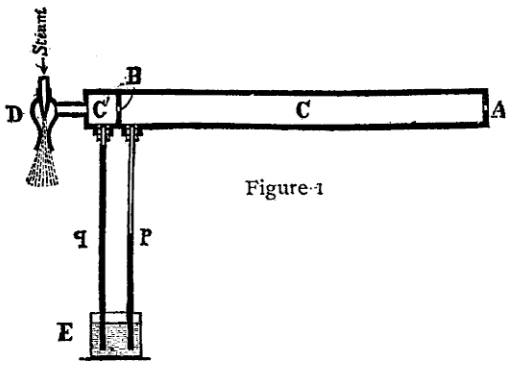


Figure 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un instrument, essayé il y a quelques mois, et qui semble convenir éminemment au mesurage et à l'enregistrement des températures au-dessous de celle à laquelle le platine commence à fondre. Le principe de son fonctionnement est montré par la figure 1.

A et B sont des orifices pratiqués dans des diaphragmes en platine à chaque extrémité d'une chambre C.

D est un aspirateur, qui assure un appel uniforme sur le côté éloigné de B, dans la chambre C′.

L'air sera appelé à travers B, par l'aspiration en C′, et il se formera un vide partiel en C qui obligera l'air à entrer par A. L'équilibre s'établira au bout de quelques secondes et l'on mesurera le vide en C et C′ à l'aide des manomètres à eau P et Q.

Si l'air arrivant en A est chaud, la température en B et le vide en C′ étant constants, le vide en C augmentera. La hauteur de l'eau en P indiquera, par conséquent, la température de l'air arrivant en A.

La figure 2 montre comment les principes qui précèdent ont été appliqués dans la pratique. On maintient un vide uniforme au moyen du récipient C′, rempli d'eau en partie et dans laquelle plonge un tube *nn′*. Si le vide est plus grand que la hauteur de la partie du tube située au-dessous de la surface de l'eau, l'air descendra dans le tube *nn′* et diminuera ce vide. En pratique, il y a une petite quantité d'air qui passe dans *nn′* quand l'appareil est en service et l'aspiration devient constante.

Pour maintenir constante la température du diaphragme B, ce dernier est renfermé, ainsi qu'une partie du tuyau d'arrivée de l'air à l'ouverture, dans un récipient traversé par la vapeur provenant de l'aspirateur. L'air arrive assez lentement pour prendre la température de la vapeur avant d'atteindre l'ouverture B.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

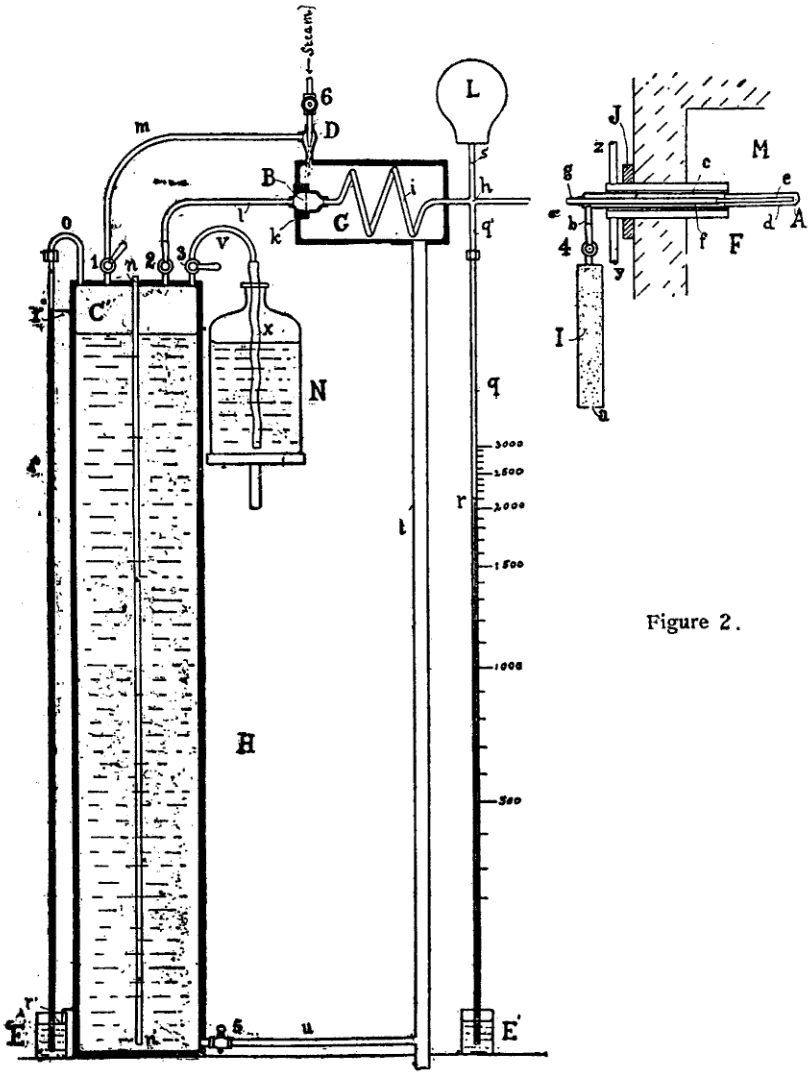


Figure 2.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On mesure le vide à l'aide du manomètre à eau q (fig. 2) et d'un manomètre enregistreur L.

L'air entrant passe d'abord dans un filtre plein de coton brut I, puis dans un tube de platine d, où il prend la température du milieu environnant. L'ouverture A a été pratiquée dans un second tube de platine e, placé à l'intérieur de d. Lorsque le tube e n'est plus soumis à l'influence de la grande chaleur, il rejoint un tube en cuivre g, entouré d'une enveloppe réfrigérante. Les tubes g et h peuvent être réunis par un tuyau d'une longueur quelconque mais il est préférable de donner à ce tuyau un faible diamètre parce que le retard du pyromètre est proportionnel au volume de l'air contenu dans le tuyau entre A et B.

On verra que le réglage de l'appareil est très simple.

Étant donné que :

$$C = \frac{\text{surface A}}{\text{surface B}}$$

b = la pression barométrique en pouces de mercure,
b' = la pression en C,
b'' = la pression en C',
t' = la température absolue en A,
t'' = la température absolue en B.
t = théoriquement :

$$b = \pm \sqrt{\frac{C^2\, t''}{t'}\, b^2 + \frac{\left(b'' - C^2 \frac{t''}{t'}\, b\right)^2}{4}} + \frac{b'' - C^2 \frac{t''}{t'}\, b}{2}$$

On a reconnu expérimentalement que b' est beaucoup plus faible, pour une température donnée, que ne l'indiquerait la formule ; ainsi, au lieu de pouvoir calculer l'échelle de chaque instrument, il est nécessaire de le graduer en se servant à cet effet d'un pyromètre étalon, qui est comparé de temps à autre, avec un calorimètre à boule de platine, pour s'assurer de son exactitude. Je citerai, à cet égard,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'extrait ci-après d'une lettre de M. Alfred Steinbart, membre de la maison qui fabrique le pyromètre pneumatique :

« La courbe théorique est considérablement plus faible que la courbe pratique. Par exemple, l'instrument indiquerait pour b' 758° C pour une température de 1000° C; en d'autres termes, la courbe théorique lue à 1000°C accuserait une différence de 242°C. Cela provient, à mon avis, de la contraction du jet d'air passant par les ouvertures. Cette contraction dépend de la forme de l'ouverture, de telle sorte que nous pouvons construire un instrument accusant une différence de 200°F en plus ou en moins, en changeant la forme d'une ouverture, sans modifier son diamètre. On peut aussi établir un instrument donnant une lecture exacte à l'échelle jusqu'à 212°F mais accusant une différence de 200° vers 2000°.

« J'ai employé 2 ouvertures auxquelles j'avais donné des dimensions aussi semblables que possible et j'ai chauffé une fois à 212 F et l'autre fois à 100°F. La colonne d'eau de l'instrument a donné, la seconde fois, une différence en plus de 0,28 pouce. L'expérience, répétée plusieurs fois, a donné le même résultat.

« Si, dans la formule :

$$b' = \frac{b'' - C^2 \frac{t''}{t'} b}{2} \pm \sqrt{\frac{C^2 t''}{t'} b^2 + \frac{\left(b'' - C^2 \frac{t''}{t'} b\right)^2}{4}}$$

« nous donnons la même valeur aux températures t' et t'', C ne peut pas changer, comme les ouvertures sont de même dimension et de même matière, $\frac{t''}{t'} = 1$. Ainsi, la formule donne chaque fois la même valeur pour b', tandis

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que dans la pratique il se produit une différence considérable pour un changement de 112°F seulement. Cela provient, à mon avis, de la contraction causée par la température. »

La tension de l'air en C ne correspondant pas à la valeur calculée, en supposant que la veine contractée soit la même à toutes les températures, on a fait des essais avec une boule de platine pour constater si les instruments étaient bien gradués et s'ils variaient après avoir été exposés à la chaleur. Ces essais, prolongés pendant plusieurs mois, ont indiqué des graduations suffisamment exactes. Ils ont montré, en outre, que les instruments ne variaient pas et que la pression dans le tube intermédiaire C indiquait toujours exactement la température en A.

Une baisse du baromètre tendrait à diminuer la valeur de $b - b'$, mesurée sur le manomètre P. D'un autre côté, l'abaissement du point d'ébullition de l'eau, par suite de la baisse du baromètre, tendrait à augmenter $b - b'$. Ces deux influences sont très faibles et, en pratique, elles se neutralisent, à tel point que les instruments ne se trouvent pas affectés, d'une façon appréciable, par un changement barométrique.

L'avantage d'un instrument qui enregistrera les températures élevées est de toute évidence. Actuellement, on se fie, dans une large mesure, sur l'œil et sur la mémoire. Nous décidons, après avoir expérimenté pendant un temps donné, que certaines chaleurs sont à peu près bonnes dans les diverses parties d'une batterie de fours ou d'une installation d'appareils de gaz à l'eau, et nous prescrivons au personnel chargé de la fabrication de ne pas laisser varier ces chaleurs au delà d'un point déterminé. Il est presque impossible de conserver une chaleur constante, lorsqu'elle dépend de l'œil, qui n'est pas aidé, et de la mémoire; aussi,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est-il important d'éliminer ces deux sources d'erreur et d'obtenir des chiffres absolus.

Il sera très intéressant également de noter les températures de l'intérieur de la cornue au cours de la distillation du charbon. On pourrait obtenir des chiffres très utiles en plaçant un pyromètre au centre de la charge de charbon et l'autre au-dessus.

Je ne prendrai pas votre temps davantage en vous indiquant les emplois possibles d'un pyromètre. Comme nous nous occupons principalement des chaleurs et des hautes températures, l'importance de la possibilité de mesurer ces températures est trop évidente pour qu'il soit nécessaire d'insister sur ce point.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

The measurement of high temperatures.

By M. Alten-S. MILLER.

(NEW-YORK)

Up to a comparatively recent date, no instrument had been invented that would enable one to easily and continually measure temperatures of 1000° F., or over. You are all familiar with the air thermometer, thermo couple, platinum resistance coil, fusible alloys, and other methods that have been used to measure high temperatures, but none of these are suitable for ordinary continuous working. They lack the element of continuity, are too delicate for ordinary work, are inaccurate, or lack in some other way the qualities necessary for accuracy and ease of manipulation. It is my intention to describe an instrument that I have been testing for some months past and which seems to be eminently suited to the measuring and recording of temperatures below that at which platinum begins to soften. The principle of its operation is illustrated by Figure 1.

A and B are orific s in platinum diaphragms at each end of a chamber C. D is an aspirator which keeps a uniform suction on the far side of B in the chamber C'.

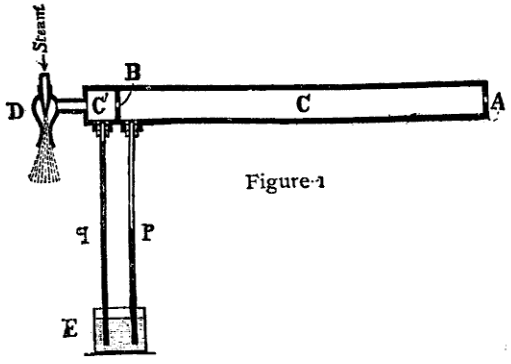


Figure 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Air will be drawn through B by the suction in C′ and a partial vacuum will be created in C, which will cause air to flow through A. In a few seconds equilibrium will be established and the amount of vacuum in C and C′ will be measured by the water guages P and Q respectively.

If the air entering at A is heated, the temperature at B and the vacuum in C′ being kept constant, the vacuum in C will increase. The height of the water in P therefore indicates the temperature of the air entering at A.

Figure 2 shows how the foregoing principles are applied in practice. To maintain a uniform vacuum, C′ is a vessel partly filled with water into which runs the tube $n\ n'$. If the vacuum is greater than the depth of the lower end of the tube below the surface of the water, air will come down through $n\ n'$ and reduce the vacuum. In practice a small amount of air flows through $n\ n'$ when the apparatus is in use and the suction is kept constant.

In order to keep the temperature at B constant, the latter and a portion of pipe through which the approaching air reaches the aperture, are enclosed in a vessel through which the steam exhausted from the aspirator is passed. The air passes slowly enough to take the temperature of the steam before reaching the aperture B.

The vacuum is measured by the water guage Q (Fig. 2) and by a recording guage L.

The entering air first goes through a filter of raw cotton I, and thence to a platinum tube d, where it reaches the temperature of the surrounding medium. The aperture A is in a second platinum tube e which is inside of d. Where the tube e is outside of the influence of the greatest heat, it is attached to a copper tube g which is surrounded by a water jacket. The tubes g and h may be connected by a tube of any length, but it is preferable to keep the diameter

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

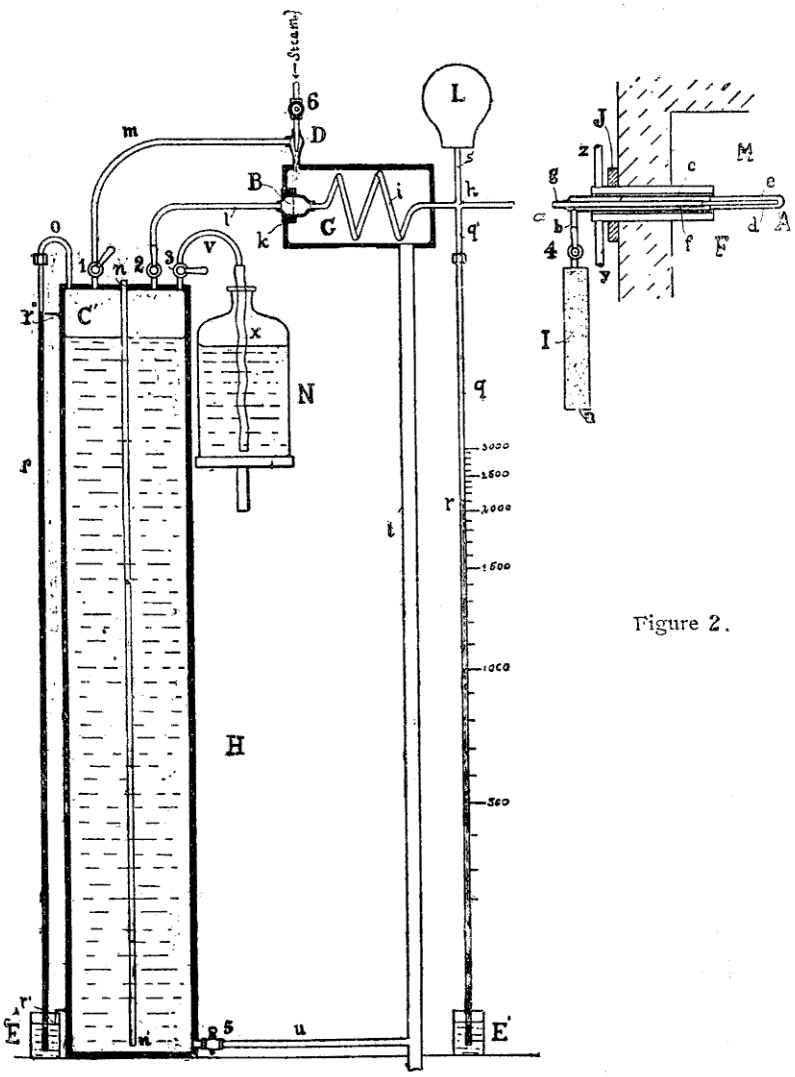


Figure 2.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

small, as the lag of the pyrometer is in a measure proportional to the volume of air contained in the pipe between A and B.

The calibration of this apparatus would seem to be a very simple matter.

$$C = \frac{\text{area A}}{\text{area B}}$$

b = The barometric pressure in inches of mercury.
b' = The pressure in C.
b'' = The pressure in C'.
t' = The absolute temperature at A.
t'' = The absolute temperature at B.

Theoretically.

$$b' = \frac{b'' - C^2 \frac{t''}{t'} b}{2} \pm \sqrt{\frac{C^2 t''}{t'} b^2 + \frac{\left(b'' - C^2 \frac{t''}{t'} b\right)^2}{4}}$$

Experimentally it has been determined that b' is much lower for any given temperature than the above formula would indicate; so, instead of being able to calculate the scale of each instrument, it is necessary to graduate each one separately, using a standard pyrometer for this purpose. The standard is checked from time to time with a platinum ball calorimeter to insure its accuracy. On this subject, I quote from a letter of Mr. Alfred Steinbart, a member of the firm which makes the pneumatic pyrometer :

« The theoretical curve is considerably lower than the practical. For instance, for a temperature of 1000° C the instrument would show for b' only 758° C; in other words the theoretical curve reads, at 1000° C, 242° lower. This to my opinion is due to the contraction of the jet of air flowing through the apertures. This contraction depends upon the shape of the hole, so that we can make an instrument read 200° F., high or low easily at will, by changing the

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

shape of one aperture without changing its diameter. It is also possible to make an instrument read right with the scale at 212° F., but high or low 200° at 2000°.

« I have used two apertures of as near the same dimensions as I could get them and heated both one time to 212°F., and the other time both to 100° F. The water column in the instrument showed the second time 0,28″ higher than the first time. This was several times repeated with the same result.

In formula

$$b' = \pm \sqrt{\frac{C^2 t''}{t'} b + \frac{\left(b'' - C^2 \frac{t''}{t'} b\right)^2}{4}} + \frac{b'' - C^2 \frac{t''}{t'} b}{2}$$

« if we insert for the temperatures t' and t'', the same value, C cannot change; as the openings are of the same size and material, $\frac{t''}{t'}$ will be equal 1. So the formula gives the same value for b', each time, while in practice, there is a considerable difference for as small a change as 112 F. This to my belief is due to the change of contraction through the temperature. »

As the tension of the air in C is not what it is calculated to be by assuming the form of vena contracta to be the same at all temperatures, tests were made with a platinum ball to see whether the instruments as sent out were properly graduated and whether they varied after being exposed to heat. These tests extending through a series of months indicated the graduations to be commercially accurate. They showed further that the instruments did not change, but that the pressure in the intermediate tube C always indicated correctly the temperature at A.

A fall in the barometer would tend to decrease the value

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

of $b - b'$ which is measured on the guage P. On the other hand the lowering of the boiling point of water due to the fall in the barometer would tend to increase $b - b'$. Both of these influences are very small and in practice they so nearly neutralize each other that the instruments are not appreciably affected by a change in the barometer.

The advantage of an instrument that will record high temperatures is evident. At present it is necessary to depend in a large degree on the eye and memory. After experimenting for a period, we decide that certain heats are about right in the various parts of a bench or water gas apparatus, and instruct those in charge of the gasmaking not to let them vary from the determined point. It is almost impossible to keep a constant heat when dependence is placed upon the unaided eye and upon memory, so it is important to eliminate these two sources of error and to get absolute records.

It will also be very interesting to note the temperatures in the retort during the carbonization of coal. With one pyrometer in the centre of the charge of coal and the other above it, records could be made that would be very valuable,

It will not take up more of your time in suggesting uses for a pyrometer. As our business is chiefly with heat and high temperatures, the importance of being able to measure those temperatures is too obvious to need further comment.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Réactions thermiques dans la distillation de la houille. — Détermination des températures élevées.

Communication faite au nom de la Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz

par M. EUCHÈNE.

PREMIÈRE PARTIE.

RÉACTIONS THERMIQUES.

I. — Examen des réactions thermiques qui se produisent dans la distillation de la houille.

Dans le domaine chimique et physique tout à la fois, il est une question qui a été discutée plusieurs fois et qui a toujours laissé derrière elle une réputation d'incertitude : c'est l'examen des réactions thermiques qui se produisent dans la fabrication proprement dite du gaz, et en particulier la détermination de la quantité de chaleur nécessaire à la distillation de la houille, question extrêmement complexe, à cause de la multiplicité des produits engendrés et à cause de l'intervention d'un certain nombre d'éléments que la science n'a pas encore fixés d'une manière définitive.

Il faut d'abord compter avec la houille, matière première, dont la composition est d'autant moins définie qu'elle est un produit de décomposition de divers végétaux.

Il y a ensuite à compter avec les produits principaux tels que le gaz, le goudron, pour lesquels l'analyse chimique n'a pas encore dit son dernier mot.

Et enfin il faut compter avec l'évaluation des chaleurs

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fournies et dépensées, évaluation qui repose sur des indications thermométriques plus ou moins certaines.

Cette question a déjà été abordée plusieurs fois sans être traitée définitivement, parce qu'il lui manquait pour être résolue, un certain nombre de données consacrées par l'expérience.

La recherche de la chaleur de décomposition ou de distillation de la houille peut être interprétée différemment suivant le point de vue auquel on se place.

Au gazier, c'est-à-dire à l'homme pratique, il importe surtout de connaître la consommation de combustible minimum par kg 100 de houille distillée : par suite, à son point de vue, la quantité de chaleur nécessaire à la distillation de la houille est celle qui est fournie par le combustible consommé dans le foyer.

Cette interprétation pratique est toute différente de la définition scientifique de la chaleur de décomposition d'un corps : car la quantité de combustible nécessaire à la distillation de kg. 100 de houille varie avec la nature des appareils qu'on emploie, tandis que la chaleur de décomposition de chaque qualité de houille est invariable, quels que soient les appareils qui servent à la déterminer. La houille est amenée de l'état solide à l'état de gaz, coke, goudron, eau ammoniacale, etc. Cette transformation absorbe ou produit une certaine quantité de chaleur : c'est cette quantité de chaleur qu'il faut évaluer.

Si pour cette détermination, on se sert de la transformation industrielle, on conçoit qu'elle devienne très laborieuse, à cause de la complication des appareils de distillation et surtout à cause des nombreuses pertes de chaleur occasionnées par leur développement : on peut même se demander *a priori* si la valeur qu'on trouvera ne pourra pas être classée parmi les causes d'erreurs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est cependant cette marche que nous avons suivie : nous avons dressé un bilan des chaleurs en portant d'un côté les chaleurs produites; de l'autre côté les chaleurs dépensées; la chaleur de décomposition de la houille devra se trouver, comme différence, d'un côté ou de l'autre, suivant que la décomposition se produit ou absorbe de la chaleur.

II. — Recherche de la chaleur de la distillation de la houille.

D'une manière générale, tous nos calculs seront rapportés à kg 100 de houille distillée.

On consomme par kg 100 de charbon distillé une certaine quantité de combustible, développant un nombre de calories que nous représenterons par A.

Ces A calories se retrouvent :

1° Sous forme de chaleur emportée par les matières volatiles (gaz, eau, goudron, etc.)..... D

2° Sous forme de chaleur emportée par les fumées dans la cheminée..... C

3° Sous forme de chaleur retenue par le coke..... E

4° Sous forme de chaleur perdue par rayonnement... F

5° Sous forme de chaleur emportée par le mâchefer.. H

La différence $A - (C+D+E+F+H)$ représentera la quantité de chaleur nécessaire à la décomposition de la houille $= x$; équation (1).

C'est là le fait apparent : mais en analysant l'opération de la distillation, on trouve qu'il se produit des réactions internes intéressantes à étudier : nous les avons introduites dans nos évaluations.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

III. — Réactions internes qui se produisent dans la distillation de la houille.

La houille qui produit du gaz d'éclairage, est formée d'un ensemble de composés ternaires, contenant du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène à titre d'éléments principaux, avec un peu d'azote et de soufre.

Dans les conditions ordinaires, ce corps sera accompagné d'une certaine quantité d'eau (eau hygrométrique) et de matières terreuses.

Tous ces éléments sont à l'état solide dans la houille (sauf l'eau hygrométrique) : par l'action d'une forte chaleur, ces éléments se transforment en produits solides et en produits volatils.

Les produits solides se composent de carbone, de soufre et de cendres et retiennent un peu d'azote, d'hydrogène et d'oxygène.

Les produits volatils se composent d'acide carbonique, d'oxyde de carbone, de gaz des marais, d'hydrogène, de benzine, de bicarbure d'hydrogène et analogues, qui sont les principes constituants du gaz; d'hydrogène sulfuré, de sulfure de carbone, d'acide cyanhydrique, d'acide sulfocyanhydrique, d'acide chlorhydrique, tous ces corps en petite quantité et éliminés par voie de précipitation; d'eau, avec une certaine quantité d'ammoniaque; de goudron, formé de divers carbures parmi lesquels domine la naphtaline.

Dans la houille, tous ces corps étaient à l'état solide; le premier acte de la distillation a consisté à dissocier le composé ternaire et à volatiliser un certain nombre de corps.

C'est ainsi qu'une partie du carbone s'est transformée en acide carbonique, puis en oxyde de carbone, provenant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la décomposition de l'acide carbonique, en s'unissant à de l'oxygène; en gaz des marais, en benzine, en bicarbure d'hydrogène, en goudron, en s'unissant à de l'hydrogène.

Une partie de l'hydrogène s'est unie à de l'oxygène pour former de l'eau.

Puis il y a eu d'autres transformations moins importantes qui ont donné de l'ammoniaque, de l'hydrogène sulfuré, etc.

La formation de ces différents corps s'est faite soit avec production, soit avec dépense de chaleur de sorte qu'elle figurera soit avec les chaleurs produites, soit avec les chaleurs dépensées.

La thermochimie nous permet de déterminer les plus importantes.

CHALEURS DE FORMATION DES PRINCIPAUX CONSTITUANTS DU GAZ.

1° *Corps se formant avec dégagement de chaleur:*

Acide carbonique..	CO^2	dégage Cal	8.080	par kg 1 de C amorphe.
Oxyde de carbone..	CO	—	2.473	—
Gaz des marais....	C^2H^4	—	1.791	—
		ou	1.343	par kg 1 de C^2H^4
Eau liquide.....	HO	—	34.462	par kg 1 d'hydrogène.
Hydrogène sulfuré.	HS	—	135	par kg 1 de HS.
Ammoniaque.....	AzH^3	—	717	par kg 1 de AzH^3.

2° *Corps se formant avec absorption de chaleur:*

Benzine.....	$C^{12}H^6$	absorbe Cal	125	par kg 1 C amorphe.
		ou	115	par kg 1 benzine vapeur.
Bicarbure.....	C^4H^4	—	517	par kg 1 C amorphe.
		ou	443	par kg 1 C^4H^4.
Sulfure de carbone	CS^2	—	411	par kg 1 CS^2.
Cyanure.....	C^2Az	—	1.319	par kg 1 C^2Az.
Goudron.....		—	300	par kg 1 de goudron.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le goudron est formé d'une série de carbures, dont la composition moyenne peut être représentée par celle de la naphtaline.

Nous ferons une approximation, où nous supposerons que le goudron est un carbure de même nature que la naphtaline, ayant une chaleur moyenne de formation de Cal.300 par kg de naphtaline: c'est une approximation qui ne peut guère donner une erreur supérieure à Cal. 100 par kg de goudron.

IV. Classification des combustibles, d'après leur composition élémentaire.

Avant de dresser le bilan des chaleurs, il est nécessaire de définir les houilles qu'on peut employer pour produire du gaz: car toutes ne se comportent pas de même.

Le bois, la tourbe, le lignite, les houilles à gaz, placés dans des conditions de distillation à peu près identiques, pourraient donner du gaz et des produits secondaires de même nature, ce qui permet de les distinguer d'autres combustibles naturels impropres à la fabrication du gaz.

Quand on compare entre elles ces différentes matières, capables de donner du gaz d'éclairage et qu'on soumet leurs produits à un examen approfondi, on trouve des divergences notables.

Regnault est le premier qui, en exécutant les analyses élémentaires des divers combustibles, ait établi une classification méthodique.

En appliquant cette méthode aux houilles à gaz, M. Sainte-Claire Deville en a fait un groupement qui permet de les distinguer entre elles de la façon la plus précise.

La classification de Regnault a été souvent reproduite :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des recherches sur le pouvoir calorique des combustibles, exécutées récemment par M. Mahler, ingénieur civil des mines, nous permettent de la présenter avec d'autres chiffres, qui ne font du reste que confirmer les résultats obtenus par Regnault.

Le tableau I donne ces résultats.

Le tableau II représente la classification des houilles à gaz, d'après M. Sainte-Claire Deville: elle reproduit l'intervalle 41—44 de la précédente, en marquant les limites pratiques entre lesquelles se tiennent les houilles à gaz proprement dites.

Il n'y a qu'à jeter les yeux sur ces tableaux pour voir qu'on peut distinguer les houilles, soit par leur teneur en matières volatiles, soit par leur teneur en carbone, soit par leur teneur en oxygène.

On peut donc dire que quand un combustible naturel contiendra depuis 5 0/0 d'oxygène jusqu'à 44,44 0/0 (limite supérieure, qui est celle de la cellulose pure), ce combustible sera apte à donner du gaz d'éclairage, avec cette restriction que, pratiquement, on n'emploie pour la fabrication du gaz que des combustibles contenant de 5 à 12 0/0 d'oxygène, c'est-à-dire des houilles à gaz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU I. — **Classification des combustibles naturels d'après la méthode de Regnault et d'après les essais exécutés en 1891, par M. Mahler, ingénieur civil des mines.**

		COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE déduction faite des cendres et de l'eau.			
		C	H	O+S	Az
1° Bois	Bois de chêne de Lorraine	50.44	5.88	42.68	1.00
	Bois de sapin de Norvège	51.08	6.02	41.90	1.00
2° Formation contemporaine	Tourbe de Bohême	57.22	5.96	35.82	1.00
3° Terrains secondaires et tertiaires	Lignite de Tréfail (Styrie)	69.23	5.06	24.71	1.00
4° Formation houillère — Houilles sèches à longues flammes	41. Decazeville	78.72	5.67	14.51	1.00
	42. Blanzy. Puits Sainte-Marie	84.265	5.273	9.262	1.00
— Houilles grasses	43. Commentry	85.664	5.604	7.682	1.00
	44. Lens	87.261	5.436	6.263	1.00
	45. Puits du Treuil à St-Etienne	89.231	5.026	4.856	1.00
— Houilles demi-grasses	46. Puits Ste-Marie à Anzin	91.256	4.269	3.255	1.00
— Houilles anthraciteuses	47. Kebao (Tonkin)	93.456	3.065	2.825	1.00
— Anthracites	48. Pensylvanie	95.373	2.201	1.596	1.00

NOTA. — L'azote n'obéit pas à la même progression que les autres éléments : sa proportion varie avec le lieu d'origine des combustibles : les houilles anglaises en contiennent plus que les houilles allemandes, qui elles-mêmes sont plus riches que les houilles françaises. C'est pour cette raison que nous l'avons supposé constant.

TABLEAU II. — **Classification des houilles propres à la fabrication du gaz, d'après M. Sainte-Claire Deville.**

HOUILLES	MATIÈRES VOLATILES p. 100 de houille pure (sans cendres ni eau).	COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE déduction faite des cendres et de l'eau.			
		C.	H.	O.	Az
Nos 1	29.48	88.38	5.06	5.56	1
	33.88	86.97	5.37	6.66	1
3	36.42	85.89	5.40	7.71	1
4	40.66	83.37	5.53	10.10	1
5	43.99	81.66	5.64	11.70	1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

V. Détermination des quantités de chaleur dégagées et absorbées par la volatilisation dans la distillation.

Le tableau II nous montre les matières volatiles allant en augmentant depuis le type I jusqu'au type V; *a priori*, les quantités de chaleur dégagées et absorbées par la formation des matières volatiles doivent varier avec leur proportion ; c'est ce que le calcul va montrer d'une manière frappante.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau III. — **Tourbe essayée dans une petite cornue**

Composition élémentaire déduction faite des cendres et de l'eau.		Composition de la tourbe tout venant.		Composition du gaz — Volume.		Composition du gaz — Poids.	Composition du goudron.	
						kg		
H.....	6.807	Eau hygrom....	17.500	CO^2.....	9.46	18.702		
C.....	62.073	Cendres.....	5.342	CO.....	22.25	27.901	C.....	86
O.....	30.040	C.....	47.475	H.....	30.76	2.755	H.....	6
Az.....	1.080	H.....	5.207	C^2H^4....	27.60	19.761	O.....	8
	100.000	O.....	22.975	Az.....	1.00	1.256		100
		Az.....	0.825	$C^{12}H^6$...	1.20	4.476		
		S.....	0.676	C^4H^4....	7.46	9.355		
			100.000			84.206		

100 kg de tourbe tout venant donnent :

- Gaz..... m^3 43,05
- Goudron..... kg 8,30 — C. 7.138 ; H. 0.498 ; O. 0.664
- Eau..... kg 26,50 — Eau hygrométrique 17.50 ; Eau de formation.. 9.00 — H ... 1. ; O .... 8.
- Résidu charbonneux kg 27,304

		kg	C.	H.	O.	Az.
mc 43,05 de gaz contiennent	CO^2	$\frac{18.702 \times 43.05}{100} = 8.051$	2.196	»	5.855	»
	CO	$\frac{27.901 \times 43.05}{100} = 12.011$	5.147	»	6.864	»
	H	$\frac{2.755 \times 43.05}{100} = 1.186$	»	1.186	»	»
	C^2H^4	$\frac{19.761 \times 43.05}{100} = 8.507$	6.380	2.127		»
	Az	$\frac{1.256 \times 43.05}{100} = 0.541$	»	»	»	0.541
	$C^{12}H^6$	$\frac{4.476 \times 43.05}{100} = 1.927$	1.779	0.148	»	»
	C^4H^4	$\frac{9.355 \times 43.05}{100} = 4.027$	3.452	0.575	»	»
		36.250	18.954	4.036	12.719	0.541

Composés divers

- $HS = 0.229$ { 0.216 S. ; 0.013 H. }
- $AzH^3 = 0.223$ { 0.183 Az. ; 0.040 H. }
- $C^2Az = 0.079$ { 0.043 Az. ; 0.036 C. }
- $CS^2 = 0.013$ { 0.011 S. ; 0.002 C. }

Décomposition de 100 kilogrammes de charbon tout venant

							Composition du résidu charbonneux	
Eau hygrom.	17.500			Eau		17.500	Cendres.....	5.342
Cendres....	5.342			Résidu		5.342	C.....	21.345
Carbone....	47.475	solide..		Résidu		21.345	H.....	0.110
		liquide.		Goudron		7.138	S.....	0.449
		gazeux.	CO^2 2.196				Az.....	0.058
			CO 5.147					27.304
			C^2H^4 6.380			18.954		
			$C^{12}H^6$ 1.779					
			C^4H^4 3.452					
			C^2Az 0.036			0.038		
			CS^2 0.002					
Hydrogène.	5.207	solide..		Résidu		0.110		
		liquide.		Goudron		0.498		
				Eau		1.000		
		gazeux.	H 1.186					
			C^2H^4 2.127			4.036		
			$C^{12}H^6$ 0.148					
			C^4H^4 0.575					
			HS 0.013			0.053		
			Divers 0.040					
Oxygène ...	22.975	liquide.		Goudron		0.664		
				Eau		8.000		
		gazeux.	CO^2 5.855			12.719		
			CO 6.864					
			Divers ?			1.592		
Azote.....	0.825	solide..		Résidu		0.058		
		gazeux.	Gaz 0.541					
			Divers 0.183			0.767		
			C^2Az 0.043					
Soufre.....	0.676	solide..		Résidu		0.449		
		gazeux.	HS 0.216			0.227		
			CS^2 0.011					
	100.000					100.000		

Chaleurs dégagées

CO^2	C	× 8.080 =	2.196 × 8.080 =	Cal	17.744
CO	C	× 2.473 =	5.147 × 2.473 =		12.729
C^2H^4	C^2H^4	× 1.343 =	8.507 × 1.343 =		11.425
HS	HS	× 135 =	0.229 × 135 =		31
Divers		× 717 =	0.223 × 717 =		173
HO	H	× 34.462 =	1.000 × 34.462 =		34.462
			Total.....	Cal	76.564

Chaleurs absorbées

$C^{12}H^6$.....	1.779	× 115 =	205	
C^4H^4.....	3.452	× 443 =	1.529	
C^2Az.....	0.079	× 1.319 =	104	
CS^2.....	0.013	× 411 =	5	
Goudron....	8.3	× 300 =	2.490	
		Total.....	4.333	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU IV. — **Charbon** **N° 5.**

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE déduction faite des cendres et de l'eau		COMPOSITION du charbon tout venant		COMPOSITION DU GAZ Volume	m c	COMPOSITION DU GAZ Poids	kg	COMPOSITION du goudron	
H	5.64	Eau hygrom.	6.17	CO^2	3.13		6.188	C	86
C	81.66	Cendres	10.73	CO	11.93		14.960	H	6
O	11.70	C	67.01	H	42.26		3.786	O	8
Az	1.00	H	4.63	C^2H^4	36.14		25.876		100
	100.00	O	9.60	Az	1.00		1.256		
		Az	0.82	$C^{12}H^6$	0.88		3.282		
		S	1.04	C^4H^4	4.66		5.844		
			100.00		100.00		61.192		

kg 100 de charbon tout venant donnent :

- Gaz ..... mc 27.44
- Goudron ..... kg 6.40 { C. 5.504 ; H. 0.384 ; O. 0.512 }
- Eau ammoniacale kg 9.861 { Eau hygrométrique.. 6.17 ; Eau de formation.. 3.711 { H... 0.412 ; O... 3.299 }
- Coke ..... kg 64.016
- Graphite ..... kg 0.100

mc 27,44 de gaz contiennent :

		kg	C.	H.	O.	Az.
CO^2	$\frac{27.44 \times 6.188}{100}$	= 1.690	kg 0.463	»	kg 1.236	»
CO	$\frac{27.44 \times 14.960}{100}$	= 4.100	kg 1.757	»	2.343	»
H	$\frac{27.44 \times 3.786}{100}$	= 1.039	»	kg 1.039	»	»
C^2H^4	$\frac{27.44 \times 25.876}{100}$	= 7.100	5.325	1.775	»	»
Az	$\frac{27.44 \times 1.256}{100}$	= 0.345	»	»	»	kg 0.345
$C^{12}H^6$	$\frac{27.44 \times 3.282}{100}$	= 0.911	0.841	0.070	»	»
C^4H^4	$\frac{27.44 \times 5.844}{100}$	= 1.604	1.375	0.229	»	»
		kg 16.977	kg 7.761	kg 3.113	kg 3.578	kg 0.345

COMPOSÉS DIVERS

- HS = kg 0,291 { 0.274 S. ; 0.017 H. }
- AzH^3 = kg 0,223 { 0.183 Az. ; 0.040 H. }
- C^2Az = kg 0,070 { 0.032 C. ; 0.038 Az. }
- CS^2 = kg 0,011 { 0.0017 C. ; 0.0093 S. }

DÉCOMPOSITION DE 100 KILOGRAMMES DE CHARBON TOUT VENANT

Eau hygrom. 6.17 ; Cendres 10.73

C	67.01	solide..	Coke			51.611
			Graphite			0.100
			Goudron			5.504
		liquide.	CO^2	0.463		
			CO	1.757		
		gazeux.	C^2H^4	5.325	9.761	9.795
			$C^{12}H^6$	0.841		
			C^4H^4	1.375		
			C^2Az	0.032	0.0337	
			CS^2	0.0017		
H	4.63	solide..	Coke			0.664
		liquide.	Goudron			0.384
			Eau ammoniacale			0.412
		gazeux.	H	1.039		
			C^2H^4	1.775	3.113	3.170
			$C^{12}H^6$	.070		
			C^4H^4	0.229		
			HS	0.017	0.057	
			AzH^3	0.040		
O	9.60	liquide.	Goudron			0.512
			Eau ammoniacale			3.299
		gazeux.	CO^2	1.235		3.578
			CO	2.343		
			Divers			2.211
Az	0.82	solide..	Coke			0.254
		gazeux.	Gaz	0.345		0.566
			Eau ammoniacale..	0.183		
			C^2Az	0.038		
S	1.04	solide..	Coke			0.757
		gazeux.	HS	0.274		0.283
			CS^2	0.0093		
	100.00					100.000

COMPOSITION DU COKE

Cendres	10.730
C	51.611
H	0.664
S	0.757
Az	0.254
	64.016

CHALEURS DÉGAGÉES

CO^2	C	×	8.080 = 0.463	×	8.080 =	Cal	3.741
CO	C	×	2.473 = 1.757	×	2.473 =		4.345
C^2H^4	C^2H^4	×	1.343 = 7.100	×	1.343 =		9.545
HS	HS	×	135 = 0.291	×	135 =		38
AzH^3	AzH^3	×	717 = 0.223	×	717 =		160
HO	H	×	34.462 = 0.412	×	34.462 =		14.198
					Total.....	Cal	32.017

CHALEURS ABSORBÉES

$C^{12}H^6$	0.911	×	115 =	Cal 105
C^4H^4	1.604	×	413 =	711
C^2Az	0.070	×	1.319 =	92
CS^2	0.011	×	411 =	4
Goudron	6.400	×	300 =	1.920
			Total.....	Cal 2.832

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU V. — **Charbon** **N° 4.**

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE déduction faite des cendres et de l'eau		COMPOSITION du charbon tout venant		COMPOSITION DU GAZ			COMPOSITION du goudron	
				Volume		Poids		
H.....	5.53	Eau hygrom....	4.34		m c	kg		
C.....	83.37	Cendres.....	8.18	CO^2....	2.79	5.510		
O.....	10.10	C.....	72.08	CO	9.86	12.364		
Az.....	1.00	H.....	4.78	H.....	45.45	4 072	C.....	86
	100.00	O.....	8.73	C^2H^4..	35.42	25.390	O.....	6
		Az.....	0.87	Az.....	1.00	1.259	H.....	8
		S.....	1.02	$C^{12}H^6$..	1.04	3.894		100
			100.00	C^4H^4...	4.44	5.578		
					100.00	58.067		

kg 100 de charbon tout venant donnent :

- Gaz..... m c 29,72
- Goudron..... 6,30 { 5.418 ; 0.378 ; 0.504 }
- Eau ammoniacale.... 8,616 { Eau hygrométrique 4.34 ; Eau de formation . 4.276 { H.. 0.475 ; O.. 3.801 } }
- Coke..... 65,962
- Graphite..... 0,100

m c 29,72 de gaz contiennent :

		kg	C. kg	H.	O.	Az.
CO^2	$\frac{29.72 \times 5.51}{100}$ =	1.638	0.447	»	kg 1.191	»
CO	$\frac{29.72 \times 12.364}{100}$ =	3.675	1.575	»	2.100	»
H	$\frac{29.72 \times 4.072}{100}$ =	1.210	»	kg 1.210	»	»
C^2H^4	$\frac{29.72 \times 25.39}{100}$ =	7.546	5.660	1.886	»	»
Az	$\frac{29.72 \times 1.259}{100}$ =	0.374	»	»	»	kg 0.374
$C^{12}H^6$	$\frac{29.72 \times 3.894}{100}$ =	1.157	1.068	0.089	»	»
C^4H^4	$\frac{29.72 = 5.578}{100}$ =	1.658	1.421	0.237	»	»
		kg 17.258	kg 16.171	kg 3.422	kg 3.291	kg 0.374

COMPOSÉS DIVERS

- HS = 0.316 { 0.297 S. ; 0.019 H. }
- AzH^3 = 0.223 { 0.183 Az. ; 0.040 H. }
- C^2Az = 0.078 { 0.042 Az. ; 0.036 C. }
- CS^2 = 0.013 { 0.011 S. ; 0.002 C. }

DÉCOMPOSITION DE 100 KILOGRAMMES DE CHARBON TOUT VENANT

Eau hydrom.	4.34		Eau ammoniacale.....	4.340			
Cendres....	8.18		Coke.....	8.180			
C.....	72.08	solide..	Coke.....	56.353			
		liquide.	Graphite.....	0.100			
			Goudron.....	5.418			
		gazeux.	CO^2.....	0.447			
			CO.....	1.575			
			C^2H^4.....	5.660	10.171		
			$C^{12}H^6$.....	1.068		10.209	
			C^4H^4.....	1.421			
			C^2Az.....	0.036	0.038		
			CS^2.....	0.002			
H.....	4.78	solide..	Coke.....			0.446	
		liquide.	Eau ammoniacale.....			0.475	
			Goudron.....			0.378	
		gazeux.	H.....	1.210			
			C^2H^4.....	1.886	3.422		
			$C^{12}H^6$.....	0.089		3.481	
			C^4H^4.....	0.237			
			HS.....	0.019	0.059		
			AzH^3.....	0.040			
O.....	8.73	liquide.	Goudron.....			0.504	
			Eau ammoniacale.....			3.801	
		gazeux.	CO^2.....	1.191	.....	3.291	
			CO.....	2.100			
			Divers.....	?	.....	1.134	
Az.....	0.87	solide..	Coke.....			0.271	
		gazeux.	Gaz.....	0.374			
			Eau ammoniacale..	0.183		0.599	
			C^2Az.....	0.042			
.....	1.02	solide..	Coke.....			0.712	
		gazeux.	HS.....	0.297			
			CS^2.....	0.011		0.308	
	100.00					100.000	

COMPOSITION DU COKE

Cendres.....	8.180
C.....	56.353
H.....	0.447
S.....	0.712
Az.....	0.271
Total...	65.962

CHALEURS DÉGAGÉES

CO^2	C	×	8.080	= 0.447 ×	8.080 =	Cal	3.612
CO	C	×	2.473	= 1.575 ×	2.473 =		3.896
C^2H^4	C^2H^4	×	1.343	= 7.546 ×	1.343 =		10.135
HS	HS	×	135	= 0.316 ×	135 =		43
AzH^3	AzH^3	×	717	= 0.223 ×	717 =		160
HO	H	×	34.462	= 0.475 ×	34.462 =		16.370
					Total.....	Cal	34.216

CHALEURS ABSORBÉES

$C^{12}H^6$...	1.157	×	115	=	Cal 133
C^4H^4....	1.658	×	443	=	734
C^2Az....	0.078	×	1.319	=	103
CS^2.....	0.013	×	411	=	5
Goudron	6.300	×	300	=	1.890
			Total.....	Cal	2.865

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau VI. — Charbon N° 3.

Composition élémentaire du charbon déduction faite des cendres et de l'eau		Composition du charbon tout venant		Composition du gaz — Volume	m c	Composition du gaz — Poids	kg	Composition du goudron	
H	5.40	Eau hygrom.	3.31	CO^2	1.72		3.400	C	86
C	85.89	Cendres	7 21	CO	8.21		10.295	H	
O	7.71	C	76.00	H	50.10		4.460	O	8
Az	1.00	H	4.78	C^2H^4	34.03		24.373		
	100.00	O	6 82	Gaz	1.00		1.256		100
		Az	0 88	$C^{12}H^6$	0.96		3.596		
		S	1.00	C^4H^4	3.98		4.990		
			100.00		100.00		52.370		

kg 100 de charbon tout venant donnent :

- Gaz ..... m c 30,64
- Goudron ..... kg. 5,45 { C. 4 .687 ; H. 0.327 ; O. 0.436 }
- Eau ammoniacale kg 6,805 { Eau hygromét. kg 3,31 ; Eau de formation. 3,495 { H. 0.388 ; O. 3.107 }
- Coke ..... kg 70.243
- Graphite ..... kg 0.100

mc 30,64 de gaz contiennent :

		kg	C. kg	H. kg	O. kg	Az. kg
CO^2	$\frac{30.64 \times 3.40}{100}$ =	1.042	0.284	»	0.758	»
CO	$\frac{30.64 \times 10.295}{100}$ =	3.154	1.352	»	1.802	»
H	$\frac{30.64 \times 4.46}{100}$ =	1.366	»	1.366	»	»
C^2H^4	$\frac{30.64 \times 24.373}{100}$ =	7.468	5.601	1.867	»	»
Az	$\frac{30.64 \times 1.256}{100}$ =	0.385	»	»	»	0.385
C^2H^6	$\frac{30.64 \times 3.596}{100}$ =	1.102	1.01	0.086	»	»
C^4H^4	$\frac{30.64 \times 4.990}{100}$ =	1.529	1.311	0.218	»	»
		kg 16.046	kg 9.564	kg 3.537	kg 2.560	kg 0.385

Composés divers

- HS = kg 0,325 { 0.306 S. ; 0.019 H. }
- AzH^3 = kg 0,223 { 0.183 Az. ; 0.040 H. }
- C^2Az = kg 0,078 { 0.042 Az. ; 0.036 C. }
- CS^2 = kg 0,013 { 0.011 S. ; 0.502 C. }

Décomposition de 100 kilogrammes de charbon tout venant

Eau hygrom.	3.31		Eau ammoniacale				3.310
Cendres	7.21		Cendres				7.210
C	76.00	solide.	Coke				61.611
		solide.	Graphite				0.100
		liquide.	Goudron				4.687
		gazeux.	CO^2	0.284			
			CO	1.352			
			C^2H^4	5.601	9.564		
			$C^{12}H^6$	1.016			
			C^4H^4	1.311			9.602
			C^2Az	0.036	0.038		
			CS^2	0.002			
H	4.78	solide.	Coke				0.469
		liquide.	Eau ammoniacale				0.388
		liquide.	Goudron				0.327
		gazeux.	H	1.366			
			C^2H^4	1.867			
			$C^{12}H^6$	0.086	3.537		
			C^4H^4	0.218			3.596
			HS	0.019	0.059		
			AzH^3	0.040			
O	6.82	liquide.	Goudron				0.436
		liquide.	Eau ammoniacale				3.107
		gazeux.	CO^2	758			
		gazeux.	CO	1.802			2.500
			Divers	?			0.717
Az	0.88	solide.	Coke				0.270
		gazeux.	Gaz	0.385			
		gazeux.	Eau ammoniacale	0.183			0.610
		gazeux.	C^2Az	0.042			
S	1.00	solide.	Coke				0.683
		gazeux.	HS	0.306			0.317
		gazeux.	CS^2	0.011			
	100.00						100.000

Composition du coke

Cendres	7.210
C	61.611
H	0.469
S	0.683
Az	0.270
	70.243

Chaleurs dégagées

CO^2	C	×	8.080 = 0.284 ×	8.080 = Cal		2.295
CO	C	×	2.473 = 1.352 ×	2.473 =		3.343
C^2H^4	C^2H^4	×	1.343 = 7.468 ×	1.343 =		10.030
HS	HS	×	135 = 0.325 ×	135 =		44
AzH^3	AzH^3	×	717 = 0.223 ×	717 =		160
HO	H	×	34.462 = 0.388 ×	34.462 =		13.371
				Total..... Cal		29.243

Chaleurs absorbées

$C^{12}H^6$	1.102 ×	115 = Cal		127
C^4H^4	1.529 ×	433 =		677
C^2Az	0.078 ×	1.319 =		103
CS^2	0.013 ×	411 =		5
Goudron	5.45 ×	300 =		1.635
		Total..... Cal		2.547

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau VII. — **Charbon** N° 2.

Composition élémentaire déduction faite des cendres et de l'eau		Composition du charbon tout venant		Composition du gaz — Volume		Composition du gaz — Poids	Composition du goudron	
					mc	kg		
H	5.37	Eau hygrom.	2.70	CO^2	1.58	3.124		
C	86.97	Cendres	7.06	CO	7.19	9.016		
O	6 66	C	77.56	H	52.7	4.729	C. 86	
Az	1.00	H	4.79	C^2H^4	33 43	23.936	H. 6	
	100.00	O	5.94	Az	1.00	1.256	H. 8	
		Az	0.89	$C^{12}H^6$	0.99	3.693	100	
		S	1.06	C^4H^4	3.02	3.787		
			100.00		100.00	49.541		

kg 100 de charbon tout venant donnent :

- Gaz ..... mc 31,01
- Goudron ..... kg 5,07 { C. 4.36 ; H. 0.404 ; O. 0.406 }
- Eau ammoniacale .... 5,567 { Eau hygrométrique 270 ; Eau de formation .. 2.867 { H. 0.318 ; O. 2.549 } }
- Coke 72,567
- Graphite 0,100

mc 31,01 de gaz contiennent :

		kg	C. kg	H. kg	O. kg	Az. kg
CO^2	$\frac{31.01 \times 3.124}{100} =$	0.969	0.264		8.705	»
CO	$\frac{31.01 \times 9.016}{100} =$	2.795	1.198	»	1.597	»
H	$\frac{31.01 \times 4.729}{100} =$	1.466	»	1.466	»	»
C^2H^4	$\frac{31.01 \times 23.936}{100} =$	7.423	5.567	1.856	»	»
Az	$\frac{31.01 \times 1.256}{100} =$	0.389	»	»	»	0.389
$C^{12}H^6$	$\frac{31.01 \times 3.693}{100} =$	1.145	1.057	0.088	»	»
C^4H^4	$\frac{31.01 \times 3.787}{100} =$	1.174	1.006	0.168	»	»
		kg 15.361	kg 9.092	kg 3.578	kg 2.30	kg 0.389

Composés divers

S = gr 8 par 1 m c HS = kg 0,329 { 0.310 S. ; 0.019 H. }

AzH^3 = kg 0,223 { 0.183 Az. ; 0.040 H. }

C^2Az = kg 0,079 { 0.043 Az. ; 0.036 C. }

CS^2 = kg 0,013 { 0.011 S. ; 0.002 C. }

Décomposition de 100 kilogrammes de charbon tout venant

Eau hygrom.	2.70			Eau ammoniacale			2.700
Cendres	7.06			Coke			7.060
C	77.56	solide.		Coke			63.962
				Graphite			0.100
		liquide.		Goudron			4.350
		gazeux.	CO^2	0.264			
			CO	1.198			
			C^2H^4	5.567	9.100		
			$C^{12}H^6$	1.014			
			C^4H^4	1.057			9.138
			C^2Az	0 036	0.038		
			CS^2	0.002			
H	4.79	solide.		Coke			0.531
		liquide.		Eau ammoniacale			0.318
				Goudron			0.304
		gazeux.	H	1.466			
			C^2H^4	1.856	3.578		
			$C^{12}H^6$	0.088			
			C^4H^4	0.168			3.637
			HS	0.019	0.059		
			AzH^3	0.040			
O	5.93	liquide.		Goudron			0.406
				Eau ammoniacale			2.549
		gazeux.	CO^2	0.705			2.302
			CO	1.597			
			Divers	?			0.683
Az	0.89	solide.		Coke			0.275
		gazeux.		Gaz	0.389		
				Eau ammoniacale	0.183		0.615
				C^2Az	3.043		
S	1.06	solide.		Coke			0.739
		gazeux.	HS		0.310		0.321
			CS^2		0.011		
	100.00						100.000

Composition du coke

Cendres	7.000
C	63.962
H	0.531
S	0.739
Az	0.285
	72.567

Chaleurs dégagées

CO^2	C	×	8.080	= 0.264 × 8.080	= Cal	2.133
CO	C	×	2.473	= 1.198 × 2.473	=	2.963
C^2H^4	C^2H^4	×	1.343	= 7.423 × 1.343	=	9.969
HS	HS	×	135	= 0.329 × 135	=	44
AzH^3	AzH^3	×	717	= 0 223 × 717	=	160
HO	H	×	34.462	= 0.318 × 34.462	=	10.969
					Total	Cal 26.228

Chaleurs absorbées

$C^{12}H^6$	1.099 ×	115	= Cal	132
C^4H^4	1.175 ×	443	=	520
C^2Az	0.079 ×	1.319	=	104
CS^2	0.013 ×	411	=	5
Goudron	5.007 ×	300	=	1.521
			Total	Cal 2.282

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU VIII. — **Charbon** **N° 1.**

ANALYSE ÉLÉMENTAIRE déduction faite des cendres et de l'eau		COMPOSITION du charbon tout venant		COMPOSITION DU GAZ Volume		COMPOSITION DU GAZ Poids	COMPOSITION du goudron	
					mc	kg		
H	5.06	Eau hygrom.	2.17	CO^2	1.47	2.910	C	86
C	88.38	Cendres	9.04	CO	6.68	8.379	H	6
O	5.56	C	77.79	H	54.21	4.857	O	8
Az	1.00	H	4.46	C^2H^4	33.37	23.921		
	100.00	O	4.89	Az	1.00	1.259		100
		Az	0.88	Benzine	0.79	2.967		
		S	0.77	C^4H^4	2.48	3.111		
			100.00		100.00	47.404		

kg 100 de charbon tout venant donnent :

Gaz	mc 30,130		
Goudron	kg 4,500	C. 3.87 H. 0.27 O. 0.36	
Eau ammmoniacale	4,584	Eau hygrom... kg 2.17	
		Eau de formation.. 2,414	H. 0.268 O. 2.146
Coke	75,661		
Graphite	0,100	(Poids constant, moyenne de plusieurs années).	

m c 30,13 de gaz contiennent :

		kg	C. kg	H. kg	O. kg	Az. kg
CO^2	$\frac{30.13 \times 2.910}{100}$ =	0.877	0.239	»	0.638	»
CO	$\frac{30.13 \times 8.379}{100}$ =	2.525	1.082	»	1.443	»
H	$\frac{30.13 \times 4.857}{100}$ =	1.463	»	1.463	»	»
C^2H^4	$\frac{30.13 \times 23.921}{100}$ =	7.208	5.406	1.802	»	»
Az	$\frac{30.13 \times 1.259}{100}$ =	0.379	»	»	»	0.379
$C^{12}H^6$ (Benzine)	$\frac{30.13 \times 2.967}{100}$ =	0.894	0.825	0.069	»	»
C^4H^4	$\frac{30.13 \times 3.111}{100}$ =	0.937	0.803	0.134	»	»
		kg 14.283	kg 8.355	kg 3.468	kg 2.081	kg 0.379

COMPOSÉS DIVERS

S = gr 8 par mc 1 de gaz. HS = kg 0,256 { 0.241 S. 0.015 H. } C^2Az = kg 0,078 { 0.042 Az. 0.036 C. }

AzH^3 = kg 0,223 { 0.183 Az. 0.040 H. } CS^2 = kg 0,013 { 0.011 S. 0.002 C. }

DÉCOMPOSITION DE 100 KILOGRAMMES DE CHARBON TOUT VENANT

Eau hygrom.	2.17			Eau ammoniacale			2.170
Cendres	9.04			Coke			9.040
C	77.79	solide		Coke			65.427
		liquide		Graphite			0.100
				Goudron			3.870
		gazeux		CO^2	0.239		
				CO	1.082		
				C^2H^4	5.406	8.355	
				$C^{12}H^6$	0.825		
				C^4H^4	0.803		8.393
				C^2Az	0.036	0.038	
				CS^2	0.002		
H	4.46	solide		Coke			0.400
		liquide		Eau ammoniacale			0.268
				Goudron			0.270
		gazeux		H	1.463		
				C^2H^4	1.802		
				$C^{12}H^6$	0.069	3.468	
				C^4H^4	0.134		3.523
				HS	0.015		
				AzH^3	0.040	0.055	
O	4.89	liquide		Goudron			0.360
				Eau ammoniacale			2.146
		gazeux		CO^2	0.638		
				CO	1.443		2.081
				Divers	?		0.303
Az	0.88	solide		Coke			0.776
		gazeux		Gaz	0.379		
				Eau ammoniacale	0.183		0.604
				C^2Az	0.042		
S	0.77	solide		Coke			0.581
		gazeux		HS	0.241		
				CS^2	0.011		0.252
	100.00						100.000

COMPOSITION du coke

Cendres	9.040
C	65.427
H	0.400
S	0.518
Az	0.270
	75.661

CHALEURS DÉGAGÉES

CO^2	C	×	8.080 = 0.239	×	8.080 = Cal		1.931
CO	C	×	2.473 = 1.082	×	2.473 =		2.676
C^2H^4	C^2H^4	×	1.343 = 7.208	×	1.343 =		9.680
HS	HS	×	135 = 0 256	×	135 =		35
AzH^3	AzH^3	×	717 = 0.223	×	717 =		160
HO	H	×	34.462 = 0.268	×	34.462 =		9.236
					Total.....	Cal	23.718

CHALEURS ABSORBÉES

$C^{12}H^6$	0.894	× 115 =	Cal	103
C^4H^4	0.937	× 443 =		415
C^2Az	0.078	× 319 =		103
CS^2	0.013	× 411 =		5
Goudron	4.5	× 300 =		1.350
		Total.....	Cal	1.976

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU IX. — **Étude de la Distillation des divers Combustibles.**

DÉSIGNATION	COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE — DÉDUCTION FAITE des cendres et de l'eau.				COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE — MATIÈRE TOUT VENANT							ANALYSE IMMÉDIATE matières volatiles CHARBON TOUT VENANT					POUVOIR ÉCLAIRANT	
												Au creuset.	PAR LA DISTILLATION					
	C.	H.	O.	Az.	Eau hygrométrique.	Cendres.	C.	H.	O.	Az.	S.		Poids du gaz.	Poids du goudron.	Poids de l'eau.	TOTAL	Matière brute.	Matière épurée à la chaux.
													kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	litres.	litres.
Tourbe.....	62.073	6.807	30.040	1.080	17.50	5.342	47.475	5.207	22.975	0.825	0.676	68.54	36.250	8.300	26.500	71.050	103.69	72.24
Houille n° 5.	81.660	5.640	10.700	1.000	6 17	10.730	67.010	4.630	9.600	0.820	1.040	36.69	16.797	6.400	9.861	33.058	101.80	»
— n° 4.	83.370	5.530	9.100	1.000	4.34	8 180	72.080	4.780	8.730	0.870	1.020	35.78	17.258	6.300	8.616	32.174	102.10	»
— n° 3.	85.890	5.400	6.710	1.000	3.31	7.210	76.000	4.780	6.820	0.880	1.000	32.71	16.046	5.450	6.805	28.301	103.80	»
— n° 2.	86.970	5.370	5.660	1.000	2.70	7.060	77.560	4.790	5.940	0.890	1.060	30.76	15.361	5.070	5.567	25.998	111.70	»
— n° 1.	88.380	5.060	4.560	1.000	2.17	9.040	77.79	4.460	4.890	0.880	0.770	26.25	14.283	4.500	4.584	23.367	132.10	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU X. — **Réactions thermiques des divers combustibles par 100 kilogrammes de matière.**

DÉSIGNATION	CHALEURS DÉGAGÉES pendant la distillation		CHALEURS ABSORBÉES pendant la distillation		PRODUCTION du coke ou charbon —	NATURE DU COKE	CARBONE volatilisé p. 100 du carbone total	MARCHE de la distillation	CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE par 100 kilogr. de matière.
	Matière pure sans cendres ni eau	Matière tout venant	Matière pure sans cendres ni eau	Matière tout venant	Matière tout venant				
	calories	calories	calories	calories	kilogr.				kilogr.
Tourbe.....	99.230	76.564	5.615	4.333	27.304	non aggloméré.....	55.00	Rapide.	»
Charbon n° 5.	38.528	32.017	3.408	2.832	64.016	aggloméré, non consistant, petit coke.....	22.80	Vive.	»
— n° 4.	39.109	34.213	3.275	2.865	65.962	aggloméré, peu consistant, coke en petits morceaux.	21.70	Vive.	20.20
— n° 3.	32.681	29.243	2.846	2.547	70.243	aggloméré, coke en morceaux moyens.....	18.80	Assez vive.	21.00
— n° 2.	29.064	26.228	2.529	2.282	72.567	aggloméré, consistant.....	17.40	Lente.	22.40
— n° 1.	26.712	23.718	2.225	1.976	75.661	aggloméré, consistant, gros morceaux.....	15.50	Lente.	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous ne nous servirons pas des données du tableau II, qui n'a pour but que de mieux faire saisir les différences entre les cinq types de houilles, supposées tout à fait pures, sans cendres ni eau hygrométrique ; nous considérerons les mêmes houilles, mais telles qu'elles sont employées à la distillation, avec leurs cendres et leur eau hygrométrique.

Nous aurons ainsi cinq tableaux, IV, V, VI, VII, VIII, montrant les produits de la distillation avec les quantités de chaleur qu'ils absorbent ou qu'ils développent.

Nous les ferons précéder d'un tableau III relatif à la distillation d'une tourbe essayée dans une petite cornue.

Il nous a paru intéressant de poursuivre jusque dans l'étude des chaleurs, quelques-unes des conséquences de la classification Regnault.

Le tableau IX est un tableau récapitulatif de la composition élémentaire des combustibles et de la composition immédiate par voie de distillation.

Le tableau X est un tableau récapitulatif des réactions thermiques des divers combustibles, avec la nature du résidu solide (charbon ou coke).

L'examen de ces divers tableaux donne lieu aux remarques suivantes :

1° Quand on parcourt chacun d'eux et qu'on compare la composition élémentaire des combustibles aux différents produits obtenus, on est frappé de la concordance à peu près parfaite entre les résultats de l'analyse élémentaire et les résultats de la pratique.

La seule différence un peu notable se présente pour l'oxygène, dont on trouve un excès, surtout pour les houilles les plus oxygénées.

Cette différence tient évidemment à ce que l'oxygène est dosé par différence, et par suite accumule toutes les erreurs d'analyse ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° On voit que la quantité de chaleur produite pendant la distillation va en diminuant depuis la tourbe (Cl 76.564) jusqu'aux houilles les moins oxygénées (Cl 23.718), et que dans le cas particulier des houilles à gaz, la chaleur produite varie de Cl 34.216 à Cl 23.718.

Que la quantité de chaleur absorbée pour la formation de certains carbures varie de Cl 4.333 pour la tourbe à Cl 2.225 pour la houille la moins oxygénée, et dans le cas particulier des houilles à gaz, de Cl 2.832 à Cl 1.976.

La quantité de chaleur dégagée est donc de beaucoup supérieure à la chaleur absorbée.

De ces faits nous ne pouvons encore tirer aucune conclusion relative à la quantité de chaleur nécessaire à la distillation de la houille, parce que nous n'avons encore aucune idée du terme qui correspond à la chaleur de décomposition et qui ne sera obtenu qu'en dernier lieu, par différence.

Mais nous pouvons, dès maintenant, donner un renseignement tiré de la pratique des usines, c'est que la consommation du combustible varie en raison inverse de la quantité de chaleur produite par les matières volatiles.

Pour distiller kg 100 de chacune des houilles, on consomme dans un four ordinaire :

Pour le type 2	kg 22, 40	de coke.
— 3	kg 21, 20	—
— 4	kg 20, »	—

3° Le tableau X montre :

Que le résidu fixe de la distillation (charbon ou coke) va en augmentant depuis la tourbe jusqu'aux houilles les moins oxygénées ;

Que la nature de ce produit varie depuis le charbon de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de bois non aggloméré jusqu'à la houille type 1 qui donne un coke bien aggloméré, en gros morceaux;

Que la distillation très rapide avec la tourbe devient lente avec les houilles les moins oxygénées.

VI. Équation des chaleurs.

Nous sommes maintenant en mesure de poser l'équation générale et complète des chaleurs.

Elle se composera de deux membres qui auront la forme suivante.

PREMIER MEMBRE

1° Chaleur apportée par le combustible . . . . . A

2° Chaleur de formation des produit volatils avec dégagement de chaleur CO^2, CO, C^2H^4, HO, HS . . . B

Nous en trouverons l'expression dans le tableau X.

SECOND MEMBRE

1° Chaleur emportée par les fumées C

2° Chaleur emportée par les produits volatils de la distillation . . . . . D

3° Chaleur retenue par le coke rouge . . . . . E

4° Pertes par rayonnement des maçonneries des têtes de cornues, etc . . . . . F

5° Chaleur absorbée par la formation de certains carbures . . . . . G

On trouvera son expression dans le tableau X.

6° Chaleur emportée par le mâchefer . . . . . H

7° Un terme X qui sera défini plus loin et qui se rapporte à la décomposition de la houille (évaluée par différence). X

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'équation prendra donc la forme :

$$(1) \qquad A + B = C + D + E + F + G + H + X.$$

Nous connaissons B et G par les tableaux X ; nous allons nous occuper des autres termes. Quand nous connaîtrons leur valeur nous trouverons :

$$(2) \qquad X = A + B - (C + D + E + F + G + H).$$

Nous déterminerons la valeur de X pour les houilles types 2, 3, 4, qui sont celles qu'on emploie le plus couramment dans la fabrication du gaz, traitées dans les fours ordinaires ; ensuite nous déterminerons la valeur de X dans les fours à générateurs et à récupération de chaleur du système Siemens, avec la houille type 3 : ce sera une vérification des résultats obtenus dans les fours ordinaires.

Si nous comparons l'équation (2) à l'équation (1) $x = A - (C + D + E + F + H)$, nous remarquons que x ne diffère de X que par les termes B et G qui n'existent pas dans x : par suite pour passer de X à x, il suffit de supprimer B et G dans (2) donc $x = X - B + G$.

x est la chaleur de décomposition réelle, X est une autre valeur comprise dans x.

En effet, représentons la houille, composé ternaire formé de carbone, hydrogène oxygène, par le groupement de ces éléments principaux $C^n H^{n'} O^{n''}$. Supposons que la décomposition se produise en deux phases :

1° Décomposition du corps ternaire $C^n H^{n'} O^{n''}$ en ses éléments : carbone solide, hydrogène gazeux, oxygène gazeux ;

Soit X la chaleur dépensée dans cette première phase ;

2° Formation des produits volatils.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

— (B — G), le signe — indiquant la formation avec dégagement de chaleur.

La chaleur réelle $x = X - (B - G) = X - B + G$.

X n'est donc qu'une partie de x.

PREMIER MEMBRE DE L'ÉQUATION

VII. Détermination du terme A. — Chaleur apportée par le combustible.

Le combustible employé est le coke fourni par la distillation.

Une moyenne de plusieurs essais de coke a donné les résultats suivants :

Eau hygrométrique	6.00
Cendres	10.00
Carbone	81.50
Hydrogène	0.50
Soufre	1.00
Azote	1.00
	100.00

Poids d'un hectolitre de coke	kg	40
Chaleur dégagée par kg 1 de carbone en se transformant en acide carbonique	Cl	8.080
Chaleur dégagée par kg 1 d'hydrogène brûlant en donnant l'eau liquide à 0°	—	34.462
Chaleur dégagée par kg 1 de soufre	—	2.000

Remarque. — 1 kilogramme d'hydrogène qui brûle en donnant de l'eau liquide à 0°, fournit Cl 34,462.

Le même kilogramme d'hydrogène brûlant en donnant de la vapeur d'eau ramenée à 0° dégage Cl 29.160.

En réalité c'est ce nombre qu'on devrait adopter, puisque l'eau est à l'état de vapeur dans les fumées.

Mais pour la commodité des calculs, nous prendrons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cl 34.462 et, nous ferons figurer dans la perte par les fumées la chaleur latente de vaporisation de l'eau sous pression constante : de cette façon, le résultat sera le même.

Dans les fours ordinaires, ce terme A sera simple : mais dans les fours à générateurs où la combustion se fait en deux temps, il y aura lieu de distinguer :

1° La combustion incomplète du coke dans le générateur avec formation de gaz combustibles ;

2° La combustion dans le four de ces gaz combustibles accompagnés de leur chaleur propre, avec l'air chaud qui provient du récupérateur, de sorte que la chaleur apportée dans le four se composera :

a De la chaleur apportée par les gaz combustibles ;

b De la chaleur de combustion de ces gaz ;

c De la chaleur apportée par l'air chaud.

VIII. Terme B. — Chaleur de formation des matières volatiles.

D'après le tableau X ces chaleurs sont :

Charbon	n° 5	Cl	32.017
—	n° 4	—	34.213
—	n° 3	—	29.243
—	n° 2	—	26.228
—	n° 1	—	23.718

SECOND MEMBRE DE L'ÉQUATION

IX. Terme C. — Perte de chaleur par les fumées.

Nous avons, dans le tableau X, exprimé la quantité de chaleur dégagée par les produits volatils de la distillation en l'appliquant, non pas à des poids, mais à des volumes de gaz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De même nous exprimerons la quantité de chaleur emportée par les fumées, nous dirons que la chaleur possédée par le gaz à une température donnée est égale au produit de deux facteurs :

1° Volume du gaz;

2° Échauffement du gaz à la température donnée.

1° Volume.

Nous avons choisi le volume au lieu du poids, parce que c'est le moyen usuel de mesurage qui nous est le plus familier; le gaz d'éclairage se vend au volume, mesuré par un compteur, et non pas au poids.

Le volume du gaz sera toujours rapporté à la température de 0° et à la pression de mm 760.

2° Chaleur d'échauffement du gaz à la température donnée.

Quand la chaleur d'échauffement varie proportionnellement à la température, elle est le produit de la capacité calorifique constante par la température :

$$Q = ct.$$

Mais quand la proportionnalité n'existe pas, la capacité calorifique n'est plus constante et alors Q prend la forme générale $Q = f(t)$, expression qu'on met généralement sous la forme :

$$Q = at + bt^2 + ct^3$$

où a, b, c sont trois coefficients qu'on détermine par trois essais différents, à des températures t, t', t''.

Alors la capacité calorifique élémentaire est :

$$\frac{dQ}{dt} = a + 2bt + 3ct^2$$

qu'il faut bien se garder de confondre avec la capacité moyenne

$$\frac{Q}{t} = a + bt + ct^2.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est rare que la capacité calorifique reste constante, surtout aux hautes températures.

Dans la suite nous ne nous occuperons que de la quantité Q, chaleur d'échauffement à la température t, ou chaleur que possède le corps à la température t qui sera déterminée directement.

De là deux déterminations :

1° Mesure de la température des fumées ;

2° Mesure des chaleurs d'échauffement des fumées aux diverses températures.

1° *Température.* — Jusqu'à ces derniers temps la mesure des hautes températures (au delà de 400°) a présenté d'assez grandes difficultés parce qu'on ne connaissait pas d'appareils suffisamment précis et pratiques pour évaluer les températures vraies.

M. H. Le Chatelier, ingénieur en chef des mines, a rendu un grand service à l'industrie en lui fournissant des moyens pratiques de détermination des températures élevées.

Grâce à son pyromètre, nous avons pu construire un calorimètre simple, commode et exact, qui nous a permis de déterminer les températures des différentes parties d'un four :

Ainsi nous avons trouvé 1050° à la sortie d'un four Siemens ;

975° à la sortie d'un four ordinaire ;

700 à 750° pour les gaz de générateurs ;

650° pour les matières volatiles sortant de la cornue ;

600° à la sortie d'un récupérateur Siemens.

En se reportant à l'Annexe n° 1 on trouvera la description détaillée des essais qui nous ont conduit à la construction du calorimètre.

Ces essais avaient pour but de déterminer les chaleurs d'échauffement du fer et du nickel et nous ont amené

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à choisir le nickel comme organe principal du calorimètre.

2° *Chaleurs d'échauffement des gaz aux différentes températures.* — Fixés sur les températures des fumées à la sortie des fours, nous allons déterminer les quantités de chaleur qui correspondent à ces températures.

De même que pour le fer et le nickel, la chaleur d'échauffement des gaz n'est pas proportionnelle à leur température; elle est variable suivant la nature des gaz, variable suivant les températures.

Les remarquables travaux de MM. Mallard et Le Chatelier, exécutés en 1881, ont fait connaître les chaleurs d'échauffement d'un certain nombre de gaz aux différentes températures.

M. Le Chatelier a bien voulu nous communiquer les formules qui donnent les valeurs de ces chaleurs pour les principaux gaz.

Ces formules sont développées à l'Annexe n° 2 : elles donnent les résultats suivants :

Chaleurs d'échauffement par 1 m c :

		1050° Température des fumées à la sortie d'un four Siemens.	975° Fumées sortant d'un four ordinaire.	800° Gaz combustibles.	650° Produits volatils sortant de la cornue.	600° Sortie d'un récupérateur Siemens.
		—	—	—	—	—
Az O H CO		Cl 343	Cl 317	Cl 257	Cl 207	Cl 190
HO	chaleur totale	1005	956	851	767	741
CO^2		606	550	426	329	298
C^2H^4		»	»	»	398	»
SO^2		908	863	758	»	638

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaleurs d'échauffement (par approximation) à 650°.

Benzine	Cl 1287	par m c 1
Cyanogène, Sulfure de carbone, Hydrogène sulfuré, Ammoniaque	Cl 390	par m c 1
Goudron	Cl 423	par k g 1

X. — Terme D. — Pertes de chaleur par les produits volatils de la distillation.

Les produits volatils qui sortent de la cornue sont :

Le gaz ;

Le goudron ;

L'eau, accompagnée d'un certain nombre de corps : ammoniaque, hydrogène sulfuré, etc.

Nous avons donné la quantité de ces produits pour les différentes houilles dans les tableaux IV à VIII.

Nous allons évaluer leur température.

Quand on place le couple du pyromètre Le Chatelier à m 0,30 de l'entrée de la cornue, au-dessus du charbon, on trouve :

Au commencement de la distillation	630°
A la fin	735°
Moyenne	682°

Mais comme les produits volatils se dégagent surtout dans les deux premières heures, la température moyenne des produits au sortir de la cornue est de 650°.

Dans une communication faite il y a quelques années devant l'Institut anglais du gaz, M. Foulis, ingénieur en chef des usines à gaz de Glasgow, avait indiqué 600° comme température de sortie des produits volatils.

Quand les produits volatils arrivent à la tête de cornue,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ils sont déjà refroidis : dans une colonne montante, à m 0,20 de la tête de cornue, le zinc fond (420°), mais pas l'antimoine (440°).

Dans le barillet, la température est de 80° au maximum.

On voit que, sur un parcours relativement faible, les produits volatils tombent de 650 à 80°.

D'après ce qui précède, il est facile de déterminer les quantités de chaleurs entraînées par les produits volatils, puisque les tableaux IV à VIII donnent les valeurs de ces produits et que nous avons appris à calculer les chaleurs d'échauffement de ces produits à 650° (§ IX).

Chaleur emportée par les produits volatils de la distillation de 100 kilogrammes de houille.

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
	Cal	Cal	Cal	Cal	Cal
CO^2	146.2	161.6	173.70	273.10	281.70
CO	416.1	460.6	519.80	605.60	675.70
H	3.375.1	3.382.1	3.151.10	2.791.50	2.397.00
C^2H^4	4.004.8	4.124.2	4.149.20	4.192.60	3.944.80
Az	62.5	64.1	63.40	61.60	56,80
$C^{12}H^6$	308.4	395.0	380.20	399.20	314.30
C^4H^4	341.1	427.3	556.80	603.50	583.90
Divers. (HS, A^2H^3, C^2Az, CS^2)	185.3	209.3	207.70	204.80	193.40
Gaz	8.839.5	9.224.2	9.202.00	9.131.90	8.447.60
Eau	4.373.1	5.310.9	6.292.00	8.220.60	.407.40
Goudron	1.903.5	2 144.6	2.305.40	2.664.90	2.707.20
Total	15.116.1	16.679.7	17.999.40	20.017.40	20.562.20

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En examinant le tableau précédent, on remarque :

1° Que si on compare, pour les différents gaz, la quantité de chaleur emportée par les éléments du gaz, l'hydrogène et le gaz des marais en emportent la plus grande partie, puisque ce sont les deux principaux éléments en volume ;

2° Que si on compare entre eux les différents types de houille, la portion de la chaleur enlevée par le gaz est à peu près constante, puisque ces houilles donnent sensiblement la même quantité de gaz : au contraire, l'eau et le goudron, l'eau surtout, emportent des quantités de chaleur allant en croissant depuis le type 1 jusqu'au type 5, parce que c'est principalement par ces corps (eau et goudron) que les différents types se distinguent les uns des autres.

En résumé, du type 1 au type 5, la chaleur entraînée par les produits volatils varie de Cal 15.116 à Cal 20.562.

Si nous nous rappelons que les chaleurs dégagées et absorbées par la formation de ces mêmes produits volatils varient assez sensiblement du type 1 au type 5, nous reconnaîtrons de suite qu'il est nécessaire, pour déterminer les éléments de l'équation des chaleurs, d'établir une distinction entre ces différents types.

XI. Terme E — Perte par le coke rouge.

Quand on plonge dans le charbon qui vient d'être chargé le couple du pyromètre Le Chatelier, protégé par une enveloppe et placé à la moitié de la longueur d'une cornue et qu'on suit la progression de la température depuis le commencement jusqu'à la fin de la distillation, on observe que la température, au bout d'une demi-heure, est à 500°, puis qu'elle monte progressivement jusqu'à 950° à la fin de la distillation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut donc admettre que le coke rouge sort de la cornue à environ 950° ; celui qui subit l'influence refroidissante de la tête de cornue a une température un peu moindre, tandis que celui qui est à l'extrémité de la cornue a une température supérieure : la moyenne est de 950°.

Ce que nous venons de dire s'applique également au coke des différentes cornues. Toutes les cornues n'ont pas la même température ; la différence est surtout marquée dans les fours ordinaires : la température de 950° s'applique à une cornue moyenne.

Connaissant la température du coke, il faut évaluer sa chaleur d'échauffement à 950°.

De même que pour le nickel et pour le fer, et d'une manière encore plus accentuée, la chaleur du carbone sous ses différents états, est loin d'être proportionnelle à la température.

On trouve dans les ouvrages de physique des renseignements sur ces valeurs d'échauffements ; citons d'abord la formule de Weber, relative au diamant.

C'_0 capacité calorifique $= 0{,}0947 + 0{,}000497\ t - 0{,}00000012\ t^2$.

A 1,000, on trouve 0,47.

D'autres auteurs donnent 0,32 à 1.000°.

En présence de ces divergences, il était nécessaire de procéder à des essais directs : ce sont ces essais qui nous ont amené à traiter la même question pour le fer et pour le nickel et qu'on trouvera détaillés à l'annexe n° 3.

Il nous importe de connaître la chaleur emportée par le coke rouge à 950° : c'est Cal 350 au lieu de 190 (chaleur spécifique constante).

Chaleur emportée par le coke rouge à 950° par kg 100 de houille.

Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
Cal 26.481	Cal 25.573	Cal 24.585	Cal 23.087	Cal 22.406

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

XII. Terme F. — Pertes par les maçonneries, par les têtes de cornues, par le foyer, etc.

Les pertes par rayonnement sont de nature assez complexe ; en effet, elles proviennent :

1° De la façade du four ou masque ;

2° De la partie supérieure du four ;

3° Des parties pleines de la façade ;

4° Des têtes de cornues en fonte ;

5° Des différentes parties du générateur, dans les fours à combustion fractionnée ;

6° Du récupérateur, dans les fours à récupération ;

7° Du foyer ;

8° De l'ouverture des cornues, quand on enlève le coke et qu'on charge la houille ;

9° Du décrassage des foyers.

Les fuites de chaleur sont donc nombreuses.

De plus relativement au combustible qu'on y consomme, un four de distillation a une surface rayonnante assez grande ; on peut donc prévoir que les fuites de chaleur seront importantes, si on les rapporte au combustible consommé dans un temps donné.

Ces pertes sont variables suivant les saisons, plus élevées en hiver qu'en été, plus élevées pendant la nuit que pendant le jour ; elles sont même variables avec l'état de l'atmosphère, car nous verrons plus loin l'influence des courants d'air sur les pertes par les maçonneries.

Avant d'entreprendre la recherche de ces fuites de chaleur, nous allons donner quelques explications sur leur nature.

Quand on chauffe une enceinte, entourée de maçonnerie au moyen de gaz chauds :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° La chaleur se transmet à la paroi intérieure par radiation et par contact (1re phase) ;

2° Une partie de la chaleur absorbée par cette paroi rayonne, l'autre partie traverse, par conductibilité, l'épaisseur de la paroi (2e phase) ;

3° La portion de chaleur qui atteint la paroi extérieure se transmet au dehors par radiation et par contact avec l'air extérieur (3e phase).

Dulong et Petit, Péclet, Ser ont fait des expériences pour déterminer les quantités de chaleur qui sont transmises d'un corps à une enceinte et les quantités de chaleur transmises par conductibilité.

Ser a réuni dans une formule les résultats des expériences de Dulong et Petit, et de Péclet.

M étant la quantité de chaleur qui passe dans un temps z par une surface s, on a, z étant exprimé en heures et S en mètres carrés :

$$M = SQ\ (T-\theta)\ z$$

T étant la température de l'enceinte intérieure ;

θ — extérieure ;

Q un coefficient représenté par :

$$\frac{Q}{1} = \frac{1}{K} + \frac{e}{C} + \frac{1}{K'}$$

e est l'épaisseur de la paroi de maçonnerie en mètres ;

C le coefficient de conductibilité à travers la paroi ;

K le coefficient de transmission (par radiation et contact) de l'enceinte extérieure à la paroi externe ;

K′ le coefficient de transmission (par radiation et contact) de la paroi externe à l'enceinte extérieure.

La détermination de ces coefficients est extrêmement compliquée et laborieuse.

Il y a, en effet, un coefficient qui est très variable, c'est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

celui qui se rapporte à la transmission de la chaleur au dehors par radiation et par contact.

La perte par radiation est celle qui serait le plus facile de déterminer: il n'en est pas de même de la perte au contact de l'air extérieur, qui varie avec la température, avec l'importance du courant d'air.

Il est presque impossible d'évaluer cette perte par des formules: elle doit être évaluée dans chaque cas particulier.

Dans certains cas, on peut se borner à la formule qui exprime la conductibilité, quand on connaît à peu près exactement la température de la surface des deux parois interne et externe et quand les deux surfaces sont régulières.

$$M = SC \frac{(T - t)}{e} z.$$

S étant la surface en mètres carrés;
z le temps en heures;
T la température de la paroi interne;
t — externe;
C le coefficient de conductibilité.
e l'épaisseur en mètres.

Quand il s'agit de parois de maçonnerie, portées au rouge dont la température T varie peu, on peut déterminer T et t assez exactement, et si on connaît C, on aura M.

La détermination des coefficients de conductibilité a été faite autrefois par Péclet qui, en opérant sur différentes matières portées à des températures ne dépassant guère 35°, a construit des tables avec une série de coefficients.

Pour un mur en briques C = 0.60.

Mais quand on applique ce coefficient à des maçonneries où la différence de température des parois interne et externe atteint parfois 1300° — 200 = 1100 dans les fours de verreries, 1.100 — 150 = 950° dans les fours des usines à gaz, on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

conçoit que les coefficients de Péclet ne soient plus applicables: car de même que les chaleurs d'échauffement du carbone, du nickel, du fer sont très variables, les chaleurs d'échauffement des maçonneries et par suite leur conductibilité obéissent à des variations du même genre.

Dans le cours des essais sur le fer, le nickel et le graphite, on a constaté qu'entre 450° et 950° l'échauffement d'une brique réfractaire peut se traduire par la formule

$$Q_0^t = 0{,}285\ t - 23,$$

ce qui, aux environs de 1.000, donne Cal 262 au lieu de Cal 200 qu'on compte ordinairement avec la capacité calorifique constante = 0.20.

Il était donc nécessaire de procéder à une nouvelle étude de la conductibilité dans des conditions autres que celles où s'était placé Péclet : c'est ce que nous avons fait en nous servant d'un calorimètre à eau qu'on place contre la paroi dont on veut déterminer la perte de chaleur. Nous avons trouvé qu'aux températures élevées, le coefficient de conductibilité C doit être plus que doublé: C = 1.40 au lieu de 0.60.

On trouvera le détail des essais à l'Annexe n° 4.

Les résultats suivants résument cette étude.

Pertes par rayonnement par four et par heure:

Four ordinaire à 7 cornues.	Four Siemens à 8 cornues	Four Siemens à 9 cornues.
Cal. 52.824	Cal. 80.174	Cal. 89,251

XIII. Terme G. — Perte par le Mâchefer.

La perte de chaleur par le mâchefer est évaluée à raison de Cal 400 par kilogramme de mâchefer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est un résultat qui a été obtenu à différentes reprises par les métallurgistes, à la suite de nombreux essais sur des scories de hauts fourneaux.

Le résultat est peut-être trop élevé pour des mâchefers qui ne coulent pas, mais l'erreur qu'on peut commettre est tout à fait secondaire.

XIV. Application des résultats précédents à la résolution de l'équation fondamentale des chaleurs.

Nous avons maintenant tous les éléments qui composent les différents termes de l'équation des chaleurs: il nous sera facile de les appliquer aux divers cas que nous examinerons.

Comme les différents types de houilles à gaz ne se comportent pas de même dans la cornue soit comme production de matières volatiles, soit comme production de coke, il est indispensable d'établir une distinction pour l'équation des chaleurs.

Nous procéderons de la manière suivante:

1° Type 2;

2° Type 3;

3° Type 4.

Ce sont les houilles qu'on emploie le plus couramment dans la fabrication du gaz.

Les calculs seront exécutés pour le four ordinaire (voir pl. III, fig. 1 et 2) et nous permettront de comparer entre eux les trois types.

Puis nous les appliquerons dans le four Siemens à 8 cornues au charbon n° 3, qu'on peut considérer comme la moyenne des deux autres, et comme le mélange le plus généralement distillé, ce qui permettra de comparer le four ordinaire au four Siemens.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous détaillerons les opérations dans un cas seulement des fours ordinaires ; pour indiquer la marche suivie nous agirons de même avec le four Siemens.

Des essais exécutés avec le plus grand soin ont montré qu'avec le coke moyen dont la composition a été donnée paragraphe VII on obtient les consommations suivantes:

Four ordinaire

	Coke consommé par 1.000 kilog. de charbon.	Charbon distillé par cornue par 24 heures.
Houille type 2.	hectol. 5,60	kg 800
Houille type 3.	5,30	850
Houille type 4.	5,00	900

Le charbon n° 3 répond à peu près à un mélange courant: la charge par cornues n'est généralement pas aussi élevée, par suite de circonstances spéciales: mais la consommation de hl 5,30 par kg 1.000 de charbon est la moyenne de plusieurs années.

XV. Équation des chaleurs pour les types de houilles nos 2, 3, 4.

Type 2.

Consommation de coke hl. 5,60 par kg 1.000 de houille.

Poids de l'hectolitre de coke, kg 40.

Poids du coke consommé par kg 100 de houille $40 \times 0{,}56 =$ kg 22,40.

Composition du coke :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Eau hygrométrique	6.00
Cendres	10.00
Carbone	81.50
Hydrogène	0.50
Soufre	1.00
Azote	1.00
	100.00

Charbon distillé par cornue et par 24 heures..... 800 kg
Charbon distillé par four et par 24 heures, 7×800 5.600 kg
Eau consommée dans le cendrier par 24 heures .. 360 kg
Eau consommée dans le cendrier par kg 100 de charbon $\frac{360 \times 100}{5.600} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$kg. 6, 428
Eau consommée dans le cendrier par kg 100 de charbon, en volume :
A l'état de vapeur à 0° et 0.760 $\frac{6.428}{0.804} \ldots\ldots\ldots$ m^3 8 (en chiffres ronds)

Composition des fumées en volume :

CO^2	16.00	contenant 8.582 C.
O	4.50	
Az	79.50	

Température des fumées, 975°.

Toutes les analyses de fumées, de gaz combustibles ont été faites avec la burette de Bunte.

Le détail des calculs se trouve à l'Annexe n° 5.

Nous les résumons dans les trois tableaux ci-joints, XI, XII et XIII et dans la fig. 3, Pl. III.

Les résultats sont discutés plus loin.—Paragraphe XVII.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU XI. — Chaleurs produites et dépensées dans la distillation de 100 kilogrammes de charbon n° 2 (Fours ordinaires).

Consommation de coke par kg 100 de charbon..... hl	0,560
Poids de l'hectolitre de coke..... kg	40 »
Poids du coke consommé par kg 100 de charbon	22,40
Charbon distillé par 7 cornues par 24 h... kg	5,600
Eau employée dans le cendrier par 24 heures	360
Eau employée dans le cendrier par kg 100 de charbon.....kg	6,428
Eau vaporisée par kg 100 de charbon.....m 3	8,000
Composition du coke :	
Eau hygrométrique.	6.00
Cendres.....	10.00
Carbone.....	81.50
Hydrogène	0.50
Soufre.....	1.00
Azote.....	1.00
	100.00

Kg 22,40 de coke contiennent :

Eau hygrom. $\frac{6 \times 22,40}{100}$ = kg 1,344

ou m c 1,671. Vapeur HO.

Cendres — $\frac{10 \times 22,40}{100}$ = 2,240.

Carbone 81.5 × 0,224 = 18,256

Hydrogène 0,50 × 0,224 = 0,112

donnent... kg 1,008 HO. ou m c 1,25 vapeur.

Soufre — 1 × 0,224 = 0,224

donnent... kg 0,448 SO^2 ou mc 0,156 SO^2

Azote — 1 × 0,224 = 0,224.

Composition des fumées en volume :

CO^2 = 16,00. C = 8,582.

O = 4,50.

Az = 79,50.

Température des fumées = 975°.

CHALEURS PRODUITES

			Cal.	Cal.
A				
Chaleur produite par kg 22,40 de coke	Carbone	18,256 × 8.080 =	147.508.500	151.816
	Hydrogène	0,112 × 34.462 =	3.859.750	
	Soufre	0,224 × 2.000 =	448.000	
B				
Chaleur apportée par les produits volatils.....				26.228
A + B.....				178.044

BALANCE DES

Chaleur du coke.....	85,27	100
id. des matières volatiles.....	14.73	

CHALEURS DÉPENSÉES

C — Perte de chaleur par les fumées à 975° — Cal. = 85.962

CO^2 = 16 × $\frac{18,256}{8,582}$ × 549,700 =	34,035 × 549,700 =	18.709	
O = 4,5 × $\frac{13.256}{8,582}$ × 317,153 =	9,573 × 317,153 =	3.036	
Az = 79,5 × $\frac{18,256}{8,582}$ × 317,153 =	169,112 × 317,153 =	53.634	
HO du coke... ..... mc	1,671 × 956,294 =	1.598	
HO de la grille.....	8,00 × 956,224 =	7.650	
HO de l'hydrogène.....	1,25 × 956,224 =	1.200	
SO^2 du coke.....	0,156 × 863 =	135	

D — Produits volatils à 650°..... 16.680

E — Coke rouge à 950° 73,065 × 350..... 25.573

F — Pertes par rayonnement, ouverture des cornues, etc. $\frac{54.824 \times 24 \times 100}{5,600}$ 23.596

G — Formation des carbures..... 2.282

H — Mâchefer 15 × 0,224 × 400..... 1.344

X — Par différence..... 22.707

Total..... 178.044

$$x = X - B + G = 22,707 - 26.228 + 2.282 = -1.239 \text{ Cal.}$$

RÉSULTATS EN CENTIÈMES.

Fumées.....	48,30	100,00
X.....	12,70	
Coke.....	14,40	
Pertes par rayonnement.....	13,20	
Produits volatils.....	9,40	
Formation des carbures.....	1,30	
Mâchefer.....	0,70	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU XII. — Chaleurs produites et dépensées dans la distillation de 100 kilogrammes de houille n° 3 (Fours ordinaires).

Consommation de coke par kg 100 de houille. hl	0,53
Poids de l'hectolitre de coke.....kg	40 »
Poids du coke consommé par kg 100 de houille	21 20
Charbon distillé par les 7 cornues en 24 h.. kg	5,950
Eau employée dans le cendrier par 24 heures (Poids)..... kg	360
Eau employée dans le cendrier par kg 100 de charbon.....kg	6,05
Eau employée dans le cendrier par kg 100 de charbon..... m3	7,525
Composition du coke :	
Eau hygrométrique.	6,00
Cendres.....	10,00
Carbone.....	81,50
Hydrogène.....	0,50
Soufre.....	1,00
Azote.....	1,00
	100,00

kg 21,20 de coke donnent :

Eau hygrométrique
6×0,212=kg 1,272 Vol m3 1,582

Cendres
10 × 0,212 = 2,120

Carbone
81,5 × 0,212 = 17,278

Hydrogène
0,50×0,212=HO { Poids 0,954 ; Vol. 1,186

Soufre
1×0,212=0,212 { SO^2=0,424 ; Vol.=0,148

Azote
1 × 0,212 = 0,212.

Composition des fumées, en volume :
CO^2=16,00. C=8,582.
O = 4,50.
Az =79,50.

Température des fumées 975°.

CHALEURS PRODUITES

A

			Cal	Cal
Chaleur de kg 21,20 de coke.	Carbone.	17,278× 8.080=	139.606.240	143.683
	Hydrog..	0,106×34.462=	3.652.972	
	Soufre...	0,212× 2.000=	424	

B

Chaleur des produits volatils 29.243

A + B =..... 172.926

BALANCE DES

A Chaleur du coke.....	83,60	100,00
B Chaleur des matières volatiles.....	16,40	

CHALEURS DÉPENSÉES

C

Pertes de chaleur par les fumées à 975°.

			Cal	Cal
CO^2 16,	$\times \frac{17278}{8582} \times 549700$ = mc	32,213 × 549,700 =	17.707	= 81.311.
O 4,5	$\times \frac{17278}{8582} \times 317153$ =	9,058 × 317,153 =	2.875	
Az 79,5	$\times \frac{17278}{8582} \times 317153$ =	160,033 × 317,153 =	50.755	
HO du coke.....	=	1,582 × 956,224 =	1.513	
HO de la grille.....	=	7,525 × 956,224 =	7.196	
HO de l'hydrogène.....	=	1,186 × 956,224 =	1.139	
SO^2 du coke.....	=	0,148 × 863,000 =	128	

D
Produits volatils à 650°..... 17.999

E
Coke rouge à 950° = 70,243 × 350..... 24.585

F
Pertes par rayonnement $\frac{54,824 \times 24 \times 100}{6,950}$..... 22.114

G
Formation des carbures..... 2.547

H
Mâchefer = 15 × 0,212 × 400..... 1.272

X
Par différence..... 23.098

Total..... 172.926

Chaleur de décomposition x = X — B + G = 23.098 — 29.243 + 2.547 = — 3598 Cal.

RÉSULTATS EN CENTIÈMES

C	Fumées	47,20	= 100
X	.....	14,20	
E	Coke.....	13,20	
F	Pertes par rayonnement.....	12,80	
D	Produits volatils.....	10,40	
G	Formation des carbures.....	1,50	
H	Mâchefer.....	0,70	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU XIII. — Chaleurs produites et dépensées dans la distillation de 100 kilogrammes de houille n° 4 (Fours ordinaires).

Consommation de coke par 100 kg de houille	5
Poids de l'hectolitre de coke	40
Poids du coke consommé par kg 100 de houille.	20
Charbon distillé par les 7 cornues en 24 heures	6.300
Eau du cendrier par 24 heures, en poids	360
Eau du cendrier par kg 100 de houille en poids	5,714
Eau du cendrier par 100 kg de houille, en volume	7,107

Composition du coke :

Eau hygrom	6,00
Cendres	10,00
Carbone	81,50
Hydrogène	0,50
Soufre	1,00
Azote	1,00
	100,00

kg 20 de coke donnent :

Eau hygrométrique

6×0,2= kg 1,20, en vol. mc 1,494

Cendres

10×0,2= kg 2.

Carbone

81,50×0,2= kg 16,30.

Hydrogène 0,50×0,2=0,1.

se résolvant en HO { Poids 0,90 / Vol. 1,119

Soufre

1,00=0,2=0,2 SO^2 { Poids 0,4 / Vol. 0,139

Azote

1,00×0,2=0,2

Composition des fumées :

CO^2=16,00 C=8,582

O = 4,50

Az =79,50

Températures des fumées, 975°.

CHALEURS PRODUITES

A

Chaleur de kg 20,00 de coke.

Carbone	16,3× 8.080	=131.704	Ca 135,550
Hydrogène	0,1×34.462	= 3.446	
Soufre	0,2× 2.000	= 400	

B.

Chaleur des produits volatils 34.216

A + B = ... 169.766 Cal

BALANCE DES RÉSULTATS

Chaleur du coke	79,80	100,00
Chaleur des produits volatils	20,20	

CHALEURS DEPENSÉES

C

Pertes de chaleur par les fumées à 975°

CO^2 16	$\times \frac{16.3}{8,582} \times 549,700$ = mc	30,389 × 549,700 =	16.705 Cal
O 4,5	$\times \frac{16,3}{8,582} \times 317,153$ =	8,545 × 317,153 =	2.710 Cal
Az 79,5	$\times \frac{16,3}{8,582} \times 317,153$ =	150,970 × 317,153 =	47.881 Cal
HO du coke	=	1,494 × 956,224 =	1.429 Cal
HO de la grille	=	7,107 × 956,224 =	6.796 Cal
HO de l'hydrogène	=	1,119 × 956,224 =	1.070 Cal
SO^2 du coke	=	0,139 × 863 =	120 Cal

Cal 76.712

D

Produits volatils à 650° 20.017

E

Coke rouge à 950° = 65,962 × 350 ..... 23.087

F

Pertes par rayonnement $\frac{54,824 \times 24 \times 100}{6,300}$ 20.885

G

Formation des carbures 2.865

H

Mâchefer = 15 × 0,2 × 400 ..... 1.200

X

..... 25.000

Total ..... Cal 169.766

Chaleur de décomposition $x = X - B + G = 25.000 - 34.216 + 2.865 = -6.351$ Cal.

EN CENTIÈMES

Fumées	45,20	= 100,00
X	14,70	
Coke	13,60	
Pertes par rayonnement	12,30	
Produits volatils	11,80	
Formation des carbures	1,70	
Mâchefer	0,70	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

XVI. Équation des chaleurs pour la houille n° 3, distillée dans le four Siemens à 8 cornues.

La consommation du coke dans les fours Siemens (fig. 4, 5, Pl. III) varie suivant les saisons, suivant les usines: nous prendrons la consommation moyenne de plusieurs années dans les fours les plus récents, soit hl 3,70 de coke par kg 1.000 de houille.

Comme précédemment hl 1 de coke pèse kg 40.

Composition du coke:	Eau hygrométrique ..	6.00
—	Cendres.....	10.00
—	Carbone.....	81.50
—	Hydrogène.....	0.50
—	Soufre.....	1.00
—	Azote.....	1.00
		100.00

Poids du coke consommé par kg 100 de houille ..... $0.37 \times 40 =$ kg 14,80

Charbon distillé par cornue et par vingt-quatre heures..... = kg 900 »

Charbon distillé par four de 8 cornues et par vingt-quatre heures..... = kg 7.200 »

Eau vaporisée près de la grille et entraînée: 40 0/0 du poids du coke consommé, soit $0.40 \times 14.80 =$ kg 5, 92 ou m³ 7, 363 en volume.

Il y aura lieu de diviser les opérations en trois parties:

1° Gazogène;

2° Four;

3° Récupérateur.

De même que pour les fours ordinaires, le détail des calculs se trouvera à l'Annexe n° 6.

Ils sont résumés dans les 3 tableaux ci-joints, XIV, XV, XVI.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU XIV. — **Chaleurs produites et dépensées dans la distillation de 100 kilogrammes de Charbon n° 3, dans un four Siemens à 8 cornues.**

Consommation de coke par kg. 100 de houille. . hl 0, 37
Poids de l'hectol. de coke. kg 40 »
Poids de coke consommé par kg. 100 de houille kg 14,80
Charbon distillé par les 8 cornues en 24 heures kg 7 200

Composition du coke;

Eau hygrométrique. .	6.00
Cendres	10.00
Carbone	81.50
Hydrogène.	0.50
Soufre.	1.00
Azote.	1.00
	100.00

Kg 14, 80 de coke contiennent :

Eau hygrométrique
6×0.148=kg. 0,888 { Vapeur en vol. mc 1.104

Cendres
10×0.148 = 1.180

C
81.5×0.148=12.062

H
0.5×0.148=0.074 en vol. m c 0.828

S
1×0.148=0.148 { SO^2 en poids 0.293 ; en vol. 0.103

Az
1×0,148=0.148

1° Gazogène — Composition des gaz combustibles :

CO^2= 6—C= 3.218
CO =25—C=13.410 } C=16.628
H = 8
Az =61
100

Température des gaz combustibles = 800°
Eau vapor. par kg. 100 de coke. = kg. 40
Eau vaporisée par kg 14.80 = 5.32 ou m c 7.363 en vol.

2° Four—Composition des fumées:

CO^2=18.37
O = 1.82 } = 100
Az =79.81

Température des fumées = 1.050°
3° Récupérateur :
Tempér. des fumées à la sortie=600°

CHALEURS PRODUITES

1° GAZOGÈNE

			Cal	Cal
Aa Chaleur du coke	C de CO^2	=2.335×8.050	= 18.858.720	32 12
	C de CO	=9.728×2.473	= 24.057.344	
	S	=0.148×2.000	= 296	

2° FOUR

C chaleur apportée par les gaz combustibles = 22.434

Aa1 Chaleur de combustion des gaz :
- CO=mc. 18.135 donnent C= kg 9.728 ×5.607=54.545
- H=m c 5,803×0,089 ×34,462=17.865

= 72.410

C_1 Air chaud 22.335 (1)

B chaleur produite par les matières volatiles 29.243

Cal 146.422

3° RÉCUPÉRATEUR

C chaleur des fumées à 1.050° . . . . . Cal 57.370

CHALEURS DÉPENSÉES

Cl — Chaleur des gaz combustibles (Cal)

CO^2	6 × 12.062/16.628 × 425.942 . . . . . =2.335	C= mc.4.352×425.942	=1.854
CO	25 × 12.062/16.628 × 257.092 . . . . . =9.728	C= 18.135×257.092	= 4.662
H	8 × 12.062/16.628 × 257.092 . . . . . =	5.803×257.092	= 1.492
Az	61 × 12.062/16.628 × 257.092 . . . . . =	44.249×257.092	=11.376
HO non déc.	mc 7,363 HO déc. 5.803 — 0.828 =	4^{m3},975	
	HO totale de la grille — HO hydrogène du gaz combust. — HO hydrogène du coke		
	HO nom décomp. 7—363—4.975=	2^{m3},588×851.013	= 2.738
HO coke	. . . . . =	1.104×851.013	= 940
SO^2	. . . . . =	0.103× 758	= 78
			= 22.434

b H Décomp. de la vapeur d'eau (5.803—0.828)×3.079 = 4.975× 3.079 =. 15.218

Mâchefer 0.20×14.8×400 . . . . . =. 1.184

F1 Perte par rayonnement. (Cal)

Rayonnement de la surface du générateur f_1 . . . =	7.661×24×100/7.200	= 2.554
Rayonnement de la grille f_2 . . . . . =	2.265×24×100/7.200	= 754 = 5.694
Rayonnement du carneau de montée des gaz f_3 . =	7.458×24×100/7.200	= 2.386

Total 44.530

C1 Chaleur des fumées à 1050° — Cal

CO^2 du gazogène	4.352	= 22.487×	606.081	=13.629
CH^2 de CO	18.135			
HO du coke	1.104	= 9.295×1.005.372		= 9.344
HO non décomposé	2.388			
HO de H	5.803			= 57.370
Az du gazogène	44.249			
Az de l'air secondaire	45.022	= 97.681×	343.318	=33.536
Az en excès	8.410			
O	2.235	= 2.235×	343.318	= 767
SO^2		= 0.103×	908	= 94

D Produits volatils à 650° . . . . . = 17.999
E Coke rouge à 950° . . . . . = 24.585
F2 Pertes par rayonnement 55.936×24×100/7.200 = ... = 18.644
Formation des carbures . . . . . = 2.547
X (par différence) . . . . . = 25.277
Total . . . . . =146.422

Chaleur de décomposition z=X—B+G= 25.277—29.243+2.547=— 1419 Cal.

C Chaleurs des fumées à 600° — Cal

CO^2 du gazogène	4.352×297.951	=1.297	
CO^2 de CO	18.135×297.951	=5.403	
HO du coke	1.104×740.796	= 818	
HO non décomposé	2.388×740.796	=1.769	
HO de H	5.803×740.796	=4.299	= 32.649
Az du gazogène	44.249×190.131	=8.413	
Az de l'air secondaire	45.022×190.131	=8.560	
Az en excès	8.410×190.131	=1.599	
O	2.235×190.131	= 425	
SO^2	0.103× 638	= 66	

F3 Rayonnement du récupérateur . . . . . 7.158×24×100/7.200 = 2.386

C Chaleur emportée par l'air, par différence . . . . . = 22.335 (1)

Total 57.370

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU XV. — **Chaleurs produites et dépensées dans la distillation de 100 kilogrammes de houille n° 3, dans un four Siemens à 8 cornues** (Résumé).

		CHALEURS PRODUITES	CHALEURS DÉPENSÉES	
Consommation de coke par kg 100 de houille..... hl.	0,37	A Chaleur du coke { C=12,062× 8,080=97,460,060 ; H= 0,074×34,462= 2,550,188 ; S= 0,148× 2,000= 276 } 100.307	C Chaleur des fumées à 600° { CO^2 du gazonène..... 4,332 × 297,951 = 1.297 ; CO^2 de CO..... 18,135 × 297,951 = 5.403 ; HO du coke..... 1,104 × 740,796 = 818 ; HO non décomposée..... 2,388 × 740,796 = 1.769 ; HO de H..... 5,803 × 740,796 = 4.299 ; Az du gazogène..... 44,249 × 190,131 = 8.413 ; Az de l'air secondaire.... 45,022 × 190,131 = 8.560 ; Az en excès..... 8,410 × 190,131 = 1.599 ; O..... 2,235 × 190,131 = 425 ; SO^2..... 0,103 × 638 = 66 } = 32.649 Cal	
Poids de l'hectol. de coke ..... kg.	40	B Chaleurs apportées par les matères volatiles 29.243	D Produits volatils à 650°.....	17.999
Poids du coge consommé par kg 100 de houille.	14, 80	=129.750Cal	D Coke rouge à 950°.....	24.585
Charbon distillé par les 8 cornues en 24 heures..	7.200		F Pertes par rayonnement { F_1 Pertes dans le gazogène..... 5,694 ; F^2 id. dans le four..... 18,644 ; F_3 id. dans le récupérateur..... 2,386 }	26.725
Composition du coke :			Pertes diverses.....	4.415
Eau hygrom.....	6,00		G Formation des carbures.....	2.547
Cendres.....	10,00		H Máchefer 0,2 × 14,8 × 400.....	1.184
Carbone.....	81,50		X Par différence.....	25.877
Hydrogène.....	0,50			=129.550 Cal
Soufre.....	1,00			
Azote.....	1,00			
	100,00			

kg 14,80 de coke contiennent :

Eau hygrométrique
6×0,148=kg0,888=Vde vap.^{m3}1,104

Cendres
10×0,148=1,480

Carbone
81,50×0,148=kg 12,062.

Hydrogène
0,15×0,148=0,074 Vol.= 0 m³ 838

Soufre
1×0,148=0,148 { SO^2 Poids 0,293 ; Vol. 0,103 }

Azote
0,5×0,148=0;074

Gaz combustibles :

CO^2 = 6 C = 2,218 ; CO = 25 C = 13,410 ; H = 8 ; Az = 61 ; 100 } C=16,628

Température des gaz combustibles = 800°

Eau vaporisée par kg 100 de coke kg 40.

Eau vaporisée par kg 14,80 = kg 5,92 ou m³ 7,363

Composition des fumées :

CO^2 = 18,37 ; O = 1,82 ; Az = 79,81 } = 100,000

Température des fumées à la sortie des répercuteurs 600°

NOTA. — **Les gaz combustibles sortent du gazogène de 700 à 750° ; mais quand ils arrivent au four, cette température est de 800° par suite d'une légère combustion anticipée.**

Chaleur de décomposition x = X — B + G = 25.277 —29.243 + 2.547 = — 1.419 Cal.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU XVI. — **Chaleurs produites et dépensées dans un four Siemens dans la distillation de 100 kilogrammes de houille n° 3 à 8 cornues** (en centièmes).

CHALEURS PRODUITES			CHALEURS DÉPENSÉES		
1° *Gazogène.*					
Chaleur du coke		100.00	Chaleur des gaz combustibles	50.40	100.00
			Décomposition de l'eau	34.20	
			Pertes par rayonnement	12.80	
			Mâchefer	2.60	
2° *Four.*					
Combustion des gaz	49.40	100.00	Chaleur des fumées à 1.050°	39.20	100.00
Chaleur produite par les matières volatiles	20.00		Décomposition de la houille	17.30	
Chaleur apportée par les gaz combustibles	15.30		Chaleur du coke	16.80	
Chaleur apportée par l'air chaud	15.30		Pertes par rayonnement	12.70	
			Chaleur emportée par les matières volatiles	12.30	
			Formation des carbures	1.70	
3° *Récupérateur.*					
Chaleur des fumées à 1.050		100.00	Chaleur des fumées à 600°	56.90	100.00
			Chaleur emportée par l'air chaud	38.90	
			Pertes par rayonnement	4.20	

TABLEAU XVII.

RÉCAPITULATION GÉNÉRALE

Chaleur du coke	77.40	100.00	Chaleur emportée par les fumées à 600°	25.20	100.00
Chaleur produite par les matières volatiles	22.60		Pertes par rayonnement. Four 14.30 / Gazogène 5.40 / Récupérateur 1.00	20.70	
			X	19.50	
			Chaleur emportée par le coke	18.50	
			Chaleur emportée par les matières volatiles	13.80	
			Formation des carbures	1.10	
			Mâchefer	0.80	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

XVII. Observations sur les résultats précédents. Comparaison des 3 types de houille 2, 3, 4, dans les fours ordinaires.

Chaleur de décomposition de la houille. — Une des premières conséquences de ces résultats est de faire ressortir les quantités de chaleur nécessaires à la décomposition de la houille.

Réunissons dans un même tableau les diverses réactions thermiques qui se passent dans la cornue même, en comparant les charbons n^{os} 2, 3, 4 distillés dans le four ordinaire.

	CHALEUR dégagée par les produits volatils	CHALEUR de formation des carbures lourds	CHALEUR emportée par les produits volatils	CHALEUR du coke rouge	X	CHALEUR de décomposition x
	Cal	Cal	Cal	Cal	Cal	Cal
Houille n° 2.	26.228	2.282	16.680	25.573	22.707	—1239
Houille n° 3.	29.243	2.547	17.999	24.585	23.098	—3598
Houille n° 4.	34.246	2.865	20.017	23.087	25.000	—6351

1re *Remarque.* — Le signe — devant x indique que la distillation de la houille dégage de la chaleur; cette quantité de chaleur étant faible, on pourrait supposer qu'elle est de l'ordre des erreurs possibles.

Cependant, ces résultats s'accordent avec des résultats obtenus, en procédant autrement, par M. Mahler (1).

M. Mahler a déterminé:

1° Le pouvoir calorifique de kg 100 de houille n° 4 de notre classification;

2° Le pouvoir calorifique de tous les produits de la distillation de cette houille: coke, goudron, gaz.

(1) Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale — 1893. — Contribution à l'étude des combustibles, chap. 5.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le pouvoir calorique de la houille surpasse le pouvoir calorifique des produits de la distillation de Cal 25.483, ce qui signifie qu'il a disparu ou qu'il s'est dégagé Cal 25.483 pendant la distillation : par suite la distillation dégage de la chaleur.

Si on compare ces Cal 25.483 trouvées directement aux Cal 6,351, résultat de nos évaluations, on remarquera: d'abord, que les deux résultats sont tous deux dans le même sens, ensuite que l'écart de Cal 19.000, qui peut paraître élevé, est explicable par les causes d'erreur inévitables de part et d'autre, soit dans le bilan compliqué que nous avons dressé, soit dans la détermination des produits de la distillation obtenus industriellement; et enfin que les causes d'erreur des deux procédés sont en sens contraire.

Nous avons, en effet, trouvé x en prenant la différence entre les chaleurs produites et les chaleurs dépensées, et le résultat a été négatif, ou $x = M - m$. M chaleurs dépensées, $-m$ chaleurs produites. S'il y a des causes d'erreur, elles portent sur M qui est trop faible ainsi que x.

Dans le procédé de M. Mahler, $x = C - c$. C chaleur de combustion de la houille, c chaleur de combustion des produits, c est alors faible et par suite x trop grand.

2° *Remarque.* — La chaleur dégagée par les produits volatils augmente depuis Cal 26.228 jusqu'à Cal 34.216.

D'autre part, la chaleur de décomposition varie de Cal 1.239 à Cal 6.351.

De plus, la somme des chaleurs emportées par les produits volatils et le coke rouge est :

Houille n° 2.....	Cal	42.353
— n° 3.....		42.584
— n° 4.....		43.104

c'est-à-dire *à peu près constante.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il résulte de là que la chaleur de décomposition caractérise les différentes houilles, de même que la proportion des matières volatiles, de même que la valeur de X, varie surtout avec la proportion des matières volatiles : mais elle est influencée, d'autre part, par des phénomènes physiques qui accompagnent la distillation de la houille ; en effet, dans la transformation de la houille en gaz, goudron, eau et coke, il se produit une véritable fusion, variable avec la nature des houilles, plus accentuée avec les houilles n° 2 qu'avec les houilles n° 4 : il est admissible que cette fusion absorbe une certaine quantité de chaleur.

3° *Remarque.* — La distillation de la houille dégageant de la chaleur, si nous supposons qu'on puisse récupérer :

1° La chaleur emportée par les produits volatils ;

2° La chaleur du coke;

3° La chaleur du mâchefer ;

4° La chaleur des fumées ;

et que, par des dispositions particulières, on arrive à empêcher tout rayonnement, et si on a, par un apport de chaleur une fois fourni, commencé la distillation, celle-ci se continuera d'elle-même, sans dépense de combustible.

Ce qui peut s'exprimer en disant que la *distillation de la houille peut se faire sans dépense de combustible.*

On peut dès lors s'expliquer ce qui se passe dans les charbons qui s'échauffent.

L'échauffement des charbons est produit par une oxydation : c'est un fait généralement reconnu aujourd'hui.

Certains charbons sont plus oxydables que d'autres.

L'expérience démontre que le soufre intervient peu ou pas dans l'oxydabilité; car les charbons anglais, les plus sulfureux de tous les charbons du centre de la France, assez sulfureux, quand ils sont placés dans les mêmes conditions, sont moins inflammables que les charbons du Pas-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de-Calais, du Nord, et les charbons belges, les moins sulfureux de tous.

Quand l'oxydation se produit dans un tas peu élevé, la chaleur produite par cette oxydation se perd et le tas ne s'échauffe pas.

Mais si le tas a une certaine hauteur, depuis m 4 jusqu'à m 5 et 6, surtout s'il y a dans le tas des vides formés par de gros morceaux qui emprisonnent de l'air et recouverts par du menu imperméable, l'absorption par le charbon de l'air emprisonné produit une certaine quantité de chaleur qui favorise l'oxydation du charbon : grâce à la faible conductibilité et à l'imperméabilité de celui-ci, commence le phénomène de distillation qui va se continuer lentement jusqu'à la complète disparition des matières volatiles ; quand l'échauuffement a duré un certain temps, la transformation de la houille en coke est presque aussi complète que dans une cornue.

Examen des diverses pertes dans la distillation. — Si la récupération totale de la chaleur, telle que nous venons de la concevoir dans l'échauffement du tas de charbon, n'est pas réalisable industriellement, on peut examiner dans quelles conditions on peut s'en rapprocher.

1° *Fumées. — Houille moyenne. — Excès d'air.*

La composition moyenne des fumées :

$$\left.\begin{array}{l} CO^2 = 16.00 \\ O = 4.50 \\ Az = 79.50 \end{array}\right\} 100$$

correspond à un excès de 4.50 0/0 d'oxygène.

C'est une allure normale de fours ordinaires.

Cherchons l'influence de l'excès d'air.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La composition théorique des fumées donnerait :

CO^2 = 20.50 contenant kg 10,996 de carbone.
Az = 79.50
100.00

Par suite, on aurait avec le coke employé :

$$CO^2 = 20.50 \times \frac{17.278}{10.996} = \text{m c } 32{,}206$$

$$Az = 79.50 \times \frac{17.278}{10.996} = \text{m c } 124{,}895$$

Total..... m c 157,101 au lieu de mc 201,304.

Différence des volumes : 201.364 — 157.101 = m c 44,203.
Chaleurs emportées à 975°.

CO^2 = 32.206 × 549.700 = 17.704 Cal
Az = 124.895 × 317.153 = 39.611
Total... 57.315 au lieu de 71.335 Cal.

L'excès d'air fait donc perdre 14.000 Cal.

C'est-à-dire $\frac{14.000}{143.683}$ = 9,7 0/0 de la chaleur dégagée par le coke employé comme chauffage.

Nous parlons seulement de la chaleur du coke, qui peut varier, tandis que l'autre partie de la chaleur dégagée, celle qui vient des produits volatils, est constante pour chaque houille.

Cette perte importante est difficile à éviter, de même que dans toute grille ordinaire où l'on n'est pas maître du réglage de l'air.

Cependant il est possible de la diminuer, en mettant le four dans des conditions de tirage telles que la combustion soit incomplète dans le foyer, c'est-à dire laisse un peu d'oxyde de carbone ; alors, en ménageant dans la porte du foyer des trous, qui laissent passer une certaine quan-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tité d'air, on complète la combustion ; celle-ci peut se produire avec un faible excès d'air.

C'est la combustion en deux temps. qu'on pratique plus complètement dans tous les fours à gazogènes.

Eau versée dans le cendrier.

On consomme kg 360 d'eau dans le cendrier par vingt-quatre heures, soit 28,60 0/0 du poids du coke.

La chaleur entraînée est Cl. 7.196, soit :

$$\frac{7.196}{143.683} \times 100 = 5{,}00\ 0/0 \text{ du poids du coke.}$$

Cette perte importante est impossible à éviter, à cause de la haute température du foyer ; les grilles doivent être sans cesse refroidies : dans les gazogènes, la plus grande partie de cette eau est décomposée et produit de l'hydrogène.

Coke rouge.

Calculons l'économie qu'on pourrait réaliser par l'emploi du coke rouge dans le foyer.

Pour la houille n° 3, on consomme kg 21,20 de coke.

A 950°, ce coke posséderait 21,2 × 350..... =	7.420 Cal
Il faut y ajouter l'eau d'extinction.....	1.513
	8.933 Cal

Soit : $\frac{8.933 \times 100}{143.683} = 6{,}20\ 00$ du poids du coke.

L'économie de 6,20 0/0 est sensible ; mais des difficultés pratiques, telles que le chargement à la pelle du coke rouge, la perturbation apportée dans le service par la manutention de ce produit pendant la charge, ne permettent pas de tirer toujours parti de cette économie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pertes par rayonnement.

Dans l'annexe n° 4, il est question de l'influence de la charge de charbon sur les pertes par rayonnement ; nous allons la rendre plus sensible par le tableau suivant :

	Pertes par rayonnement par kg 100 de houille.	Houille distillée par 7 cornues par 24 h.
Houille n° 2.....	Cal 23.496	kg 5.600
— n° 3.....	22.114	5.950
— n° 4.....	20.885	6.300

Si dans un four ordinaire de même capacité et de même surface, on pouvait placer 8 cornues et distiller kg 7.200 de charbon par vingt-quatre heures, la perte par rayonnement serait réduite à Cl 18.260 par kg 100, soit Cl 5.000 d'économie sur le four distillant de la houille n° 2.

Ou 3,20 0/0 sur la chaleur du coke.

Répartition des pertes par rayonnement pour la houille n° 3.
— Voir annexe n° 4.

On a trouvé que, dans un four ordinaire, la répartition des pertes par rayonnement est la suivante :

Partie supérieure.....	32.00
Masque.....	26.90
Rayonnement des têtes.....	22.70
Façade pleine.....	13.40
Ouverture des cornues.....	3.30
Garnissages, décrassages.....	1.00
Foyer.....	0.70
	100.00

Pour la houille n° 3, les pertes sont 12,52 0/0 de la chaleur totale ; elles se répartissent comme il suit :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Partie supérieure	4.01	
Masque	3.37	
Rayonnement des têtes	2.84	
Façade pleine	1.68	= 12.52
Ouverture des cornues	0.42	
Garnissages, décrassages	0.12	
Foyer	0.08	

Une économie quelconque sur une des pertes en particulier n'a qu'une influence peu notable sur le résultat final, à cause de la faible importance de chaque perte.

Pour obtenir un résultat appréciable, il faut agir sur toutes les pertes à la fois ; il n'y a guère que la forte charge de charbon qui puisse conduire à ce résultat.

En résumé, on voit que le four ordinaire, tel qu'il est généralement employé, est encore susceptible de tentatives d'améliorations qu'on peut faire porter sur les articles suivants :

1° Sur l'excès d'air	9.50 0/0
2° Sur l'eau du cendrier	4.90
3° Sur le coke rouge	6.16
4° Sur la perte par rayonnement	3.20
Total	23.70 0/0

Mais la tendance actuelle des ingénieurs gaziers est d'abandonner le four ordinaire et d'adopter une disposition où on fractionne la combustion en deux parties :

1° Combustion incomplète dans un gazogène et formation de gaz combustibles ;

2° Combustion de ces gaz combustibles dans le four.

Ce fractionnement a, comme on le sait, les avantages :

D'éviter la combustion si destructive des foyers des fours ordinaires ;

D'éloigner le foyer du four, et par suite de soustraire les cornues à la chaleur intense du foyer et de séparer le travail du foyer du travail du four,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D'employer de grandes grilles avec admission régulière d'air;

D'obtenir un réglage de l'air plus facile dans le four ;

Et enfin de permettre l'utilisation de la chaleur des fumées.

C'est ce que nous allons examiner en étudiant le four Siemens.

XVIII. — Comparaison du four ordinaire et du four Siemens.

En comparant les tableaux XII et XV et les tracés graphiques de la figure 6, Pl. III, on voit de suite que la différence entre les deux systèmes de fours vient principalement des pertes par les fumées.

En général, les autres pertes sont plus élevées dans le four Siemens, parce que, étant à peu près les mêmes que dans le four ordinaire, si on les rapporte à une consommation de combustible moindre, elles paraissent plus fortes.

Cependant, les pertes par rayonnement sont réellement supérieures dans le four Siemens, à cause du gazogène et du récupérateur qui n'existent pas dans le four ordinaire.

Examinons d'abord ce qui caractérise la marche du four Siemens.

Mettons en regard les chaleurs emportées par les fumées et leur volume.

		Chaleur perdue des fumées	Volume en m c des fumées
		—	—
Four ordinaire.....	(975°)	Cl. 81.311	m c 212
Four Siemens.....	(600°)	32.649	132
Différences.....	375°	Cl. 48.662	m c 80

L'économie de combustible est donc produite, non seu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lement par l'écart de température de 375°, mais encore par le volume moindre de fumées.

Ainsi, en partant du four ordinaire ou de tout autre four sans récupération, il se produira d'abord une économie de combustible provenant de l'échauffement de l'air par les fumées.

Cette première économie amènera une consommation moindre de combustible et, par suite, un volume moindre de fumées.

Il y a donc deux causes d'économie principales, qu'il importe de distinguer.

Il en est d'autres, secondaires, que nous allons examiner en passant en revue les différents éléments de la perte par les fumées.

Excès d'air.

Dans le four ordinaire, l'excès d'oxygène est de 4 1/2 0/0 et correspond à une perte de chaleur de Cal 14.000 ou 9,70 0/0

Dans le four Siemens, rien n'empêche de marcher sans excès d'oxygène ; c'est une affaire de réglage.

Généralement, on ne s'en tient pas à la combustion théorique, parce que le réglage uniforme du mélange des gaz et de l'air sur toute la longueur d'un four double (m. 6) présente des difficultés : alors pour ne pas risquer de laisser passer du gaz non brûlé dans les récupérateurs, on laisse un peu d'oxygène, 2 0/0 en moyenne dans les fumées.

Du reste, il faut noter que ces 2 0/0 d'oxygène n'ont pas la même importance que dans le four ordinaire :

1° Parce qu'ils se rapportent à un volume de gaz moindre.

Ainsi, dans le four ordinaire, l'excès de 4 1/2 0/0 correspond à une augmentation de volume de mc 44, tandis que l'excès de 2 0/0 du four Siemens ne correspond qu'à mc 10, 600 en plus.

Un excès de 4 1/2 0/0 ne donnerait que mc 25 en plus ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° Parce que le volume du gaz supplémentaire sort à 600° au lieu de 975°.

La chaleur supplémentaire des 2 0/0 d'oxygène (plus celle de l'azote) est de Cl 2.000.

En supposant même 4,5 0/0 d'excès d'oxygène, la chaleur emportée serait de Cl 4.500 à 600°, tandis qu'elle serait de Cl 8.000 à 975°.

Température des fumées, fig. 11 et 12, Pl. III.

Dans un four Siemens, les fumées sortent du four à 1.050°.

Dans un four ordinaire, les fumées sortent du four à 975°.

Il est intéressant de remonter dans le four à l'origine des températures.

Si, au moyen du pyromètre Le Chatelier, on prend les température en différents points d'un four, à m 1,50 de la façade, on trouve :

	Four Siemens		Four ordinaire
A. = ...	1.250°	B′ = ...	1.250°
B. = ...	1.120°	B′ = ...	1.070°
C. = ...	1.080°	C′ = ...	975°
D. = ...	1.050°		

Si dans le four ordinaire, on cherche le point similaire du point A du four Siemens, c'est-à-dire un point voisin du foyer et du bas de la cornue du milieu, on trouve 1.350 à à 1.400° : admettons 1.350.

La chute de température sera donc :

Four Siemens	Four ordinaire
1.250° — 1.050 = 200°.	1.350° — 975° = 375°.

Si, par analogie avec ce qu'on appelle le rendement thermique des machines en général, nous appelons rendement thermique d'un four $\frac{T - T_0}{T} \times 100$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

T_0 étant la température absolue finale;
T étant la température absolue initiale
Nous aurons :

Four Siemens

$$\frac{T - T_0}{T} \times 100 \qquad \frac{200}{1.250+273} \times 100 = 13.10\ 0/0$$

Four ordinaire

$$\frac{375}{1.350+273} \times 100 = 23.10\ 0/0$$

On peut donc dire qu'au point de vue thermique, mais *au point de vue thermique seul,* le four ordinaire utilise mieux la chaleur que le four Siemens proprement dit sans son récupérateur, puisque la chute de température y est plus forte.

Mais, *au point de vue de la fabrication du gaz*, cette chute de température est précisément ce qu'on doit éviter, parce que toutes les cornues étant chargées de même ou à peu près, doivent être soumises à la même température: la dernière cornue doit être chauffée autant que la première, c'est l'idéal d'un four.

Or le four Siemens est celui qui se rapproche le plus de cet idéal, le four ordinaire est celui qui s'en écarte le plus: le four Siemens est donc supérieur au four ordinaire comme uniformité (fig. 7, 8, 9, Pl. III).

Il faut ajouter que ce défaut n'est pas particulier au four ordinaire: il est commun à la plupart des fours où le courant gazeux suit une direction constante, par exemple aux fours à gazogène et à récupération autre que la récupération Siemens, où le courant de gaz monte au milieu pour redescendre sur les côtés; dans ce cas la différence $T - T_0$ est moindre que dans le four ordinaire parce qu'on fait la combustion en deux fois: mais elle est supérieure à $T - T_0$ dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le four Siemens qui, grâce au jeu des inversions, peut recevoir le courant gazeux, tantôt à droite tantôt à gauche.

Outre l'ancien four Siemens à inversion, il existe un autre four Siemens plus récent, où la récupération est directe (sans inversion), et où l'on profite de l'excès de chaleur qui règne généralement à l'extrémité postérieure des cornues pour y faire descendre le courant gazeux dans son retour; la combustion se fait sur les 2/3 de la surface de la sole du four, l'autre 1/3 du four est chauffé par les flammes renversées (fig.10, Pl. III.)

La direction du courant est constante, mais méthodique, puisque les flammes déjà refroidies chauffent la partie la plus chaude du four.

Il résulte du chauffage plus uniforme des fours Siemens à inversion:

1° Qu' on peut charger les cornues extrêmes plus uniformément, c'est-à-dire davantage: en effet, comme il est presque impossible de répartir la charge d'un four d'après la position des cornues, dans un four ordinaire, il arrive de deux choses l'une:

Ou on règle la charge d'après la dernière cornue la moins chaude; alors la première cornue, la plus exposée à la chaleur, est trop chaude;

Ou on règle la charge d'après la première cornue, et alors le charbon est incomplètement distillé dans la dernière.

Le poids de la charge est donc limité par cette alternative.

Il l'est encore par la nécessité où on se trouve de ne pas exagérer la chaleur déjà si intense qui règne dans le foyer et par suite de ne pas dépasser une certaine consommation de combustible dans un temps donné, pour ne pas courir les risques de détruire et le foyer et la cornue qui est au-dessus du foyer.

Aussi, quand dans un four Siemens à 8 cornues on charg

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

régulièrement, sans inconvénient, kg 7.200 de houille par four par vingtquatre heures, dans un four ordinaire à 7 cornues on ne dépassé pas kg 5.950 limite supérieure.

La moyenne est d'environ kg 5.800 pour un mélange de houille n° 2, n° 3, n° 4 ; avec des houilles n° 4 et n° 5, on peut charger davantage.

Ainsi, dans le four ordinaire on est limité par le nombre des cornues et par la charge d'une cornue, tandis qu'un four Siemens contient aisément neuf cornues et pourrait en contenir davantage.

L'excès $T - T_0$, en même temps qu'il influe sur la régularité de la distillation, sur l'importance de la charge, a aussi sa part, à côté de l'action corrosive des cendres du foyer, sur la durée des cornues.

Les cornues de fours ordinaires font en moyenne des campagnes effectives de vingt mois avec deux ou trois réparations de foyer, tandis que les cornues Siemens ont une durée moyenne effective de quatre à cinq ans, sans réparations sérieuses avec arrêt tout les vingt mois, pour la réparation des cornues et le nettoyage des récupérateurs.

Ainsi en résumé l'excès $T - T_0$ dans les fours ordinaires produit une allure moins régulière que dans le four Siemens, s'oppose aux fortes charges, limite la durée des cornues.

Toute disposition qui, comme celle du four Siemens à inversion, réduit cette différence, est favorable à la distillation.

Nous avons comparé le four ordinaire au four Siemens, en ne considérant que ce qui se passe dans le four proprement dit.

Mais, si nous relions le récupérateur au four, la valeur $T - T_0$ prend une autre forme.

T_0 est la température de sortie du récupérateur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a alors :

Four ordinaire.

$$\frac{T - T_0}{T} \times 100 = \frac{375}{1.350 \times 273} \times 100 = 23.10\ 0/0$$

Four Siemens y compris le récupérateur.

$$\frac{1.250 - 600}{273 + 1.250} = 43.30\ 0/0$$

C'est là évidemment la vraie caractéristique du principe du four Siemens, c'est-à-dire du principe de la récupération de la chaleur, auquel les industries qui ont besoin de chaleur à haute température doivent leur prospérité.

Mais, comme nous l'avons dit, la récupération de la chaleur n'a pas été la seule cause d'économie ; nous avons montré qu'on pouvait régler l'excès d'air dans le four de manière à se rapprocher de la combustion théorique.

La gazéification augmente, il est vrai, les pertes de chaleur par rayonnement qui sont de Cl 5.694 soit $\frac{5.694}{100.307} = 5.6\ 0/0$ de la chaleur dégagée par le coke : mais c'est un minime inconvénient à côte des avantages qu'elle procure, puisqu'elle permet la récupération de la chaleur.

Pertes par rayonnement.

Le four Siemens à huit cornues, ayant même capacité et même surface qu'un four ordinaire et distillant kg 7.200 de charbon au lieu de kg 5.950 par vingt-quatre heures, doit évidemment perdre moins de chaleur par rayonnement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pertes par rayonnement par kg 100 *de houille.*

Four ordinaire.....	Cal 22.114
Four Siemens.....	18.644
Différence....	Cal 3.470

Comparaison de la chaleur de décomposition de la houille n° 3 au four ordinaire et au four Siemens,

Nous avons trouvé dans le four ordinaire.	— Cal 3.598
— — dans le four Siemens..	— 1.419
Différence.....	— Cal 2.179

C'est une différence faible, si on la compare à toutes les causes d'erreurs possibles.

XIX. — Discussion des résultats de la distillation de la houille n° 3 dans le four Siemens.

Après cette étude comparative du four ordinaire et du four Siemens, nous allons nous attacher plus spécialement à passer en revue les différents termes de l'équation des chaleurs pour le four Siemens.

Gazogène. — On doit chercher, dans le gazogène, à produire des gaz combustibles aussi riches que possible.

Rappelons les réactions fondamentales qui se passent dans un gazogène alimenté par de l'air, réactions dont nous ferons la preuve plus loin.

RÉACTIONS EN VOLUMES.

1° *Formation d'acide carbonique.*

$$C + 2O + 2 \times \frac{79}{21} Az = CO^2 + 2\frac{79}{21} Az.$$

kg 1,073 mc 2 mc 2 $\times \frac{79}{21}$ mc 2 mc 2 $\times \frac{79}{21}$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° *Décomposition de l'acide corbonique.*

$$CO^2 + 2 \times \frac{79}{21} Az + C = 2\ CO + 2 \times \frac{79}{21} Az.$$

$$mc\ 2 \quad mc\ 2 \times \frac{79}{21}\ kg\ 1{,}073 \quad mc\ 4 \quad mc\ 2 \times \frac{79}{21}$$

Résultat final..... $\left.\begin{array}{l} mc\ 4 \quad CO \text{ ou } CO\ 34.70 \\ mc\ 7{,}522\ Az \text{ ou } Az\ 65.30 \end{array}\right\}$ 100.

C'est la composition théorique.

La composition normale adoptée est

CO^2	6		
CO	25	33	éléments combustibles.
H	8		
Az	61		
	100		

Une petite quantité d'oxyde de carbone brûle dans le parcours des gaz; le gaz qui sort du gazogène contient environ 5 0/0 d'acide carbonique.

Si on fait la somme des éléments combustibles CO + H = 33, elle se rapproche de la composition théorique CO = 34,70; et comme l'hydrogène a en volume à peu près le même pouvoir calorifique que l'oxyde de carbone, le pouvoir calorifique de CO + H, est à peu près celui de la composition théorique.

Toutefois, il faut remarquer que sur les 8 volumes d'hydrogène, il y en a 1,14 qui proviennent de l'hydrogène du coke, le reste 8—1,14 = 6,86 vient seul de la décomposition de l'eau, par suite, le mélange, à poprement parler, ne contient que 31,50 à 32 0/0 d'éléments combustibles tirés de la gazéification.

Le reste a été remplacé par de l'acide carbonique.

Quelle est la provenance de cet acide carbonique?

Dans une opération industrielle, il est impossible d'arriver aux réactions théoriques; un peu d'acide carbonique échappe donc à la décomposition.

De plus, on doit refroidir les grilles avec de l'eau qui se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vaporise en absorbant une partie de la chaleur du foyer qui, sans cela, serait perdue par rayonnemnt; cette vapeur se décompose partiellement au contact du coke rouge, soit en $CO^2 + H$, soit en $CO + H$ (comme nous le verrons plus loin), d'où deuxième cause d'apparition d'acide carbonique. La décomposition amène un refroidissement qui suffit pour entraver la décomposition complète de l'acide carbonique en oxyde de carbone.

De là, trois causes de production d'acide carbonique.

La production d'hydrogène est toujours accompagnée d'une certaine proportion d'acide carbonique; le fait est bien connu; quand on augmente la proportion d'eau vaporisée devant les grilles, en se tenant dans des limites convenables, les gaz contiennent plus d'hydrogène et aussi plus d'acide carbonique.

Citons la composition des gaz combustibles des fours de Munich, d'après le Dr Bunte:

CO^2	= 8.6	
CO	= 20.6	35.60 éléments combustibles.
H	= 15.0	
Az	= 55.8	
	100.0	

On remarquera la richesse en éléments combustibles de ce mélange: cette richesse est due à ce que l'air primaire (air du gazogène) est chauffé par les fumées après que celles-ci ont cédé une partie de leur chaleur à l'air secondaire.

La coexistence de l'hydrogène et de l'acide carbonique peut se traduire par des formules.

En effet, la décomposition de la vapeur d'eau peut se faire de deux manières différentes:

1°

2 HO	+	C	=	CO^2	+ 2 H.
mc 2		kg 0,5364		mc 1	mc 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° $HO + C = CO + H$.
mc 1 kg 0,5364 mc 1 mc 1

Cherchons les quantités de chaleur dépensées et produites pour une même consommation de combustible dans les deux cas :

1° La décomposition de mc 2 vapeurd'eau demande 2 × 2600	Cl 5.200
La formation de mc 1 CO^2 produit	4.334
Reste à produire	Cl 866
2° La décomposition de mc 1 vapeur d'eau demande..	Cl 2.600
La formation de mc 1 CO dégage	1.328
Reste à produire	Cl 1.272

On voit que la quantité de chaleur à produire est plus levée dans le 2° cas; par suite, si on ne dispose pas d'un excédent de chaleur, c'est la réaction 1° qui se produira de préférence, avec formation d'acide carbonique.

Pour opérer dans les meilleures conditions, il faudrait que l'eau qu'on vaporise ne servît qu'au refroidissement de la grille et s'en tînt strictement à l'absorption de l'excès de chaleur qui n'a pas été utilisé pour la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone. Il n'en est pas généralemet ainsi: la vaporisation de l'eau devant la grille est difficile à régler, de sorte qu'on admet un excès qui passe dans le gazogène sans se décomposer et qui refroidit les gaz dans tout leur parcours.

L'eau non décomposée sort du récupérateur à 600°, en emportant Cl 1.769

La quantité d'eau vaporisée, qui est en moyenne de 40 0/0 du poids du combustible, dépend de l'état de la grille : si le gazogène et la grille ont une faible section, l'allure du gazogène est vive, les décrassages ou piquages sont fréquents, la grille est claire, il faut beaucoup d'eau ; si, au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contraire, le générateur et la grille ont une grande section, l'allure est modérée, un seul décrassage suffit en vingt-quatre heures, on peut laisser la grille noircir et admettre peu d'eau : c'est là évidemment le cas le plus favorable à l'entraînement d'une faible quantité d'eau non décomposée.

Nous avons dit que l'hydrogène et l'oxyde de carbone avaient le même pouvoir calorifique en volume ; mais la chaleur emportée par les produits de la combustion n'est pas la même: à 600°, température de sortie du récupérateur.

mc 1 d'acide carbonique emporte..... Cl 298
mc 1 de vapeur d'eau correspondant à
mc 1 H..... Cl 741 (chaleur totale).

D'après ces résultats, il vaut mieux brûler de l'oxyde de carbone que de l'hydrogène ; mais il se passe en même temps un autre fait: dans le cas de décomposition de l'eau, la transformation du carbone se fait sans introduction d'air primaire; mais comme un poids donné de carbone exige toujours le même volume d'air pour sa combustion complète, que cette combustion se fasse en une ou deux fois, s'il n'y a pas d'air primaire il y a un volume double d'air secondaire, ce qu'expriment les formules suivantes :

1er Cas. Admission d'air primaire.

Air primaire.

$$C + O + Az = CO + Az.$$

$$kg\ 0{,}5364 \quad \frac{mc\ 1}{2} \quad \frac{mc\ 3{,}761}{2} \quad mc\ 1 \quad \frac{mc\ 3{,}761}{2}$$

$$CO + Az + \underbrace{O + Az}_{\text{Air secondaire.}} = CO^2 + 2Az.$$

$$mc\ 1 \quad \frac{3.761}{2} \quad \frac{mc\ 1}{2} \quad \frac{mc\ 3{,}761}{2} \quad mc\ 1 \quad m\ 3{,}761.$$

2e Cas. Décomposition de l'eau.

$$C + HO = CO + H$$

$$kg\ 0{,}5364 \quad mc\ 1 \quad mc\ 1 \quad mc\ 1$$

$$CO + \underbrace{O + Az}_{\text{Air secondaire.}} + H + \underbrace{O + Az}_{\text{Air secondaire.}} = CO^2 + HO + 2Az.$$

$$mc\ 1 \quad \frac{mc\ 1}{2} \quad \frac{mc\ 3{,}761}{2} \quad mc\ 1 \quad \frac{mc\ 1}{2} \quad \frac{3{,}761}{2} \quad mc\ 1 \quad mc\ 1 \quad mc\ 3{,}761.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dès lors, si on ne chauffe que l'air secondaire avec les fumées, la décomposition d'une certaine quantité de vapeur par les chaleurs perdues permet de récupérer une plus grande quantité de chaleur, puisque le volume d'air secondaire augmente proportionnellement au volume de vapeur décomposée.

Si on ne peut pas empêcher complètement la formation d'acide carbonique, on peut du moins chercher les moyens d'éviter sa production dans une certaine mesure.

1° Hauteur de coke suffisante et constante dans le gazogène.

Une longue expérience a montré que l'épaisseur du coke devait être constante, au moyen d'une réserve suffisante de coke noir au-dessus du coke rouge, et devait être au moins égale à m 1,20 : si les circonstances le permettent, une plus forte épaisseur ne peut qu'être avantageuse ;

2° Capacité des gazogènes.

On connaît la tendance naturelle des gaz à passer le long des parois et à échapper ainsi aux réactions: par suite, il est avantageux de ne pas multiplier le nombre de parois ou, ce qui revient au même, d'avoir des gazogènes d'une grande capacité plutôt qu'une série de gazogènes de petite dimension.

En outre, on obtient avec un vaste gazogène un courant de gaz plus uniforme qu'avec plusieurs appareils.

La transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone peut être démontrée par les essais suivants: dans un gazogène, du gaz puisé à différentes profondeurs dans le coke rouge a donné lieu aux résultats résumés dans le tableau ci-dessous (fig. 13, Pl. III).

On a employé du coke rouge pour éviter la formation d'hydrogène par la décomposition de l'eau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	GAZOGÈNE alimenté avec du coke rouge.			GAZOGÈNE alimenté avec du coke noir.		
	CO^2.	O.	CO.	CO^2.	O.	CO.
(1)	17.00	2.00	»	16	3	»
(2)	8.00	9.50	»	11	8	»
(3)	3.00	16.50	»	15	2	1
(4)	10.00	»	11.00	»	»	»
(5)	5.00	»	25.00	»	»	»
(6)	6.00	»	23.00	»	»	»
(7)	10.00	1.00	12.00	»	»	»
(8)	4.00	»	26.00	5	»	23
(9)	2.00	»	28.00	4	»	29
(10)	2.50	»	27.00	»	»	»

A la distance de m 0,30 de la grille (2) (3), le gaz ne contient que de l'acide carbonique et de l'oxygène.

De m 0,60 à m 0,70 de la grille (4) (5) (6) (7), la transformation n'est pas encore complète.

Ce n'est qu'à m. 1 (8) (9) (10) qu'elle est complète.

Il est donc bien prouvé industriellement, que dans un gazogène, il se forme d'abord de l'acide carbonique et ensuite de l'oxyde de carbone.

TEMPÉRATURE DES GAZ COMBUSTIBLES

Les gaz combustibles qui proviennent du coke entrent dans le four à 800°, par conséquent, il n'est pas nécessaire de les faire passer dans un récupérateur pour les échauffer, comme on le fait avec les gazogènes à la houille, d'où les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gaz sortant vers 600° sont la plupart du temps refroidis dans des collecteurs.

Dans les premières installations des fours Siemens, les gaz étaient refroidis de 800° à 400°, dans un long collecteur en forme de siphon, dont l'inutilité est aujourd'hui reconnue ; quand on n'échauffe que l'air secondaire, les fumées possèdent encore assez de chaleur pour réchauffer les gaz combustibles ; mais, pour éviter cette complication, il est plus rationnel de profiter de la chaleur propre des gaz combustibles et de les utiliser le plus tôt possible avec cette chaleur : c'est ce qu'on pratique dans les fours Siemens actuels.

Calculons la perte de chaleur quand on refroidit les gaz de 800° à 400°

Chaleur des gaz à 800°	Chaleur des gaz à 400°			
	CO^2..	4.352 × 184 =	Cl	801
	CO...	18.135		
Cl 23.140	H....	5.803 × 125 =		8.523
	Az...	44.249		
	H....	4.321 × 642 =		2.777
			Cl	12.098

Ce refroidissement fait donc perdre 23.140 — 12.098 = Cl 11.042, soit environ 10 0/0 de la chaleur du coke.

Donc, dans tous les cas, qu'on ait ou qu'on n'ait pas un excédent de chaleur dont on puisse disposer, cette perte est inutile.

Pertes par rayonnement.

Ces pertes s'élèvent à 12,80 0/0 de la chaleur dégagée dans le gazogène ; sur l'ensemble de la combustion (gazogène et four), ces pertes sont de 4,70 0/0 de la chaleur du coke.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Emploi du coke rouge

Calculons, comme nous l'avons déjà fait pour le four ordinaire, l'économie qui résulterait de l'emploi du coke rouge dans le gazogène.

La consommation est de kg 14,80 par kg 100 de houille.

Chaleur du Coke à 950°.....	14.80 × 350 =	Cl	5.180
Eau du coke à 600° (sortie du récupérateur).....		—	818
		Cl	5,998

L'emploi du coke rouge apporterait donc une économie de Cl 5.998 ou $\frac{5.998 \times 100}{100.307} = 5.90$ 0/0 de la chaleur du coke employé au chauffage.

Mais, de même que nous l'avons déjà fait remarquer, malgré l'économie notable à réaliser, l'emploi du coke rouge n'est pas toujours possible et peut même devenir une gêne pour le service.

Four.

Les réactions qui se passent dans le four Siemens sont les mêmes que dans un four ordinaire.

En comparant les deux systèmes de fours, nous nous, sommes suffisammment étendus sur les particularités qui les distinguent et surtout sur l'importance de l'excès T — T° des températures initiale et finale.

Arriver à un excès nul serait réaliser la combustion idéale, puisque la dernière cornue serait chauffée comme la première.

Quand on récupère la chaleur des fumées, il n'y a aucun inconvénient à diminuer autant que possible l'excès $T - T_0$.

Nous avons insisté sur l'utilité de l'inversion, sur la facilité du réglage de l'air secondaire; nous allons maintenant passer à l'examen du récupérateur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Récupérateur.

Rappelons en quelques mots le principe théorique de la récupération.

La combustion en une seule fois se fait d'après la formule :

$$\begin{array}{cccccc} C & +\ 2O & +\ (2 \times 3{,}761)\ Az & = & CO^2 & +\ (2 \times 3{,}761)\ Az. \\ kg\ 0{,}5364 & mc\ 1 & 1 \times mc\ 3{,}761 & & mc\ 1 & 1 \times mc\ 3{,}761 \end{array}$$

Le volume de l'air total est égal au volume des fumées. Si on fait la combustion en deux fois, on a :

AIR PRIMAIRE :

$$\begin{array}{cccc} C + O + 3.761\ Az = & & CO + 3.761\ Az. \\ mc\ \left(\frac{1}{2}\right) & mc\ \left(\frac{3.761}{2}\right) & mc\ 1\ \left(\frac{3.761}{2}\right) & mc \\ kg\ 0{,}5364 & & & \end{array}$$

$$CO + 3.761\ Az + O + 3{,}761\ Az = CO^2 + (2 \times 3{,}761)\ Az.$$

AIR SECONDAIRE

$$cm\ 1\ \left(\frac{mc\ 3{,}761}{2}\right)\ mc\ \left(\frac{1}{2}\right)\frac{mc\ 3{,}761}{2} \qquad mc\ 1\ (1 \times 3{,}761)\ mc$$

En d'autres termes, le Volume de l'air primaire + Volume air secondaire = Volume des fumées,
et Volume air secondaire = Volume air primaire.

Donc, si on n'échauffe que l'air secondaire avec le volume des fumées qui est double, on ne prend que la moitié de la chaleur des fumées; l'autre moitié disponible est perdue dans la cheminée.

Le récupérateur est certainement la partie la plus intéressante du four Siemens, parce que c'est lui qui procure l'économie de combustible : il nécessite, il est vrai, l'emploi du gazogène qui perd de la chaleur, mais cet inconvénient est racheté par d'autres avantages de premier ordre, parmi lesquels il faut surtout citer l'utilisation des chaleurs perdues.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons vu que la chaleur se répartit dans le récupérateur de la manière suivante :

Chaleur apportée par les fumées à 1.050°.....	Cl 57.310	Chaleur emportée par les fumées à 600°.....	Cl 32.649
		Rayonnement.....	2.386
		Par différence : chaleur récupérée par l'air secondaire.....	22.335
			Cl 57.310

D'après cela, calculons la température de l'air : la capacité calorifique de l'air varie peu avec la température ; aux hautes températures de 800° à 1.000°, elle est en moyenne de 0,325.

Le volume de l'air secondaire étant de m c 67,635, nous aurons :

$$T \times 0.325 \times 67{,}635 = 27.335.$$

$$T = 1.016°.$$

Les fumées sortent du four à..... 1.050°
L'air y entre à..... 1.016°

Il n'est guère possible d'obtenir une récupération plus complète.

Il existe, dans l'industrie du gaz, d'autres récupérations que la récupération par inversion de Siemens, elles sont basées sur la transmission de la chaleur à travers une paroi réfractaire peu épaisse.

C'est la récupération dite continue, par opposition à la récupération par renversement ou inversion des courants.

Le cadre de cette étude ne nous permet pas de discuter les mérites de chaque système de récupération.

La récupération par inversion a sur la première l'avantage de séparer les courants d'air et de fumée, et par suite d'en éviter le mélange : elle a, en outre, l'avantage, comme nous l'avons vu, par l'inversion des courants gazeux, d'uniformiser la chaleur des cornues.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mais, par contre, la gazéification et la récupération ont l'inconvénient de nécessiter des installations dispendieuses quel qu'en soit le système.

UTILISATION POSSIBLE DE TOUTE LA CHALEUR DES FUMÉES

Nous avons vu que les fumées qui sortent du récupérateur emportent Cl. 32.649

On peut examiner s'il n'est pas possible d'utiliser une partie de cette chaleur; cherchons d'abord quelle est la portion de cette chaleur utilisable, pour que le tirage de la cheminée soit assuré.

Or, une température de 150° est suffisante pour le but proposé; calculons donc la chaleur disponible :

Chaleur des fumées à 600°.....						Cl 32.649
Chaleur des fumées à 150°.	CO..	22,487	× 62	= Cl 1.394	....	11.376
	HO .	10,124	× 532	= 5.386		
	Az..	97,681	× 46	= 4.493		
	O...	2,235	× 46	= 103		
				Reste....		Cl 21.273

L'utilisation possible de la chaleur perdue répondrait donc à Cl 21.273, soit à une nouvelle économie de

$$\frac{21.273}{100.307} \times 100 = 21.20\ 0/0$$ de la chaleur du coke.

Jusqu'à présent cette utilisation a été rarement pratiquée, parce qu'elle donne lieu à des complications devant lesquelles on recule soit pour éviter des frais de premier établissement, soit dans la crainte d'avoir des appareils trop difficiles à conduire.

Une économie de combustible est toujours bonne à prendre, mais n'est pas la principale préoccupation dans la conduite d'une usine à gaz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut cependant examiner quel serait le moyen le plus simple de réaliser cette économie.

On peut procéder de plusieurs manières :

1° Suivre la méthode indiquée ci-dessus, c'est-à-dire refroidir le gaz de 600° à 150°.

C'est ce qu'on fait dans les fours de l'usine à gaz de Munich, où la récupération est continue et où les fumées après avoir échauffé l'air secondaire, échauffent l'air primaire;

2° Si on veut conserver le principe Siemens et en même temps profiter de toutes les calories disponibles en refroidissant les fumées à 150°, il faut procéder un peu autrement qu'on ne le fait aujourd'hui ; car, si on échauffe d'abord l'air secondaire à 1.000°, en refroidissant les fumées à 600°, et ensuite l'air primaire à partir de 600°, celui-ci ne pourra pas avoir une température supérieure à 600° on n'utilisera donc pas toute la chaleur disponible et on ne refroidira pas les fumées jusqu'à 150°.

Il faut donc adopter un autre mode d'utilisation.

Il faut donc échauffer l'air primaire et l'air secondaire dans un récupérateur unique à une température uniforme voisine de 1.000°, et, au moyen d'un injecteur à vapeur, aspirer l'air primaire dans le gazogène.

De cette façon on pourra refroidir les fumées à 150°.

C'est la disposition la plus rationnelle, qui est déjà adoptée dans quelques industries.

Elle nécessite, il est vrai :

1° Une inversion pour l'air secondaire;

2° Une inversion pour l'air primaire ;

3° Une inversion pour les gaz combustibles ;

4° Une inversion pour l'injection de vapeur.

Ce perfectionnement entraîne donc une complication supplémentaire du système Siemens, auquel on reproche

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

déjà l'inversion pour l'air secondaire et les gaz combustibles.

Dans les industries où la question des hautes températures, où la question d'économie de combustible, sont des questions vitales, on peut prendre son parti des complications.

Il n'en est pas de même de l'industrie du gaz, qui n'emploie que des températures relativement modérées (si on la compare à la verrerie et à la métallurgie) et pour laquelle l'économie de combustible est une question plutôt secondaire.

XX. Répartition de la chaleur produite dans un four pendant toute la durée de la distillation.

Jusqu'à présent, nous avons examiné les résultats calorifiques moyens qui se produisent dans un four dans un espace de temps donné, en supposant que toutes les réactions se manifestent d'une façon constante et uniforme.

Il est difficile d'observer les variations qui prennent naissance dans le four, en dehors de la cornue; ces variations tiennent à deux causes principales :

1° Allure du foyer;

2° État de la cornue.

Dans un four ordinaire, l'allure du foyer varie d'un décrassage à l'autre : la fréquence des décrassages est donc un moyen de régulariser l'allure.

Mais, même avec des décrassages de quatre heures en quatre heures, des garnissages de demi-heure en demi-heure, on ne peut pas répondre d'une marche uniforme : ainsi, dans ces conditions, il n'est pas rare de trouver dans les fumée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De suite après le décrassage.....	CO^2	18
	CO	2
	Az	80
		100
Et de suite avant le décrassage..... ..	CO^2	14
	O	6
	Az	80
		100

en même temps qu'on constate que le vide manométrique peut varier de mm 4 à 5 d'eau entre deux décrassages.

La combustion dans le four ordinaire est donc assez variable.

Nous avons déjà indiqué un procédé pour remédier à ces variations, procédé qui réussit dans certaines conditions de tirage, au moyen d'ouvertures pratiquées dans la porte du foyer.

Dans les fours Siemens, et en général dans les fours à combustion fractionnée, si les gazogènes sont suffisamment vastes, les variations sont presque insignifiantes avec un seul décrassage en vingt-quatre heures.

On peut se rendre compte facilement de l'amplitude de ces variations avec le manomètre enregistreur continu de M. Richard.

2° *État de la cornue.*

La paroi extérieure de la cornue doit éprouver des variations, puisque la paroi intérieure en éprouve; à l'œil, il est impossible de distinguer ces variations; mais on comprend qu'elles soient faibles, car la paroi extérieure se trouve sans cesse en contact avec un courant constant de gaz chauds et aussi en présence de matériaux réfractaires (supports en briques, murettes, parois du four) portés au rouge, qui constituent un véritable volant de chaleur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mais il n'en est plus de même dans les cornues; car on sait que la distillation, très active dans les deux premières heures, se ralentit dans les deux dernières.

Ce sont ces variations que nous allons examiner, à notre point de vue, c'est-à-dire au double point de vue des chaleurs produites et des chaleurs dépensées dans la cornue.

Il est entendu que les résultats n'auront pas une exactitude absolue : ce qu'il importe de constater, c'est le sens des variations.

a. *Températures.*

Nous commencerons par donner une idée des températures aux différentes heures de la distillation, températures relevées au moyen du pyromètre. Le Chatelier.

Comme le couple du pyromètre Le Chatelier s'altère au contact de l'hydrogène sulfuré, on ne peut pas le plonger dans la cornue; on enfonce dans la cornue un tube de fer, fixé à un tampon en tôle, fermé à l'extrémité qui se trouve dans la cornue, ouvert à l'extrémité qui sort de la cornue.

Deux tubes semblables sont superposés : l'un est dans la houille, l'autre au-dessus de la charge.

On a opéré avec deux couples de tubes :

1° Tubes de m 1,30 (à partir de l'entrée de la cornue);

2° Tubes de m 0,45 (à partir de l'entrée de la cornue).

Les températures ont été relevées toutes les demi-heures ; elles sont consignées dans les fig. 14, 14 *bis* et 15, Pl. III.

Au-dessus du charbon, les températures montent régulièrement.

Dans le charbon, les températures sont plus irrégulières, parce qu'elles sont soumises à toutes les fluctuations de la distillation :

Décomposition de la houille,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Départ des matières volatiles,

Formation du coke,

et en outre soumises au degré plus ou moins parfait de l'homogénéité de la couche de houille.

A m 1,30 de distance, les températures ne représentent pas exactement les températures moyennes de la cornue, parce que ces températures vont en augmentant depuis l'entrée jusqu'à l'extrémité de la cornue.

C'est pour cette raison que nous avons pris 950° comme température moyenne du coke rouge.

L'examen des courbes montre que le charbon distille dans les meilleures conditions entre 500 et 700°, températures qui sont celles de la houille dans les deux premières heures.

Les températures plus élevées qu'on doit atteindre dans les deux dernières heures sont nécessaires pour que les parois de la cornue emmagasinent la quantité de chaleur qu'elles restitueront dans les deux premières heures, et aussi nécessaires pour atteindre les parties les plus centrales de la charge de houille.

b. *Variations des quantités de chaleur.*

En distillant les différents types de houille en quatre heures dans un four à 7 cornues, on trouve les résultats suivants, en volumes :

Proportion p. 100 du gaz produit.

	TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3	TYPE 4	TYPE 5
1re heure . . .	24.90	25.00	24.70	24.00	23.40
2e — . . .	29.90	28.40	29.20	29.60	26.90
3e — . . .	28.80	28.60	29.80	29.40	29.00
4e — . . .	16.40	18.00	16.30	16.90	20.70
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D'autre part, des essais du même genre, ont été exécutés sur 4 fours, qu'on chargeait en même temps.

Moyenne de 6 essais.

	TYPE 2		TYPE 4		
	(1)	(2)	(1)	(2)	(3)
1re heure.	21.91	22.48	22.23	20.37	19.21
2e —	27.54	25.81	25.33	27.55	28.74
3e —	27.31	26.34	26.74	27.68	29.23
4e —	23.24	25.37	25.70	24.40	22.82

Les figures 16, 17, Pl. III; 1, 2, 3, 4, 5, Pl. IV, résument ces essais.

On remarque, sur deux de ces planches, les variations du pouvoir éclairant, avec la progression de la distillation.

Tous ces résultats ne représentent pas réellement la marche de la distillation, parce que les cornues n'ont pas été chargées d'un même coup, mais les unes après les autres aussi rapidement que possible.

Pour se tenir dans la réalité, il faudrait recueillir le gaz d'une seule cornue.

Pour une comparaison exacte des différentes houilles au point de vue de la rapidité de la distillation, on devrait charger la même quantité de chaque houille dans un four; mais alors la température de la cornue varierait, puisque la houille n° 2 demande plus de chaleur que la houille n° 3, et celle-ci plus que la houille n° 4. La température devrait donc être uniformisée en agissant sur le registre de tirage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On aime mieux uniformiser les températures en faisant varier les charges; c'est ainsi que nous avons indiqué comme charges d'une cornue par vingt-quatre heures :

HOUILLE N° 2	HOUILLE N° 3	HOUILLE N° 4
kg 800	kg 850	kg 900

On comprend alors qu'avec des charges variables, la marche de la distillation varie peu d'un type à l'autre.

Pour nous rapprocher autant que possible de la réalité, nous avons pris une moyenne générale des résultats cités que nous avons appliquée indifféremment à tous les types 2, 3, 4.

Répartition du gaz produit dans les 4 périodes de la distillation.

1re heure	24.90
2e —	28.70
3e —	29.00
4e —	17.40
	100.00

Pour les charbons de même provenance, la répartition des différents éléments du gaz se fait de la manière suivante, en volumes :

	CO^2	CO	H	C^2H^6	Az	$C^{12}H^6$	C^4H^4
1re heure. . . .	3.08	Par parties égales.	41.60	36.98	Par parties égales.	1.39	6.42
2e —	1.90		49.72	32.08		1.24	3.46
3e —	1.40		57.52	25.98		0.84	1.72
4e —	1.08		58.64	23.72		0.25	1.12

Remarque. — L'oxyde de carbone reste à peu près constant en 0/0 dans le gaz de chaque heure; pour simpli-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fier les calculs, nous avons supposé que cette constance se maintenait pour le volume total ou, en d'autres termes, que l'oxyde de carbone se répartissait uniformément suivant les quatre heures de la distillation; pour le calcul des chaleurs, l'erreur est presque insignifiante.

Convertissons les volumes du tableau précédent en poids :

CO^2. Dans la 1re heure m^3 100 de gaz contiennent. . . m^3 3,08 CO^2.
Dans la 1re heure on produit. . . . . m^3 24,90 de gaz.

Ces m^3 24,90 de gaz contiennent. . . . . $\frac{3.08}{100} \times 24.90 = m^3\ 0{,}767\ CO^2$.

De même dans la 2e heure m^3 28,70 contiennent $\frac{1.9}{100} \times 28.70 = m^3\ 0{,}545$ —

— 3e m^3 29,00 — $\frac{1.4}{100} \times 29.00 = m^3\ 0{,}406$ —

— 4e m^3 17,40 — $\frac{1.8}{100} \times 17.40 = m^3\ 0{,}188$ —

En poids, on aura :

1re heure.	$0.767 \times 1.98 =$	kg 1,519
2e —	$0.545 \times 1.98 =$	1,079
3e —	$0.406 \times 1.98 =$	0,804
4e —	$0.188 \times 1.98 =$	0,372
		kg 3,774

En rapportant ces résultats à 100 parties, on trouve que la répartition de l'acide carbonique en poids se fait comme il suit :

1re heure.	40.30
2e —	28.60
3e —	21.30
4e —	9.80
	100.00

Les mêmes calculs étant effectués pour les autres éléments du gaz, on trouve:

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Répartition des différents éléments du gaz en poids

	CO^2	CO	H	C^2H^4	Az	$C^{12}H^6$	C^4H^4
1re heure. . . .	40.30	25.00	19.80	30.20	25.00	34.60	48.00
2e —	28.60	25.00	27.50	31.40	25.00	36.30	30.50
3e —	21.30	25.00	32.60	25.60	25.00	24.70	15.40
4e —	9.80	25.00	20.10	12.80	25.00	4.40	6.10
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

On a déterminé pour chaque type de houille, les poids des divers éléments par kg 100; en multipliant les résultats obtenus par les nombres du tableau précédent, on obtient le poids de gaz formé par heure.

Exemple :

Houille n° 1.

Kg 100 de houille produisent m c 30,13 de gaz, qui se composent en poids de :

CO^2	= kg	0,877
CO	=	2,525
H	=	1,463
C^2H^6	=	7,208
Az	=	0,379
$C^{12}H^4$	=	0,894
C^4H^4	=	0,937
Divers (AzH^3 HS CS^2)	=	0,370

La décomposition par heure donne en poids :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Décomposition par heure en poids.

	1re heure.	2e heure.	3e heure.	4e heure.	Total.
CO^2	0.3534	0.2508	0.1868	0.0859	0.877
CO.....	0.6310	0.6310	0.6310	0.6310	2.525
H.....	0.2897	0.4023	0.4769	0.2941	1.463
C^2H^4.....	2.1788	2.2633	1.8452	0.9226	7.208
Az.....	0.0950	0.0950	0.0950	0.0950	0.379
$C^{12}H^6$.....	0.3093	0.3245	0.2208	0.0394	0.894
C^4H^4.....	0.4498	0.2858	0.1443	0.0572	0.937
Divers. HS ... Az HS CS^2...	0.1425	0.1425	0.1425	0.1425	0.570
Totaux.....	4.4475	4.3952	3.7445	2.2677	14.853

Les mêmes calculs ont été effectués pour les houilles nos 2, 3, 4, 5.

Goudron. Le goudron se répartit de la manière suivante pour un charbon moyen.

1re heure	53,64
2e —	27,90
3e —	14,77
4e —	3,69
	100,00

On a fait des calculs analogues aux précédents pour les goudrons produits par chaque type de houille.

Eau. — Répartition par heure :

1re heure	52,26
2e —	31,17
3e —	12,19
4e —	4,38
	100,00

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Même observation au sujet de la répartition pour les différentes houilles :

Tous les calculs effectués pour les matières volatiles (gaz, eau, goudron), ont été rapportés à 100 parties dans les tableaux suivants.

Répartition des matières volatiles en poids, pendant la distillation.

	1re heure.	2e heure.	3e heure.	4e heure.	Totaux.
Houille n° 1.					
Gaz	18.30	17.90	15.70	10.20	62.10
Eau	10.00	6.00	2.30	0.80	18.80
Goudron	10.10	5.20	2.80	0.70	19.10
Totaux	38.40	29.10	20.80	11.70	100.00
Houille n° 2.					
Gaz	17.80	17.30	15.00	10.00	60.10
Eau	10.90	6.50	2.60	0.90	20.90
Goudron	10.20	5.30	2.80	0.70	19.00
Totaux	38.90	29.10	20.40	11.60	100.00
Houille n° 3.					
Gaz	17.30	16.60	14.30	9.50	57.60
Eau	12.30	7.30	2.90	1.00	23.50
Goudron	10.10	5.30	2.80	0.60	18.90
Totaux	39.70	29.20	20.00	11.10	100.00
Houille n° 4.					
Gaz	17.40	15.80	13.00	8.30	54.50
Eau	13.70	8.20	3.20	1.20	26.30
Goudron	10.30	5.40	2.80	0.70	19.20
Totaux	41.40	29.40	19.00	10.20	100.00
Houille n° 5.					
Gaz	16.40	14.90	12.40	8.00	51.70
Eau	15.30	9.10	3.60	1.30	29.30
Goudron	10.20	5.30	2 80	0.70	19.00
Totaux	41.90	29.30	18.80	10.00	100.00

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce tableau montre que la répartition se fait sensiblement suivant le rapport moyen,

40	29	20	11
1re heure.	2e heure.	3e heure.	4e heure.

ou, plus simplement

40	30	20	10

Si nous comptons les temps comme abscisses et les poids des matières volatiles comme ordonnées, toutes les extrémités de ces ordonnées pourront être reliées par une droite (fig. 6, Pl. IV).

La distillation s'opère donc progressivement et régulièrement ; 70 0/0 des matières volatiles se dégagent dans les deux premières heures, 30 0/0 dans les deux dernières heures.

1. La composition de la houille étant uniforme, les nombres 40, 30, 20, 10, pourront représenter les quantités de charbon décomposéees par heure, leur somme est égale à 100.

Construisons un rectangle de surface $10 = a$; puis un autre rectangle concentrique de surface $10 + 20$: la partie $b.\ b.\ b.$ est égale à 20 (fig. 7, Pl. IV).

Construisons un 3e rectangle concentrique de surface

$$10 + 20 + 30 = 60,$$

la partie $c.\ c.\ c. = 30$.

Construisons encore un 4e rectangle concentrique de surface

$$10 + 20 + 30 + 40 = 100,$$

la partie $d.\ d.\ d. = 40$.

Les surfaces ainsi découpées $a.\ b.\ b.\ b.\ b.\ c.\ c.\ c.\ c.\ d.\ d.\ d.\ d.$ seront proportionnelles aux quantités de charbon distillées chaque heure, pendant quatre heures.

On aura ainsi l'image de la progression de la distillation.

Or, c'est réellement de cette façon que se propage la dis-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tillation; ce sont les parties qui touchent les parois, c'est-à-dire les plus échauffées, qui distillent les premières; la surface de la charge distille un peu moins vite, parce qu'elle n'est chauffée que par rayonnement. La transmission de la chaleur se fait à travers le combustible décomposé jusqu'au centre qui distille en dernier lieu.

Le départ des matières volatiles peut donc servir à la démonstration de la propagation de la chaleur dans la houille.

Exemple pour la houille n° 3.

Eau.....	12.30	7.30	2.90	1.00
Goudron.....	10.10	5.30	2.80	0.60
	22.40	12.60	5.70	1.60

Tandis que le gaz se dégage plus régulièrement.

Gaz.....	17.30	16.60	14.30	9.50

Or, une même quantité de charbon décomposé doit donner dans tous les cas le même poids de produits volatils; si donc, un poids de charbon décomposé dans les deux dernières heures donne proportionnellement un poids plus élevé de gaz et un poids moindre d'eau et de gaz que le même poids de charbon décomposé dans les deux premières heures, c'est que le goudron et l'eau qui se forment par la décomposition du charbon se décomposent à leur tour sous l'influence de la haute température.

Et, en effet, on sait que les proportions de gaz et de goudron qu'on peut obtenir d'une houille donnée dépendent de la température de distillation.

Citons un essai fait dans une petite cornue de laboratoire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Distillation de 100 kilogrammes de houille à des températures variables

	Rouge sombre	Rouge vif
Durée de l'essai.....	34'	21'
Gaz par kg 100 de houille...	m c 19,71	m c 28,79
Goudron.....	kg 8,78	kg 4,94

En supposant, approximativement, que le poids du mètre cube soit le même dans les deux gaz, soit kg 0,530, on aura en poids :

	Rouge sombre	Rouge vif
Poids du gaz.....	kg 10,500	kg 15,25
Poids du goudron.....	kg 8,780	kg 4,94
Total.....	kg 19,280	kg 20,190

Le poids des matières décomposées est donc sensiblement le même, mais la répartition a varié avec la température.

Répartition de la chaleur dans les cornues.

Pour passer des résultats précédents à la répartition des chaleurs dans la cornue, nous considérerons les chaleurs dépensées et les chaleurs produites en nous bornant aux trois houilles n^{os} 2, 3, 4, déjà étudiées.

Chaleurs dépensées.

1° Chaleur nécessaire à la formation des carbures lourds;

2° Chaleur rayonnée par la tête de cornue, ouverture des cornues;

3° Chaleur emportée par les matières volatiles (gaz, eau, goudron);

4° Chaleur emportée par le coke rouge;

5° X ou chaleur dépensée dans la 1re phase de la distillation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaleurs produites.

1° Chaleur dégagée par la formation des produits volatils (gaz, eau);

2° Chaleur transmise par la paroi de la cornue.

Nous connaissons les quantités de chaleur dépensées par article et, par suite, leur somme = A.

Nous connaissons la chaleur produite par les matières volatiles (eau et gaz) = B.

Comme les deux sommes de chaleurs dépensées et produites sont égales, la différence A — B donnera la chaleur transmise par la paroi.

Pour répartir ces différentes chaleurs suivant les heures de la distillation, nous procéderons de la façon suivante :

Chaleurs dépensées.

1° Formation des carbures.

Les carbures sont C^4H^4. $C^{12}H^6$, le goudron et divers (Cy. CS^2).

D'après ce qui a été dit plus haut nous connaissons leur répartition en poids suivant les heures de la distillation; la thermochimie nous a permis de calculer les quantités de chaleur absorbées par leur formation; leur évaluation ne présente donc aucune difficulté;

2° Chaleur rayonnée par les têtes de cornues.

La quantité de chaleur rayonnée par les têtes de cornues (indépendante de celle des produits volatils) est proportionnelle à la température intérieure de la cornue.

D'après ce que nous savons des températures de la cornue, elles se répartissent dans la proportion suivante :

1re heure.	2e heure.	3e heure.	4e heure.
600°	700°	800°	900°

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous répartirons donc la chaleur rayonnée comme :

6 7 8 9

3° Chaleur emportée par les matières volatiles ;

D'après les tableaux précédents, nous connaissons la répartition des matières volatiles suivant les heures de la distillation : nous connaissons leur température moyenne qui est 650° et, par suite, nous connaissons la quantité de chaleur emportée par l'unité de poids de chacune d'elles, nous appliquerons ces données aux poids des matières volatiles réparties ;

4° Chaleur emportée par le coke rouge.

Puisque la température du coke se répartit dans les proportions 6, 7, 8, 9, nous supposerons que l'échauffement du coke se fait dans les mêmes proportions ;

5° Chaleur de décomposition de la houille.

Le départ progressif des matières volatiles représente évidemment la progression de la décomposition de la houille : par suite, nous appliquerons la progression 40, 30, 20, 10, aux résultats trouvés de la valeur de X.

Chaleurs produites.

1° Chaleur dégagée par la formation des produits volatils (eau, gaz).

Nous connaissons la répartition de chacun des éléments de ces matières volatiles, CO^2 — CO — C^2H^4 et eau, nous calculerons pour chacun de ces éléments la chaleur produite et répartie d'après les données adoptées ;

Ainsi pour CO^2, ce sera :	1re	heure.....	40.30
—	2e	—	28.60
—	3e	—	21.30
—	4e	—	9.80

De même pour les autres ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° Chaleur transmise par la paroi.

De même que la chaleur totale transmise par la paroi est la différence A — B des chaleurs totales dépensées et de la chaleur produite par les matières volatiles, de même la chaleur transmise par heure sera la différence correspondante.

Nous n'exposerons pas les calculs à cause de leur longueur, nous nous contenterons de donner les résultats pour un des types, le n° 2, et ensuite nous donnerons les mêmes résultats rapportés à 100 parties, pour les trois types n^{os} 2, 3, 4.

Répartition des chaleurs dépensées et produites par heure, pour 100 kilogrammes de houille distillée.

CHALEURS DÉPENSÉES	1re heure	2e heure	3e heure	4e heure	Totaux	
			Houille n° 2.			
	Cal.	Cal.	Cal.	Cal.	Cal.	
Formation des carbures...	1.126	643	365	148	2.282	
Pertes par les têtes de cornues.....	1.054	1.231	1.407	1.583	5.275	
Produits volatils à 650° — Goudron	1.151	598	317	79	2.145	16.679
Produits volatils à 650° — Eau...	2.775	1.655	647	233	5.370	
Produits volatils à 650° — Gaz...	2.558	2.706	2.503	1.457	9.224	
Coke rouge...	13.000	3.856	4.192	4.525	25.573	
Décomposition de la houille.	9.000	6.800	4.500	2.407	22.707	
Totaux..	30.664	17.489	13.931	10.432	72.516	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CHALEURS FOURNIES	1re heure	2e heure	3e heure	4e heure	Totaux	
	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	
Produits volatils { Eau...	5.727	3.416	1.336	480	10.959	26.228
Produits volatils { Gaz...	4.662	4.532	3.798	2.277	15.269	
Chaleur transmise par la paroi de la cornue (par différence).....	20.275	9.541	8.797	7.675	46.288	
Totaux.....	30.664	17.489	13.931	10.432	72.576	

REMARQUES SUR LES RÉSULTATS PRÉCÉDENTS

1° La chaleur transmise par la paroi va en diminuant depuis le commencement jusqu'à la fin de la distillation, tandis que la température intérieure augmente progressivement.

Ce résultat est facile à expliquer, puisque la transmission de la chaleur varie non pas proportionnellement, mais dans un certain rapport avec $T - t$, excès de température de la paroi interne de la cornue et du corps échauffé ; or, cet excès va en diminuant à mesure que la distillation avance, il en est de même de la transmission de la chaleur.

Un effet analogue doit se produire à l'extérieur de la cornue, mais non pas simultanément, puisque la transmission à travers une masse réfractaire n'est pas instantanée. Il est impossible ds suivre avec un appareil les variations de température à l'extérieur de la cornue, parce que ces variations dépendent:

De l'état intérieur de la cornue;

De l'état du courant gazeux combustible;

Du rayonnement des matériaux réfractaires du four;

2° La chaleur totale produite pour la distillation de:

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

kg 100 de houille n° 2 est.....	Cl 178.044
On utilise dans la cornue.....	72.575
Chaleur dépensée à l'extérieur.....	Cl 105.469

En rapportant ces chaleurs à 100 parties, on trouve :

Chaleur dépensée à l'intérieur de la cornue	Cl 40.80
— à l'extérieur —	59.20
Chaleur totale.....	Cl 100.00

Ce calcul donne pour les trois types étudiés :

	Houille n° 2	Houille n° 3	Houille n° 4
Chaleur dépensée dans la cornue. Cl	40.80	42.30	44.50
— à l'extérieur..	59.20	57.70	55.50
Cl	100.00	100.00	100.00

Les différences qu'on constate tiennent à la quantité de chaleur produite par la formation des matières volatiles, qui augmente, comme nous le savons de la houille n° 1 à la houille n° 5.

Les fig. 8, 9, 10, Pl. IV, résument tout ce qui concerne la répartition de la chaleur suivant les heures de la distillation.

Nous avons terminé l'étude des réactions thermiques principales qui se produisent dans la distillation de la houille pour la fabrication du gaz d'éclairage, en nous tenant dans les limites du programme que nous avions tracé.

Si l'on veut examiner toutes les questions qui se rattachent à la production et à la dépense des chaleurs dans la distillation de la houille, dans le sens le plus général, ce programme est plus vaste encore.

En effet, il y aurait lieu de faire une étude complète des mouvements des courants gazeux dans les fours, leur influence sur la marche du foyer, sur la transmission de la chaleur, soit dans le générateur, soit dans le récupérateur, etc., etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il y aurait lieu de multiplier les essais qui permettraient d'établir des relations précises entre la température de distillation et le pouvoir éclairant du gaz.

On peut aussi rattacher à cette étude la condensation des produits volatils (gaz, goudron et eau) qui s'échappent en emportant de la cornue une partie de la chaleur développée dans le four ; les diverses étapes que parcourt cette chaleur avant de disparaître complètement ont une influence sensible sur la marche de la condensation.

D'une manière générale, de quelque côté qu'on se tourne, le champ d'expérimentation est presque illimité : l'industrie du gaz ne pourra que profiter de tout ce qui sera tenté dans cette voie : car elle se trouve en présence d'industries rivales, jeunes, ardentes, contre lesquelles elle doit combattre avec les armes de la science moderne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DEUXIÈME PARTIE

ANNEXES

Détermination des Températures. Détail des essais.

N° I. — *Détermination des Températures. Calorimètres.*

I_a Le calorimètre à eau, avec index de fer, est presque exclusivement utilisé dans les usines à gaz : il est facile à manier, il peut être mis entre les mains d'un contremaître : mais il présente plusieurs causes d'erreur dont les principales sont les suivantes :

1° L'emploi de cet appareil est basé sur la formule suivante :

$$T = \frac{P\,(t_1 - to) + t_1}{pc}$$

T Température qu'on veut déterminer ;

P Poids d'eau du calorimètre ;

t_o Température initiale de l'eau ;

t_1 Température finale de l'eau ;

p Poids de l'index de fer ;

c Capacité calorifique du fer, généralement comptée constante = 0,126.

Or, la capacité calorifique du fer est variable :

A 0°, elle est égale à 0,106 ;

A 1.000°, elle est égale à 0,211.

Par suite les températures élevées, évaluées à l'aide de $c = 0{,}126$ sont exagérées.

Les températures de 1.250° à 1.300° qu'on a jusqu'à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

présent considérées comme étant les températures moyennes des cornues à gaz, ne sont pas exactes;

2° Quand on plonge l'index de fer rouge dans l'eau, il s'oxyde d'après la réaction suivante :

$$2\,Fe + 3\,HO = Fe^2\,O^3 + 3\,H.$$

Il se dégage de l'hydrogène.

L'oxydation du fer produit une légère pellicule d'oxyde qui se détache : la perte de poids pour un poids de kg. 2 est d'environ 3 grammes par opération.

Il est donc indispensable de peser l'index chaque fois qu'on s'en sert;

3° Il y a des pertes par entraînement de l'hydrogène qui se dégage et par la vaporisation d'un peu d'eau.

Il y a des pertes par l'absorption de la chaleur de l'enveloppe en bois du calorimètre.

Il y a perte par le refroidissement de l'index, dans son transport de la cornue au calorimètre;

4° Le thermomètre du calorimètre a une graduation trop peu étendue : les lectures sont difficiles.

On voit donc que cet appareil est imparfait et nécessite un certain nombre de corrections.

Si au lieu de fer ou emploie le nickel, on évite la seconde cause d'erreur, parce que le nickel est inaltérable, mais on est exposé à toutes les autres causes d'erreur.

On pourra employer le platine, dont la chaleur spécifique varie très peu : ainsi, d'après M. Violle :

A 100° elle est égale à 0,0323.

A 1,000° elle est égale à 0,0377.

La correction due à cette cause de variation serait très faible.

Mais le platine est un corps trop rare et trop coûteux pour qu'on puisse l'employer industriellement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

II. L'emploi de métaux purs dont les points de fusion sont bien connus, peut fournir quelques points de repère :

Ainsi l'étain fond à.....	226	degrés.	
— le plomb fond à.....	335	—	
— le zinc fond à	412	—	
— l'antimoine fond à.....	440	—	
— l'aluminium fond à.....	650	—	(fusion peu apparente).
— l'argent monnayé fond à..	930	—	variable.
— l'argent pur fond à.....	954	—	
— l'or fond à.....	1.045	—	
— le cuivre fond à.....	1.050	—	

Mais ces points de repère sont trop espacés pour qu'on puisse s'en servir couramment.

III. Des alliages de différents métaux ne nous ont donné aucune indication soit à cause de l'oxydation de l'un des métaux, soit à cause du phénomène de liquation.

IV. Le Pyromètre thermo-électrique de M. Le Chatelier (fig. 11, Pl. IV) nous a donné des résultats précis et concordants.

Nous en ferons une description succincte et nous montrerons ensuite tout le parti qu'on en peut tirer soit pour la détermination des températures, soit pour la détermination des chaleurs d'échauffement.

L'idée d'utiliser les phénomènes thermo-électriques remonte à 1834 : elle est due à Becquerel.

En chauffant la soudure ou simplement le point de contact de deux fils métalliques de nature différente, on développe une force électro-motrice, qui produit un courant électrique dans un circuit métallique fermé ; on a la relation :

$$I = \frac{E}{R}$$

où I représente l'intensité ;
E — la force électro-motrice ;
R — la résistance.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si la résistance R est constante, l'intensité et la force électro-motrice ne dépendent que de la température ; la mesure de l'intensité par un galvanomètre servira à la mesure des températures.

M. Le Chatelier emploie un couple parfaitement homogène, ce qu'on vérifie en constatant que le fil chauffé en un point quelconque ne développe aucun courant.

Ce couple est formé de platine pur et de platine rhodié (à 10 0/0 de rhodium).

On annihile les variations de résistance du couple par l'emploi d'un galvanomètre de grande résistance ; cette résistance est au moins deux cents fois celle du couple.

Le galvanomètre est du type de MM. Deprez et d'Arsonval, à cadre mobile; les fils sont en maillechort ; les changements de résistance du maillechort sont dix fois moindres que ceux du cuivre.

L'appareil se compose :

1° Du couple, dont les fils passent dans une série de petits cylindres en terre réfractaire juxtaposés à l'intérieur d'un tube de fer ou canne de cm 2 à 3 de diamètre intérieur.

On peut donner au tube m 2 de longueur;

2° Du galvanomètre ;

3° D'une lampe à essence dont les rayons sont réfléchis sur le miroir qui surmonte le cadre mobile ;

4° D'une règle transparente graduée, qui reçoit les rayons réfléchis ; ceux-ci forment un index lumineux qui parcourt la règle graduée.

Pour graduer le couple, on trace sur une feuille de papier quadrillé une courbe à une échelle convenable, en partant du point d'ébullition de l'eau ; on marquera une série de points de repère au moyen des données suivantes :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ebullition de l'eau	100	degrés.
— de la naphtaline	218	—
Fusion de l'étain	226	—
— du plomb	335	—
— du zinc	412	—
— de l'antimoine	440	—
Ebullition du soufre	448	—
Fusion de l'aluminium	650	—
— de l'argent	954	—
— du sulfate de potasse	1.015	—
— de l'or	1.045	—
— du cuivre	1.050	—

La courbe obtenue présente une inflexion qui se confond sensiblement avec sa tangente entre 400° et 1.200°, de sorte que, avec deux points de repère, celui du zinc (412°) et celui de l'or (1.045°) on obtient une droite qui sert à déterminer toutes les températures intermédiaires.

Si on a représenté par des abscisses les déviations du galvanomètre, les ordonnées donneront la valeur des températures.

Nous avons dit que le mérite de cet appareil était de fournir des indications précises et concordantes : en effet, si on a, au moyen de deux points de repère, tracé la droite des températures, on retrouve, par des essais directs avec les différents corps cités plus haut, leur point de fusion ou d'ébullition sensiblement exact.

La graduation peut se faire au laboratoire ou dans les fours même.

Quelques précautions pratiques sont indispensables pour le maniement de cet appareil :

1° La chaleur latente de fusion ou d'ébullition d'un corps produit dans l'échauffement un arrêt momentané qu'il faut saisir au passage ; il importe que cet arrêt soit perceptible.

Si on fait la graduation dans un four, il faut choisir un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

point où la température ne diffère pas trop de la température de fusion du corps, une différence trop grande ferait monter brusquement l'index lumineux et ne permettrait pas de distinguer l'arrêt;

2° Les fils doivent dépasser de cm. 5 le tube en fer;

3° Pour éviter tout danger de contact du tube de fer et du couple, on munit l'extrémité du tube d'une garniture d'amiante;

4° Il faut éviter de plonger le couple dans une atmosphère contenant de l'hydrogène sulfuré ou des matière goudronneuses, parce qu'il serait attaqué ou donnerait des indications inexactes.

On enferme alors la canne dans un autre tube en fer, de manière à l'isoler de cette atmosphère.

C'est le cas qui se présente quand on veut observer la progression de la température dans une cornue où on distille de la houille.

Dans une atmosphère oxydante ou dans une atmosphère de gaz combustibles contenant de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, de l'azote, de l'hydrogène, le couple ne s'altère pas.

Toutefois, il est bien rare qu'une atmosphère de gaz combustibles ne contienne pas un peu d'hydrogène sulfuré, il serait prudent alors de se servir d'une enveloppe de fer;

5° Quand on cherche la température d'un milieu à température très élevée, au-dessus de 1.100°, l'observation ne peut durer qu'un instant, parce que la canne en fer s'altère rapidement; pour une observation plus longue, la canne devra être garnie d'un enduit réfractaire.

Dans un courant de fumées de chaudières dont la température ne dépasse pas 400°, on peut laisser la canne à demeure et faire des observations continues, qui permettent de suivre pas à pas la marche du foyer. L'appareil est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tellement sensible qu'on peut saisir le moindre mouvement, une ouverture de porte, un piquage, etc.

Nous donnons plus loin les résultats d'une série d'observations faites dans toutes les parties du four ; nous en détachons quelques-uns des principaux résultats :

Température des fumées à la sortie d'un four ordinaire. sous la cornue du bas	975°
Température des fumées à la sortie d'un four Siemens sous la cornue du bas	1.050°
Température des fumées à la sortie d'un récupérateur Siemens	600°
Température des gaz de générateur	700° à 750°
Température moyenne d'une cornue avant le délutage	950°
Température moyenne des produits volatils s'échappant de la cornue	650°

Ces températures diffèrent très notablement de celles qu'on obtient généralement avec le calorimètre à index de fer.

A la sortie des fours ordinaires le calorimètre accuse de 1.300 à 1.350°, au lieu de 950°.

Dans une cornue, on trouve, avec le calorimètre, de 1,250 à 1.300° au lieu de 950°.

UTILISATION DU CALORIMÈTRE AU MOYEN DE CORRECTIONS

Il était intéressant de faire une comparaison de ces divers résultats, et de voir jusqu'à quel point les indications de la méthode calorimétrique par le fer pouvaient être utilisées avec l'aide de quelques corrections, ou tout au moins jusqu'à quel point ces indications non corrigées pouvaient être comparables entre elles, car, à un point de vue pratique, la simplicité de cet appareil est indéniable.

Nous avons signalé les principales causes d'erreur de cette méthode, nous allons y revenir avec quelques détails.

La correction la plus importante est celle qui se rapporte

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à la capacité calorifique du fer ; plusieurs expérimentateurs se sont déjà occupés de sa détermination, notamment le Dr Post de Gœttingen et M. Pionchon.

Nous avons repris la question, en collaboration avec M. Biju-Duval, Ingénieur des Arts et Manufactures, sur les bases suivantes :

1° Détermination des chaleurs d'échauffement du fer aux différentes températures ;

2° Détermination des chaleurs d'échauffement du nickel dans les mêmes conditions.

Le pyromètre Le Chatelier devait servir d'étalon.

Description des essais.

1re *Série d'essais.* — On se servait d'un calorimètre analogue au calorimètre de M. Berthelot, en zinc, reposant sur trois supports en liège, au fond d'une caisse également en zinc, à enveloppe d'eau.

D'un thermomètre divisé en cinquièmes de degré et permettant d'évaluer le dixième de degré (fig. 12 et 13, Pl. IV).

Les températures étaient mesurées avec le pyromètre Le Chatelier.

2e *Série d'essais.* — On se servait d'un calorimètre en cuivre et de thermomètres au 1/50 de degré.

Jusqu'à 450°, les températures étaient mesurées avec un thermomètre à mercure (gradué sous pression), au delà de 450°, avec le pyromètre Le Chatelier gradué d'après les repères suivants :

Ébullition du soufre	448°
Fusion de l'or	1.045°

Cette seconde série d'essais n'a modifié les résultats de la première, qu'en ce qui concerne les températures inférieures à 400°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Méthode employee. — Rappelons d'abord le principe de la méthode :

Un poids p porté à une température T est jeté dans le calorimètre contenant de l'eau à une température t_0.

Soit t_1 la température finale commune de l'eau et du corps.

P étant le poids d'eau équivalent à l'ensemble du corps en présence (eau, vase calorimétrique, thermomètre, etc.), qui s'est élevé de t_0 à t_1.

Si $Q^T_{t_1}$ est la chaleur d'échauffement de l'unité de poids du corps entre t_1 et T, on a :

$$Q^T_{t_1} \times p = P\ (t_1 - t_0),$$

$$Q^T_{t_1} = \frac{P\,(t - to)}{p}.$$

Si on prend pour origine des températures, le zéro du thermomètre centigrade, la chaleur d'échauffement de l'unité de poids du corps à la température T sera :

$$Q^T_0 = Q^T_{t_1} + Q_0{}^{t_1}.$$

La quantité $Q^{t_1}_0$ est facile à calculer, parce que les chaleurs spécifiques à basse température sont suffisamment connues.

Si c est la chaleur spécifique du corps à la température t_1 :

$$Q_0{}^{t_1} = ct_1.$$

Alors l'expression de la chaleur totale devient :

$$Q^T_0 = P\frac{(t_1 - t_0)}{p} + ct_1.$$

t_0 est donné par la lecture du thermomètre immédiatement avant l'essai.

Pour t_1, température d'équilibre, il y a lieu de distinguer deux cas, suivant qu'on a employé le thermomètre divisé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en 1/5 de degré, ou le thermomètre divisé en 1/50 de degré.

A. *Emploi du thermomètre au* 1/5. — On a pris pour t_1 la température maximum du thermomètre, sans aucune correction, pour tenir compte du refroidissement du calorimètre pendant l'essai.

En effet, ce maximum est atteint très rapidement (moins d'une demi-minute, en général), et, dans ces conditions, la perte due au refroidissement du thermomètre, même lorsque l'écart de température dépasse 10°, est inférieure à l'erreur qu'on pourrait commettre sur la lecture du thermomètre qui est faite à 1/10 de degré environ.

Exemples :

1° Heures des observations..	0′ 0″	15′	40″	1′	2′	3′	4′
Lecture des thermomètres.	14°,4	immersion	21°,3	21°,3 faible.	22°,3	21°,2	21°,2 faible.
2° Heures des observations..	0′ 0″	20″	50″	1′ 20″	2′	3′	4′
Lecture des thermomètres.	14°,8	immersion	25°,4	25°,4 faible.	25°,3	25°,2	25°,2 faible.

B. *Emploi du thermomètre au* 1/50. — Dans ce cas, la température étant évaluée à 1/100 de degré près, la perte par refroidissement du calorimètre est souvent supérieure à l'erreur possible de lecture, d'autant plus que l'ascension de la colonne mercurielle dure un peu plus longtemps que dans le cas précédent.

Comme exemple, nous citerons l'essai où l'échauffement a été le plus considérable.

Commencement des observations.	0′	le thermomètre marque.	13°,72
—	1′	—	13°,72
—	2′	—	13°,72

Après l'immersion de l'index, le thermomètre est réintroduit; il cesse de monter un peu avant la quatrième minute.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Après 4'	le thermomètre marque. . . .		18°,52
— 5'	—	. . . .	18°,49
— 6'	—	. . . .	18°,46
— 7'	—	. . . .	18°,44

En admettant que le refroidissement de la troisième à la quatrième minute soit sensiblement égal à celui de la quatrième à la cinquième, on a pour t_1 :

$$t_1 = 18.52 + 0.03 = 18.55.$$

C'est la méthode qui a été suivie dans tous les essais ; les corrections ont varié de 0 à 03.

On a ainsi obtenu la valeur du premier terme $Q^{\tau}_{t_1}$.

Terme ct_1.

Pour avoir le second terme ct_1, on a pris les valeurs suivantes bien connues et bien déterminées :

Pour le fer = 0,111 ;
Pour le nickel = 0,108 (voir plus loin).

t_1 étant toujours à une température plus élevée, l'erreur commise sur le terme t_1, en supposant qu'on adopte pour c des valeurs constantes, serait toujours très faible et n'affecterait pas sensiblement la valeur de Q^{τ}_0.

C'est ainsi que si on prend la capacité calorifique du fer d'après le tableau XVIII entre 14° et 69°, on a :

$$c = \frac{6.5}{55} = 0,113.$$

Pour le nickel, d'après le tableau XIX, entre 13° et 67° ;

$$c = \frac{5.9}{54} = 0.109.$$

En d'autres termes, les nombres adoptés *a priori* pour représenter les chaleurs spécifiques du fer et du nickel à 0°

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et à une température qui n'a presque jamais dépassé 30°, diffèrent généralement très peu des chaleurs vrtaies.

Les valeurs de Q_0^T ont été déterminées pour le fer et le nickel depuis T = 65° jusqu'à T = 1100°.

On s'est servi d'un fourneau à moufle chauffé au gaz; pour les températures élevées (1.000° et au-dessus), on a employé un brûleur à air forcé.

Les corps soumis aux essais étaient sous la forme de petits cylindres ayant de mm 15 à 23 de diamètre et de mm 10 à 30 de hauteur.

Les cylindres de fer étaient pesés avant chaque essai.

Le poids des cylindres de nickel est resté invariable pendant toute la durée des essais.

Le cylindre enfermé dans un creuset de fer de mm. 27 de diamètre et de mm. 50 de hauteur, était introduit dans le moufle quand la température de ce dernier paraissait stationnaire.

On chauffait ensemble un cylindre de fer et un cylindre de nickel, placés en ligne suivant l'axe longitudinal du moufle,

La porte du moufle était percée d'une fente jusqu'à la moitié de sa hauteur, pour permettre l'introduction de l'appareil thermométrique destiné à donner la température du cylindre avant l'essai calorimétrique.

Pour les températures inférieures à 450°, le creuset était couché : le réservoir du thermomètre à mercure reposait sur le cylindre de fer ou de nickel.

Quand on employait le pyromètre Le Chatelier, le creuset était placé debout et le couple était introduit à l'intérieur par une fente longitudinale jusqu'au contact du cylindre; on avait, en effet, reconnu qu'il ne fallait pas se contenter de prendre la température de la paroi extérieure du creuset. cette température est inférieure à celle de l'intérieur. La différence atteint 15° vers 900 ou 1.000°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU XVIII. — **Fer.**

T.	t_0.	t_1.	P.	p.	$Q^T_{t_1}$	Q^T_0
degrés	degrés	degrés	grammes	grammes	calorimètres	calorimètres
69	13.13	13.73	520	50.4	6.2	7.7
179	12.23	13.81	620	id.	19.3	20.8
193	11.55	13.28	id.	id.	21.3	22.7
211	11.48	13.43	id.	id.	24.0	25.5
286	11.03	14.33	520	id.	34.0	35.5
289	10.80	14.15	id.	id.	34.6	36.1
321	11.32	14.48	620	id.	38.8	40.4
334	12.22	15.55	id.	id.	41.0	42.6
342	9.92	13.36	id.	id.	42.3	43.7
369	13.38	17.11	id.	id.	45.9	47.7
382	11.94	15.84	id.	id.	48.0	49.7
392	10.93	14.98	id.	id.	49.8	51.4
411	12.77	17.04	id.	id.	52.5	54.3
438	12.64	17.28	id.	id.	57.1	59.0
450	15.80	17.73	1.520	id.	58.2	60.1
465	13.15	19.00	520	50.5	60.2	62.2
480	12.05	18.15	id.	50.3	63.1	65.0
525	10.10	16.95	id.	50.4	70.7	72.5
540	14.27	15.63	1.520	id.	73.7	75.5
595	15.53	18.21	id.	id.	80.8	82.8
610	10.4	18.7	520	50.45	85.5	87.5
655	15.94	18.27	2.000	50.4	92.5	94.5
635	14.81	15.86	id.	23.4	89.7	91.4
695	16.70	17.87	id.	23.4	100.0	102.0
700	15.00	18.60	id.	50.35	103.3	105.2
715	15.80	18.45	id.	50.35	105.3	107.3
717	16.92	18.06	id.	21.3	107.0	108.9
725	16.92	16.20	id.	23.6	108.5	110.4
735	15.06	17.38	id.	23.4	112.8	114.6
735	16.30	10.49	id.	21.3	111.7	113.6
740	10.6	27.6	620	50.6	115.2	117.3
743	16.53	17.76	2.000	21.3	115.5	117.4
750	15.45	16.86	id.	23.75	118.7	120.5
765	14.44	15.92	id.	24.3	121.8	123.5
770	11.35	25.80	620	22.65	121.8	123.5
770	17.06	18.36	2.000	21.3	122.1	124.0
790	14.16	17.36	id.	50.2	127.5	129.3
820	14.24	15.84	id.	24.2	132.2	133.9
825	10.54	13.90	id.	50.3	133.6	135.4
850	12.75	25.95	520	50.0	137.2	140.0
855	14.0	20.3	id.	23.55	139.1	141.3
855	19.66	21.35	2.000	24.0	140.8	143.1
870	17.10	18.84	id.	24.1	144.4	146.4
875	11.15	17.65	520	23.55	143.5	145.4
875	14.8	20.3	620	23.7	143.9	146.0
885	16.10	17.81	2.000	23.4	146.1	148.0
885	13.1	25.0	620	50.5	146.1	148.8
895	12.6	18.0	id.	22.6	148.8	150.7
895	17.85	29.60	id.	50.2	145.1	148.3
910	12.00	17 55	id.	22.6	152.3	154.1
920	21.27	23.10	2.000	23.8	153.8	156.3
930	12.3	27.1	520	49.9	154.2	157.1
950	16.05	17.91	2.000	23.3	159.7	161.6
980	13.15	20.45	520	23.0	165.0	167.2
995	16.7	30.1	id.	49.7	167.2	170.4
1.015	12.65	18.80	620	21.8	174.9	176.9
1.045	16.19	18.08	2.000	21.2	179.1	181.0
1.055	11.90	18.30	620	21.7	182.9	184.8

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quand on a chauffé le cylindre pendant une demi-heure, la température est invariable; l'appareil thermométrique est enlevé : pendant qu'un opérateur approche le calorimètre, un autre retire rapidement le creuset avec une pince et le renverse au-dessus du calorimètre.

Celui-ci est, pendant la manœuvre, recouvert d'un carton percé d'un orifice de diamètre supérieur à celui des cylindres, mais plus petit que celui du creuset, de façon à éviter une chute accidentelle de ce dernier.

Les deux calorimètres employés ont été évalués en eau, en faisant le produit de leur poids par la chaleur spécifique du métal dont ils sont composés, zinc pour l'un, cuivre pour l'autre.

Pour tous les deux on a obtenu sensiblement le même nombre, soit gr 20.

On n'a pas tenu compte de la valeur en eau du thermomètre qui faisait en même temps fonction d'agitateur, mais on a constaté qu'elle ne dépassait pas gr 3 pour le thermomètre au 1/50 : avec le thermomètre au 1/5 elle était négligeable.

Résultats obtenus :

On trouvera dans les tableaux XVIII et XIX, les résultats de la deuxième série, entre lesquels on a intercalé deux de la première.

Le tableau XVIII se rapporte au fer.

Le tableau XIX se rapporte au nickel.

Un tracé graphique a été obtenu en prenant pour abscisses les températures et pour ordonnées les valeurs de Q_0^t, et en joignant les points ainsi déterminés par une courbe.

Voir planche V, fig. 1, pour le fer.

Voir planche V, fig. 2, pour le nickel.

Les courbes du fer et du nickel ont la même allure que celles qui résultent des formules de M. Pionchon, mais en donnant des résultats un peu inférieurs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU XIX. — **Nickel**.

T.	t_0.	t_1.	P.	p.	$Q^T_{t_1}$	Q^T_0
degrés	degrés	degrés	grammes	grammes	calorimètres	calorimètres
67	12.42	12.97	520	48.4	5.9	7.3
178	12.70	14.16	620	48.4	18.7	20.2
200	11.26	12.94	id.	id.	21.6	23.0
216	11.48	13.35	id.	id.	24.0	25.4
224	12.70	14.59	id.	id.	24.2	25.7
265	9.91	12.76	520	id.	30.6	32.0
276	16.96	17.96	1.520	id.	31.4	33.3
286	11.37	13.90	620	id.	32.4	33.9
288	13.14	16.24	520	id.	33.8	35.0
310	10.68	13.54	620	id.	36.6	38.0
321	10.77	13.78	id.	id.	38.5	40.0
333	12.67	15.82	id.	id.	40.4	42.0
347	12.96	16.92	520	id.	42.5	44.3
360	12.63	16.02	620	id.	43.4	45.1
389	13.59	17.32	id.	id.	47.8	49.6
396	9.70	13.58	id.	id.	49.7	51.1
400	11.10	13.35	520	23.35	50.1	51.4
421	12.23	16.33	620	48.4	52.5	54.2
440	12.62	16.89	id.	id.	54.7	56.5
442	14.94	16.67	1.520	id.	54.3	56.1
450	24.2	29.5	500	id.	54.7	57.9
465	12.5	17.1	600	id.	57.0	58.9
472	15 10	20.45	520	id.	57.7	59.8
480	15.8	20.5	600	id.	58.3	60.5
490	14.15	16.08	1.520	id.	60.6	62.3
530	16.25	18.38	id.	id.	66.8	68.7
550	13.31	14.10	2.000	23.35	67.7	69.2
590	16.40	18 70	1.520	48.4	72.2	74.2
600	10.40	17.20	520	48.3	73.2	75.0
665	14.63	17.22	1.520	48.4	81.3	83.1
670	11.88	14.55	1.520	id.	83.8	85.4
688	15.87	16.87	2.000	23.35	85.7	87.5
705	14.72	16.86	id.	48.4	88.8	90.6
715	15.58	17.73	id.	id.	88.8	90.7
720	14.82	17.44	id.	id.	80.6	92.2
730	15.37	17.74	id.	id.	89.6	91.5
765	11.00	14.65	620	23.35	97.0	98.5
775	16.06	18.43	2.000	48.4	97.0	99.9
812	21.50	29.45	620	id.	101.8	104.9
815	17.52	18.74	2.000	23.35	104.5	106.5
840	12.5	22.5	520	48.4	107.4	109 7
840	12.75	22.80	id.	id.	108.0	110.3
880	9.5	18.3	620	48.3	113.0	114.9
885	16.46	19.19	2.000	48.4	112.8	114.8
885	19.19	20.51	id.	23.35	113.1	115.2
890	7.45	13.75	620	id.	114.2	116.7
900	12.35	16.70	id.	id.	115.5	117.3
900	16.30	17.65	2.000	id.	115.6	117.5
915	27.00	35.6	600	48.5	106.6	109.4
950	13.93	16.96	2.000	48.3	125.4	127.2
955	22.46	23.91	id.	23.35	124.2	126.8
970	13.35	19.05	520	d.	127.0	129.0
980	15.4	20.3	620	id.	130.1	132.2
985	17.01	18.52	2.000	id.	129.4	131.4
1.015	9.0	19.5	620	48.3	134.8	136.8
1.025	12.0	17.2	id.	23.35	138.1	139.9
1.040	14.3	19.6	id.	id.	139.5	141.6
1.085	15.20	20.75	id.	id.	147.4	149.6

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si on les applique à la mesure des températures, les résultats sont supérieurs.

Ainsi, pour le fer, de 750 à 1.100°, les points obtenus donneraient une droite représentée par l'équation :

$$Q_0^T = 0{,}211\ T - 39,$$

tandis que M. Pionchon a trouvé entre 723° et 1.000°

$$Q_0^T = 0{,}218\ T - 39.$$

On remarquera qu'entre 790 et 750°, la courbe présente des points singuliers, qui paraissent correspondre à un changement brusque de l'état moléculaire du fer.

Pour le nickel, dont l'emploi présente un intérêt particulier à cause de son inaltérabilité de 400 à 1,100°, on trouve une courbe qui peut être représentée par l'équation :

$$Q_0^T = 7 + 0{,}111\ T + 0.0000444\ (T - 400)^2.$$

La comparaison de la formule et de la courbe donne les résultats suivants :

Degrés		Formule — Cl	Courbe — Cl
400	Q_0^T	51.40	51.40
500		62.90	63.00
600		75.30	75.00
700		88.70	89.00
800		102.90	103.00
900		118.00	117.5
1000		134.00	134.0
1100		152.00	»

Il résulte de là, que le remplacement du fer, qui s'oxyde et subit, entre certaines températures, des changements moléculaires brusques, par le nickel qui est inaltérable et s'échauffe régulièrement, est tout indiqué.

Il nous reste à montrer comment on peut corriger cer-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

taines causes d'erreur, qui existent aussi bien avec le nickel qu'avec le fer, de manière à rendre son emploi tout à fait pratique pour la détermination des températures.

Application des résultats précédents à la mesure des températures des cornues.

Pour que ces essais ne restent pas dans le domaine purement théorique, il est intéressant de les faire servir à des résultats pratiques, pour la détermination de la température des cornues.

Et pour cela, il faut avoir une idée de l'erreur commise quand on emploie le calorimètre qu'on rencontre généralement dans les usines à gaz, en opérant à la manière ordinaire, sans protéger l'index.

Il a été fait plusieurs essais dans cet ordre d'idées.

Essai fait en comparant les résultats bruts du calorimètre ordinaire et les résultats du pyromètre Le Chatelier, avec correction des chaleurs d'échauffement.

Pyromètre Le Chatelier. — Température = 970°,

Calorimètre. . . . . P = 10.000 gr.

— . . . . . p = 1.031.

— . . . . . t_0 = 20°,8.

— . . . . . t_1 = 36°,2.

$Q_0^{T_1}$ = Cal 165 d'après le tracé graphique à 970°.

Q^{T_1} = 153.5 d'après le calorimètre.

Différence Cal. 11,5 soit 7 0/0 de perte.

Or, cette perte de 7 0/0 provient principalement :

1° De l'absorption de chaleur par l'enveloppe en bois du calorimètre ;

2° De la perte par rayonnement de l'index pendant le transport du moufle au calorimètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Remarquons que 7 0/0 à 1.000° donnent un écart de 70°.

Pour distinguer la part de chacune de ces causes d'erreur, on a enfermé des index de fer et de nickel dans un creuset et on a opéré avec le thermomètre au 1/50°, de manière à n'avoir comme cause d'erreur que l'absorption de chaleur par l'enveloppe du calorimètre.

1° *Essai avec le nickel :*

$T = 975°$.
$P = 10.000$ gr
$p = 145$.
$t_0 = 20°,21$.
$t_1 = 21°,99$.

Pour T = 975°, le tracé graphique donne. . .	$Q_0^T =$	Cal 130
D'après le calorimètre.	$Q_0^T =$	125
Différence. . .		Cal 5

Soit une perte de 4 0/0, due à l'enveloppe.

2° *Essai avec le fer* :

$T = 970°$.
$P = 10.000$ gr.
$p = 101$.
$t^0 = 22°,04$.
$t_1 = 23°,61$.

Q_0^{970} d'après le tracé graphique.	=	Cal 165
D'après le calorimètre.	=	158
Différence.		Cal 7

Soit une perte de 4.2 0/0.

2° *Essai fait avec le nickel, en opérant à une distance de deux mètres du fourneau, en employant un calorimètre en cuivre à enveloppe d'eau et le thermomètre au* 1/50° :

$T = 985°$.
$P = 2,000$.
$p = g\ 48,4$.
$t_0 = 18°,86$.
$t_1 = 21°,98$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Q_0^{985} d'après le tracé graphique.	= Cal. 131,5
— d'après le calorimètre.	= 130
Différence. . . .	Cal. 1,5

Soit une perte de 1.11 0/0 seulement, quand on emploie un calorimètre soigné.

Ces trois derniers essais montrent d'une manière claire :

Que le calorimètre généralement employé dans les usines à gaz donne, en le supposant manié par un opérateur soigneux et en supposant qu'on fasse la correction des chaleurs d'échauffement, une erreur d'au moins 7 0/0, c'est-à-dire plus de 70° par 1.000°.

On s'explique ainsi les résultats trop faibles qu'on obtient pour les températures, quand on fait subir la correction aux chaleurs d'échauffement, puisque les pertes dépassent 70° à 1.000°.

Que si on se met à l'abri de l'erreur, qui provient du rayonnement de l'index, en le protégeant par un creuset métallique, l'erreur due à l'absorption de chaleur par l'enveloppe en bois du calorimètre ne dépasse pas 4 0/0.

Que si on emploie un index inaltérable en nickel au lieu d'un index altérable en fer, et que, enfin, si on protège l'index, et si on emploie un calorimètre à enveloppe d'eau avec un thermomètre d'une certaine sensibilité (au 1/5 de degré par exemple, ce qui permet d'évaluer les 1/10 de degré).

La méthode calorimétrique est pratique et peut donner des résultats aussi précis que le thermomètre le plus sensible, à 1 0/0 près.

Nous allons montrer comment on peut modifier le mode actuel de détermination des températures.

La détermination des températures a, dans la conduite des fours à gaz, une importance qui n'est pas toujours appréciée à sa valeur, d'abord parce que les praticiens se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fient à leur grande habitude de discerner à l'œil la chaleur d'une cornue ou d'un appareil quelconque, et ensuite parce que le calorimètre ordinaire donne trop souvent des résultats contradictoires, que les exemples précédents peuvent suffisamment expliquer.

Les températures sont variables d'une cornue à une autre dans un même four ; dans les fours ordinaires on voit quelquefois le cuivre fondre dans la cornue du milieu, où la température dépasse 1.050°, quand la température est à peine de 1.000° dans les cornues inférieures.

Les températures sont de même variables dans une cornue.

Si on place un appareil thermométrique à m 0, 20 de l'entrée d'une cornue vide, on a une certaine température ; à m 0, 50 de l'entrée d'une cornue vide, on a une autre température ; à m 1 on a encore une autre température, et ainsi de suite jusqu'au fond de la cornue.

Si on place l'appareil sur la sole même de la cornue, on a une certaine température.

A m 0, 10 au-dessus de la sole, on a un résultat un peu différent.

D'une paroi à une autre, la température varie aussi.

On voit donc qu'il y a plusieurs moyens de prendre la température dans une cornue ; par conséquent, pour obtenir des résultats comparatifs, on devra mesurer les températures dans une même cornue et toujours au même point.

La sole d'une cornue, et en général une paroi léchée par des flammes, est toujours plus chaude que l'intérieur de la cornue, qui ne reçoit la chaleur que par rayonnement.

Pour obtenir une température moyenne, on devra donc placer l'appareil thermométrique à une certaine distance de la sole, à peu près au milieu de la longueur de la cornue et, autant que possible, au même point.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ces conditions, la détermination régulière de la chaleur des cornues présente de l'intérêt: en effet, pour la conservation du pouvoir éclairant, il est essentiel que la température d'une cornue ne dépasse pas une certaine limite; pour la régularité de la distillation dans un four, il importe que la chaleur soit autant que possible uniformément répartie dans les cornues; des essais souvent répétés sur toutes les cornues d'un four permettent de faire cette comparaison et parfois de corriger, dans une certaine mesure, des irrégularités par des modifications à la marche du courant gazeux.

Mais nous le répétons, des essais de ce genre doivent inspirer confiance et être conduits méthodiquement.

Pour obtenir ce résultat, il faut des appareils exacts et commodes.

A. Dans une usine d'une certaine importance, ayant à sa tête un ou plusieurs hommes techniques, on emploiera indifféremment:

1° Le pyromètre Le Chatelier;

2° Un calorimètre à enveloppe d'eau.

1° Le pyromètre Le Chatelier est précieux parce qu'il permet de prendre les températures en un point quelconque, la canne peut se glisser partout.

Mais il demande une certaine habileté et surtout des connaissances spéciales, non pas tant à cause de son maniement normal, qui est facile, qu'à cause des anomalies qui peuvent surgir et qui ne peuvent être interprétées que par une personne au courant des phénomènes électriques.

Pour les essais journaliers, surtout dans une grande usine, où les fours et, par suite, les essais se multiplient, où les ateliers de distillation disséminés sur une vaste étendue, sont sans cesse en pleine activité, soit pour le délutage et le chargement des cornues, soit pour la manu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tention du charbon, soit pour le garnissage des générateurs, l'installation du pyromètre Le Chatelier, avec ses conducteurs, présente quelques difficultés qu'on ne rencontre pas avec un appareil portatif, tel qu'un calorimètre; celui-ci se place en face d'une cornue, au milieu de l'atelier à l'abri de tout dérangement.

On réservera donc ce pyromètre, que nous regardons comme indispensable dans une usine importante, pour les essais précis, pour des études approfondies et comme étalon pour la graduation d'autres appareils.

2° *Calorimètre à enveloppe d'eau.*

Cet appareil dont nous avons appris à apprécier l'exactitude par de nombreux essais est facile à construire.

On en apprendra le maniement dans l'instruction ci-jointe: Tableaux XX et XXI, fig. 3, 4, 5, 6, Pl. V.

Méthode calorimétrique pour la mesure des températures au moyen du nickel

I

APPAREIL CALORIMÉTRIQUE

Il se compose :

d'un calorimètre en tôle de nickel de $\frac{2}{10}$ de m. d'épaisseur..... A
d'un index de nickel de gr 100 I
d'un petit trépied en bois ..... B
d'une double enveloppe en zinc, pleine d'eau..... C
d'une rondelle de caoutchouc, servant de support au thermomètre D
d'un thermomètre gradué en cinquièmes de degré..... T
d'un couvercle en bois..... E
d'une rondelle en carton reposant sur le couvercle ..... F

Le tout repose sur un trépied.

Par suite, le poids d'eau total du calorimètre est de gr 1.300 y compris l'équivalent en eau du vase calorimétrique.

Accessoires.

L'appareil est accompagné d'*une fiole en zinc*, jaugée pour contenir toujours le même poids d'eau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'index en nickel est placé dans *un creuset en terre réfractaire cylindrique.*

Ce creuset repose sur une *brique réfractaire ordinaire,* ou mieux sur une *brique entaillée*, pour recevoir le creuset.

Une tige en fer de m 3,75 *de longueur, munie d'un crochet à une de ses extrémités et d'une poignée à l'autre*, sert à faire avancer la brique de support.

Une paire de tenailles légères, permet de saisir le creuset et de l'amener au-dessus du calorimètre.

II

MANŒUVRE DE L'APPPAREIL.
DÉTERMINATION DE LA TEMPÉRATURE D'UNE CORNUE.

Le trépied et le calorimètre sont placés à environ m 4,50 du four.

L'index en nickel est introduit dans le creuset.

Le creuset est posé sur la brique.

La brique est poussée par le crochet, à la distance voulue.

Dans une cornue de m 3 de longueur, la température moyenne est à environ m 1,20 de la façade (du joint de tête).

Dans une cornue de m 2,70, la température moyenne est à environ m 1 de la façade.

Le creuset doit rester au moins 20 minutes dans la cornue.

Quelques minutes avant l'essai, l'opérateur prend avec le thermomètre, la température de l'eau, en se servant du thermomètre comme agitateur, et s'assure qu'elle reste constante.

Un aide, après avoir posé le crochet debout à côté de lui, la poignée en bas, ouvre le tampon, introduit rapidement le crochet dans la cornue, pendant que l'opérateur se tient de l'autre côté de l'entrée de la cornue, les tenailles à la main ; puis ramène jusqu'au joint de tête la brique et le creuset.

Alors, l opérateur saisit le creuset avec les tenailles, le transporte vivement au-dessus du calorimètre et projette l'index dans l'eau. Immédiatement après l'immersion de l'index, l'opérateur plonge le thermomètre dans l'eau et l'agite constamment, jusqu'à ce qu'il ait atteint son maximum, ce qui donne la température finale.

Pour être bien conduit, un essai ne doit pas dépasser les temps suivants :

1° Depuis l'ouverture de la cornue jusqu'au contact du crochet avec la brique.....	13 secondes
2° Trajet de la brique à la tête.....	4 secondes
3° Transport au calorimètre	2 secondes
4° Montée du thermomètre	30 secondes
Temps total d'une opération.....	49 secondes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

III

CALCUL D'UNE OPÉRATION

Soit Q, la quantité de chaleur de gr 1 de nickel à la température T.

0, 1, la chaleurs spécifique constante du nickel aux basses températures ;

t_0, la température initiale de l'eau ;

t_1, la température finale de l'eau ;

gr 100, le poids de l'index de nickel ;

gr 1.300, le poids total d'eau du calorimètre, (y compris l'équivalent en eau du vase calorimétrique).

On a :

$$100\ Q = 1.300\ (t_1 - t_0) + 0{,}1 \times 100 \times t_1.$$

en divisant par 10 :

$$10\ Q = 130\ (t_1 - t_0) + t_1.$$

On consultera d'abord le tableau XX, dont la 1re colonne donne $t_1 - t_0$ et la seconde $A = 130\ (t_1 - t_0)$.

La différence $t_1 - t_0$ donne un nombre de la 1re colonne :

Le nombre correspondant de la seconde colonne donne $A = 130\ (t_1 - t_0)$.

On ajoute à ce nombre A la valeur de t_1, ce qui donne :

$$10\ Q = 130\ (t_1 - t_0) + t_1 = A + t_1.$$

Dans la première colonne du tableau XXI, on cherche le nombre $A + t_1$, ou les deux nombres qui s'en rapprochent le plus, en plus et en moins ; le nombre ou les nombres en regard dans la deuxième colonne donneront ou la température exacte ou deux températures différant de 10°, qui comprennent la température exacte.

Exemple : soit $t_0 = 17°\ 3$.

$t_1 = 27°\ 6$.

La différence $t_1 - t_0$ est égale à 10° 3.

On cherche ce nombre dans la première colonne du tableau XX.

Le nombre de la deuxième colonne du tableau XX qui correspond à 10° 3 est 1339. $A = 1339$.

On ajoute à 1.339 la valeur de t_1, ce qui donne 1.339

$$+\ \underline{28}\quad \text{pour } A + t$$
$$1.367$$

On a pris 28° pour 27° 6, pour ne pas avoir de décimales.

Dans la première col. du tab. XXI, on trouve 1.357 corresp. à 1.010°

1.374 — 1.020°

La température moyenne est un peu supérieure à 1.015°.

Nota : L'index de nickel devra être remplacé quant il sera fendillé, ce qui n'arrive généralement qu'après 40 à 50 opérations.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU XX. — Méthode calorimétrique pour la mesure des températures au moyen du nickel

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
t_1-t_0	A (30) (t_1-t_0)	t_1-t_0	A	t_1-t_0	A	t_1-t_0	A	t_1-t_0	A
degrés		degrés		degrés		degrés		degrés	
2.5	325	4.6	598	6.7	871	8.8	1.144	10.9	1.417
2.6	338	4.7	611	6.8	884	8.9	1.157	11.0	1.430
2.7	351	4.8	624	6.9	897	9.0	1.175	11.1	1.443
2.8	364	4.9	637	7.0	910	9.1	1.183	11.2	1.456
2.9	377	5.0	650	7.1	923	9.2	1.106	11.3	1.469
3.0	390	5.1	663	7.2	936	9.3	1.209	11.4	1.482
3.1	403	5.2	676	7.3	949	9.4	1.222	11.5	1.495
3.2	416	5.3	689	7.4	962	9.5	1.235	11.6	1.508
3.3	429	5.4	702	7.5	975	9.6	1.248	11.7	1.521
3.4	442	5.5	715	7.6	988	9.7	1.261	11.8	1.534
3.5	455	5.6	728	7.7	1.001	9.8	1.274	11.9	1.547
3.6	468	5.7	741	7.8	1.014	9.9	1.287	12.0	1.560
3.7	481	5.8	754	7.9	1.027	10.0	1.300	12.1	1.573
3.8	494	5.9	767	8.0	1.040	10.1	1.313	12.2	1.586
3.9	507	6.0	780	8.1	1.053	10.2	1.326	12.3	1.599
4.0	520	6.1	793	8.2	1.066	10.3	1.339	12.4	1.612
4.1	533	6.2	806	8.3	1.079	10.4	1.352	12.5	1.625
4.2	546	6.3	819	8.4	1.118	10.5	1.365	»	»
4.3	559	6.4	832	8.5	1.092	10.6	1.378	»	»
4.4	572	6.5	845	8.6	1.105	10.7	1.391	»	»
4.5	585	6.6	858	8.7	1.131	10.8	1.404	»	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU XXI. Méthode calorimétrique pour la mesure des températures au moyen du nickel

1	2	1	2	1	2	1	2
$A + t_1$ (10 Q t_0)	T	$A + t_1$	T	$A + t_1$	T	$A + t_1$	T
	degrés		degrés		degrés		degrés
365	300	559	520	950	740	1276	960
381	310	667	530	965	750	1292	970
397	320	680	540	979	760	1308	980
413	330	692	550	993	770	1324	990
429	340	705	560	1007	780	1340	1.000
445	350	717	570	1021	790	1357	1.010
459	360	730	580	1035	800	1374	1.020
473	370	742	590	1049	810	1391	1.030
487	380	755	600	1063	820	1408	1.040
501	390	768	610	1077	830	1425	1.050
515	400	781	620	1091	840	1444	1.060
526	410	794	630	1105	850	1463	1.070
537	420	807	640	1120	860	1482	1 080
548	430	820	650	1135	870	1501	1.090
559	440	834	660	1150	880	1520	1.100
570	450	848	670	1165	890	1539	1.110
582	460	862	680	1180	900	1558	1.120
594	470	876	690	1196	910	1577	1.130
606	480	890	700	1212	920	1596	1.140
618	490	905	710	1228	930	1615	1.150
630	500	920	720	1244	940	»	»
642	510	935	730	1260	950	»	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

N° 2. — Chaleurs d'échauffement des gaz aux différentes températures

Les valeurs des chaleurs d'échauffement des gaz sont exprimées en grandes calories (chaleurs d'échauffement de 1 kg d'eau de 1°) et sont rapportées aux poids moléculaires, c'est-à-dire aux poids des gaz qui, à 0° et sous la pression de 760 mm de mercure, occupent un même volume de, 22 ' 32.

Ces poids sont :

Azote	Az^2	gr	28
Oxygène.	O^4	—	32
Oxyde de carbone.	C^2O^2	—	23
Hydrogène.	H^2	—	2
Vapeur d'eau.	H^2O^2	—	13
Acide carbonique.	C^2O^4	—	44
Gaz des marais.	C^2H^4	—	16

Pour les rapporter au kg, il suffira de multiplier les valeurs des chaleurs pour :

L'azote.	par	$\frac{1000}{28}$
Oxygène	—	$\frac{1000}{32}$
Oxyde de carbone.	—	$\frac{1000}{23}$
Hydrogène	—	$\frac{1000}{2}$
Vapeur d'eau.	—	$\frac{1000}{18}$
Acide carbonique	—	$\frac{1000}{44}$
Gaz des marais	—	$\frac{1000}{16}$

Si on les rapporte au mc, ce qui est notre cas, on multi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pliera, pour tous les gaz, les valeurs des chaleurs par le même facteur.

$$\frac{1000}{22,32} = 44,302$$

Les formules sont les suivantes :

Azote.	$Q^{T}_{T_0} = \frac{6.5}{1000}(T-T_0) + \frac{1}{1000^2} \times 0.50\ (T^2-T_0^2)$
Oxygène	
Oxyde de carbone.	
Hydrogène	
Vapeur d'eau. . .	$Q = \frac{6.5}{1000}(T-T_0) + \frac{1}{1000^2} \times 3 \quad T^2 - T_0^2)$
Acide carbonique.	$Q^{T}_{T_0} = \frac{6.5}{1000}(T-T_0) + \frac{1}{1000^2} \times 4 \quad (T^2-T_0^2)$
Gaz des marais . .	$Q^{T}_{T_0} = \frac{6.5}{1000}(T-T_0) + \frac{1}{1000^2} \times 6 \quad (T^2-T_0^2)$

$Q^{T}_{T_0}$ est la chaleur d'échauffement de la température T_0, à la température T ;

T, T_0 sont les températures absolues ;

$T = 273 + t$, t étant la température centigrade ;

$T_0 = 273 + t_0$, t_0 étant la température centigrade.

D'après cela les capacités calorifiques élémentaires, $\frac{dQ}{dT}$ sont :

Azote	$\frac{dQ}{dT} = \frac{6.5}{1000} + \frac{1}{1000^2} \times T.$
Oxygène.	
Oxyde de carbone.	
Hydrogène.	
Vapeur d'eau.	$\frac{dQ}{dT} = \frac{6.5}{1000} + \frac{1}{1000^2} \times 6\,T.$
Acide carbonique.	$\frac{dQ}{dT} = \frac{6.5}{1000} + \frac{1}{1000^2} \times 8\,T.$
Gaz des marais	$\frac{dQ}{dT} = \frac{6.5}{1000} + \frac{1}{1000^2} \times 12\,T.$

Si nous cherchons les chaleurs d'échauffement de 0° à la température centigrade t, nous ferons :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$$T = t + 273.$$
$$T_0 = 0 + 273.$$

Azote. . . . . / Oxygène . . . . . / Oxyde de carbone. / Hydrogène . . . . $Q_0^t = \frac{6.5}{1000} t + \frac{1}{1000^2} \times 0.50 (t^2 + 2t \times 273).$

Vapeur d'eau . . . $Q_0^t = \frac{6.5}{1000} + \frac{1}{1000^2} \times 3\ (t^2 + 2t \times 273).$

Acide carbonique . $Q_0^t = \frac{6.5}{1000} + \frac{1}{1000^2} \times 4\ (t^2 + 2t \times 273).$

Gaz des marais . . $Q_0^t = \frac{6.5}{1000} + \frac{1}{1000^2} \times 6\ (t^2 + 2t \times 273).$

Exemples de calcul.

Cherchons les chaleurs d'échauffement de ces gaz entre 0 et 1° ou leur capacité calorifique.

Azote . . . . . / O^4. . . . . / C^2O^2. . . . . / H^2. . . . . $Q_0^1 = 0.0065 + 0.002735 = 0.006773.$

H^2O^2. . . . . $Q_0^1 = 0.0065 + 0.001641 = 0.008141.$

C^2O^4. . . . . $Q_0^1 = 0.0065 + 0.002888 = 0.008688.$

CH. . . . . $Q_0^1 = 0.0065 + 0.003282 = 0.009782.$

Rapportons les à m c 1 de gaz et comparons les aux chaleurs spécifiques constantes des ouvrages de physique.

	Q_0^1	Valeurs constantes.
Az. . . . . / O. . . . . / CO . . . . . / H.	$-0.006773 \times 44.802 = 0.303$. . .	Cl 0,307.
HO	$-0.008141 \times 44.802 = 0.364$. . .	0,386.
CO^2.	$-0.008688 \times 44.802 = 0.389$. . .	0,365.
C^2H^4	$-0.009782 \times 44\ 802 = 0.438$. . .	0,425.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Exécutons le même calcul pour 1.000°.

Az . . . .
O . . . .
CO^2. . . .
H^2 . . . .

$$Q_0^{1000} = 6.5 + \frac{1}{1000^2} \times 0.30 (1000^2 + 2 \times 1000 \times 273) = 7273,$$

Par mètre cube. $7{,}273 \times 44.802 = \text{Cal. } 327$

C^2O^4. $Q_0^{1000} = 6{,}5 = \frac{1}{1000^2} \times 4 \quad (1000^2 + 2 \times 1000 \times 274 = 12664,$

soit $12{,}664 \times 44{,}802 = \text{Cal } 569$

C^2H^4. $Q_0^{1000} = 6{,}5 + \frac{1}{1000^2} \times 6 \ (1000^2 + 2 \times 1000 \times 273) = 15776,$

soit $15{,}776 \times 44{,}802 = \text{Cal } 707.$

Pour les calculs à venir, nous modifierons, pour la vapeur d'eau la manière d'opérer comme il suit :

Les formules précédentes ne donnent qu'une partie de la chaleur entraînée par la vapeur d'eau ; l'autre partie est la chaleur de vaporisation.

Pour obtenir la chaleur totale de la vapeur d'eau, nous remarquerons que les fumées se dégagent à pression constante : or, il résulte d'une des interprétations du principe de la conservation de l'énergie que, pour échauffer à pression constante, c'est-à-dire sans production du travail extérieur un corps de T_0 à T, la quantité de chaleur est la même quels que soient les états intermédiaires.

Si Lt est la chaleur de vaporisation de l'eau à $t°$;

C la chaleur spécifique de l'eau supposée constante;

c la chaleur spécifique de la vapeur à T

La chaleur totale sera :

$$C(t - T_0) + Lt + c(T - t)$$

si $t = 100°$ $C = 1$.

L'expression deviendra :

$$C(100 - T_0) + L_{100} + c(T - 100).$$

$C(100 - T_0)$ ou $100 - T_0$ est la chaleur d'échauffement de 1 kilogramme d'eau de 0 à 100° : c'est 100 calories;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L_{100} est la chaleur de vaporisation à 100° = Cal 537 ;

c (T — 100) est la chaleur d'échauffement Q^{t}_{100}, que nous savons calculer d'après les formules de M. Le Chatelier.

Donc, toutes les fois que nous trouverons de la vapeur d'eau dans un mélange gazeux, nous admettrons que la chaleur d'échauffement se compose de deux parties:

1° Chaleur totale de kg 1 de vapeur d'eau à 100° = Cal 637.

En volume ce sera $637 \times 0{,}804 =$ Cal 512 en chiffres ronds.

kg 0,804 étant le poids de m³ 1 de vapeur $= 1{,}293 \times 0{,}622$;

2° Chaleur d'échauffement de la vapeur de 100° à t_0.

Calculons cette dernière pour 1,000° :

$$Q^{1000}_{100} = \frac{6{,}5}{1000} T - TO + \frac{1}{1000^2} \times 3 (T^2 - T)^2$$

$$T = 1000 + 273$$
$$T^0 = 100 + 273$$

$$Q^{1000}_{100} = \frac{6{,}5}{1000} \times 900 + \frac{1}{1000^2} \times 3 [(1000 + 273)^2 - (100 + 273)^2].$$

$$= \frac{6{,}5}{1000} \times 900 + \frac{1}{1000^2} \times 3 (1000^2 + 2 \times 900 \times 273 - 100^2)$$

$$Q^{1000}_{100} = 5{,}85 + \frac{1}{1000^2} 3 (990000 + 2 \times 900 \times 273).$$

$$= 5{,}85 + 4{,}444 = 10{,}294.$$

Par mc 1 $Q^{1000}_{100} = 10{,}294 \times 44{,}802 = 461$ Cal

Chaleur totale à 1000° = 512 + 461 = 973 Cal

C'est ainsi que nous procéderons dans la suite pour toutes les températures. Comparons ces valeurs à celles des ouvrages de physique :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaleurs d'échauffement à 1000°.

	Valeurs corrigées	Valeurs constantes
Az, CO, H, O	327	307
CO^2	569	429
HO chaleur totale	973	818 = 386 + 432
C^2H^4	707	425

Ces valeurs diffèrent surtout pour l'acide carbonique, la vapeur d'eau et le gaz des marais.

Poursuivons la comparaison sur des fumées qui sortiraient d'un four à 1.000°, avec la composition suivante des fumées donnée par l'analyse.

CO^2	= 16
O	= 4,5
Az	= 79,5
	100

Chaleurs emportées par les fumées à 1000°.

		Valeurs corrigées	Valeurs constantes	
CO^2	16 × 569 =	9.104 Cal	16 × 429 =	6.864 Cal
O	4,5 × 327 =	1.472	4,5 × 307 =	1.382
Az	79,5 × 327 =	25.996	79,5 × 307 =	24.406
Totaux.		36.572 Cal		32.652 Cal

Nous n'avons pas tenu compte de la vapeur d'eau contenue dans les fumées.

On voit que, même sans vapeur d'eau, il y a une différence de près de Cal 4.000 entre les modes de calcul, ce qui donne une plus-value de 12,25 0/0 sur les résultats qu'on obtient en supposant les capacités calorifiques constantes.

Nous allons montrer l'application de ces formules au calcul des chaleurs d'échauffement à différentes températures, dont nous aurons besoin dans la suite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaleurs d'échauffement par 1 m c

	1050° TEMPÉRATURE des fumées à la sortie d'un four Siemens	975° FUMÉES sortant d'un four ordinaire	800° GAZ combustibles	650° PRODUITS volatils sortant de la cornue	600° FUMÉES sortant d'un récupérateur Siemens
	Cal	Cal	Cal	Cal	Cal
Az..... O..... H..... CO.....	343	317	257	207	190
HO chaleur totale....	1.005	956	85	767	741
CO^2	606	550	426	329	298
C^2H^4	»	»	»	398	»
SO^2	908	863	758	»	638

Nous devons, en outre, déterminer les chaleurs d'échauffement de certains corps pour lesquels il n'a pas été fait de déterminations spéciales aux différentes températures : nous nous contenterons d'une approximation, en nous basant sur les résultats précédents.

Bicarbure d'hydrogène.

La capacité calorifique en poids est de 0.46 à 0°; par analogie avec le gaz des marais, nous la majorerons de 40 0/0 à 650°.

Elle sera alors égale à 0.56.

La chaleur d'échauffement à 650° sera..... 364 Cal par kg
ou..... 457 Cal par m c

Benzine.

Capacité calorifique à 0°..... 0.3754
En opérant de même à 650°..... 0.5300
Chaleur d'échauffement à 650°..... 345 Cal par kg
— à 650°..... 1.287 Cal par m c

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cyanogène.

Sulfure de carbone... } 0.50 × 650 = { 325 Cal par kg
Hydrogène sulfuré.... }
Ammoniaque..... } { 390 par m c

Goudron.

Capacité calorifique en poids des carbures lourds 0.50 } Moyenne 0.46.
— de la naphtaline.. 0.42 }
Avec la majoration, pour 650°, on aura 0.65.
Chaleur d'échauffement à 650°..... 423 Cal par kg.

Acide sulfureux.

Chaleur latente..... 278 Cal. } en volume.
Capacité calorifique à 650°..... 0.60. }

Les erreurs qu'on peut commettre par cette approximation ne dépassent pas quelques centaines de calories parce que les produits auxquels elle s'applique sont comme poids d'une importance secondaire dans la distillation de 100 kg de houille.

On n'a pas tenu compte des chaleurs latentes du goudron et de la benzine, qu'on suppose figurant implicitement dans le terme des matières volatiles.

N° 3. Chaleur d'échauffement du carbone aux différentes températures.

Des essais qualitatifs au calorimètre ordinaire faits avec du coke, du graphite, avaient montré :

1° Que la chaleur d'échauffement de ces corps varie plus rapidement que la température ;

2° Que les essais avec le coke présentent de grandes difficultés, à cause de la nature poreuse et fragile du coke ; il ne faut pas songer à plonger dans l'eau le coke nu, qui absorbe une énorme quantité d'eau et s'émiette : il faut alors l'enfermer dans une enveloppe métallique, ce qui complique le calcul des essais.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU XXII. — **Graphite.**

T.	t_0.	t_1.	P.	p.	$Q^T_{t_1}$	$Q^T_{t_0}$
degrés	degrés	degrés	grammes	grammes	calorimètres	calorimètres
67.5	14.56	15.40	620	54.4	9.6	12.7
177	12.50	13.79	id.	22.1	36.2	38.9
198	10.18	11.73	id.	22.1	43.5	45.8
219	12.37	14.11	id.	id.	48.8	51.6
227	13.57	15.38	id.	id.	50.8	53.9
245	12.52	14.56	id.	id.	57.2	60.1
252	12.45	14.53	id.	id.	58.4	61.3
260	12.91	15.07	id.	id.	60.6	63.6
276	15.53	17.85	id.	id.	65.1	68.6
295	15.10	17.65	id.	id.	71.5	75.0
300	15 81	16.97	1.520	21.9	75.6	79.0
347	15.01	18.21	620	22.1	89.8	93.4
369	13.90	17.38	id.	id.	97.6	101.1
398	14.73	18.38	id.	id.	108.0	111.7
414	13.10	17.20	id.	id.	115.0	118.4
438	13.11	14.93	1.520	22.0	125.7	128.6
445	13.72	18.55	620	22.1	133.5	139.2
460	12.2	18.2	520	23.5	132 8	136.4
470	12.2	18.3	id.	23.5	135.0	138.7
470	13.55	18.60	600	22.2	136.5	140.2
475	16.26	18.23	1.520	21.8	137.3	140.9
540	11.15	18.45	520	23.7	160.2	163.9
550	15.49	17.87	1.520	21.9	165.2	168.7
570	14.12	15.96	2.000	20.85	176.5	179.7
610	15.66	18.26	1.520	21.7	182.1	185.8
615	12.35	21.20	520	23.85	192.9	197.1
625	10.60	19.60	id.	23.7	197.5	201.4
670	11.40	21.35	id.	23.75	216.2	220.5
700	11.20	21.40	520	23.4	226.7	231.0
725	16.62	19.16	2.000	20.95	242.5	246.3
735	14.82	17.44	2.000	21.6	242.6	246.0 (1)
740	13.35	24.40	520	22.95	245.9	250.8
745	16.67	19.11	2.000	19.45	250.9	254.7
770	14.65	17.25	id.	19.8	262.6	266.0
790	15.36	18.28	id.	21.55	271.0	274.6
800	12.8	24.6	520	22.3	275 1	280.0
825	15.96	19.06	2.000	21.5	288.4	292.2
840	11.7	24.3	520	22.25	294 5	299.1
860	18.98	22.31	2.000	21.4	311.2	315.5
865	12.8	25.09	520	22.35	304.8	310.0
870	12.60	23.35	620	21.75	306.4	311.1
905	15.92	19.24	2.000	20.7	320.8	324.6 (1)
920	12.2	26.0	520	21.7	330.7	335.9
930	12.65	26.70	id.	21.65	337.4	342.5
955	22.23	25.94	2.000	21.35	347.5	352.7
975	14.6	26.8	620	21.4	333.4	358.7
975	14.97	18.34	2.000	19.25	350.1	353.7 (1)
1.020	12.15	24.85	620	20.7	380 4	385.4
1.025	11.65	24.60	id.	21.0	382.3	387.2
1.085	14.6	28.00	id.	20.2	411.3	416.9

(1) Retard à l'immersion.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le graphite des cornues est beaucoup plus pratique : un morceau choisi et taillé en cylindre peut durer longtemps sans être attaqué ; néanmoins, il doit être séché et pesé avant chaque opération. Un trou pratiqué dans le cylindre permet d'y introduire le couple de manière à obtenir la température moyenne du corps.

Tout ce qui a été dit sur les essais du fer et du nickel s'applique au graphite, puisque les essais ont été faits en même temps.

Il n'y a qu'une seule remarque à ajouter pour le graphite, c'est qu'il se refroidit plus lentement que le fer et le nickel et que les pertes par l'enveloppe du calorimètre sont un peu supérieures aux autres, sans que la différence soit très sensible.

On a, dans plusieurs essais, comparé le graphite et le coke enfermé dans une enveloppe métallique : les résultats ont été peu différents.

Le tableau XXII et la fig. 7, Pl. V, montrent que la chaleur d'échauffement croît régulièrement : à 950°, température adoptée pour le coke rouge, cette chaleur d'échauffement est de Cal 350.

Rapprochons cette valeur de celle qu'on trouve quand on suppose que la capacité calorifique du coke est constante et égale à 0,20 : on a $0{,}2 \times 950 =$ Cal 190 au lieu de 350.

La chaleur exacte dépasse donc la chaleur admise jusqu'à présent de 84,20 0/0. Ce qui a une grande importance pour un produit dont le poids est les 3/4 du poids du charbon dont il provient.

Comme précédemment, nous allons établir une comparaison entre les chaleurs emportées par le coke rouge à 950° pour les différents types de houilles, en nous servant des tableaux IV à VIII, où nous trouvons les poids de coke de chaque type.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaleur emportées par le coke rouge à 950° par 100 kilogrammes de houille.

Type 1.	Type 2.	Type 3.	Type 4.	Type 5.
26.481 Cal	25.573 Cal	24.585 Cal	23.087 Cal	22.406 Cal

Contrairement à ce qui se passe avec les produits volatils, la chaleur emportée par le coke diminue du type 1 au type 5, parce que la production de coke par 100 kg de houille suit cette progression décroissante.

(1) Les résultats précédents peuvent être traduits par les formules : De 0 à 300°, la chaleur spécifique vraie :

$$\frac{dq}{dt}=0,16+\frac{0,64t}{100}.$$

De 300 à 1100° :

$$\frac{dq}{dt}=0,3+\frac{0.2\ t}{1000}.$$

Ce qui donne par intégration, pour les chaleurs d'échauffement :

$$\text{De } 0 \text{ à } 300°,\ q^t=0,16t+\frac{0,32t^2}{1000}.$$

$$\text{De } 300 \text{ à } 1100°,\ q^t=0,3t+\frac{0,10t^2}{1000}-25.$$

N° 4. Pertes par les maçonneries, par les têtes de cornues, foyer, etc.

Nous avons cherché à saisir la chaleur qui s'échappe d'une paroi, dans les mêmes conditions que si elle s'échappait à l'air libre.

Nous avons dit que la chaleur se perd et par radiation en vertu de la différence de température qui existe entre la paroi et l'air extérieur, et par contact ou convection, c'est-à-dire par entraînement de l'air qui vient lécher la paroi;

(1) Ces résultats ont fait l'objet d'une communication à l'Académie des sciences. *Remarques sur la chaleur spécifique du carbone*, par H. Le Chatelier, 8 mai 1893.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les mouvements de l'air peuvent être eux-mêmes produits et par les variations atmosphériques (vent) et par les courants que détermine l'échauffement de l'air.

Il résulte de ces deux actions simultanées qu'une paroi externe soumise à ces influences acquiert une certaine température de régime, variable d'une saison à une autre, variable d'un jour à un autre, variable du jour à la nuit, et même variable d'un moment à un autre avec les courants d'air : les variations diurnes sont peu sensibles, quand les maçonneries sont dans des endroits clos.

Si, par un moyen quelconque, on peut appliquer à la paroi un appareil qui permette de lui soustraire sa chaleur sans modifier le mode de transmission de sa chaleur, c'est-à-dire sa température de régime et d'évaluer cette quantité de chaleur, il est à peu près certain qu'on se trouvera dans les mêmes conditions que si la paroi était libre, exposée à ses influences ordinaires.

Tel est le principe de la méthode que nous avons suivie pour déterminer les pertes par rayonnement, méthode que nous avons appliquée à toutes les parties d'un même four.

Elle nous a été suggérée par des essais du même genre, entrepris, il y a plusieurs années, par le célèbre industriel anglais sir Lowthian Bell, connu dans le monde entier par ses savants travaux sur la métallurgie du fer.

Pour évaluer les pertes par rayonnement d'un haut fourneau, sir Bell avait appliqué en différents points de la surface une caisse cubique en tôle légère, pleine d'eau, garnie sur toutes ses faces, sauf une, de matières peu conductrices de la chaleur.

Les essais que nous allons décrire ont été faits dans plusieurs usines : les résultats obtenus ont été sensiblement d'accord.

Nous avons employé deux appareils du même genre, ou

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

calorimètres, l'un pour les parois verticales, l'autre pour les parois horizontales.

Le premier se compose d'une caisse en tôle de zinc très mince munie de deux tubulures, une verticale et une horizontale, dans lesquelles passent des thermomètres fixés à des bouchons en caoutchouc, qui donnent les températures du liquide à deux niveaux différents ; d'une autre tubulure verticale dans laquelle se meut une tige en bois portant un agitateur métallique à bras hélicoïdaux (fig. 10 et 11, Pl. V.)

La caisse est entourée sur toutes ses faces, sauf une, d'une série de plaques de feutre, maintenues par des plaquettes de bois.

Quand on a le soin d'agiter l'eau convenablement, les deux thermomètres indiquent la même température ; s'il y a une légère différence, on prend la moyenne des deux résultats.

Si on n'agite pas, le thermomètre supérieur indique une température de 2 à 3° supérieure à celle du thermomètre inférieur.

L'autre appareil a la même forme, mais la caisse est disposée de manière à s'appliquer sur une paroi horizontale (fig. 8 et 9, Pl. V).

On peut employer indifféremment l'eau ou l'huile : l'eau s'échauffe plus régulièrement que l'huile, dont la viscosité gêne les mouvements.

Poids de l'eau.....	kg 8,513
Poids du métal.....	— 2,700
Poids des thermomètres, bouchons.	— 0,108

Pour obtenir la valeur du calorimètre en eau, on multiplie les poids par les chaleurs spécifiques :

Eau.....	8.213	× 1 =	Cl 8,513
Métal.....	2.700	× 0,1 =	0,270
Divers.....	0.110	× 0,17 =	0,018
		Total.....	Cl 8,801 par degré d'échauffement.

Surface de la paroi nue : m^2 0,045.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un autre appareil avait pour valeur Cl 8,286.

Appareil pour les parois horizontales.

Eau.....	8.2	× 1	= Cal 8,200
Métal.....	2.6	× 0,1	= 0,260
Divers.....	0 11	× 0,17	= 0,018
		Total.....	Cal 4,575 par degré.

Surface de la paroi nue : m^2 0,050.

Quand on applique l'un de ces calorimètres sur une paroi, en ayant soin qu'il n'y ait pas, entre la paroi et la caisse de vide où pourrait circuler de l'air qui viendrait modifier la transmission de la chaleur, en agitant l'eau continuellement et en notant les températures de cinq en cinq minutes, ou de quart d'heure en quart d'heure, on observe que l'eau s'échauffe de quantités égales dans des temps égaux : cette uniformité d'échauffement persiste pendant plusieurs heures, puis, quand la température atteint un certain degré, l'échauffement diminue progressivement et s'arrête complètement à un moment donné quand la température de l'eau est voisine de 100°.

Les indications du calorimètre montrent que l'état de la paroi varie peu, puisque la quantité de chaleur absorbée pendant l'unité de temps reste la même aussi bien dans le premier quart d'heure que dans le quinzième ou le seizième.

De plus, que la température initiale de l'eau soit de 15 à 20°, ou de 30 à 40°, les résultats sont à peu près constants.

L'échauffement constant permet donc d'admettre la constance du passage de la chaleur pendant toute la durée de l'essai.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Exemples d'échauffement.

Echauffement de l'eau contre une paroi de carneau où circulent des gaz combustibles, à 2 m de hauteur.

Température de l'eau.	Différences de demi-heure en demi-heure.	
1° . . . . 24°,00	. . . .	6°,5
2° . . . . 30 ,50	. . . .	6 ,5
3° . . . . 37 ,00	. . . .	7 ,00
4° . . . . 44 ,00	. . . .	6 ,50
5° . . . . 50 ,50	. . . .	6 ,50
6° . . . . 57 ,00	. . . .	7 ,00
7° . . . . 64 ,00	. . . .	6 ,00
8° . . . . 70 ,00	. . . .	5 ,00
9° . . . . 75 ,00	. . . .	4 ,75
10° . . . . 79 ,75		

Echauffement constant.

Température de l'eau.	Différences de demi-heure en demi-heure.	
1° . . . . 25°,00	. . . .	5°,50
2° . . . . 30 ,50	. . . .	5 ,50
3° . . . . 36 ,00	. . . .	5 ,00
4° . . . . 41 ,00	. . . .	5 ,00
5° . . . . 46 ,00	. . . .	5 ,00
6° . . . . 51 ,00	. . . .	4 ,75
7° . . . . 55 ,75	. . . .	4 ,75
8° . . . . 60 ,50	. . . .	4 ,00
9° . . . . 64 ,50	. . . .	4 ,50
10° . . . . 69 ,00	. . . .	4 ,00
11° . . . . 73 ,00	. . . .	4 ,00
12° . . . . 77 ,00	. . . .	4 ,00
13° . . . . 81 ,00	. . . .	3 ,00
14° . . . . 84 ,00	. . . .	3 ,00
15° . . . . 87 ,00		

Échauffement constant.

Si au lieu d'eau on emploie de l'huile, les résultats sont de même nature, avec cette différence qu'ils sont plus accentués, à cause de la moindre densité de l'huile.

On a trouvé de quart d'heure en quart d'heure :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Température de l'eau.		Différences.		
1°	42°,50			
		4°,25		
2°	46 ,75		8°,50	
		4 ,25		Par demi-heure
3°	51 ,00		8 ,75	
		4 ,50		
4°	55 ,50		8 ,75	
		4 ,25		
5°	59 ,75			
		8 ,00		
6°	67 ,75			
		7 ,75		
7°	75 ,50			
		7 ,25		
8°	82 ,75			
		6 ,25		
9°	89 ,00			
		6 ,00		
10°	95 ,00			
		6 ,00		De demi-heure en demi-heure
11°	101 ,00			
		6 ,00		
12°	107 ,00			
		5 ,50		
13°	112 ,50			
		4 ,50		
14°	117 ,00			
		4 ,50		
15°	121 ,50			
		3 ,50		
16°	125 ,00			

Des résultats de cette nature doivent être soumis à des vérifications pratiques, quand il s'agit de phénomènes aussi fugitifs que les phénomènes de transmission et d'émission de la chaleur, qui ne peuvent même pas être exprimés par des lois empiriques : l'expérience doit suppléer à l'insuffisance des moyens scientifiques.

1° Nous avons d'abord songé à exécuter la contre-partie des expériences précédentes, en laissant refroidir le calorimètre dans la même enceinte, la face nue étant exposée à l'air parallèlement à la surface de la paroi. Cette face nue étant enduite soit d'une couche très mince de chaux, soit d'une couche de terre réfractaire, soit de noir de fumée : l'enduit n'avait aucune influence.

La température initiale de l'eau était voisine de 101°, comme celle de la paroi.

La face enduite représentait la paroi du mur.

Aussi bien avec l'eau qu'avec l'huile, les résultats ont été un peu plus faibles qu'avec l'essai direct.

On comprend en effet qu'une surface aussi peu étendue

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ne produise pas des effets d'entraînement de l'air ambiant aussi énergiques que la large surface d'une paroi ;

2° Si au lieu du calorimètre enveloppé sauf sur une surface, on place contre la paroi le calorimètre nu, c'est-à-dire débarrassé de l'enveloppe isolante, la température du liquide continuellement agité monte graduellement, puis s'arrête. Quand la température reste stationnaire, c'est que la chaleur absorbée par la face du calorimètre qui touche la paroi, est égale à la chaleur qui s'échappe par les cinq autres faces.

Si on enlève ensuite le calorimètre rapidement et qu'on le laisse refroidir dans l'air ambiant à une petite distance de la paroi dont on le sépare par un écran, au lieu de cinq faces rayonnant, on a six faces qui rayonnent dans les mêmes conditions que les premières.

Quand le calorimètre était adossé à la paroi, la température de l'eau montait progressivement à 83° et restait stationnaire à cette température.

Il a fallu neuf heures pour que la température montât de 40 à 83°.

Quand le calorimètre est placé dans la même enceinte, avec ses six faces rayonnant à partir de 83°, il perd 3° par quart d'heure, soit 12° par heure.

La valeur en eau du calorimètre est, comme nous l'avons vu, Cal 8,801 par degré : pour 12° la perte de chaleur est donc :

$$12 \times 8.801 = \text{Cal } 105{,}612.$$

Pour évaluer la quantité de chaleur perdue par les cinq faces au lieu de six, on peut raisonner de la manière suivante :

S étant la surfaces de six faces,

S' étant la surface de cinq faces.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si on admet que la quantité de chaleur rayonnée est proportionnelle à la surface.

Q étant la quantité de chaleur correspondant à 6 faces,

Q' étant la quantité de chaleur correspondant à 5 faces,

$$\frac{Q'}{Q} = \frac{S'}{S}.$$

Mais cette proportionnalité n'est pas rigoureusement exacte; la perte de chaleur varie dans le même sens que la surface, mais dans une proportion moindre: elle dépend aussi de l'épaisseur du liquide.

La valeur de Q' ainsi calculée est trop faible, parceque qu'on passe d'une surface S à une surface plus petite S'.

Considérons l'autre cas extrême, celui où les 5 faces rayonneraient autant que les 6 faces; la moyenne des deux résultats pourra représenter la valeur cherchée avec une approximation suffisante:

1er cas. — S' = 0,222.
S = 0.267.

$$Q' = \frac{0,222}{0,267} \times 105,612 \times 0,831 \times 105,612 = \text{Cal } 87,76$$

2e cas. — Chaleur perdue par les six faces..... 105,612

Moyenne.... Cal 96,68

Rapprochons ce résultat de celui qu'on obtient quand le calorimètre isolé, sauf une face, est placé contre la paroi.

Echauffement constant du calorimètre, 11° par heure.

$$11 \times 8,801 = \text{Cal } 96,81$$

Résultat identique au précédent.

Emploi de l'huile.

Poids d'huile kg 7,640.

Capacité calorifique de l'huile, déterminée directement, 0,65.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaleur absorbée par l'huile.....	7,64 × 0,65 =	Cal 4,966
— par le métal et divers	=	0,288
Calorimètre réduit en eau		Cal 5,224

Température constante du calorimètre nu contre la paroi, 83°.

Le calorimètre avec ses 6 faces nues se refroidissait aux environs de 83°, de 5° par quart d'heure, soit 20° par heure

Refroidissement du calorimètre par heure	5,254 × 20 =	Cal 105,080
Q' = 0,831 × 105,08.....	=	87,220
Moyenne.....		Cal 96,15

Le calorimètre isolé contre la paroi, sauf une face, s'échauffe régulièrement de 17°,50 par heure:

L'échauffement est donc 17.5 × 5.254 = 91.945.

Les résultats sont peu différents.

La transmission de la chaleur paraît donc se faire dans les mêmes conditions dans les deux cas.

3° La troisième vérification a été faite par un essai direct sur un four qu'on entretenait à blanc, c'est-à-dire sans charbon, dans les mêmes conditions que s'il était en allure normale.

Calcul des pertes en différents points d'un four.

On évalue les différentes pertes en plaçant le calorimètre contre une paroi; on répète l'observation de mètre en mètre, par exemple, à la même hauteur, puis à des hauteurs différentes pour des parois verticales, ou, s'il s'agit de parois horizontales, sur la longueur et sur la largeur.

On prend la moyenne de toutes les observations quand il s'agit d'une même paroi; on convertit les mesures en calories, qu'on évalue par heure et par mètre carré de surface.

On a évalué la perte de chaleur par l'enveloppe isolante, en enveloppant d'un isolant le calorimètre sur la sixième

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

face, et en abandonnant l'appareil à lui-même aux hautes températures, de 60 à 100°, il perd 2° à l'heure ; aux températures ordinaires 1° à l'heure ; on a appliqué cette correction à tous les résultats.

On obtient ainsi les pertes suivantes :

A. *Four ordinaire* :

1° Partie supérieure ;
2° Partie pleine de la façade ;
3° Façade ou masque ;
4° Culée d'un four ;
5° Foyer ;
6° Têtes de cornues ;
7° Ouverture des cornues ;
8° Garnissage et décrassage des foyers.

1° *Partie supérieure.*

Échauffement du calorimètre		0°,163 par minute.
Surface d'échauffement	m²	0,045
Valeur du calorimètre en eau	Cal	8,286

Par heure et par m² 1 :

$$\frac{0{,}163 \times 8{,}286 \times 60}{0{,}045} = \ldots\ldots\ldots$$ 1.800 Cal en chiffres ronds

2° *Partie pleine de la façade.*

Par heure et par m² 1 :

$$\frac{0{,}169 \times 8{,}286 \times 60}{0{,}045} = \ldots\ldots\ldots$$ 1.867 Cal

3° *Façade ou masque.*

Par heure et par m² 1 :

$$\frac{0{,}3113 \times 8{,}286 \times 60}{0{,}045} = \ldots\ldots\ldots$$ 3.440 Cal

4° *Culée d'un four.*

$$\frac{0{,}130 \times 8286 \times 60}{0{,}045} = \ldots\ldots\ldots$$ 1.436 Cal

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5° *Foyer.*

En appuyant le calorimètre contre la porte du foyer, l'échauffement est de 0°,20 par minute, la porte du foyer est garnie d'un carreau réfractaire.

Perte par heure et par mètre carré :

$$\frac{\text{Perte par heure et par m c.}}{0.2 \times 8.286 \times 60} = \frac{}{0.045} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{Cal } 2.210$$

6° *Têtes de cornues.*

Le rayonnement qui se produit par les têtes de cornues se compose :

1° De la chaleur perdue par les produits volatils ;

2° De la chaleur rayonnée par le coke et les parois de la cornue.

On ne pouvait songer à évaluer la perte totale au moyen du calorimètre, et en faisant la différence entre cette perte totale et celle des matières volatiles, obtenir la seconde de ces pertes.

Car, d'une part, la tête de cornue est inaccessible sur les côtés et, d'autre part les produits volatils n'ont déjà plus, quand ils sont dans la tête de cornue, la chaleur qu'ils possédaient à la sortie de la cornue.

On a procédé, en éliminant la perte par les produits volatils, de la manière suivante :

Une tête de cornue a été enlevée et remplacée par un tampon plat en tôle, de manière à ce qu'on pût y appliquer la face du calorimètre.

On a chargé du coke noir, sec (sans matières volatiles) dans la cornue, on l'y a laissé pendant quatre heures, de manière à ce que sa température monte graduellement, comme l'aurait fait du charbon à distiller ; par un essai préalable, on a constaté que son échauffement suivait sen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

siblement l'échauffement de la houille soumise à la distillation.

Au bout de quatre heures, on a trouvé que le coke était à la même température que s'il provenait de la houille distillée.

Le calorimètre a donné les résultats suivants :

1re HEURE	2e HEURE	3e HEURE	4e HEURE
heures.	heures.	heures.	heures.
8 00. . . . »	»	»	»
8 35. . . . 13°,75	9 35. . . . 14°,50	10 35. . . . 17°,00	11 30. . . . 15°,00
8 45. . . . 19°,00	9 45. . . . 22°,00	10 45. . . . 25°,00	11 40. . . . 25°,00
8 55. . . . 25°,50	9 55. . . . 29°,00	10 55. . . . 33°,00	11 50. . . . 34°,00
9 05. . . . 82°,00	10 05. . . . 36°,00	11 05. . . . 42°,00	12 00. . . . 43°,00
Moyenne par 10 minutes. 6°,08	Moyenne par 10 minutes. 7°,16	Moyenne par 10 minutes. 8°,3	Moyenne par 10 minutes. 9°,3

Comme on ne pouvait laisser tout le temps le calorimètre contre le tampon pour l'empêcher de rougir, par des essais de quelques minutes où le calorimètre était complètement appliqué contre le tampon, on a constaté qu'on devait forcer un peu les chiffres précédents.

Soit échauffement par dix minutes :

1re heure.	2e heure.	3e heure.	4e heure.
7°	8°	9°	10°

Moyenne, 8°,50 par 10 minutes, ou 0°,85 par minute.

Perte par heure et par m² :

$$\frac{0.85 \times 8.801 \times 60}{0.045} = 9977^{Cal},50$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Perte par tampon par heure :

$$9.974.5 \times 0.178 = \text{Cl } 1.775{,}50$$

m^2 0,178 étant la section de la cornue.

7° *Ouverture des cornues*

Le calorimètre placé à l'entrée de la cornue, le tampon étant ouvert, donne un échauffement de 3° par minute.

Echauffement par heure et par mètre carré.

$$\frac{3 \times 8.801 \times 60}{0.045} = \text{Cl } 35.202$$

Une cornue reste au maximum ouverte dix minutes par charge, soit soixante minutes par vingt-quatre heures.

La section de 7 cornues est égale à m^2 1,246.

Perte des 7 têtes de cornues en 24 heures $35.202 \times 1.246 = 43.862$ Cal

Perte des 7 têtes de cornues par heure. $\frac{43.862}{24} = -1.830$

On remarquera que lorsqu'une cornue est pleine de coke rouge, le refroidissement est de 1° par minute, tandis qu'il est de 3° lorsque la cornue vide est ouverte ; le coke qui est dans la cornue sert donc d'écran.

8° *Garnissage et décrassage du foyer.*

On fait en moyenne 48 garnissages par vingt-quatre heures.

Chaque garnissage durant deux minutes, la durée des 48 garnissages sera $2 \times 48 = 96$ minutes.

On fait en vingt-quatre heures 6 décrassages qui durent cinq minutes chacun : les 6 dureront $5 \times 6 = 30$ minutes.

$$96 + 30 = 126 \text{ minutes par 24 heures.}$$

ou $\frac{126}{24} = 5$ minutes 5 par heure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si on admet que le rayonnement soit le même que celui d'une cornue, la perte sera :

$$\frac{35{,}202 \times 0{,}17 \times 5{,}5}{60} = 550 \text{ Cal par heure par foyer.}$$

m^2 0,17 étant la section de la porte du foyer.

Récapitulation des pertes d'un four ordinaire par heure et par mètre carré de surface (pour les maçonneries), par foyer et pour les 7 cornues.

	Par heure et par mètre carré.		Pour le four entier par heure.
1° Partie supérieure....	1800 Cal	9,75 × 1800 =	17550 Cal
2° Partie pleine, façade.	1867	3,94 × 1867 =	7366
3° Façade ou masque...	3440	4,28 × 3440 =	14723
4° Culée.....	1436	2,25 × 1436 =	3231
5° Foyer.....	2210	0,17 × 2210 =	376
6° Têtes de cornues	1775,5	7,00 × 1775,5 =	10429
7° Ouverture des cornues	1830	=	1830
8° Garnisssage et décrassages	550	=	550

B. *Four Siemens à 8 cornues.*

On procédera de même, en remarquant que ce four a la même section que le four ordinaire, que le foyer a été remplacé par la huitième cornue et qu'on tient compte des pertes par le générateur.

	Par heure et par mètre carré		Par jour et par heure.
a. Four.			
1° Partie supérieure....	1800 Cal	9,75 × 1800 =	17550 Cal
2° Partie pleine, façade.	1867	3,94 × 1867 =	7466
3° Façade ou masque...	3440	3,28 × 3440 =	14723
4° Culée.....	1436	2.25 × 1436 =	3231
5° Têtes de cornues	1775,5	8,00 × 1775,5 =	14204
6° Ouverture des cornues, section de 8 cornues m^2 1,424.	2090 «	=	2090

Perte $\frac{35202 \times 1{,}424}{24}$ = pour les 8 cornues.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Par heure et par mètre carré.			Par four par heure.
c. *Gazogène.*	—			—
7° Surface	716	10,7 × 716	= Cl	7.661
8° Grille ouverte	2,265	1,00 × 2,265	=	2.265
$\frac{0,205 \times 8,286 \times 60}{0,045}$				
9° Culée	716	»		»
$\frac{0,065 \times 8,286 \times 60}{0,045}$				
10° Carneau des gaz combustibles	2,237	3,2 × 2,237	=	7.158
$\frac{0,202 \times 8,286 \times 60}{0,045}$				
y. *Récupérateur.*				
11° Air et fumées.....	2,237	3,2 × 2,237	=	7.158
12° Culée	716	»		»

C. Four Siemens à 9 cornues.

Ce four est plus vaste que les précédents.

	Par heure et par mètre carré.			Par four et par heure.
a'. Four.	—			—
1° Partie supérieure.... Épaisseur minimum 0,70, au lieu de 0,60.	1546 Cal	11,40 × 1546	=	17624 Cal
2° Partie pleine, façade.	1867	4,22 × 1867	=	7879
3° Façade ou masque...	3440	6,10 × 3440	=	20984
4° Culée	1467	» »		»
5° Tête de cornues (par unité)	1775,5	9,00 × 1775,5	=	15980
6° Ouverture des cornues $\frac{35,202 \times 1,6}{24}$	2346	» »	=	2346
c'. *Gazogène.*				
7° Grille fermée.....	385	1,00 × 385	=	385
8° Surface	716	12,11 × 716	=	8671
9° Carneau des gaz combustibles	2159	3,56 × 2159	=	7686
10° Culée.....	716	» »		»
y'. *Récupérateur.*				
11° Air et fumées	2159	3,56 × 2159	=	7686
12° Culée	1163	» »		»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous allons réunir dans un seul tableau les résultats précédents pour les trois systèmes de fours, par heure et par four, en supposant qu'il s'agisse d'un four quelconque, mais non pas d'un four de culée.

Pertes par four et par heure.

	FOUR ORDINAIRE à 7 cornues	FOUR SIEMENS à 8 cornues		FOUR SIEMENS à 9 cornues	
Four.					
1° Partie supérieure	17.550	17.550		17.624	
2° Partie pleine, façade	7.366	7.366		7.879	
3° Façade ou masque	14.723	14.723		20.984	
4° Foyer	376	»	55.933	»	64.823
5° Têtes de cornues	10.429	14.204		15.990	
6° Ouverture des cornues	1.830	2.090		2.346	
7° Garnissages et décrassages	550	»		»	
Gazogène.					
8° Surface	»	7.761		8.671	
9° Grille	»	2.265	17.084	385	16.742
10° Carneau des gaz combustibles.	»	7.158		7.686	
Récupérateur.					
11° Air et fumées	»	»	7.158		7.686
Total	52.830		80.17 5		89.251

Exprimées en 100 parties, ces pertes donnent les résultats suivants :

Four ordinaire

Partie supérieure	32,00
Façade ou masque	26,90
Rayonnement des têtes	22,70
Façade, partie pleine	13,40
Ouvertures des cornues	3,30
Garnissages, décrassages	1,00
Foyer	0,70
	100,00

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Four Siemens à 8 cornues.

Four	Partie supérieure	21.90	69,80
	Façade ou masque	18.40	
	Rayonnement des têtes	17.70	
	Façade, partie pleine	9.20	
	Ouverture des cornues	2.60	
Gazogène	Surface	9.60	21,30
	Carneau des gaz combustibles	8.90	
	Grille ouverte	2.80	
Récupérateur	Air et fumées	8.90	8,90
			100,00

Four Siemens à 9 cornues.

Four	Façade ou masque	23.50	72,60
	Partie supérieure	19.80	
	Rayonnement des têtes	17.90	
	Façade, partie pleine	8.80	
	Ouverture des cornues	2.60	
Gazogène	Surface	9.70	18,80
	Carneau des gaz combustibles	8.60	
	Grille fermée	0.50	
Récupérateur	Air et fumées	8.60	8,60
			100,00

L'examen de ces trois tableaux donne lieu aux remarques suivantes :

1° Dans le four, les pertes principales se font :

Par la partie supérieure ;

Par la façade ou masque, qui porte les cornues ;

Par le rayonnement des têtes de cornues.

Il est facile de remédier à la première de ces pertes, soit en donnan de la surépaisseur à la maçonnerie ou mieux en couvrant la partie supérieure du four de matières isolantes telles que du sable.

Il est difficile de donner de la surépaisseur à la façade, formée d'un mur de m 0,33, car cette surépaisseur serait prise sur la cornue et, par suite, sur la surface chauffée de la cornue.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D'un autre côté, il est difficile d'intercaler des isolants sur la faible épaisseur de m 0,33.

Toute disposition qui s'opposerait au rayonnement des cornues ne doit pas s'opposer au rayonnement des matières volatiles, dont le refroidissement doit être suffisant pour qu'elles puissent arriver au barillet avec une température d'au plus 80°, si on veut éviter les obstructions dans les colonnes montantes et dans le barillet.

En outre, le fonctionnement régulier des têtes de cornues qu'on ouvre toutes les quatre heures ne se prête pas facilement à l'interposition d'écrans réfractaires protecteurs de la chaleur.

En résumé, le seul moyen pratique qu'on peut employer pour éviter les pertes d'un four consiste à couvrir la partie supérieure de matières isolantes.

Du reste, cette condition est en partie réalisée par la poussière extrêmement fine de charbon qui imprègne d'une façon permanente l'atmosphère des ateliers de distillation : cette poussière se dépose à la partie supérieure des fours et sert d'isolant ;

2° Si on compare le four ordinaire au four Siemens (à 8 ou 9 cornues), on voit que le foyer n'absorbe dans le four ordinaire que 1,70 0/0 des pertes, tandis que dans le four Siemens, la perte due au générateur est en moyenne de 20 0/0, circonstance due à la grande surface occupée par le générateur et au parcours des gaz combustibles nécessité par l'inversion ;

3° Le récupérateur absorbe 8,60 0/0 des pertes.

En somme, au point de vue des pertes par rayonnement, la perte due au gazogène et au récupérateur est de 30 0/0; à ce point de vue seulement, le four ordinaire a l'avantage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comparaison du four Siemens à 8 cornues et du four Siemens à 9 cornues.

Le four Siemens à 8 cornues n'occupe pas plus d'espace qu'un four ordinaire à 7 cornues : le foyer est simplement remplacé par une cornue. On a donc gagné une cornue sans rien changer aux pertes.

Dans le four à 9 cornues, les 3 cornues supérieures nécessitent une capacité plus grande, en même temps que le surbaissement de la voûte exige des soutiens plus épais : la capacité totale (y compris les parties pleines) du four à 9 cornues est donc supérieure à celle du four à 8 cornues.

Nous allons examiner si l'adjonction d'une cornue, ou, ce qui revient au même, si l'augmentation de la charge du four compense les pertes.

Nous supposerons que, dans les dcux cas, on distille kg 900 de charbon par cornue et par vingt-quatre heures :

	Four Siemens à 8 cornues.	Four Siemens à 9 cornues.
Charbon distillé par 24 heures.....	7.200 kg	8.100 kg
Charbon distillé par heure.....	300 kg	337.500 kg
Pertes par heure.....	80.175 Cal	89.251 Cal
Pertes par kg 100 de charbon distillé...	26.725	26.445

Donc, au point de vue des pertes diverses par rayonnement, les deux types de fours sont équivalents; or, c'est la seule cause qui puisse différencier deux fours d'un même type, possédant les mêmes appareils de chauffage et de récupération et distillant le même charbon.

Par conséquent, la consommation de combustible pour le chauffage de ces fours doit être la même; c'est en effet ce qui a été constaté après une marche d'une certaine durée dans deux usines, où les fours à 8 et à 9 cornues ont sensiblement la même allure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut donc dire d'une manière générale que, quand on transforme un système de fours en un autre, l'adjonction d'une ou plusieurs cornues n'entraîne pas nécessairement une économie de combustible si la modification entraîne une augmentation de capacité et, par suite, une augmentation de pertes.

Si on admet que la surface rayonnante S est à peu près proportionnelle aux pertes, et si C est la quantité de charbon distillé pendant vingt-quatre heures, le rapport $\frac{S}{C}$ pourra servir de point de comparaison pour évaluer les pertes de différents systèmes de fours.

Il est intéressant de connaître l'avantage qu'on peut retirer de la fermeture des foyers par des portes dans les générateurs.

Dans le four à 8 cornues, où les foyers sont ouverts, la perte est de 2265 Cal par heure.

Dans le four à 9 cornues, où les foyers sont fermés par des portes, la perte est de 385 Cal.

Différence : 2265 — 385 = 1880 Cal.

Rapportons cette perte à kg 100 de houille.

Dans le four à 8 cornues, on distille kg 300 de houille par heure.

La perte due au foyer libre est de $\frac{1880}{300} \times 100 = 630$ Cal par kg 100 de charbon.

Soit 1/2 0/0 environ de la chaleur totale.

La perte par les foyers ouverts des générateurs est donc au plus 1 0/0 de la valeur totale dépensée dans un four, c'est-à-dire minime.

Puisque les fours à 8 et à 9 cornues sont à peu près équivalents au point de vue des pertes, il sera inutile de poser l'équation des chaleurs pour les deux : nous choisirons le four à 8 cornues.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme le four Siemens à 8 cornues et le four ordinaire ont même capacité, la comparaison entre les deux types de four donnera des résultats bien nets.

Nous verrons, ce qu'on peut prévoir *a priori*, que le meilleur moyen de diminuer les pertes par rayonnement consiste, pour une capacité donnée, à augmenter la charge de charbon.

Calcul du coefficient de conductibilité.

Nous avons dit que les coefficients de conductibilité trouvés par Péclet devaient être corrigés pour les températures élevées.

Nous allons pouvoir calculer ce coefficient en choisissant des exemples où on pourra appliquer la formule :

$$Q = K\left(\frac{T - t}{e}\right),$$

par m² 1 de surface, par heure, qui convient pour un mur à parois planes.

Récupérateur

$T = 800.°$
$t = 100.$
$e = 0,45.$

$Q = 2,237$ d'après ce que nous avons vu.

$$K = \frac{Qe}{T - t} = 1,43.$$

Masque.

$T = 1,050.$
$t = 185.$
$e = 0,35.$
$Q = 3,340.$
$K = 1,39.$

Si on prend pour valeur moyenne de K 1,40, on voit que le coefficient de conductibilité est à peu près le double de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

celui que Péclet avait déterminé aux basses températures, pour les briques, et qui était de 0,60 à 0,70.

Il résulte de là que la détermination des pertes par rayonnement est simple, quand on connaît les températures internes et externes d'un mur à parois planes et quand il s'agit d'enceintes (carneaux, fours) où le passage continu d'un courant gazeux à température uniforme établit un équilibre de chaleur ; dans ce cas, la température de la paroi est très voisine de la température du courant gazeux qui la lèche.

Quant à la température externe, on l'aura le plus exactement, en logeant un thermomètre dans une rainure de quelques millimètres : ce n'est probablement pas la température rigoureusement vraie, mais la différence est faible et n'a qu'une influence minime sur l'excès $T - t$.

S'il s'agit d'enceintes où se trouvent des corps à différentes températures comme des carneaux de chaudières, on ne peut pas procéder de la même façon, parce que la paroi, la flamme, la tôle de la chaudière possèdent chacune leur empérature propre, qu'il est impossible d'évaluer par une mesure thermométrique.

On se servira alors du calorimètre qu'on appliquera contre la paroi.

Il en sera de même d'une paroi à épaisseur variable ; on multipliera les essais avec le calorimètre pour obtenir une moyenne.

Exemple : Partie supérieure d'un four.

Pour la même raison, il est impossible de connaître par la loi de conductibilité la quantité de chaleur qui traverse la paroi d'une cornue.

En effet, si la paroi extérieure paraît conserver une température à peu près constante, il n'en est pas de même de la paroi intérieure dont la température va en augmentant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du commencement de la charge à la fin; et, là aussi, il y a trois températures différentes :

1° Température de la paroi interne;

2° Température au-dessus du charbon;

3° Température à l'intérieur du charbon.

Nous verrons qu'on peut calculer cette quantité de chaleur d'une manière détournée.

VÉRIFICATION PRATIQUE DES RÉSULTATS PRÉCÉDENTS

Il nous reste maintenant à exposer la marche des essais qui ont été faits pour vérifier les résultats du calorimètre.

Trois essais ont été exécutés dans les conditions suivantes :

On a chauffé un four à blanc, sans charbon, en se mettant dans les mêmes conditions que si le four était en marche normale de distillation.

Les conditions étaient :

1° D'obtenir la température ordinaire des cornues;

2° D'obtenir la température ordinaire de sortie des fumées.

Des tâtonnements de quelques jours ont été nécessaires pour arriver à ces résultats.

Quand ceux-ci ont été constants, on a prolongé l'essai assez longtemps pour obtenir une moyenne.

On avait préparé d'avance une certaine quantité de coke, suffisante pour toute la durée de l'essai.

On a déterminé la composition exacte du coke.

Tout le coke employé a été pesé.

On a analysé les fumées de temps en temps de manière à obtenir une moyenne.

On exécutait de fréquents essais de température des cor-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nues et des fumées pour s'assurer de l'uniformité de la marche du four.

On pesait les mâchefers produits.

On avait ainsi les éléments nécessaires pour suivre la marche du four.

On a, du reste, constaté qu'une fois l'allure du foyer réglée (ce qui était le point principal), cette allure variait très peu, ce qu'indiquaient les essais de température.

Nous allons exposer la marche des opérations, qui sera celle que nous adopterons plus tard pour l'équation des chaleurs, déjà posée dans le cas le plus général de la distillation.

D'une part, on a la chaleur produite par le combustible A'.

D'autre part, la chaleur emportée par les fumées B'.

— la chaleur perdue par rayonnement C'.

— la chaleur perdue par le mâchefer D'.

Nous admettons l'exactitude des valeurs A' B' D'.

Les pertes par rayonnement C' sont évaluées d'après les résultats du calorimètre.

Si $A' = B' + C' + D'$,

la valeur de C' donnée par le calorimètre est exacte.

Premier essai.

On s'est servi d'un four de culée, adossé à un four en feu et voisin d'un four en feu; de cette façon on se trouvait dans les conditions d'un four de culée faisant partie d'une batterie en feu.

Les têtes de cornues étaient bouchées par une murette de m 0,35, dont le bord extérieur affleurait à l'extrémité de la cornue; en d'autres termes, le masque était continu sur toute la devanture.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les résultats sont rapportés à la marche par heure.
Données de l'essai :

Coke employé : Eau hygrométrique		6.00
— Cendres		12.00
— Carbone		78.00
— Hydrogène		0.50
— Soufre		1.00
— Azote et divers		2.50
		100.000

Poids de l'hectolitre de coke	kg	46
Consommation de coke par 24 heures	hl	12
Consommation d'eau du cendrier par 24 heures ...	kg	300
— — par heure	kg	12.500
Analyse moyenne des fumées en volume	CO^2	15
— —	O	6
— —	Az	79
		100

Température moyenne de sortie des fumées	975°
Mâchefer produit en 24 heures ..... Kg	67.44

Terme A'. — Chaleur produite.

Consommation de coke par heure ..... $\frac{12 \times 46}{24} = 23$ kg 42.

Composition de kg 23,42 de coke :

Eau hygrométrique	$\frac{23.42}{100} \times 6 = 1$ kg 405
Cendres	$\frac{23.42}{100} \times 12 = 2$ kg 810
Carbone	$\frac{23.42}{100.} \times 78 = 18$ kg 268
Hydrogène	$\frac{23.62}{100} \times 15 = 0$ kg 117
Soufre	$\frac{23.42}{100} \times 1 = 0$ kg 234
Az et divers	$\frac{23.42}{100} \times 25 = 0$ kg 585

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaleurs produites :	C.....	18.268 × 8.081 =	Cl 147.605
—	H.....	0.117 × 34.462 =	4.032
—	S.....	0.234 × 2.000 =	468
—	A'.....		152.105

Termes B'. — Fumées.

100 de fumées contiennent : $CO^2 = 15$ C correspondant = kg 8.046
— — O = 6
— — Az = 75
100

Si 15 volumes de CO^2 contiennent.. Kg 8.046 de carbone,
x — de CO^2 — .. 17.268 de carbone du coke.

$$x = \frac{18.268}{8.046} \times 15 = 2.27 \times 15$$

Les fumées se composent de :

CO^2.....		2.27 × 15 =	m³ 34.05
O.....		2.27 × 6 =	13.62
Az.....		2.27 × 79 =	179.00
HO...	Coke..... kg 1.405		
	Grilles 12.500	14.958 ou $\frac{14.958}{0.804}$ =	17.98
	Hydrogène du coke 1.053		
SO^2.....		$\frac{0.468}{2.870}$ =	0.163

Chaleurs emportées à 975° d'après le paragraphe XV.

CO^2	549.7 ×	34.05 =	18.717 Cal
O	317.153 ×	13.62 =	4.322
Az.....	317.153 ×	179.00 =	56.805
HO.....	956.224 ×	17.98 =	16.193
SO.....	0.163 ×	863.00 =	141
	Total.....		96.178 Cal

Terme C'. — Pertes par rayonnement.

Pertes par la partie supérieure	17.500 Cal
— par la culée	13.150
— par la façade, partie pleine	5.357
— par la façade ou masque, y compris les cornues	19.674
— par le foyer	354
Total	57.953 Cal

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a négligé l'influence minime des décrassages et garnissages, peu fréquents.

Terme D'. — Mâchefer.

Nous verrons plus loin que kg 1 de mâchefer emporte 400 Cal

$$D' = 2.81 \times 400 = \text{Cl } 124$$

BALANCE

A' =	.....	152.105
B' = 96.178 C' = 57.935 D' = 1.124	.....	155.237
Différence en trop.....		3.132 Cal

Soit $\frac{3.132}{152.105} \times 100 = 2{,}05$ 0/0.

Deuxième essai.

Cet essai a été fait en laissant les cornues libres, sans murettes, de façon à permettre au rayonnement de se produire à travers les têtes de cornues et les tampons en fonte.

On peut admettre dans ce cas que la cornue rayonne comme si elle était ouverte, car la fonte des têtes de cornues est noircie et par suite possède son pouvoir émissif maximum en même temps qu'un grand pouvoir conducteur à cause de sa faible épaisseur.

Dans les conditions de l'expérience précédente, avec le même combustible, même température des cornues, même température des fumées, on consommait 24 *hectolitres de coke par* 24 *heures*, au lieu de 12 hectolitres.

Il suffit alors de refaire le calcul précédent où :

A'	devient.....	2 A'.
B'	—	2 B'.
D'	—	2 D'.

Seul le terme C' va changer :

Les pertes sont les suivantes :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pertes par la partie supérieure....	Cal	17.500	
— par la culée..... ...	»	13.150	
— par la façade pleine.....	»	7.357	
— par le foyer.....	»	.354	
— par le masque	»	14.723	(sans les cornues).

La perte par rayonnement des cornues est évaluée comme il suit :

Nous avons vu que la perte par les cornues ouvertes était de 35.202 Cal par heure et par m^2 de section de cornue.

Pour les 7 cornues, elle sera :

35 202 × 1,246 = 43.862 Cal, d'où :

Partie supérieure.....	17.500	Cal
Culée.....	13.150	»
Façade pleine.....	7.357	»
Masque.....	14.723	»
Cornues.....	43.862	»
Foyer.....	354	»
Garnissages et décrassages.....	550	»
Total.....	97.496	Cal

BALANCE

2 A'.....	304.210	Cal	
2 B' 192.35 / C' 97.496 / 2 D' 2.248	292.100		
Différence en moins	12.110	Cal	

Soit $\frac{12.110}{304.210}$ = 3.98 0/0 sur la chaleur totale dépensée.

Résultat satisfaisant, si on remarque que les observations faites par le calorimètre devant une cornue ouverte présentent des causes d'erreur assez nombreuses.

Troisième essai.

L'essai a été fait sur un four ordinaire placé au milieu d'autres fours en feu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De même que dans le premier essai, les cornues étaient murées.

Composition du coke :	Eau hygrométrique.	4.00
—	Cendres.....	11.50
—	Carbone.....	80.00
—	Hydrogène.....	0.50
—	Soufre.....	1.00
—	Azote et divers.....	3.00
		100.00

Consommation de coke.....	hl	11.25 par 24 heures
Poids de l'hectolitre de coke..	kg	41.15
Consommation d'eau du cendrier	kg	13.00 par heure.

Analyse moyenne des fumées...	CO^2	= 16.00
—	CO	= 4.00
—	Az	= 80.00
		100.00

Par suite de la faible consommation et du faible tirage du four, on n'a pu admettre de l'air en quantité sufffsante pour brûler l'oxyde de carbone produit.

Mâchefer, kg 2,22 par heure.

Terme A'. — Chaleur produite.

Coke consommé par heure ..... $\frac{11.25 \times 41.15}{24} = 19$ kg 29

kg 19,29 de coke contiennent :

Eau hygrométrique...	$\frac{19.29}{100} \times 4.00 =$	0 kg 772
Cendres.....	$\frac{19.29}{100} \times 11.50 =$	2 kg 220
C.....	$\frac{19.29}{100} \times 80.00 =$	15 kg 432
H.....	$\frac{19.29}{100} \times 0.50 =$	0 kg 096
S.....	$\frac{19.29}{100} \times 1.00 =$	0 kg 193
Az divers.....	$\frac{19.29}{100} \times 3.00 =$	0 kg 579

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

100 volumes de fumées contiennent :

CO^2.....	16.00	contenant 8.582 C	= 10.278 C total.
CO.....	4.00	— 2.146 C	
Az.....	80.00		

Par suite 15.432 de C du coke correspondent à :

$$\frac{15.432 \times 8.582}{10.728} = \text{kg } 12{,}345 \text{ C à l'état de } CO^2,$$

$$\text{et à } \frac{15.432}{10.728} \times 2.146 = 3.087 \text{ C, à l'état de CO.}$$

12.345 C	à l'état de	CO^2	dégagent.	12.345 × 8.080 =	99.748 Cal
3.087 C	—	CO	—	3.087 × 2.473 =	7.634
0.193 H	—	HO	—	0.096 × 34.462 =	3.324
0.193 S	—	SO^2	—	0.193 × 2.000 =	386
				Total..... A' =	111.092 Cal

Terme B'. — Fumées à 975°.

CO^2 $= \frac{16 \times 15.432}{10.728} \times 550 = m^3\ 23{,}01 \times 550$..... 12.655 Cal

CO $4 \times \frac{15.432}{10.728} \times 317 = 5.572 \times 317 =$..... 1.823

Az $80 \times \frac{15.432}{10.728} \times 317 = 115.500 \times 317 =$..... 36.613

HO { Coke .. kg 0,772 ; Grille .. 13,000 ; H du coke 0,868 } = kg 14,640 $\frac{14{,}640}{0.804}$ = 18.209 × 956 = 17.408

SO^2 $\frac{0.336}{2.870} = m^3\ 0{,}134$..... 0,134 × 863 = 115

B' = 68.614 Cal

Terme C'. — Pertes par rayonnement.

Partie supérieure..	= 2.70 × 3 × 1800 =	14.580 Cal
Façade pleine.....	= 3.94 × 1877 =	7.357
Masque.....	= 5.64 × 3440 =	19.402
Foyer.....	=	354
	C' =	41.693 Cal

Terme D'. — Mâchefer.

2.22 × 400 =..... 888 Cal

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BALANCE

A' = ...		111.092 Cal
B' = 69.645 C' = 41.693 D' = 888	.....	111.195
	Différence en moins.....	103 Cal

Conclusion.

Nous avons obtenu, en opérant dans des conditions différentes de marche :

1er Essai 2,05 0/0 en trop.
2e — 3,99 0/0 en moins.
3e — 0

Nous pouvons donc conclure de là que les observations du calorimètre employé donnent une approximation suffisante pour la pratique.

Annexe n° 5

ÉQUATION DES CHALEURS POUR LA HOUILLE N° 2 DANS LE FOUR ORDINAIRE.

1er MEMBRE DE L'ÉQUATION

Terme A. — *Chaleur du combustible.*

Kg. 22,40 de coke contiennent :

Eau hygrom.	6	$\times \frac{22.40}{190} =$	kg. 1,344	vol. vapeur m³ 1,671.
Cendres....	10	$\times \frac{22.40}{100} =$	2,240	
Carbone....	81.50	$\times \frac{22.40}{100} =$	18,256	
Hydrogène ..	0.50	$\times \frac{22.40}{100} =$	0,112	dont kg 1,008 HO ou m³ 1,25 vap.
Soufre.....	1	$\times \frac{22.40}{100} =$	0,224	dont kg 0,448 SO^2 ou m³ 0,56
Azote.....	1.00	$\times \frac{22.40}{100} =$	0,224	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaleur produite :

C = 18.256	× 8.080	..... =	147.508, 5 Cal
H = 0.112	× 34.462	..... =	3.859,75
S = 0.224	× 2.000	..... =	448, 0
		A =	151.816 Cal

Terme B. — *Chaleur dégagée par les produits volatils*

TABLEAU XIII. — B = 26.228 Cal.

1er MEMBRE DE L'ÉQUATION

A.....	= 151.816 Cal
B.....	= 26.228
A+B.....	= 178.044 Cal

SECOND MEMBRE DE L'ÉQUATION

Terme C. — *Perte de chaleur par les fumées.*

16 de CO^2 contiennent 8.582 de carbone.
x — correspondront à 18.256 de carbone du coke.

CO^2 des fumées $x = \frac{16}{8.582} \times 18,256 =$ m³ 34,035

$O = \frac{4.5}{8.582} \times 18,256 =$ 9,572

$Az = \frac{79.5}{8.582} \times 18,256 =$ 169,110

Chaleur des fumées à 975° :

CO^2.....		34.035 × 549.700 =	18,709	Cal
O.....		9.572 × 317.153 =	3,036	
Az.....		169.112 × 317.153 =	53,634	
Vap. H O	Coke.....	1.67 × 956.224 =	1,598	
	Grilles.....	8.00 × 956.224 =	7,650	
	H du coke.....	1.25 × 956.224 =	1,200	
SO^2.....		0.156 × 863.000 =	135	
		C..... =	85.962	Cal

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Terme D. — *Pertes par les matières volatiles à* 650°.

Valeur trouvée D = 16.680 Cal

Terme E. — *Pertes par le coke rouge à* 950°.

Valeur trouvée E = 25.573 Cal

Terme F. — *Pertes par rayonnement.*

Nous avons trouvé qu'un four ordinaire perd 54.824 Cal par heure.

Soit par kg 100 de houille $\frac{54.824}{5.600} \times 100 \times 24 = 23.495$ Cal

Terme G. — *Chaleur absorbée par la formation des carbures lourds, goudrons, etc.*

Valeur trouvée G = 2.282. Cal

Terme H. — *Chaleur emportée par le mâchefer.*

Avec du coke à 10 0/0 de cendres, il faut compter sur 15 0/0 de mâchefer proprement dit et coke.

Soit $15 \times 0{,}224 =$ kg 3,360.
H = 3.36 × 400 = 1.344 Cal

BALANCE

A	= 151.816	C =	85.962 Cal
B	= 26.228	D =	16.680
		E =	25.573
A + B =	178.044	F =	23.496
		G =	2.282
		H =	1.344
		X =	22.707
		Par différence =	178.044 Cal

d'où $x = \times - B + G = 22{,}707 - 26{,}228 + 2{,}282 = -1239$ Cal

La chaleur de décomposition de kg100 de houille n° 2, est donc de — 1239 Cal.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Annexe n° 6

ÉQUATION DES CHALEURS POUR LA HOUILLE N° 3 DISTILLÉE DANS LE FOUR SIEMENS A 8 CORNUES

1° *Gazogène ou Générateur.*

A leur sortie du gazogène, les gaz combustibles ont une température qui varie de 700 à 750° ; mais le long parcours de ces gaz, nécessité par leur passage à l'inversion (c'est-à-dire au point où se fait le renversement des courants gazeux) et leur passage même à l'inversion altèrent un peu leur composition.

Il se brûle un peu d'oxyde de carbone et par suite leur température augmente : au lieu de 750° elle devient 800° avant l'entrée du gaz dans le four.

La composition devient :	CO^2 =	6.00	renfermant	3.218	C total
en volume :	CO =	25.00	—	13.410	— 16.628
	H =	8.00			
	Az =	61.00			
		100.00			

Le volume des éléments combustibles est 25 + 8 = 33.

Il serait un peu supérieur sans cette combustion prématurée.

Calculons d'après ces données les quantités de chaleur produites et dépensées dans le gazogène.

Chaleur produite.

Aa — Chaleur du coke.

kg 14,80 de coke contiennent :

Eau hygrométrique	0,06 × 14.80 =	kg 0,888	volume vapeur m³	1,104
Cendres.	0,10 × 14.80 =	1,480		
Carbone	0,815 × 14.80 =	12,062		
Hydrogène	0,005 × 14.80 =	0,076	en volume m³	0,828
Soufre.....	0,01 × 14.80 =	0,148	donnant SO^2 en poids kg	0,3295
			donnant SO^2 en vol. m	0,103
Azote.....	0,010× 14.80 =	0,148		

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$$Aa = \begin{cases} C \text{ de } CO^2 = 2.335 \times 8.080 = 18.858{,}720 \text{ Cal} \\ C \text{ de } CO = 9.728 \times 2.473 = 24.057{,}344 \\ SO^2 = 0.148 \times 2.000 = 296 \end{cases}$$

43.212 Cal

Composition des gaz combustibles.

Les gaz combustibles contiennent pour m³ 100. kg 16,628 de carbone.
kg 14,80 de coke contiennent . . . . . 12,062 de carbone.

$CO^2 = 6 \times \frac{12,062}{16,628} =$ m³ 4,352 contenant.. 2,335 de carbone.

$CO = 25 \times \frac{12,062}{16,628} =$ 18,135 — .. 9,728 de carbone.

$H = 8 \times \frac{12,062}{16,628} =$ 5,803

$Az = 61 \times \frac{12,062}{16,628} =$ 44,249

SO^2 = 0 103
HO du coke = 1 104
HO non décomposée = 2 388 — Voir plus loin

75,134

Eau décomposée.

Outre l'eau du coke, on a introduit dans le gazogène vaporisé sous la grille .....m³ 7,363 d'eau.
Les gaz combustibles contiennent.....m³ 5,803 d'hydrogène.
Le coke a fourni.....m³ 0,828 —

Restent.....m³ 4,975 d'hydrogène.
fournis par la décomposition de m³ 4,975 vapeur d'eau.

Si de la vapeur formée près de la grille.....m³ 7,363
on retranche la vapeur décomposée..... 4,975

Il reste à l'état de vapeur non décomposée.....m³ 2,388

On a donc décomposé $\frac{4,975}{7,363} \times 100 = 67,56$ 0/0 de l'eau vaporisée sous la grille.

32,44 0/0 de cette eau ont échappé à la décomposition outre l'eau du coke.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Air primaire.

m^3 4,352 CO^2 des gaz contiennent $O = 4,352$
18,131 CO ..... $O = 9,067$ } m^3 13,522 O
0,103 SO^2 ..... $O = 0,103$

La décomposition de m^3 4,975 vapeur d'eau a fourni m^3 1,658 O.
Reste à fournir par l'air primaire..... m^3 11,864 O.
m^3 13,522 O.

Les m^3 44,249 d'azote des gaz correspondent

à $\frac{21}{79} \times 44,249$ ..... $= m^3$ 11,760 O.

Les erreurs d'analyses sont donc de 11,760—11,864 = 0,104 O.

Air primaire Az 44,249
O 11,769 } $= m^3$ 56,009.

Chaleurs dépensées.

b Chaleur absorbée par la décomposition de la vapeur d'eau.

$$b = 4,975 \times 3.079 = 15.218 \text{ Cal.}$$

c Chaleur emportée par les gaz combustibles à 800°.

D'après les formules connues, pour 800°, on a :

CO^2	..... $= 4,352 \times 425,942$	=	1.854 Cal
CO	..... $= 18,135 \times 257,092$	=	4.662
H	..... $= 5,803 \times 257,092$	=	1.492
Az	..... $= 44,249 \times 257,092$	=	11.376
HO non décomposé	.... $= 2,388 \times 851,013$	=	2.032
HO du coke	..... $= 1,104 \times 851,013$	=	940
SO^2	..... $= 0,103 \times 758$	=	78

$c = 22.434$ Cal

II. — *Chaleur emportée par le mâchefer.*

Dans les fours à générateurs, le mélange de mâchefer et de coke qu'on retire pour les décrassages correspond à environ 20 0/0 du poids du coke: une partie de ce coke revient au gazogène.

On a alors:

$$H = 0,2 \times 14,80 \times 400 = 1,184 \text{ Cal.}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

F_1. *Pertes par rayonnement.*

Elles se composent de :

		Par heure.
f_1	pertes par surface.....	7.661 Cal
f_2	pertes par la grille.....	2.265
f_3	pertes par le carneau des gaz.....	7.158
f_4	pertes diverses (par différence).....	1.287

Rapportées à kg 100 de charbon distillé, ces pertes deviennent :

$$f_1 = \frac{7,661 \times 24 \times 100}{7,200} = 2.554 \text{ Cal}$$

$$f_2 = \frac{2,265 \times 24 \times 100}{7,200} = 754$$

$$f_3 = \frac{7,158 \times 24 \times 100}{7,200} = 2.386$$

$$F_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 5.694 \text{ Cal}$$

BALANCE

Aa = 43,212 Cal	b	= 15.218 Cal
	c	= 22.434
	H	= 11.84
	F_1	= 5.694
		44.530 Cal

Différence : pertes diverses 1.318 Cal

2° *Four*. — *Chaleurs produites.*

C Chaleur apportée par les gaz combustibles = 22.434 Cal
(Voir plus haut).

B Chaleur dégagée par les matières volatiles dans la cornue.

B = 29,243 Cal pour le type 3.

Aa_1 Chaleur produite par la combustion des gaz combustibles

CO = m³ 18,135 contenant kg 9,728 C soit...	
9,728 × 5,607 (1).....	= 54.545 Cal
H = m³ 5,803 en poids 5,803 × 0,089 × 34,462 ..	= 17.865
Aa_1	= 72.410 Cal

(1) 1 kg de C brûlant de CO en CO^2 donne 5.607 Cal.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C. *Chaleur apportée par l'air chaud.*

On trouvera plus loin,	c_1	=	22.335 Cal
Chaleurs produites :	c	=	22.434
	B	=	29.243
	Aa_1	=	72.410
	Ac_1	=	22.335
			146.422 Cal

Chaleurs dépensées.

C' Chaleur emportée par les fumées à 1,050°

CO^2 du gazogène....	mc	4,352	22,487 ×	606,081 =	13.629 Cal
CO^2 de CO.....		18,135			
HO coke.....		1,104			
HO non décomposée		2,388	9,295 ×	1,005,373 =	9.344
HO de H.		5,803			
Az du gazogène....		44,249			
Az de l'air secondaire		45,022	97,681 ×	343,318 =	33.536
Az de l'air secondaire en excès.....		8,410			
O de l'air secondaire en excès		2,235	2,235 ×	343,318 =	767
SO^2.....		0,103	0,103 ×	908 =	94
	mc	132,630			57.370 Cal

Composition des fumées. — Air secondaire.

Dans un four Siemens bien réglé, la composition des fumées est la suivante en volume :

CO^2	=	18,00
O	=	2,00
Az	=	80,00
		100,00

Soit 2 0/0 d'oxygène en excès.

La composition analytique des gaz combustibles était :

CO^2	=	4,352	
CO	= 18,135	(demandant..... 9,067 O	11,968 O et 45,022 Az
H	= 5,803	(théoriquement.... 2,911 O	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Après combustion la composition analytique des gaz sera donc:

CO^2 du gazogène	4,352	= m c 111,718.
CO de CO	18,135	
Az du gazogène	44,249	
Az de l'air secondaire	45,022	

En prenant les 2 0/0 d'oxygène en excès sur ce volume, nous aurons:

$$0{,}02 \times 111{,}718 = \text{m c } 2{,}235 \text{ O.}$$
$$2{,}235 \times \frac{79}{21} = \text{m c } 8{,}410 \text{ Az.}$$

Le volume des gaz deviendra:

CO^2 du gazogène	4,352	22,487	= m c 122,403
CO^2 de CO	18,135		
Az du gazogène	44,249	97,681	
Az de l'air secondaire	45,022		
Az de l'air secondaire en excès	8,410		
O		2,235	

Soit en 100 parties:

CO^2	= 18,37
O	= 1,81
Az	= 79,82
	100,00

Le volume de l'air secondaire est:

Az strictement nécessaire	45,022	53,432	= m c 67,635
Az en excès	8,410		
O théorique	11,968	14,203	
O en excès	2,235		

Volume total des fumées:

m c 131,801.

D Chaleur emportée par les produits volatils.

Pour la houille type 3. D = 16.999 Cal

E Chaleur du coke rouge à 950°.

Pour la houille type 3. E = 24.585 Cal

F_2 pertes par rayonnement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons vu que le four Siemens à 8 cornues perd 55.933 Cal par heure.

Soit par kg 100 de houille $\frac{55{,}933 \times 24 \times 100}{7{,}200} = 18.644$ Cal

G Formation des carbures lourds, goudron.

Pour la houille type 3. G = 2.547 Cal

BALANCE

C	22,434 Cal	C'	57.370 Cal
B	29,243	D	17.999
Aa_1	72,410	E	24.585
C_1	22,275	F_2	18.644
	146,422 Cal	G	2.547
		X (par différence)	25.277
			146.422 Cal

Chaleur de décomposition $x = X - B + G = 25{,}277 - 29{,}243 + 2{,}547 = -1.419$ Cal

3° *Récupérateur. — Chaleur fournie.*

C' Chaleur apportée par les fumées à 1.050°.

Nous venons de trouver. C' = 573.70 Cal

Chaleurs dépensées.

C Chaleurs emportées par les fumées à 600°.

CO^2 du gazogène	= 4,352 × 297,951 =	1.297 Cal
CO^2 de CO.	= 18,135 × 297,951 =	5.403
HO coke	= 1,104 × 740,796 =	818
HO non décomposé. . .	= 2,388 × 740,796 =	1.769
HO de H	= 5,803 × 740,796 =	4.299
Az du gazogène	= 44,249 × 190,131 =	8.413
Az de l'air secondaire .	= 45,022 × 190,131 =	8.560
Az en excès.	= 8,410 × 190,131 =	1.599
O en excès.	= 2,235 × 190,131 =	425
SO_3	= 0,103 × 638 =	66
		C = 32.649 Cal

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

F_3 Pertes par rayonnement.

Nous avons trouvé, par heure. 7.158 Cal

$$F_3 = \frac{7{,}158 \times 24 \times 100}{7{,}200} = \ldots\ldots \quad 2.386 \text{ Cal}$$

BALANCE

C = 57.370 Cal	C	= 32.649 Cal
	F_3.	= 2.386
	Par différence, chaleur emportée par l'air chaud.	= 22.735
		C' = 57.370 Cal

Nous trouvons C' par différence de la chaleur apportée dans le récupérateur par les fumées à 1,050° et de la chaleur emportée par ces mêmes fumées à 600° augmentée de la chaleur perdue par les parois du récupérateur.

Nous possédons ainsi tous les éléments des phénomènes thermiques qui se produisent dans un four Siemens à 8 cornues.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES

Ire PARTIE

Pages.

I. Examen des réactions thermiques qui se produisent dans la distillation de la houille..... 239
II. Recherche de la chaleur de la distillation de la houille..... 241
III. Réactions internes qui se produisent dans la distillation de la houille..... 242
IV. Classification des combustibles d'après leur composition élémentaire 244
V. Détermination des quantités de chaleur dégagées et absorbées par la volatilisation dans la distillation..... 247
VI. Equation des chaleurs..... 264
VII. Détermination du Terme A. — Chaleur apportée par le combustible. 266
VIII. Terme B. — Chaleur produite par les matières volatiles..... 267
IX. Terme C. — Perte de chaleur par les fumées..... 267
X. Terme D. — Pertes par les produits volatils de la distillation.. 271
XI. Terme E. — Pertes par le coke rouge..... 273
XII. Terme F. — Pertes pour les maçonneries, par les têtes de cornues, foyers, etc..... 275
XIII. Terme G. — Pertes par le mâchefer..... 278
XIV. Application des résultats précédents à la résolution de l'équation fondamentale des chaleurs..... 279
XV. Equation des chaleurs par les types de houilles nos 2, 3, 4..... 280
XVI. Equation des chaleurs pour la houille no 3 distillée dans le four Siemens à 8 cornues..... 289
XVII. Observations sur les résultats précédents. — Comparaison des 3 types de houille 2, 3, 4..... 296
XVIII. Comparaison du four ordinaire et du four Siemens..... 304
XIX. Discussion des résultats de la distillation de la houille no 3 dans le four Siemens..... 311
XX. Répartition de la chaleur produite dans un four pendant toute la durée de la distillation..... 324

IIe PARTIE. — ANNEXES.

1. Détermination des températures. Calorimètres..... 343
2. Chaleurs d'échauffement des gaz aux différentes températures..... 369
3. Chaleurs d'échauffement du carbone aux différentes températures..... 376

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.
4. Pertes par les maçonneries, têtes de cornues, foyer, etc.... 379
5. Équation des chaleurs pour la houille n° 2 dans les fours ordinaires..... 409
6. Équation des chaleurs pour la houille n° 3 dans le four Siemens..... 412

TABLEAUX

Ire Partie. — I. Classification des combustibles naturels d'après Regnault et Mahler..... 246
II. Classification des houilles à gaz d'après Ste-Claire-Deville..... 246
III. Tourbe essayée dans une petite cornue..... 248
IV. Charbon n° 5..... 250
V. Charbon n° 4..... 252
VI. Charbon n° 3..... 254
VII. Charbon n° 2..... 256
VIII. Charbon n° 1..... 258
IX. Etude de la distillation des divers combustibles..... 260
X. Réactions thermiques des différents combustibles par kg 100. de matières..... 261
XI. Chaleurs produites et dépensées dans la distillation de kg 100 de charbon n° 2, fours ordinaires..... 282
XII. Chaleurs produites et dépensées dans la distillation de kg 100 de charbon n° 3, fours ordinaires..... 284
XIII. Chaleurs produites et dépensées dans la distillation de kg 100 de charbon n° 4, fours ordinaires..... 286
XIV. Chaleurs produites et dépensées dans la distillation de kg 100 de charbon n° 3. Fours Siemens..... 290
XV. Chaleurs produites et dépensées dans la distillation de kg 100 de charbon n° 3. Résumés..... 292
XVI. Chaleurs produites et dépensées dans la distillation de kg 100 de charbon n° 3 en centièmes..... 294
XVII. Récapitulation générale..... 296

Annexes. — XVIII. Fer..... 355
XIX. Nickel..... 357
XX. Méthode calorimétrique pour la mesure des températures.... 367
XXI. Méthode calorimétrique pour la mesure des températures... 368
XXII. Graphite..... 377

PLANCHES

Ire Partie.— Pl. III. Fig. 1 et 2 Four ordinaire à 7 cornues
Fig. 3 Chaleurs produites et dépensées par kg 100 de houille.
— 4 et 5 Fours Siemens à 8 cornues.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig.	1	Comparaison du four ordinaire à 7 cornues du four Siemens à 8 cornues.
—	7 à 12	Distribution des courants gazeux.
—	13	Décomposition de l'acide carbonique dans le gazogène.
Fig.	14, 14 *bis*, et 15	Progression de la température pendant la distillation.
Fig.	16 et 17	Rendement en gaz de kg 100 de charbon n° 2 et de charbon n° 4, pendant les 4 heures de distillation.
Pl. IV. —	1	Production horaire de gaz. Charbon n° 2.
—	2	Production de gaz toutes les demi-heures. Charbon n° 2.
—	3	Production horaire de gaz. Charbon n° 3.
—	4	Production horaire de gaz. Charbon n° 4.
—	5	Production de gaz toutes les demi-heures. Charbon n° 4.
—	6 et 7	Préparation des matières volatiles pendant la distillation.
—	8	Répartition des chaleurs produites pendant la distillation charbon n° 2.
—	9	Répartition des chaleurs produites pendant la distillation. Charbon n° 3.
—	10	Répartition des chaleurs produites pendant la distillation. Charbon n° 4.

IIe Partie. — Pl. IV. Fig. 11. Pyromètre Le Chatelier.

Fig.	12 et 13	Calorimètres.
Pl. V. —	1	Chaleur d'échauffement du fer.
—	2	Chaleur d'échauffement du nickel.
—	3, 4, 5, 6	Calorimètres. Accessoires.
—	7	Chaleur d'échauffement du graphite.
—	8, 9, 10	Calorimètres pour mesurer les pertes par rayonnement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Gaz à l'eau carburé. — Son emploi dans les usines à gaz de houille.

Par M. Henri SOSPISIO.

(DE TRIESTE).

I

Dans une brillante et mémorable conférence, tenue par le Dr William Siemens, à la « Glascow science lecture Association » sur le « *Gas and Electricity as heating agents* » le 17 janvier 1881, le grand savant prévoyait l'époque non éloignée où l'emploi pratique et presque général des combustibles gazeux serait un fait accompli.

D'après Siemens, la solution du problème consistait à munir les villes de deux systèmes distincts de conduites ; l'un pour le gaz d'éclairage, l'autre pour le gaz de chauffage. Et cela, en employant à l'éclairage le gaz le plus riche, produit dans les premières heures de la distillation de la houille, et au chauffage, celui moins riche obtenu dans les derniers moments de la distillation.

Si, de nos jours, on peut considérer la prédiction de Siemens comme étant bientôt réalisée en ce qui regarde l'usage des combustibles gazeux sur vaste échelle, il n'en est pas de même des méthodes pratiques employées pour y arriver.

Dans ces derniers temps, surtout, la division entre gaz d'éclairage et gaz de chauffage a beaucoup perdu de son

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ancienne valeur ; et les tendances modernes feraient presque présager comme prochain le jour où il sera réservé aux usines à gaz de produire uniquement du gaz calorifique qui pourra être utilisé directement soit sans le carburer, soit peut-être carburé, pendant quelques heures de la journée seulement.

Les grands résultats auxquels on est arrivé ont pour cause les progrès obtenus ces dernières années dans la technique de la fabrication et de l'utilisation du gaz. Mais ceux-ci ne sont pas encore complets ; il y a encore beaucoup de chemin à parcourir pour arriver au but, qui ne s'atteindra qu'en produisant le gaz plus économiquement pour pouvoir arriver à le vendre de même.

Et la preuve que tous tendent à ce but, ce sont les grandes et continuelles transformations qu'on fait dans les usines à gaz ; à tel point que rares sont les grandes usines qui, dans ces derniers temps, n'ont pas remplacé la main-d'œuvre, coûteuse et pénible, de l'ouvrier, par celle mécanique, plus économique et plus facile.

Ces transformations apportent une certaine économie dans les frais de production en réduisant la main-d'œuvre ; mais, jusqu'à présent, les frais de matières premières restent à peu près constants.

Aujourd'hui, l'économie dans la matière première a une importance beaucoup plus grande que par le passé, puisque les combustibles deviennent plus rares, que leur consommation augmente outre mesure, et que leur prix a atteint la plus haute limite.

Dans ces conditions, tous nos efforts doivent tendre à obtenir d'un kilogramme de charbon, le plus haut rendement possible, et nous ne devons pas nous limiter, comme on le fait actuellement, à gazéifier au plus 16 0/0 du charbon employé, obtenant à peine, dans le gaz produit, 20 0/0 de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

son pouvoir calorifique; tandis qu'il est possible de gazéifier 60 0/0 et de recueillir presque 85 0/0 de la puissance calorifique de la houille.

Or, il est maintenant possible d'atteindre ce résultat avec la fabrication du gaz à l'eau jointe à celle du gaz de houille.

L'invention du gaz à l'eau est une gloire de l'Italie; elle est presque contemporaine de celle du gaz de houille. On la doit au célèbre physicien Félix Fontana, né dans le district de Roveredo, le 15 avril 1730, mort à Florence, le 11 janvier 1805.

Parmi les célèbres ouvrages de Fontana, ceux qui le distinguent davantage et lui ont valu une réputation impérissable, sont assurément les ouvrages qui traitent du gaz à l'eau. Au cours d'une expérience, Fontana observa qu'en faisant passer un jet de vapeur d'eau à travers une colonne de charbon portée à l'incandescence, celui-ci se décomposait et produisait un gaz inflammable.

Plus tard, après les expériences de Cavendish, ce gaz fut reconnu comme étant composé d'hydrogène et d'oxyde de carbone, et fut nommé : *gaz à l'eau.*

La fabrication du gaz à l'eau est si simple, qu'on s'étonne qu'elle n'ait pas été pratiquée plutôt que celle du gaz de houille, dont la fabrication plus compliquée a fait tant de progrès en même temps.

Le motif qui explique le retard apporté dans l'application du gaz à l'eau, est qu'on ignora longtemps le moyen pratique de chauffer économiquement le charbon qui servait à la fabrication du gaz d'eau. Ce n'est que plus tard que Faber Dufaur le découvrit vers 1837, et que Frédéric et W. Siemens le perfectionnèrent, vers 1860. C'est la fabrication du gaz d'air ou gaz de gazogène, qui a tant d'importance dans les systèmes modernes de fabrication du gaz à l'eau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

II

Les systèmes de fabrication du gaz à l'eau peuvent se réduire à deux. Dans le premier, le charbon est placé dans une cornue qui est chauffée extérieurement et portée à l'état incandescent. Dès que ce dernier état est atteint, il ne reste qu'à faire passer un jet de vapeur d'eau à travers les charbons incandescents, et l'on obtient ainsi le gaz à l'eau. Par suite de son peu de rendement thermique, causé par la difficile transmission de la chaleur à travers ces cornues, ce système a été abandonné pour employer exclusivement le second, qui comprend deux périodes différentes. Dans la première période, le charbon, déposé dans une chambre sur une grille, est porté à l'incandescence par un puissant courant d'air envoyé sous la grille. Une fois la température nécessaire atteinte, on injecte, à travers les charbons incandescents, un jet de vapeur d'eau et l'on obtient comme résultat final, du gaz à l'eau, théoriquement, composé de 50 0/0 d'hydrogène et de 50 0/0 d'oxyde de carbone.

La forte proportion d'hydrogène contenu dans le gaz à l'eau lui donne une grande puissance calorifique ; mais en même temps, la grande quantité d'oxyde de carbone qu'il contient explique les propriétés vénéneuses de ce gaz.

La même composition du gaz à l'eau nous indique, outre sa grande puissance calorifique, qu'il n'a pas de pouvoir éclairant, et n'est susceptible d'aucune variation à cet égard, quelle que soit la température ou la pression sous lesquelles on l'emploie. En pratique, néanmoins, la composition du gaz à l'eau diffère un peu de celle indiquée puisque le résultat mentionné plus haut est le dernier mot de la perfection, auquel on n'arrive jamais dans les productions industrielles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La décomposition de la vapeur d'eau, au contact du charbon incandescent, devrait théoriquement se produire selon la formule :

$$C + H^2\,O = CO + H^2$$

c'est-à-dire, que 12 kg de charbon, plus 18 de vapeur d'eau devraient produire 30 kg de gaz à l'eau ; mais, en faisant passer sur le charbon incandescent la vapeur d'eau, celle-ci enlève de la chaleur à celui-là; et, la température des charbons s'abaissant, la réaction change.

Des études faites par Harris, sous les auspices du Dr Bunte, sur la décomposition de la vapeur d'eau par le charbon incandescent à diverses températures, il résulte que la température des charbons s'abaissant, la décomposition s'opère d'une façon moins parfaite; et l'on obtient un gaz moins riche en oxyde de carbone, qui contient plus d'acide carbonique.

Les résultats obtenus par Harris dans ses expériences sont les suivants :

TEMPÉRATURE EN C°	COMPOSITION DU GAZ D'AIR PRODUIT p. 0/0 EN VOLUMES			VAPEUR D'EAU 0/0	
	Hydrogène	CO	CO^2	décomposée	non décomposée
674	65,2	4,9	29,8	8,8	91,2
758	65,2	7,8	27	25,3	74,7
838	62,4	13,1	24,5	34,7	65,3
838	61,9	15,1	22,9	41	59
861	59,9	18,1	21,9	48,2	51,8
954	53,3	39,3	6,8	70,2	27,2
1.010	48,8	49,7	1,5	94,0	6
1.060	50,7	48	1,3	93	7
1.127	50,9	48,5	0,6	99,4	0,6

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces résultats démontrent que vers 600 à 700° la réaction s'opère selon la formule :

$$C + 2\,H^2O = CO^2 + 2\,H^2$$

que seulement à la température d'environ 1000°, on a une décomposition parfaite, selon la formule

$$C + H^2O = CO + H^2;$$

que toute la vapeur d'eau est décomposée et l'acide carbonique est transformé en oxyde de carbone.

Si le générateur pouvait se maintenir constamment à la température d'environ 1000 C, alors tout irait bien ; mais, vers la fin de la période d'injection de la vapeur d'eau, la température se sera abaissée, et alors la décomposition sera rendue imparfaite par suite de la production d'acide carbonique. Ensuite, dans le coke employé généralement à la fabrication du gaz, on a toujours un peu de soufre ; et, au contact de l'hydrogène, celui-ci forme de l'hydrogène sulfuré, qui modifie le gaz d'eau.

Cela fait que la composition moyenne du gaz d'eau, industriellement produit, est :

Hydrogène	H.....	46,60
Oxyde de carbone....	CO.....	45,60
Azote.....	Az.....	4,30
Acide carbonique....	CO^2.....	2,30
Hydrogène sulfuré....	H^2S.....	1,20
		100,00

La nécessité d'obtenir une haute température dans les charbons qui servent à la décomposition de la vapeur d'eau, et les difficultés d'arriver à celle-ci par la transmission à travers les parois, qui doivent être assez résistantes, ont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

amené à faire dans le générateur même la combustion d'une partie de charbon pour atteindre la température voulue.

Dans ce but, on établit un fort courant d'air au travers des charbons contenus dans l'appareil générateur; cet air active leur combustion, et l'oxygène contenu dans l'air se transforme d'abord en acide carbonique qui, au contact des couches supérieures de charbon, se convertit à son tour en oxyde de carbone, comme il arrive dans les gazogènes producteurs de gaz d'air ou gaz Siemens.

A côté, et comme phase initiale de la production du gaz à l'eau, nous avons celle du gaz d'air qui, dans quelques appareils, est employé pour la gazéification des carburants de gaz à l'eau ; dans d'autres appareils, au contraire, il est consommé pour maintenir à une haute température le générateur du gaz à l'eau ; dans d'autres enfin, il reste libre pour tous autres usages de chauffage auxquels on veut le destiner.

Les appareils inventés pour la production du gaz d'eau sont nombreux ; de sorte que leur étude nous entraînerait fort loin, surtout si nous voulions nous étendre sur leur histoire et leur conformation détaillée. Toutefois, celui qui désirerait l'entreprendre, pourrait avec beaucoup de profit consulter sur ce sujet l'ouvrage de M. Geitel : « Das Wassergas ». C'est pourquoi, nous bornerons notre examen à quelques appareils qui, maintenant, sont les plus en usage et qui ont trouvé plus large application, dans la pratique.

On peut classer en deux grandes catégories les appareils jusqu'ici inventés pour la production du gaz à l'eau. La première, celle dans laquelle le charbon est chauffé à part, et la seconde, celle dans laquelle le charbon est porté à l'incandescence dans le générateur, moyennant une combustion partielle du charbon même.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les appareils de la première catégorie, comme nous l'avons dit, sont aujourd'hui à peu près abandonnés, à cause de leur faible rendement thermique.

Les appareils de la seconde catégorie peuvent se subdiviser en deux classes : dans la première, sont placés les appareils qui produisent seulement du gaz à l'eau, qui est employé tel quel ou carburé dans des appareils à part. Dans la seconde, sont placés, au contraire, les appareils dans lesquels se produit directement du gaz à l'eau carburé.

Parmi les appareils de la première classe, à présent le plus en usage, se placent ceux de Strache et Dellwick-Fleischer.

III

L'appareil Strache est un générateur qui peut servir à la production du gaz à l'eau avec n'importe quelle qualité de combustible ; ainsi, dans cet appareil, on peut employer la houille, le lignite, le coke ou l'anthracite.

Partant des résultats obtenus avec l'expérience qui, pour une bonne conduite du générateur, demande que le combustible employé soit le plus possible privé de matières volatiles, Strache imagina un appareil dans lequel, quand on emploie le charbon à gaz ou le lignite, ces combustibles, avant de servir à la fabrication du gaz à l'eau, sont convertis en coke, par la chaleur de la vapeur qui s'est fortement surchauffée, en traversant le combustible, et par la combustion d'une petite partie du gaz à l'eau lui-même.

Cet appareil se compose d'un générateur A, alimenté de combustible par une trémie B, munie d'une fermeture hermétique, d'un régénérateur R et d'un récupérateur I.

Après avoir porté à l'incandescence le combustible contenu dans le générateur, on fait passer à travers le coke

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

incandescent une colonne d'air au moyen d'un ventilateur placé au bout de la conduite situé dans le récupérateur I. Cet air, après avoir traversé le récupérateur I, si la soupape L est convenablement placée, viendra dans la partie inférieure du générateur.

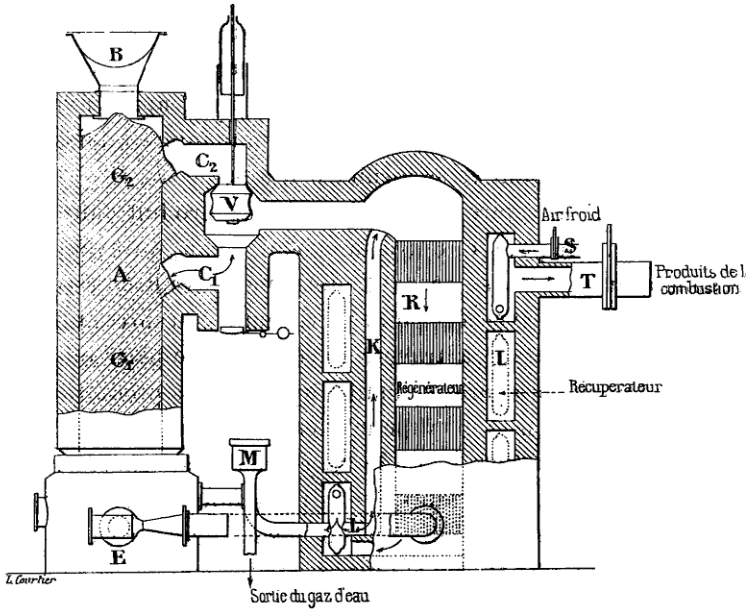


FIG. 1.

L'air, ainsi injecté dans le générateur, en traversant le coke incandescent, produira une forte combustion avec formation d'acide carbonique qui, à son tour, traversant le charbon incandescent placé dans la partie supérieure du générateur se transformera en oxyde de carbone (gaz de gazogène).

Ayant placé la soupape V dans la position la plus haute, le gaz de gazogène produit passera par le conduit C dans le régénérateur où il brûlera en se combinant avec de l'air

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

amené là à l'aide d'une conduite K ; et les produits de la combustion, étant obligés de traverser le régénérateur R avant de passer dans la cheminée, céderont au régénérateur la plus grande partie de la chaleur qu'ils contiennent.

Dès que la température nécessaire est atteinte dans toutes les parties de l'appareil, on supprime l'accès de l'air ; on charge le générateur avec de la houille jusqu'au sommet, on abaisse la soupape V, l'on ferme la soupape ST et l'on met en action l'injecteur E à jets de vapeur, après avoir disposé en temps voulu la soupape M, de manière à laisser libre issue au gaz qui va se former peu à peu.

L'injecteur E aspire une partie du gaz produit dans le générateur et le pousse, uni à la vapeur d'eau, à travers le régénérateur R où il se réchauffe fortement avant d'arriver au conduit C_2. Arrivée à ce point, la vapeur d'eau surchauffée est obligée de passer à travers le combustible placé en G_2 qu'elle échauffe d'abord et distille ensuite. Les produits de la distillation unis à la vapeur d'eau traversent après la couche de combustible G, où la vapeur d'eau se transforme en gaz d'eau, et les produits de la distillation se décomposent ; le gaz ainsi produit sort du générateur par la soupape M pour se rendre à l'épuration et au gazomètre.

Pendant le passage de la vapeur d'eau, la température du récupérateur et celle du générateur s'étant abaissées, on répète la première phase de l'opération. Parvenu de nouveau à la température voulue, on reprend la seconde période, celle de la production du gaz à l'eau.

Ces opérations durent en général dix minutes pour l'injection de l'air et la production du gaz Siemens, et cinq minutes pour l'injection de la vapeur et la production du gaz à l'eau.

Le gaz Siemens produit dans le générateur en excédent de celui nécessaire au réchauffement du récupérateur et du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

générateur, est recueilli en T pour être employé à d'autres usages.

Avec des appareils un peu importants, Strache évalue à 4^{m3} le gaz Siemens qui peut être produit par chaque kg de combustible employé pour la production du gaz à l'eau. Une assez faible partie de ce gaz est employée à la vaporisation de l'eau ; il en reste davantage pouvant être employé à d'autres usages.

Le gaz Siemens abandonne l'appareil à environ 1000° ; et, en tenant compte de sa puissance calorifique, qui par m^3 est d'environ 900 calories, on peut évaluer approximativement à 4.000 calories celles qu'on peut utiliser à des usages étrangers par chaque m^3 de gaz à l'eau fabriqué.

Selon Strache, la proportion de coke nécessaire à la production d'un m^3 de gaz à l'eau dans ses appareils, à l'aide de vapeur surchauffée à diverses températures, est donnée par le tableau suivant :

TEMPÉRATURE de L'AIR C°	TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR EN DEGRÉS CENTIGRADES										
	0°	100°	200°	300°	400°	500°	600°	800°	1.000°	1.200°	1.500°
1°	2,06	2,03	1,99	1,94	1,89	1,84	1,78	1,66	1,49	1,32	1,01
100°	1,76	1,73	1,69	1,66	1,62	1,58	1,53	1,42	1,29	1,14	0,89
200°	1,53	1,51	1,48	1,45	1,41	1,39	1,33	1,25	1,14	1,01	0,80
300°	1,37	1,36	1,33	1,31	1,27	1,24	1,20	1,13	1,03	0,92	0,73
400°	1,25	1,23	1,21	1,19	1,16	1,13	1,10	1,03	0,94	0,85	0,68
500°	1,15	1,13	1,11	1,09	1,07	1,04	1,01	0,96	0,88	0,79	0,64
600°	1,07	1,05	1,04	1,02	0,99	0,97	0,95	0,89	0,82	0,74	0,61
1.000°	0,86	0,85	0,84	0,82	0,80	0,79	0,77	0,73	0,68	0,62	0,53

Dans les petits appareils Strache, la consommation de charbon à gaz par m^3 de gaz produit est de kg 0,80 à kg 1,00,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tandis que, dans les grands appareils, Strache espère atteindre la limite de kg 0,500 par m^3.

La composition du gaz à l'eau produit par l'appareil Strache est en moyenne la suivante :

Hydrogène	50
Oxyde de carbone	40
Acide carbonique	4
Azote	5
Hydrogène sulfuré	0,40

avec des traces d'oxygène, de gaz des marais et de fer-carbonyle.

L'hydrogène sulfuré est enlevé au gaz par la méthode habituelle d'épuration à l'aide d'oxydes métalliques, et le fer-carbonyle qui, s'il était laissé dans le gaz, endommagerait fortement les manchons Auer, est enlevé avec l'acide sulfurique ou avec des tubes de fer fortement rougis.

Strache est partisan de l'emploi exclusif du gaz à l'eau, non carburé, pour l'éclairage, avec les manchons Auer ou avec les peignes « Fahnehjelm » ; avec les manchons Auer, il a été employé tel quel pour l'éclairage de l'hôpital principal de Vienne.

En cas de fuite, le gaz à l'eau pur, étant privé d'odeur et contenant environ 40 0/0 d'oxyde de carbone, présente de sérieux dangers ; c'est pourquoi, il est recommandé d'y introduire artificiellement une odeur piquante que l'on obtient avec quelques substances volatiles, comme le mercaptone, et, plus économiquement encore, ainsi que le conseille Strache, avec la carbilamine du Dr Jahoda.

Le prix de revient du gaz à l'eau produit avec le système Strache varie beaucoup selon qu'on a ou qu'on n'a pas l'emploi du gaz d'air produit en même temps ; c'est pourquoi il convient d'étudier dans chaque cas s'il est avantageux d'adopter cet appareil.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Strache, qui, comme nous avons déjà dit, est grand partisan de l'emploi du gaz à l'eau pur, même pour l'éclairage (ce que je ne crois pas sans danger, dans la plupart des cas), indique dans son traité, « Das Wassergas », beaucoup de données sur les frais d'installation et d'exploitation d'usines à gaz à l'eau; données qui n'ont cependant pas encore obtenu jusqu'ici la sanction d'une grande application ; mais qui peuvent être avantageusement consultées, lorsqu'on doit étudier une installation de gaz à l'eau.

IV

Contrairement à ce qui arrive dans l'appareil Strache, avec celui de H. Dellwik-Fleischer, on ne produit que du gaz à l'eau sans gaz d'air. Dellwik, considérant que les calories mises en liberté par la combustion d'une molécule-gramme de carbone, transformée en oxyde de carbone, sont de 28.800 ; tandis qu'on peut obtenir avec la combustion d'une molécule-gramme de carbone transformée en acide carbonique jusqu'à 96.600 calories, a cherché à éviter dans son gazogène la production de l'oxyde de carbone en réduisant la hauteur du combustible, et réglant la pression du vent en temps opportun, dans le but d'obtenir la transformation complète du carbone en acide carbonique.

Ainsi, Dellwik retient dans le gazogène une plus grande partie des calories disponibles pour le chauffage du charbon, et, pourtant, la durée proportionnelle de l'injection de vapeur est plus grande et, conséquemment, plus grande est aussi la quantité de gaz à l'eau produite par kg de charbon employé.

Le gazogène Dellwik-Fleischer se compose d'un générateur en fer revêtu intérieurement de matière réfractaire et pourvu de deux trémies de chargement, afin que l'alimen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tation se fasse alternativement des deux côtés, et que la hauteur du combustible dans le gazogène ne subisse aucune variation, ceci pour éviter tout changement de vitesse du courant gazeux.

Le générateur est muni d'une vanne B commandant la cheminée d'évacuation des produits de la combustion ; d'une grille C, de deux portes P et E pour enlever le mâchefer et les cendres, de deux issues U U, de la soupape V, pour la sortie du gaz à l'eau produit ; de deux tubes d'adduction de la vapeur D D, et d'un tuyau d'entrée muni de soupape pour l'air nécessaire au chauffage. L'appareil fonctionne comme suit :

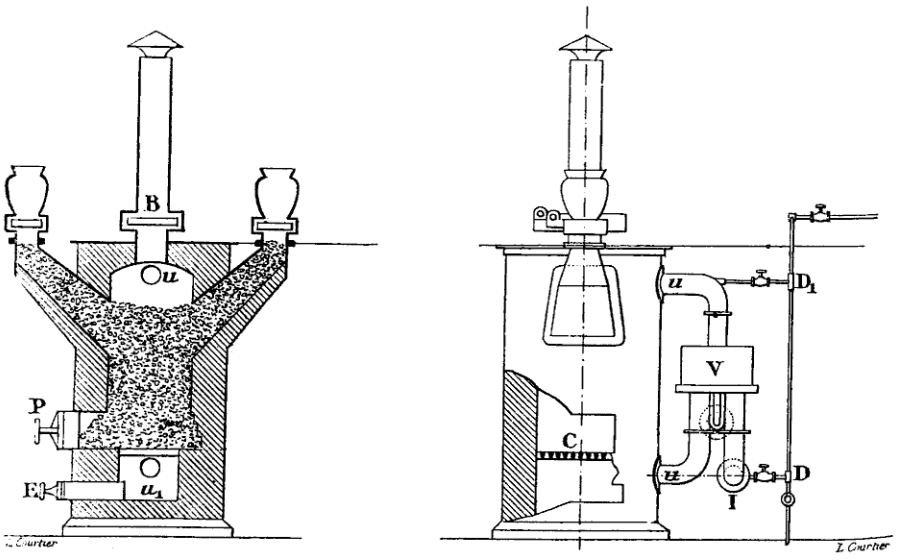


FIG. 2.

Ayant porté à l'incandescence de la manière habituelle, le coke qui se trouve dans le générateur, on injecte dans la partie inférieure, la vapeur d'eau par le tuyau D, et l'on recueille le gaz à l'eau produit, par le tuyau U ; la tempé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rature s'étant quelque peu abaissée dans la partie inférieure du gazogène, ou intervertit alors l'injection de la vapeur en l'introduisant par le tuyau D et l'on recueille le gaz par le tuyau U. Le gaz produit va de là à l'épuration et au gazomètre par le tube J.

Les deux périodes sus-indiquées étant terminées, après avoir fermé l'accès de la vapeur et manœuvré en temps voulu la soupape V, on ouvre la vanne B, et l'on envoie l'air pour le chauffage du générateur.

La période d'introduction de l'air dure de 1 à 1 1/4 minute et celle de la gazéification de 8 à 10 minutes.

La composition moyenne du gaz d'eau produit dans l'appareil Dellwik est la suivante :

Acide carbonique.....	(CO^2).....	4,65	0/0
Hydrocarbures lourds.	(C^nH^{2n}).....	0,05	—
Oxygène.....	(O).....	0,20	—
Oxyde de carbone....	(CO).....	39,65	—
Gaz des marais.....	(CH^4).....	0,82	—
Hydrogène.....	(H).....	50,80	—
Azote.....	(Az).....	3,83	—

Avec l'appareil Dellwik-Fleischer, on peut obtenir aussi m^3 2,48 de gaz par chaque kg de carbone employé, comme à Kœnigsberg ; et le gaz produit, après l'épuration, peut être carburé dans un appareil à part, soit par le benzol, soit par l'huile de naphte avec les quantités variables, nécessaires pour obtenir du gaz au titre voulu.

Dellwik a aussi étudié un gazogène pour la production du gaz à l'eau en utilisant les charbons contenant des matières volatiles, comme le charbon à gaz et le lignite. Cet appareil est représenté à la figure 3 ; on y voit comment les gaz produits pendant la combustion, avant de se rendre dans la cheminée, doivent passer sous la sole, sur laquelle est déposé le charbon à distiller ; et cela, pour empêcher

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que les combustibles collants s'attachent aux parois du gazogène.

Une fois converti en coke, le combustible glisse peu à peu au fond du générateur en formant une couche irrégulière, et est transformé en gaz à l'eau par le système men-

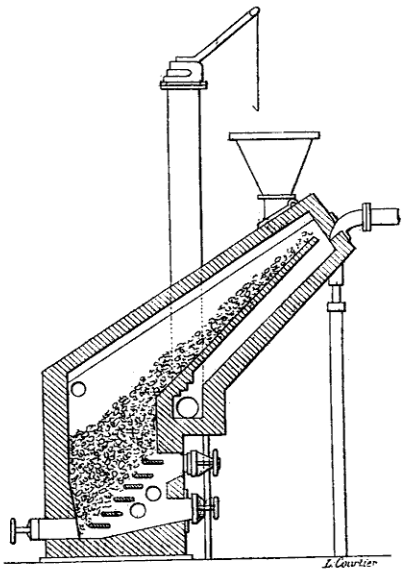


Fig. 3.

tionné plus haut. Sur ces générateurs, on n'a cependant aucune donnée positive de la pratique et on connaît peu leur rendement.

A cause de ses grandes qualités, le système Dellwik a eu, ces dernières années, en Allemagne spécialement, de nombreuses et grandes applications. Il s'emploie surtout pour la production du gaz à l'eau carburé par le benzol, pour le mélanger avec le gaz de houille.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

V

Le gaz à l'eau produit avec les générateurs Strache et Dellwik, bien que d'une haute puissance calorifique n'est pas éclairant, à cause de la complète absence d'hydrocarbures. Pour obvier à cet inconvénient dans nos usines, on carbure le gaz à l'eau après l'avoir produit.

La carburation s'effectue normalement de deux manières qui dépendent des circonstances spéciales des diverses usines. Ces deux manières de carburation les plus en usage sont celle par le benzol, et celle par le pétrole et les huiles de naphte. En employant le benzol, la carburation du gaz à l'eau est une opération fort simple : il suffit d'installer un appareil du système Rau et de faire tomber goutte à goutte, dans l'appareil, la quantité de benzol nécessaire pour obtenir le titre voulu.

Au contraire, en faisant la carburation avec l'huile de naphte, l'opération est alors quelque peu compliquée, puisqu'il faut produire séparément le gaz d'huile à un titre suffisant, le mêler au gaz à l'eau et fixer ce nouveau gaz d'huile au gaz à l'eau.

Pour obtenir une bonne carburation du gaz, on ne doit pas oublier que, dans l'appareil de carburation, doivent passer, en temps égaux, des volumes égaux du gaz à carburer et d'égales quantités de carburant ; puis, que la température ambiante des appareils de carburation, doit être à peu près constante.

L'appareil employé par Dellwik pour la carburation du gaz à l'eau par l'huile, est du système Mayer ; et se compose d'un four à cornues en fonte disposées en deux rangées, une inférieure et l'autre supérieure. Les cornues du rang inférieur sont liées à celles du rang supérieur par une pièce placée dans la partie postérieure du four.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le gaz à l'eau entre par la partie inférieure de la cornue, réglé par une soupape spéciale; c'est aussi de ce côté qu'on injecte dans la cornue, par un tuyau spécial et à l'aide d'une pompe, l'huile qui doit être volatilisée.

A la température d'environ 700°, qui est celle que doit avoir la cornue, l'huile se volatilise et les vapeurs d'huile se mêlent au gaz d'eau. Le mélange traverse la cornue supérieure dans laquelle, par effet de la température, les gaz se fixent, donnant un gaz carburé permanent aux températures et pressions ordinaires. A la sortie de la cornue, le gaz passe d'abord par les condensateurs, puis aux scrubbers et à l'épuration, pour se rendre au gazomètre de l'usine d'où il peut passer dans les conduits de distribution.

La figure 4 montre la disposition qu'on peut adopter pour adjoindre à une usine à gaz de charbon la fabrication du gaz d'eau carburé selon le système Dellwik-Fleischer.

La quantité d'huile de naphte que Dellwik indique comme nécessaire pour carburer son gaz à l'eau, afin qu'il puisse avoir un pouvoir éclairant de 16 bougies est de kg 0,268 pour m^3; et le combustible employé au four de carburation par la volatilisation de l'huile et la fixation des hydrocarbures, est de kg 0,170 de coke par m^3 de gaz produit.

La main-d'œuvre nécessaire pour ce four est aussi évaluée par Dellwik à environ fr 0,60 par m^3 100 de gaz produit.

Le gaz d'eau carburé avec cette méthode contient en volume 75 0/0 de gaz d'eau et 25 0/0 de gaz d'huile.

D'après Dellwik, pour la carburation du gaz à l'eau par le benzol, en admettant un mélange de 80 0/0 de gaz de charbon et 20 0/0 de gaz à l'eau, il faut gr 22 de benzol par m^3 et pour 16 bougies ; les frais de main-d'œuvre de la carburation sont négligeables.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

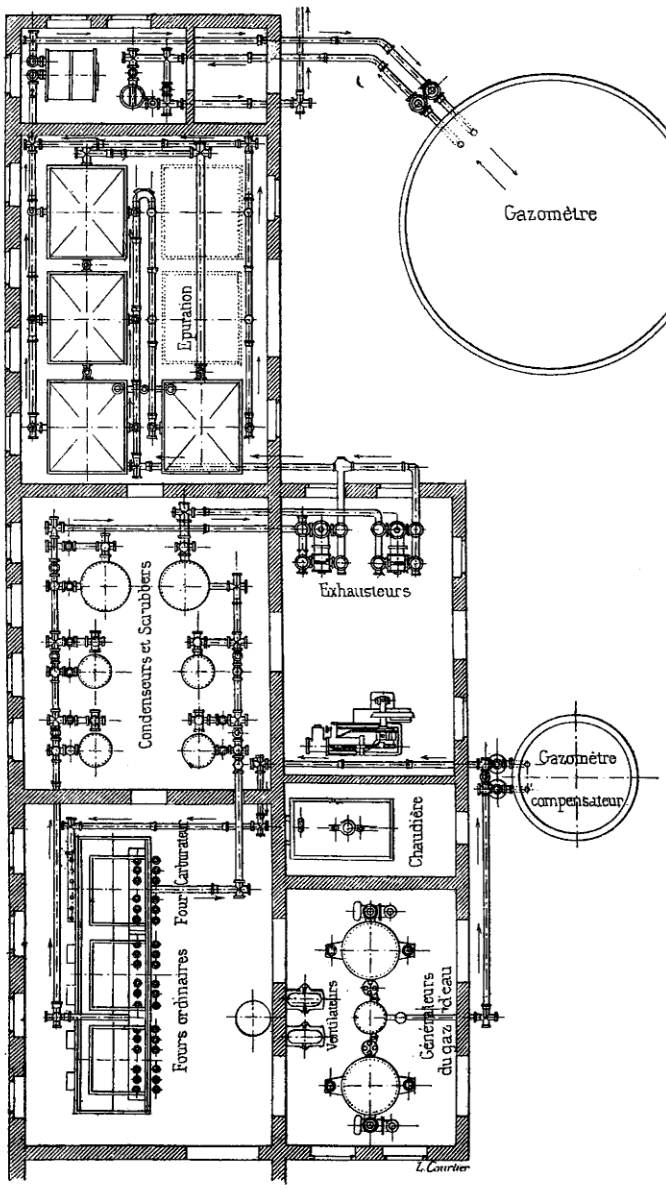


FIG. 4.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

VI

Les appareils qui produisent directement le gaz à l'eau carburé, sans avoir comme produit secondaire du gaz d'air, sont ceux qui ont reçu jusqu'ici le plus grand nombre d'applications surtout en Angleterre.

Le prototype de ces appareils est celui de Lowe qui, dans ses applications en Europe, a été plus ou moins modifié par les maisons Humphreys-Glasgow et Merrifield Westcotte et Cutler qui les ont construits.

Comme on le voit dans la figure 5, qui représente un appareil construit par MM. Humphreys et Glasgow, l'appareil se compose de trois parties : le générateur, le carburateur et le surchauffeur : ces deux derniers remplis de briques réfractaires disposées en chicane.

Ayant porté à l'incandescence le coke contenu dans le générateur, la première phase, c'est-à-dire la production du gaz d'air, commence.

Le gaz d'air produit par le générateur passe au carburateur où il trouve dès son entrée un courant d'air à la pression d'environ mm 500 de colonne d'eau.

Cet air, convenablement réglé comme quantité, produit la combustion d'une partie du gaz Siemens; et les produits de la combustion en traversant le carburateur servent à élever la température de l'appareil.

Les produits de la combustion précédente, unis à une partie du gaz Siemens non brûlée, entrent ensuite dans la partie inférieure du surchauffeur, à l'entrée duquel ils trouvent une nouvelle quantité d'air y introduite dans le but de compléter la combustion du gaz d'air; ensuite, ils sont évacués dans l'atmosphère par la cheminée.

De cette façon, le carburateur et le surchauffeur attei-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

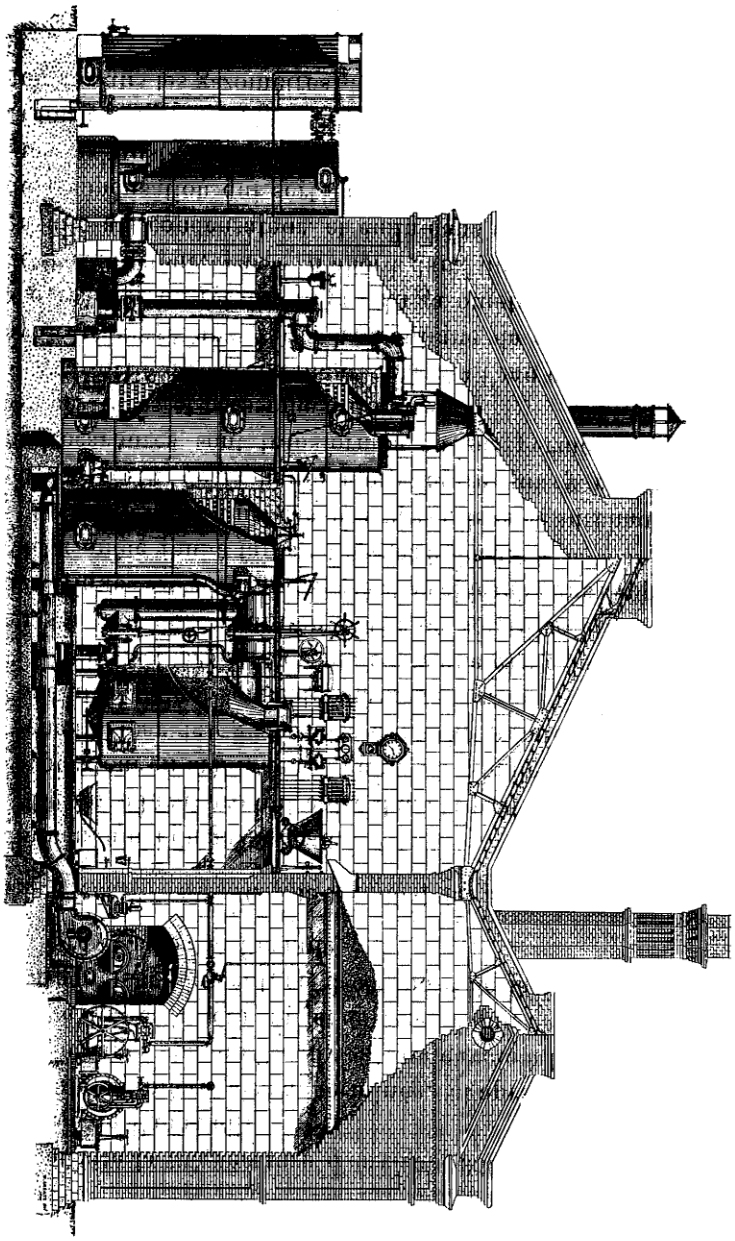


Fig. 5.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gnent vite la température d'environ 950°, qui est celle du régime de l'appareil.

Cette première période terminée, et après avoir disposé les soupapes comme il convient, on envoie à la partie inférieure du générateur un jet de vapeur qui, en traversant le charbon incandescent, se décompose de la façon indiquée d'abord et selon la formule

$$C + H^2O = CO + H^2.$$

donnant ainsi du gaz à l'eau.

Le gaz à l'eau produit entre dans la partie supérieure du carburateur en même temps qu'un jet d'huile préalablement réchauffé par les gaz brûlés dans la première phase de l'opération à leur sortie du surchauffeur.

L'huile est projetée en pluie sur une grille de fer placée au sommet du carburateur. Elle se volatilise et, à cause des briques réfractaires disposées en chicane dans l'appareil, elle se mêle tout à fait avec le gaz à l'eau.

Le gaz à l'eau ainsi carburé passe dans le surchauffeur, où, en vertu de la haute température qui y règne, les hydrocarbures sont transformés en gaz permanents aux températures et pressions ordinaires.

A la sortie du surchauffeur, le gaz à l'eau carburé, après avoir traversé une garde hydraulique de sûreté destinée à empêcher un retour du gaz du gazomètre en cas d'arrêt de l'exhausteur, passe d'abord dans un scrubber à eau; ensuite au condensateur, et enfin dans un petit gazomètre de compensation qui sert à alimenter d'une manière continue l'exhausteur par lequel il est aspiré et envoyé à l'épuration et aux compteurs de fabrication pour être ensuite amené dans les gazomètres de l'usine, prêt à être distribué en ville.

Dès que la température des appareils de génération s'est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

abaissée, la phase de la production du gaz à l'eau est interrompue pour recommencer l'injection de l'air.

La durée de l'admission d'air dans cet appareil est d'environ de 3 à 4 minutes; celle de la production du gaz, de 7 à 8.

Il est facile de comprendre qu'en faisant varier, ce qui est facile, la quantité d'huile injectée, on modifie également et en quelques minutes, le pouvoir éclairant du gaz produit, qui peut varier dans les limites les plus étendues, par exemple de 0 à 30 bougies, ou davantage, si l'on veut.

L'appareil Merrifield-Westcott Pearson ne diffère de celui de Humphreys que dans les détails de construction, le principe sur lequel il est basé est le même.

La composition moyenne du gaz à l'eau carburé, produit dans ces appareils, en employant pour la carburation de l'huile solaire, résidu de la distillation du pétrole, de la densité de 0,850 — 0,950, est la suivante :

Hydrogène	(H_1)	40,22
Gaz des marais	(CH^4)	16,80
Hydrocarbures lourds	($C^n H^{2n}$.)	8,72
Oxyde de carbone	(CO)	28,74
Acide carbonique	(CO^2)	0,00
Oxygène	(O)	0,14
Azote	(Az^3)	5,38
		100,00

Pour produire m^3 1000 de gaz à l'eau d'un pouvoir éclairant de 16 bougies, il faut environ kg 400 d'huile; et pour augmenter le pouvoir éclairant d'une bougie, entre 16 et 19 bougies, il faut kg 40 d'huile pour m^3 1000 de gaz.

Le coke nécessaire à la production de m^3 1000 de gaz est d'environ :

Pour la chaudière à vapeur	kg 300
Pour le générateur	700

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut noter cependant que les chaudières à vapeur peuvent très bien être alimentées avec le goudron qu'on obtient dans la fabrication du gaz à l'eau, et avec les résidus du générateur, en supprimant ainsi la plus grande partie du coke nécessaire à cette opération; ainsi, un m^3 de gaz peut être produit avec un peu plus de gr 700 de coke, résultats encore améliorés dans les appareils plus récents.

L'épuration du gaz à l'eau carburé est peu de chose; et l'on peut calculer qu'il faut kg 2,5 à 3 de matières épurantes pour m^3 1000 de gaz produit.

La main-d'œuvre nécessaire par 24 heures, à une batterie de gaz à l'eau carburé, capable de fabriquer m^3 35,000, épuration exclue, est de 6 à 7 hommes par équipe, y compris le service des machines et des chaudières.

L'espace occupé par une usine pour produire m^3 35,000 de gaz à l'eau carburé, y compris l'épuration, mais sans gazomètre, est d'environ m^2 500.

VII

Sans nous étendre longuement sur le rendement thermique précis que l'on obtient avec le gaz d'eau, quelques chiffres seulement serviront à démontrer clairement la supériorité de ce gaz comparé à celui produit par la distillation de la houille.

Si nous prenons pour exemple un charbon employé dans les usines à gaz et composé en moyenne de :

Carbone	80	0/0
Hydrogène	5	—
Oxygène	5	—
Azote	1,50	—
Soufre	1,50	—
Cendres	3,00	—

et si nous calculons son pouvoir calorifique, nous trouverons qu'il sera d'environ Cl 8000.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En soumettant le charbon à la distillation au moyen des procédés ordinaires, nous retirerons de ce charbon 34 0/0 en volumes de matières volatiles, qui, après la condensation et l'épuration, nous donneront 12 0/0 (en poids) de gaz, de 68 à 70 de coke, 5 0/0 de goudron et le reste d'eau ammoniacale.

Le gaz produit aura un pouvoir calorifique d'environ 12.500 Cl par kg; et, par conséquent, nous aurons à peine

$$0.\ 12 \times 12.500 = 1.500\ \text{Cl}$$

dans le gaz extrait d'un kg de houille,
au lieu des 8000 Cl qu'avait la houille; il reste environ 5.000 Cl dans le coke et environ 540 dans le goudron, résidus de la distillation.

Cependant, pour obtenir ces 1.500 Cl contenues dans le gaz, nous devons avec les meilleurs fours, dépenser en combustible 12 0/0 du poids de la houille distillée, c'est-à-dire au moins 840 Cl; de sorte que, dans la gazéification avec les procédés actuels, on aura :

$$\frac{1.500}{(8.000 + 840) - (5.000 + 540)} = 0{,}45$$

c'est-à-dire un rendement thermique de 45 0/0.

La perte considérable est facilement expliquée par la difficulté de transmission de la chaleur à travers les parois peu conducteurs et de forte épaisseur des cornues, difficulté telle que, d'après Lencauchez, le rendement thermique peut descendre même à 7 ou 8 0/0 dans des fours mal construits.

Il n'en est pas de même dans le gaz à l'eau; là, nous n'avons pas de grandes pertes par radiations, point de parois mauvaises conductrices à traverser; la chaleur est communiquée directement à la matière première que l'on veut gazéifier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Considérons, par exemple, un appareil Dellwik-Fleischer dans lequel, avec un kg de coke d'environ 6.900 Cl on obtint m^3 2,10 de gaz à l'eau, ayant 2.500 Cl par m^3. Dans cet appareil, le rendement thermique est :

$$\frac{2.10 \times 2.500}{6.900} = 0.76.$$

C'est-à-dire de 76 0/0.

En présence d'un rendement si élevé, on est persuadé que les générateurs de gaz à l'eau ne sont plus guère susceptibles de perfectionnement au point de vue du rendement, et que les modifications qu'on peut y apporter sont presque exclusivement du domaine de la construction.

Un rendement thermique aussi élevé ne se constate dans aucune machine, cela nous démontre que la fabrication du gaz à l'eau par les systèmes actuels est une des industries qui ont presque atteint la perfection dans l'utilisation des matières premières.

VIII

Un appareil pour produire du gaz à l'eau, ajouté à une de nos usines à gaz de charbon, nous apparaît comme une mesure des plus rationnelles et des plus économiques à cause des immenses avantages qu'il nous apporte.

Ces avantages sont de plusieurs espèces : avantages matériels et moraux.

La rapidité de production du gaz à l'eau, qui, en quelques heures, nous met à même de fabriquer d'importantes quantités de gaz, tandis qu'avec les systèmes ordinaires, il faut au moins un temps triple ou quadruple, nous est extraordinairement utile, et dote nos usines d'une grande élasticité dans la puissance de production.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A cet avantage, s'en ajoutent d'autres très importants. Une installation de gaz à l'eau, pour une production égale coûtera moins de la moitié que l'installation à gaz ordinaire ; et l'espace exigé est peu de chose, de telle sorte qu'une usine, fût-elle dans des conditions difficiles, pourra toujours augmenter avec grande facilité la puissance de sa production.

Ensuite, pour nombre de nos usines qui vendent mal ou ne peuvent que difficilement vendre leur coke, le gaz à l'eau, mélangé à celui de charbon, permet de s'emparer du marché, et de ne fabriquer que la quantité de coke qu'on est sûr devendre à des prix convenables, le reste étant employé à la fabrication du gaz à l'eau.

Ainsi disparaîtront de nos usines ces tas énormes et encombrants, vraies montagnes de coke qu'on n'y voit que trop souvent; cela est tout à l'avantage de notre industrie qui, outre le meilleur emploi qu'elle fera des sous-produits, gagnera encore l'intérêt sur la valeur du coke déposé en magasin.

L'emploi du gaz à l'eau carburé permet en outre de faire varier économiquement et en quelques minutes le titre du gaz, et nous permet ainsi de nous passer des cannel et des boghead qui, outre leur prix plus élevé que celui des carburants employés dans la fabrication du gaz à l'eau, donnent un coke de qualité si mauvaise qu'on ne peut souvent le vendre et qu'on ne s'en débarrasse qu'avec beaucoup de difficultés.

Mais, où le gaz d'eau présente l'avantage le plus sensible, c'est sur l'économie de main-d'œuvre, à cause de la facilité, de la simplicité du travail que doivent faire les ouvriers.

Cet avantage apparaît plus évident, quand on considère que, pour produire m^3 35.000 de gaz à l'eau par 24 heures, il faut tout au plus 6 ou 7 ouvriers par équipe ; tandis que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour le simple service des fours, du coke et de la houille, pour produire la même quantité de gaz, même avec les fours à cornues inclinées et avec transports mécaniques de la houille et du coke, il faudra toujours au moins une quinzaine d'ouvriers par équipe; sans parler des anciens systèmes de production où il en fallait beaucoup plus.

A côté de ces avantages matériels qui sont très grands, il y a l'avantage moral. La main-d'œuvre étant limitée, le travail léger et facile, le système n'exige point d'ouvriers spéciaux; de telle sorte que, une grève survenant, ou le personnel venant à faire défaut, le premier ouvrier venu, pourvu qu'il soit intelligent et de bonne volonté, pourrait y être employé et pourvoira ainsi aux nécessités du service.

En présence de ces qualités de la fabrication du gaz à l'eau, il y a cependant un inconvénient qui a été exagéré pendant longtemps, mais qui n'en a pas moins son importance; c'est que, par suite de sa grande teneur en oxyde de carbone, le gaz à l'eau est plus vénéneux que celui de houille.

Il ne faut pas néanmoins donner à cet inconvénient plus d'importance qu'il n'en mérite; et les autorités en matière de chimie et de toxicologie, consultées à ce sujet considèrent son emploi sans danger, quand on se soumet à certaines règles établies.

Le professeur Vivian B. Lewes fut consulté par la municipalité de Birkenhead sur les inconvénients du gaz à l'eau. On lui demanda s'il était possible de permettre, pour la même ville de Birkenhead, une distribution de gaz à l'eau carburé, mélangé avec le gaz ordinaire; plusieurs fois il examina la question, et fit beaucoup d'analyses sur le gaz ordinaire, sur celui carburé et sur le gaz mixte qui était distribué, analyses dont nous rapportons ici les résultats.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	GAZ ORDINAIRE	GAZ D'EAU CARBURÉ	GAZ MIXTE
Hydrogène..... H	47,69	39,44	44,29
Gaz des marais..... CH^4	35,75	16,99	28,95
Hydrocarbures..... $CnH^{2}n$	4,88	8,23	6,74
Oxyde de carbone..... CO	5,99	29,03	14,49
Anhydride carbonique..... CO^2	»	»	»
Azote..... Az	4,76	6,20	4,46
Oxygène..... O	0,95	0,21	1,06
Pouvoir éclairant en bougies.....	22,3	22,7	21,3
Densité (air = 1.000).....	549	647	»

Après les études, M. le professeur Vivian B. Lewes n'hésitait pas à terminer son rapport de la manière suivante :

1° Il n'y a aucun danger à alimenter une ville avec un mélange de gaz de charbon et de cannel, et de gaz à l'eau carburé, pourvu que la teneur du mélange en oxyde de carbone ne soit pas supérieure à 17 0/0 ; ce qui, avec les gaz examinés, fixerait une limite de 50 0/0 de gaz à l'eau mélangé à 50 0/0 de gaz de houille.

2° Les mélanges contenant 50 0/0 ou moins, de gaz à l'eau carburé sont dans tous les cas pratiques de même valeur que le gaz de cannel et de charbon ; mais pour l'éclairage par l'incandescence ou chauffage, ils sont supérieurs.

A ce jugement autorisé, on peut ajouter celui du célèbre Adolphe Wurtz, membre de l'Institut de France, qui, dès le 12 juin 1878, écrivait à M. C.-G. Franklyn, président de la Compagnie du gaz municipal de New-York :

« Il n'y a point de doute que le danger d'empoisonnement existe avec tous les gaz qui contiennent de l'oxyde de carbone ; et le gaz de charbon n'en est pas exempt, vu qu'il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en contient quelquefois jusqu'à 12 0/0 de son volume. Mais je crois que ce péril, qui peut avoir de sérieuses conséquences dans des cas exceptionnels, a été exagéré et ne doit pas être pris en considération.

« Dans tous les cas, vous avez réalisé un progrès important dans la production, si facile, d'un gaz remarquable par son pouvoir éclairant et vous lui avez donné une odeur suffisante pour en révéler la présence.

« Il me semblerait donc injuste d'atténuer l'importance de votre utile découverte. »

C'est par centaines qu'on pourrait encore citer les opinions favorables à ce sujet. Nous nous limiterons seulement à rappeler que l'Angleterre même, si sévère dans l'application des règles hygiéniques, après avoir entendu l'opinion d'une commission de chimistes et d'hygiénistes, nommée en février 1898, et après une sévère enquête, n'hésitait pas à admettre comme limite maximum la proportion de 20 0/0 d'oxyde de carbone dans le gaz distribué.

Cette proportion correspond à un mélange de plus de 50 0/0 de gaz à l'eau avec du gaz ordinaire; et, dans la pratique, il est difficile que ce mélange soit réalisé dans de telles proportions.

Cependant si les conditions l'imposaient, nous croyons qu'on pourrait réduire la quantité d'oxyde de carbone dans le gaz à l'eau, moyennant l'application du séparateur extracteur Mazza, appareil qui aura peut-être une influence notable sur les perfectionnements dans la fabrication du gaz à l'eau.

Cet appareil met à profit l'action de la force centrifuge sur les mélanges gazeux.

Il se compose (fig. 6) d'un tambour A A portant plusieurs cloisons radiales D, D', D''. Une ouverture P sur le fond sert au passage du mélange gazeux; à la partie supérieure une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

eu plusieurs chambres annulaires C, servent à recueillir les différents gaz qu'on veut séparer du mélange.

Lorsqu'on fait tourner le tambour avec une vitesse convenable autour de son axe BB, il se produit une aspiration ou mélange gazeux par la conduite P.

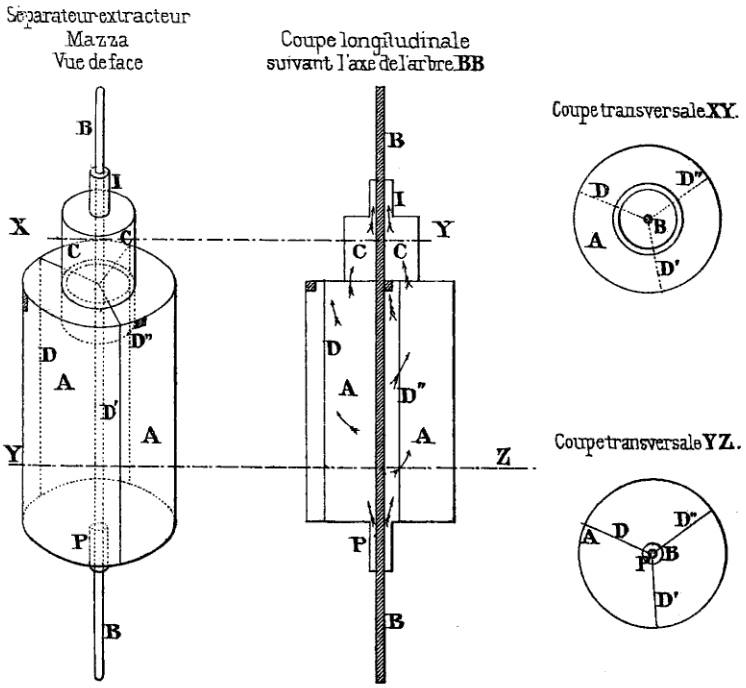


Fig. 6.

Le mélange au contact des cloisons est poussé violemment contre la paroi du tambour et les différents gaz qui le composent se séparent par ordre de densité au fur et à mesure qu'ils montent dans le tambour.

Il est aisé de penser qu'en choisissant convenablement les proportions de l'appareil et la vitesse de rotation, on pourra obtenir qu'à la partie supérieure du tambour la sépa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ration des différents gaz par ordre de densité soit accomplie, et qu'on puisse les faire sortir séparément des chambres annulaires C.

Et venant au cas particulier si on fait passer dans un appareil Mazza du gaz à l'eau, il se décomposera dans ses deux principaux éléments constituants, savoir : hydrogène et oxyde de carbone.

Ce dernier, de densité plus forte, se rendra vers la périphérie de l'appareil et de la chambre annulaire correspondante on pourra en extraire la quantité qu'on jugera nécessaire.

De cette manière on pourra diminuer, dans le gaz à l'eau fabriqué, sa contenance en oxyde de carbone à une proportion maxima déterminée et employer le restant de CO pour le chauffage des fours.

Les taxes et droits de douane dont sont frappés les carburants sont un des obstacles à la généralisation de l'usage du gaz d'eau carburé. Cependant les gouvernements feraient acte de sagesse et d'économie nationale bien comprise, en étudiant mieux la question et en favorisant les usines à gaz sur ce point.

Bien de l'argent s'en va dans les pays miniers qui resterait dans les régions pauvres en combustibles.

Dans l'état actuel de nos connaissances, si l'on examine sans parti pris les circonstances favorables ou contraires à l'usage du gaz à l'eau carburé dans les usines à gaz, on demeure bientôt convaincu, dans la plupart des cas, que son emploi est absolument indiqué.

Et, si les bénéfices actuels ne sont pas encore suffisants, nous croyons que l'avenir nous réserve d'agréables surprises; car la science réussira à vaincre les petites difficultés qui peuvent subsister encore et fera disparaître complètement les craintes que l'on peut avoir à ce sujet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est à prévoir aussi que la chimie et spécialement l'électro-chimie, qui chaque jour s'avance à pas gigantesques dans la voie du progrès, pourra bientôt permettre d'obtenir directement de la fabrication du gaz à l'eau les hydrocarbures nécessaires pour lui donner le pouvoir éclairant.

Alors, le gaz à l'eau sera parfait, et peu d'industries réalisant la transformation de la matière auront comme la nôtre atteint un aussi haut degré de perfection.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Note sur le gaz à l'eau, système Dellwik-Fleischer.

Par M. H. DICKE

(DE FRANCFORT-SUR-LE-MEIN)

Chacun de vous, messieurs, connaît le gaz à l'eau, c'est pourquoi je ne crois pas utile de vous parler ici de son origine. Je me propose seulement de vous faire faire plus ample connaissance avec le nouveau procédé de fabrication du gaz à l'eau, système Dellwik-Fleischer, et de vous dire quelques mots du développement considérable qu'a pris cette nouvelle industrie dans le temps relativement court de trois ans, comme le montre clairement le tableau ci-joint.

M. Carl Dellwik, ingénieur à Stockholm, a posé les bases de ce procédé, et c'est M. le docteur Fleischer qui a continué à l'approfondir par ses travaux scientifiques, pour l'amener à son degré actuel de perfection.

Le gaz à l'eau, produit d'après ce système, est dans sa composition pratiquement identique au gaz obtenu par des procédés analogues; les températures de combustion de la flamme sont les mêmes, et, par conséquent, le rendement lumineux avec des becs à incandescence est le même. On sait, en effet, que l'émission de lumière par l'incandescence dépend uniquement de la température de la flamme.

Je fais suivre ci-dessous, les résultats de quelques analyses qui ont été faites par M. le professeur Vivian B. Lewes, de Londres, des gaz produits par nos générateurs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Composition du gaz produit dans les appareils Dellwik-Fleischer.

	I	II	III
H	52.43	50.09	52.76
CO	38.30	39.95	37.50
CO^2	4.73	5.38	4.08
O	0.74	1.22	0.46
Az	3.80	3.36	5.20

Si, comme vous le voyez par ces analyses, le système Dellwik-Fleischer ne s'écarte pas des autres systèmes quant à la composition du gaz produit, il en diffère considérablement par le rendement des appareils.

Vous tous, messieurs, qui vous servez journellement de fours à gazogènes, savez mieux que personne que, lorsque l'air est amené à ces gazogènes, il sort à l'extrémité supérieure des carneaux, un gaz combustible (oxyde de carbone) dont on produit la combustion par une nouvelle amenée d'air.

C'est avec la chaleur ainsi produite que vous chauffez vos fours. Dans ce genre de combustion on ne récupère que Cl 2.473 par kg de carbone. Cette même transformation, par combustion du charbon en CO dans le générateur, a lieu dans tous les systèmes de gaz à l'eau, à l'exception du système Dellwik-Fleischer. En effet, à l'extrémité supérieure du générateur de ce système, il ne sort pas d'oxyde de carbone mais de l'acide carbonique (CO^2+Az) c'est-à-dire qu'il se développe une quantité de chaleur de Cl 8.080 par kg de carbone.

La quantité de chaleur disponible pour la production du gaz à l'eau est donc trois fois plus grande que dans les autres procédés. De là résulte le rendement considérable de mc 2 de gaz par kg de carbone que nous obtenons et qu'aucun autre système n'avait pu atteindre.

La vieille théorie de la combustion du carbone dans le générateur indiquait, comme on sait, qu'il se dégageait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'abord de l'acide carbonique qui était réduit en oxyde de carbone par le carbone incandescent. La théorie actuelle est tout autre. Les travaux de différentes sommités scientifiques démontrent que le premier produit de la combustion de C avec O dans le générateur n'est pas CO^2, mais CO.

Nous savons de plus que, lorsqu'il n'y a pas d'excédent d'air, il ne peut se produire que du CO, qui se forme d'ailleurs exclusivement dans les autres procédés de gaz à l'eau à hautes charges de carbone.

Dans le procédé Dellwik, le CO formé par la combustion est oxydé et transformé en CO^2 par l'oxygène en excès. Comme nous l'avons fait remarquer ci-dessus, par suite de cette oxydation complète, la même quantité de carbone fournit une quantité de chaleur disponible trois fois plus grande, d'où un meilleur rendement en gaz à l'eau.

Je donne, dans ce qui suit, le calcul comparatif des chaleurs dégagées dans les anciens procédés de gaz à l'eau et dans le procédé Dellwik-Fleischer, afin de montrer d'où proviennent ces grandes quantités de chaleur disponibles.

Dans ce système de générateur :

1 molécule H^2 O = kg 18 de vapeur nécessite pour la décomposition 2×28.780.	Cl 57.560
1 molécule C = kg 12 transformée en CO par combustion fournit	Cl 28.800
Il manque par suite	Cl 28.760

qui doivent être amenées au générateur, c'est-à-dire que pour la décomposition de kg 18 de vapeur, il faut chaque fois fournir Cl 28.760.

Admettons que, dans un premier cas, le charbon produise par combustion CO, et, dans l'autre cas, qu'il soit transformé en CO^2, employant pour chacun des cas la quantité d'air théorique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ancien procédé de gaz à l'eau, C est transformé en CO par combustion; 12 C à Cl 2.400 = ...		Cl 28.800
Dans ce nombre on comprend 16 O qui s'échappent en CO à 700° environ et enlèvent par suite (la chaleur spécifique de CO=0,248) : 28 × 700 × 0,248	4.860	
A ces 16 O viennent encore s'ajouter 16 × 3,31 = kg 52,9 Az qui à 700° enlèvent (la chaleur spécifique de N étant 0,244) : 52.9 × 700 × 0,244 = ...	Cl 9.035	
		Cl 13.895
Par suite on a disponible.		Cl 14.905

Procédé de gaz à l'eau Dellwik. C est transformé en CO^2 (44) par combustion : 12 × 8.080 = ...		Cl 96.960
Les 44 CO^2 enlèvent à 1.000° (la chaleur spécifique étant de 0,217) : 44 × 1.000 × 0,217 = ...	Cl 9.548	
Et 2 × 52,9 = 105,8 Az = 105,8 × 1.000 × 0,244 = ...	Cl 25.814	
		35.362
Il y a donc de disponible		Cl 61.598

Ainsi donc pour une même consommation de carbone, transformée en CO^2 par combustion (système Dellwik), on obtient trois fois plus de chaleur que par la transformation du C en CO (ancien procédé).

Le rendement élevé de nos générateurs a été constaté par des savants éminents, tels que MM. les professeurs Bunte à Carlsruhe, Vivian B. Lewes à Londres, Lunge à Zurich, Hempel à Dresde, et, en outre, par des directeurs d'usines à gaz qui font autorité comme M. Schimming à Charlottenbourg, et d'autres encore qui tous ont fait personnellement les essais scientifiques et pratiques les plus approfondis avec nos générateurs.

Comme l'indique le tableau page 466, le système de gaz à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'eau de Dellwik-Fleischer s'est rapidement propagé pour l'éclairage des villes.

Toutefois le gaz à l'eau pur, en raison de son manque de pouvoir éclairant, ne peut trouver d'application dans les usines à gaz qu'à la condition d'être carburé.

L'emploi de ce gaz carburé a reçu déjà plusieurs applications dans les usines à gaz, où il est mélangé avec le gaz ordinaire provenant de la distillation de la houille, et dans une proportion telle que le gaz mélangé a un pouvoir calorifique et un poids spécifique sensiblement égaux à ceux du gaz de houille ordinaire.

Avec de telles usines à gaz à l'eau complémentaires, on mélange provisoirement jusqu'à 25 0/0 de gaz à l'eau carburé au gaz d'éclairage. Il serait pourtant facile, après s'être entendu avec les autorités municipales, d'ajouter lentement une plus grande proportion de gaz à l'eau au gaz d'éclairage.

L'idéal serait de mettre en activité autant de cornues de gaz d'éclairage qu'il serait nécessaire pour produire le coke destiné uniquement à fournir le gaz à l'eau.

L'avantage immédiat de cette façon de procéder serait de réduire la quantité de charbon distillé et de procurer par ce fait à l'usine une économie sensible. On sait en effet que, de nos jours, le prix du charbon s'est accru dans de notables proportions, et que cette augmentation de prix paraît devoir se maintenir.

En outre, en ce qui concerne l'achat des matières premières, on tendrait à s'affranchir de l'étranger et à utiliser des charbons spéciaux et moins coûteux.

Pour notre continent, le système Humphreys et Glasgow, ainsi que celui de Dellwik-Fleischer, entrent en première ligne. Le premier système, basé sur la gazéification des huiles pour la carburation du gaz à l'eau, ne peut pas être employé économiquement en France et en Allemagne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à cause des droits de douane élevés sur les pétroles : kg 100 de pétrole russe coûtent en Allemagne marks 15,60.

Par m c de gaz à l'eau carburé, d'un pouvoir éclairant de bd 16, il faut g 275 de pétrole, ce qui fait 4 pfennigs 29 de frais de carburation.

Dans le système Dellwik-Fleischer, on ajoute de gr. 80 à 90 de benzol par m c de gaz à l'eau. Le prix du benzol n'est que de marks 18 à 20.

Si l'on admet marks 25 comme extrême limite, prix auquel le benzol est fourni par les syndicats de benzol allemands pour une durée de cinq à dix ans, la carburation revient ici à pf 2,12 c'est-à-dire que les frais de carburation, par m c de gaz à l'eau, sont de pf 2,17 meilleur marché par le système Dellwik-Fleischer.

Pour la France. on devrait estimer le benzol à marks 24 (fr 30), et le pétrole à marks 32 (fr 40), et, d'après ce prix la carburation coûterait :

Dans le système Humphreys et Glasgow . .	pf.	8,80
— Dellwik-Fleischer.		2,04
c'est-à-dire que le système Dellwik-Fleischer serait de	pf.	6,76

meilleur marché par m c.

Les villes de Hambourg et de Brême, qui ont adopté le gaz à l'eau, système Humphreys et Glasgow, comme support au gaz ordinaire, présentent une contradiction apparente avec cette manière de calculer; les frais de carburation de ces villes ne reviennent pas à pf. 8,80 par mètre cube. Dans ces usines, on n'emploie pas de pétrole pour la carburation du gaz, mais de l'huile de paraffine indigène, produit de l'ardoise bitumineuse des usines à lignite en Thuringe et à Messel près de Darmstadt. Cette huile allemande est bien meilleur marché que le pétrole, quoique son prix soit déjà haussé à 9 marks par kg 100. Cependant,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la quantité d'huile produite en Allemagne est trop faible pour suffire à la carburation de plusieurs usines à gaz allemandes. Par conséquent, les autres villes seraient obligées d'employer le pétrole, frappé de droit de douane (kg 100 de pétrole coûtent en Allemagne marks 15.60). Il est évident qu'en raison du prix élevé de l'huile nécessaire pour la carburation du gaz, fabriqué d'après le système Humphreys et Glasgow, ce système ne peut pas être appliqué en Allemagne, ce qui a été du reste clairement déclaré par M. le professeur Dr Bunte à la dernière assemblée des gaziers allemands, à Mayence.

En ce qui concerne le mélange du gaz à l'eau au gaz d'éclairage dans le système Dellwik-Fleischer, voici les différents modes qui entrent en ligne de compte, suivant les circonstances locales, dans les usines à gaz :

1° Emmagasinement séparé du gaz à l'eau pur dans un gazomètre et mélange de ce gaz, après épuration, au gaz d'éclairage avant l'entrée dans les gazomètres principaux. Carburation du mélange au benzol à l'entrée ou à la sortie de ces gazomètres ;

2° Emmagasinement séparé du gaz à l'eau épuré et carburé au benzol dans un gazomètre, et mélange de ce gaz au gaz d'éclairage peu avant son entrée aux gazomètres principaux ;

3° Le gaz à l'eau pur est emmagasiné séparément dans un gazomètre et amené au gaz d'éclairage, entre les barillets et les appareils de condensation.

Cette dernière méthode est particulièrement pratique, car on y réalise une économie considérable de benzol, le gaz à l'eau enlevant au goudron une partie de son benzol pendant son passage dans les condensateurs. Le mélange de gaz à l'eau et de gaz d'éclairage traverse tous les appareils de l'usine à gaz d'éclairage et il est amené au pouvoir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

éclairant désiré par carburation au benzol immédiatement avant ou après les gazomètres.

C'est la ville de Kœnigsberg qui, la première en Allemagne, a appliqué le gaz à l'eau d'après le système Dellwik-Fleischer. Ce gaz à l'eau est carburé au benzol.

L'usine à gaz de cette ville était arrivée depuis longtemps, en 1898, à sa limite de production et il importait de prendre rapidement une décision. La capacité des gazomètres ne correspondait plus qu'à 30 % de la production journalière ! La nouvelle usine à gaz d'éclairage projetée ne devait être terminée qu'en 1902.

Le directeur de l'usine à gaz, M. le docteur Krieger, résolut rapidement l'établissement d'une usine de gaz à l'eau, et, sur le rapport du professeur Blochmann, de l'Université de Kœnigsberg, pris comme expert, la municipalité choisit le système Dellwik-Fleischer. Comme on le sait, le succès de cette première installation, dû en grande partie à la haute intelligence de M. Kobbert, ingénieur principal de l'usine municipale, a été grand, et a dépassé de beaucoup toutes les espérances. D'ailleurs, cette usine qui avait dans le principe, été établie pour servir d'usine supplémentaire est maintenant devenue une usine fonctionnant en permanence, par suite de l'économie et des facilités qu'elle procure dans l'exploitation de l'ensemble.

Il est à remarquer que, depuis le mélange du gaz à l'eau carburé au gaz d'éclairage, il ne s'est plus produit d'engorgements de naphtaline qui étaient très fréquents auparavant. La carburation du gaz à l'eau et son mélange au gaz d'éclairage a lieu, à Kœnigsberg, d'après le mode 2 que nous avons mentionné plus haut. Le gaz de mélange contient de 20 à 25 % de gaz à l'eau. Le pouvoir éclairant du gaz de mélange, dans le bec Argand, à 32 trous, est de hfl 18 à mm 20 de pression.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le pouvoir calorifique du gaz de mélange est en moyenne de Cl 5.000.

Il ne s'est produit aucun précipité d'oxyde de fer sur les manchons Auer. Les observations faites sur la marche des moteurs à gaz ont été très favorables.

Ainsi que vous le montre le tableau page 466, toute une série de villes allemandes ont suivi rapidement l'exemple de Kœnigsberg, après que les bons résultats obtenus dans cette ville furent connus, ce sont : Erfurt, Remscheid, Iserlohn, Barmen, Ritterhausen, Plauen et Nuremberg.

Parmi ces villes, mentionnons séci alement Erfurt (Deutsche Continental Gas-Actien-Gesellschaft) dont l'usine à gaz mélange le gaz à l'eau au gaz d'éclairage et le carbure au benzol d'après le mode 3 que j'ai indiqué plus haut. Dans ce mode de mélange, on épargne une quantité considérable de benzol (environ 20 %) ; le gaz à l'eau pur qui est amené dans les condensateurs à goudron enlève en effet au goudron du gaz d'éclairage, une partie du benzol.

En dehors de son application dans les usines à gaz, l'emploi du gaz à l'eau est indiqué là où il s'agit d'obtenir de hautes températures, par exemple dans la fabrication de l'acier aux fours Martin, la soudure des plaques de tôle, des chaudières à vapeur, la fabrication des tubes en acier, les travaux de forge etc., etc.

Pour la fabrication de l'acier aux fours Martin, le gaz à l'eau, d'après le système Dellwik-Fleischer, a été adopté par :

L'usine Gutehoffnungshütte à Sterkrade ;

La Leeds Forge C° à Leeds ;

Les Peiner Walzwerke à Peine ;

Les Neue Deutsche Stahlwerke à Reinickendorf, près Berlin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les soudures autogènes, le gaz à l'eau du système Dellwik-Fleischer a été adopté par les maisons :

W. Fitzner à Laurahütte;

La société W. Fitzner et K. Gamper à Sielce;

Duisburger Eisen et Stahlwerke à Duisbourg;

Société Dillinger Hüttenwerke à Dillingen;

Leeds Forge C° à Leeds ;

Deutsche Rohrenwerke à Rath près Dusseldorf;

Deightons Patent Flue et Tube C° à Leeds ;

Société Ferrum à Zawwodzie ;

Mékaniska Werkstaden « Vulkan » à Norrkoping.

Permettez-moi d'appeler votre attention sur les objets que la société anonyme « Fitzner et Gamper » de Sielce a exposés au Palais des machines, à la section russe du Champ-de-Mars. Vous y verrez deux chaudières et toute une série de pièces soudées, parmi lesquelles se trouvent un vase à cuire des chiffons, dont les arbres creux sont reliés à ce vase par des soudures, et surtout un vase à cuire, en forme de boule de m 3 de diamètre.

Le tout a été soudé au moyen du gaz à l'eau fabriqué d'après le système Dellwik-Fleischer, et vous montrera les travaux intéressants que l'on peut exécuter avec ce gaz.

Vous vous convaincrez *de visu* que toute usine qui a à faire des travaux de soudure doit, pour se tenir à la hauteur de cette fabrication, employer le système Dellwik-Fleischer.

Puis le gaz à l'eau Dellwik-Fleischer a été adopté pour fondre le verre en cuvette, par la verrerie :

Pilkington Brothers à Saint-Helens (Lancashire), d'une réputation universelle ;

Societa Cruto à Turin, fabrique de lampes à incandescence ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

INSTALLATIONS de Gaz à l'Eau et de Générateurs du système Dellwik-Fleischer livrées à l'exploitation ou en voie de construction.

PROPRIÉTAIRE de L'INSTALLATION	LOCALITÉ	NOMBRE de Générateurs	RENDEMENT DES APPAREILS EN MC		APPLICATION DU GAZ A L'EAU	OBSERVATIONS
			Par heure	Par jour		
			Villes			
Municipalité.	**Kœnigsberg** (Prusse)	2	(250—320)	12000—15360	Eclairage. Chauffage. Feux de cuisine.	Gaz à l'eau, carburé au benzol pour agrandir l'usine au gaz de houille.
Deutsche Continental-Gas-Gesellschaft	**Erfurt**	1	(250—320) 2	6000—7680	Dito.	Dito.
Municipalité.	**Remscheid**	1	250—320	6000—7680	Dito.	Dito.
Dito.	**Jserlohn**	1	100—130	2400—3120	Dito.	Dito.
Dito.	**Barmen-Rittershausen** (Prusse Rhénane)	2	(250—320) 2	12000—15360	Dito.	Dito.
Dito.	**Plauen** (Saxe)	1	250—320	6000—7680	Dito.	Dito.
Dito.	**Pforzheim** (Bade)	2	(250—320) 2	12000—15360	Dito.	Dito.
Compagnie du Gaz de Lyon, Société Anonyme.	**Lyon**	2	(250—320) 2	12000—15360	Dito.	Dito.
Municipalité.	**Nuremberg**	1	500—650	13000—15600	Dito.	Dito.
Verwarmings en Verlichtings Maatschappij.	**Brummen** (Hollande)	1	25—40	600—960	Dito.	Gaz à l'eau pur.
A. G.-f. Gas-, Wasserund Elektricitats-anlagen, Berlin.	**Osterfeld** (Westphalie)	2	(25—40) 2	1200—1920	Dito.	Dito.
Dito.	**Warstein** (Westphalie)	2	(25—40) 2	1200—1920	Dito.	Dito.
Municipalité.	**Wiborg** (Finlande)	2	(150—210) 2	7200—10080	Dito.	Dito.
			Industries du fer et de l'acier et ateliers de construction de machines			
Gutehoffinungshütte Oberhausen, Section Sterkrade.	**Sterkrade** (Prusse Rhénane)	1	250—320	5000—6400	Fours Martin.	.....
Leeds Forge Company Limited.	**Leeds** (Angleterre)	1	500—650	10000—13000	Fours Martin et soudures à chaude suante.	.....
Neue Deutsche Stahlwerke, A.-G.	**Reinickendorf** près de Berlin	1	250—320	2500—3200	Fours Martin.	.....
Peiner Walzwerk, A.-G.	**Peine**	1	500—650	10000—13000	Fours Martin.	.....
Act. Ges. d. Dillinger Hüttenwerke.	**Dillingen-sur-Saar** (province du Rhin)	1	250—320	5000—6400	Souder à chaude suante des tôles, etc., etc.	.....
Ateliers de construction et chaudronnerie de la Société "W. Fitzner et K. Gamper ".	**Sielce** près de Sosnowice (Russie)	2	(500—650) 2	20000—26000	Souder à chaude suante des tôles de chaudières, etc., et chauffer au rouge.	Seconde commande d'un générateur.
Deutsche Rœhrenwerke Fabrique de tuyaux	**Düsseldorf**	2	(250—320) 2	10000—12800	Souder à chaude suante des tuyaux.	.....
W. Fitzner. Soudages à chaude suante de tôles et chaudronnerie.	**Laurahütte** (Haute Silésie)	2	(250—320) 2	10000—12800	Souder à chaude suante des blindages, des mâts de navires de guerre. Chaudronnerie de générateurs, etc.	Seconde commande d'un générateur.
Duisburger Eisen & Stahlwerke.	**Duisbourg**	2	(100—130) 2	2000—2600	Souder à chaude suante des tôles de chaudières, etc.	Seconde commande d'un générateur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROPRIÉTAIRE de L'INSTALLATION	LOCALITÉ	NOMBRE de Générateurs	RENDEMENT DES APPAREILS EN MC		APPLICATION DU GAZ A L'EAU	OBSERVATIONS
			Par heure	Par jour		
Deighton's Patent Flue and Tube Company, Limited.	**Leeds** (Angleterre)	1	500—650	10000—13000	Souder à chaude suante des tôles de chaudières, des tuyaux, etc.	.....
A.-Ges. "Ferrum", vorm. Rhein & Cº	**Zawodzie** près de Kattowitz (Haute Silésie)	1	250 - 320	5000—6400	Souder à chaude suante des tôles de chaudières, des tuyaux, etc.	.....
Rheinische Rohren-Dampfkessel-Fabrik, A. Büttner & Cº.	**Uerdingen-sur-Rhin**	1	250—320	2500—3200	Souder à chaude suante des tôles de chaudières, etc.	.....
Mekaniska Werkstaden "Vulkan"	**Norrkœping** (Suède)	1	150—210	1500—2100	Feux de forge. Souder à chaude suante des tôles de chaudières, des tuyaux, etc.	.....
R. et J. Dempster Lim. Appareils de gaz et constructions mécaniques.	**Manchester**	1	150—210	1500—2100	Fours à chauffer au rouge.	.....
J. N. Eberle et Cie Fabrique de ressorts de montres et de scies.	**Augsburg**	2	(50—60) 2	1000—1200	Réchauffage au rouge.	Seconde commande d'un générateur.
Bergische Fahrradwerke "Elite" Fritz Evertsbusch.	**Lennep** près de Remscheid	1	25—40	250—400	Soudures tendres et dures. Séchoirs. Chauffage et éclairage.	.....
Warsteiner Gruben und Hütten-Werke.	**Warstein** (Westphalie)	1	100—130	1000—1300	Moteur à gaz. Feux de forge, de soudures à chaude suante, de trempe. Réchauffage au rouge. Eclairage, chauffage et cuisine.	.....
Verrerie						
Verrerie de MM. Schulze Berge et Schulz.	**Lünen** (Westphalie)	1	100—130	1000—1300	Verres fins. Chauffage et cuisine. Eclairage.	.....
Verrerie Anonyme.	**Allemagne du Nord**	1	100—130	2000—2600	Fusion du verre en cuve pour la fabrication de bouteilles.	.....
Pilkington Brothers, Ld.	**St-Helens,** Lancashire (Angleterre)	2	(500—650) 2	20000—26000	Fusion du verre en cuve pour la fabrication du verre en tables, à glaces et à vitres.	.....
Fabriques de lampes à incandescence						
Società Cruto.	**Turin**	1	50—60	500—600	Soufflage du verre. Fabrication de lampes électriques à incandescence.	.....
Fabrique de lampes à incandescence "Svea" de M. de Laval.	**Stockholm**	1	100—130	1000—1300	Soufflage du verre. Fabrication de lampes électriques à incandescence. Moteurs à gaz. Chauffage.	.....
Entreprises d'électricité						
Gesellschaft für Elektrische Unternehmungen.	**Berlin**	1	25—40	250—400	Soudages au plomb d'accumulateurs.	.....
Fabriques de produits chimiques et industrie métallurgique.						
De Haën.	**List** près de Hanovre	1	100—130	1000—1300	Fabrication de produits chimiques et Laboratoire.	.....
The Cassel Gold Extracting Co Ltd	**Glasgow**	1	250—320	2500—3200	Fabrication de produits chimiques.	.....
Badische Anilin et Soda-Fabrik.	**Ludwigshafen-sur-Rhin**	2	(250—320) 2	10000—12800	Service central des feux et éclairage des usines chimiques.	.....
The Lake Superior Power Co.	**Sault-St-Marie** (Canada)	1	500—650	10000—13000	Service central des feux, surtout des foyers de chaudières. Séchage de papier mâché. Grillage de minerai de nickel.	.....

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Svea, fabrique de lampes à incandescence de Laval à Stockholm ;

Schulze Berge und Schulz à Lunen.

En outre, pour souder et réchauffer au rouge, par les maisons :

Gesellschaft fur Elektrische Unternehmungen à Berlin (pour souder les accumulateurs) ;

J. N. Eberle et C° (Ressorts de montres et outils délicats) à Augsburg.

Le système Dellwik-Fleischer a trouvé déjà accès également dans la grande industrie chimique, dans les usines suivantes :

Badische Anilin et Sodafabrik à Ludwigshafen, The Cassel Gold Extracting C° Ltd. à Glascow et

Chemische Fabrik de Haen à Hanovre.

Le système Dellwik-Fleischer a commencé à trouver une bonne application pour la marche des moteurs à gaz : des moteurs fonctionnant d'une manière satisfaisante, entre autres aux Warsteiner Gruben et Huttenwerke, ainsi qu'à la maison Schulze, Berge et Schulz.

La Lake superior Power C° à Sault-Saint-Marie, au Canada, a commandé récemment une grande installation de gaz à l'eau comme service central des feux et pour le chauffage des chaudières à vapeur. Étant données les constructions actuelles des chaudières à vapeur, le gaz à l'eau du système Dellwik-Fleischer fournit un chauffage aussi bon marché que le chauffage ordinaire des chaudières à vapeur.

Ainsi que vous pourrez le voir par le tableau, le gaz à l'eau du système Dellwik-Fleischer s'est répandu dans toute l'industrie rapidement pendant ses quelques années d'existence, et pourtant nous ne sommes qu'au commencement de ce développement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Moyens à employer pour parer aux obstructions dues à la naphtaline.

Par M. le Dr BUEB.

(DE DESSAU)

Parmi les divers hydrocarbures formés dans les cornues à gaz pendant la distillation de la houille, il se trouve aussi de la naphtaline qui ne jouit pas d'une bonne réputation auprès des ingénieurs gaziers.

La naphtaline qui se présente sous la forme d'un corps solide mais très volatil, se condense par refroidissement en majeure partie dans les réfrigérants en même temps que le goudron. Toutefois, cette séparation simultanée du goudron et de la naphtaline n'est pas complète et il reste toujours une certaine proportion de naphtaline à l'état de vapeur dans le gaz dépouillé de ses goudrons. Cet état volatil de la naphtaline est cause que, sous l'influence d'un léger abaissement de température ou d'un faible obstacle dans les canalisations, elle se dépose sous forme de lamelles superposées. Il suffit d'un très petit poids de ce dépôt pour obstruer rapidement les conduites, même de gros diamètre, à un tel point qu'il en résulte une perte de charge sensible. On se trouve en présence de ces obstructions que tout ingénieur gazier connaît et qui constituent une entrave extrêmement nuisible à l'exploitation.

Depuis de longues années, on étudie les moyens de faire disparaître cette plaie de la naphtaline. Toutes les tentatives faites pour empêcher sa formation dans les cornues

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ont complètement échoué. On s'est contenté ensuite de rechercher des méthodes dont le but était d'absorber le plus rapidement la naphtaline dès qu'elle s'était formée ; on doit une mention, dans cet ordre d'idées, à la méthode de Bunte et Eitner qui consistait à mélanger au gaz des vapeurs de xylol, lesquelles en se liquéfiant dissolvaient les dépôts de naphtaline formés.

Les recherches ayant pour but de débarrasser le gaz de la naphtaline dans l'usine même n'avaient donné aucun résultat pratique jusqu'en ces derniers temps. C'est en vain qu'on avait essayé de l'arrêter par un abaissement subit de température dû à une introduction de vapeur d'eau. D'autres procédés, comme celui d'Erdmann qui consistait à éliminer la naphtaline au moyen de l'acide picrique, en formant un picrate insoluble ne furent pas consacrés par la pratique dans les usines par suite de leur complication et de l'importance des frais d'application.

Nous allons décrire une méthode qui a été appliquée industriellement dans une grande usine de la « Deutsche Continental Gas Gesellschaft », à Dessau et au moyen de laquelle on peut retirer la naphtaline du gaz d'éclairage dans l'usine même, d'une manière simple et peu coûteuse.

Le principe du procédé est de mettre le gaz à la sortie du condensateur Pelouze et Andouin en contact intime avec une huile de goudron dont le point d'ébullition est très élevé. L'huile d'anthracène, dont le point d'ébullition est de 250° à 400° C, a donné les meilleurs résultats.

Une huile de ce genre a la propriété de dissoudre, suivant la température jusqu'à 25 0/0 de son poids de naphtaline. Toutefois, comme cette huile a également la propriété de dissoudre en petite quantité les hydrocarbures éclairants tels que benzol et toluol, son emploi à l'état naturel aurait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour conséquence une diminution du pouvoir éclairant du gaz. Cet inconvénient se trouve complètement écarté en ajoutant à l'huile d'anthracène, avant son emploi, 4 0/0 de son poids de benzol pur.

Le procédé est appliqué de la manière suivante :

On remplit de l'huile en question 2 ou 3 compartiments d'un laveur Standard, et on laisse le gaz parcourir ces compartiments jusqu'à ce que l'huile qui se trouve dans le compartiment d'entrée du gaz soit saturée de naphtaline. Pour se rendre compte de l'état de saturation, il suffit de procéder à un essai de distillation ; on peut considérer l'huile comme saturée lorsque les produits distillés à 270° se coagulent dans le récipient.

Le pouvoir absorbant de l'huile est d'autant plus grand que la température est plus élevée. A la température de 25°, l'huile absorbe environ 19 0/0 de son poids de naphtaline. Pour montrer l'intensité avec laquelle s'opère l'absorption, il suffit d'examiner les résultats suivants d'analyses faites dans trois compartiments placés à la suite l'un de l'autre : le premier compartiment d'un laveur Standard avait absorbé g 42.000 de naphtaline pour un passage de mc 50.000 de gaz ; le second g 17.000 ; le troisième g 700 seulement.

Il n'est pas indispensable, pour la réalisation du procédé, de se servir d'un laveur mécanique ; on peut aussi adapter à cet usage tout laveur muni d'une pompe qui aura pour effet de maintenir l'huile en circulation continuelle, mais un laveur mécanique est toutefois beaucoup préférable.

Les frais résultant de l'application de ce procédé dépendent naturellement du prix de l'huile employée. Toutefois cette huile étant un des produits bruts de la distillation du goudron, son prix, y compris celui des 4 0/0 de benzol, ne pourra pas dépasser en général le triple de celui du gou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dron brut, et comme l'huile, après saturation, peut être débarrassée de la naphtaline par distillation, elle devient ainsi de nouveau propre à l'absorption.

Dans les installations importantes, il sera plus avantageux de régénérer l'huile sur place, à moins que le fournisseur ne se charge de ce soin à peu de frais.

La proportion de naphtaline dans le gaz est d'autant plus grande que la température est plus élevée. Par exemple, dans des usines où, été comme hiver, la température du gaz à la sortie de l'appareil Pelouze, c'est-à-dire à l'endroit où l'absorption de la naphtaline doit régulièrement se faire, se maintient à 25°, la proportion de naphtaline sera d'environ g 1 par m c.

Après son passage dans le laveur à naphtaline, le gaz s'en trouve suffisamment dépouillé pour qu'il ne soit nullement à craindre qu'il s'en dépose ensuite dans les canalisations.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Production et fabrication des Cyanures dans une usine à gaz.

Par M. le Dr BUEB.
(DE DESSAU)

Le fait qu'il existe dans le gaz d'éclairage, outre de l'hydrogène sulfuré et de l'ammoniaque, du cyanogène, était connu depuis très longtemps. Déjà en 1850, dans la description d'un vieux brevet anglais, il était fait mention du cyanogène comme se trouvant toujours dans le gaz.

Toutefois, étant donnée la proportion relativement restreinte de cyanogène, et l'ignorance dans laquelle on était alors de son emploi dans la pratique sur une grande échelle, on renonça, à peu d'exceptions près, à l'extraire par des méthodes spéciales, et on se contenta de retirer du gaz la partie de cyanogène qui se déposait sous forme de bleu dans la masse épurante.

Le cyanogène même se trouve dans le gaz sous forme d'acide prussique (HCAz) à l'état libre. Le lavage par l'eau de cet acide prussique avec l'ammoniaque du gaz, ne permet cependant pas de l'en extraire sous forme de cyanure d'ammonium facilement soluble, car l'acide carbonique, qui est toujours en excès dans le gaz, décompose immédiatement le cyanure d'ammonium formé en carbonate d'ammoniaque et en acide prussique à l'état libre. Cette réaction explique pourquoi les eaux ammoniacales des usines à gaz ne contiennent pas de cyanure d'ammonium.

Par contre, on trouve constamment dans ces eaux un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

autre composé de cyanogène, le sulfo-cyanure d'ammonium, ce sel se forme dans les laveurs par suite d'échanges chimiques entre l'acide cyanhydrique, l'ammoniaque et l'hydrogène sulfuré présents dans le gaz; mais une faible partie seulement du cyanogène se combine, tandis que la plus grande partie ne se combine pas et est entraînée avec le gaz dans l'épurateur.

Là seulement, une combinaison chimique du cyanogène se produit; celui-ci s'unit, d'une part à l'oxydule de fer de la masse épurante, et à l'ammoniaque encore présent en petite quantité pour former des ferro-cyanures insolubles, et d'autre part aux combinaisons de soufre qui se trouvent dans le gaz pour former des sulfo-cyanures qui peu à peu s'accumulent dans la masse épurante.

Cependant l'absorption du cyanogène n'est pas complète dans les épurateurs, et il en reste un pourcentage plus ou moins élevé dans le gaz épuré, de telle sorte que dans les usines où l'on n'extrait pas spécialement le cyanogène, celui-ci se trouve toujours en quantité appréciable dans le gaz livré à la consommation.

Jusque vers le milieu de l'année 1880, la masse épurante n'était, après service, qu'un déchet sans valeur pour les usines à gaz; à cette époque la question se modifia grâce à l'emploi du cyanure de potassium dans l'extraction de l'or. Les produits cyanurés eurent dès lors un vaste champ d'emploi et tous les corps contenant du cyanogène devinrent très intéressants pour l'industrie.

C'est ainsi que la masse épurante des usines à gaz devint bientôt un article recherché et aujourd'hui, en raison de sa richesse en bleu de Prusse, il faut la classer au nombre des sous-produits de valeur.

Ce fut alors que des recherches furent faites dans les usines à gaz, dans le but d'obtenir la plus grande partie

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

possible du cyanogène qui n'est pas retenu par la masse épurante. Il fallait pour cela trouver des méthodes spéciales pour extraire le cyanogène en dehors des épurateurs. La marche à suivre était indiquée par les anciens brevets de Knublauch et de Rowland : ces deux procédés avaient pour principal objet la formation d'un ferrocyanure soluble, et dans quelques établissements en Angleterre la méthode obtint une application pratique; cependant les résultats économiques ne furent pas de nature à en permettre l'extension.

Entre temps, je pus réussir à l'usine à gaz de Dessau, appartenant à la Deutsche Continental Gas Gesellschaft, à réaliser une autre méthode, beaucoup plus simple, pour extraire le cyanogène du gaz d'éclairage. Le principe de ce procédé consiste à éliminer le cyanogène à l'aide de l'ammoniaque présent dans le gaz, par le contact intime avec une solution concentrée de sel de fer, et de former ainsi un sel double insoluble. Dans la pratique, le procédé se réalise comme suit : le gaz, immédiatement après sa sortie du condensateur Pelouze et Audouin, est conduit dans un laveur mécanique spécial, type Standard. Cet appareil se compose de 4 à 5 compartiments séparés que le gaz traverse dans le sens opposé à celui que suit la solution de sel de fer. La réaction chimique s'opère ainsi : le dernier compartiment du laveur, c'est-à-dire celui d'où le gaz sort, est rempli d'une solution fraîchement préparée, concentrée de sulfate de fer dans l'eau. Après 6 à 10 heures, suivant le passage du gaz, le sulfate de fer s'est complètetransformé suivant la formule ci-après ;

$$FeSO^4 + H^2S + 2AzH^3 = FeS + (AzH^4)^2\,SO^4.$$

Le sulfate de fer s'est donc changé en une même quantité de sulfure de fer, et la masse filtrée ne contient plus de fer

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et se compose essentiellement d'une solution de sulfate d'ammoniaque. Lorsque cette réaction est terminée, le mélange du compartiment indiqué ne contient que des traces de cyanogène. Le contenu de ce compartiment arrive alors dans le compartiment suivant, dans lequel s'opére une autre transformation, de telle sorte que l'ammoniaque et le cyanogène du gaz forment avec le sulfure de fer un sel double insoluble de ferro-cyanure et d'ammonium, tandis que l'hydrogène sulfuré devient de nouveau libre et est, en partie, entraîné par le gaz hors du laveur, et en partie laissé dans le produit de la réaction sous forme de sulfure d'ammonium.

La formule chimique est la suivante :

$$2\,FeS + 6\,AzH^4\,CAz = (AzH^4)^2\,Fe^2\,(CAz)^6 + 2\,(AzH^4)^2S.$$

Cette réaction se continue dans les compartiments suivants jusqu'au dernier, c'est-à-dire celui d'entrée du gaz, où elle se trouve terminée.

L'effet produit par le cyanogène et l'ammoniaque sur le sulfure de fer formé en premier lieu est déjà visible par la couleur du liquide dans lequel la réaction s'est opérée. Dans le premier compartiment, occupé par la solution de sulfate de fer, le liquide est noir foncé. Dans les compartiments suivants, dans la direction de l'entrée du gaz, cette nuance s'éclaircit progressivement, et dans le dernier compartiment elle est vert jaune.

Le produit sort du laveur sous la forme d'une boue liquide qui est, soit vendue dans son état, soit soumise encore dans l'usine à une autre transformation. Cette boue, en sortant du laveur à cyanure, contient une quantité de cyanogène qui correspond environ à 20 0/0 de prussiate jaune, tandis que sa contenance en ammoniaque varie entre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

6 et 8 0/0. La quantité d'ammoniaque qui n'a pas servi à l'absorption du cyanogène traverse le laveur à cyanure et doit être absorbée comme précédemment par le laveur spécial à ammoniaque.

Il est évident que cette méthode allège le travail des laveurs à ammoniaque.

Il n'est pas sans intérêt d'ajouter que l'absorption du cyanogène, d'après la méthode ci-dessus, n'a pas besoin pour se faire d'une température basse déterminée. Au contraire, la réaction s'opère avec plus d'intensité encore à la chaleur avec le gaz non refroidi. C'est pourquoi il est utile, en faisant de nouvelles installations, de ne placer les réfrigérants à circulation d'eau (condenseurs tubulaires) qu'à la sortie du laveur à cyanogène et de raccorder celui-ci à la sortie du condensateur Pelouze.

Pour poursuivre la transformation de la boue, celle-ci est bouillie jusqu'à ce que l'ammoniaque qui s'y trouve non combiné soit distillé. Le produit de cette distillation est condensé dans un réfrigérant, en eau ammoniacale à 5 ou 6 0/0 de AzH^3, et peut aller rejoindre les eaux ammoniacales de l'usine. La boue restant dans le bouilleur, qui ne se compose maintenant que d'un mélange de sel double de cyanure d'ammonium insoluble et d'une solution de sulfate d'ammoniaque, est passée dans un filtre-presse. Le liquide filtré sortant de la presse, qui n'est autre chose qu'une solution à 10 0/0 de sulfate d'ammoniaque, est réduit convenablement par évaporation jusqu'à en faire du sulfate d'ammoniaque propre pour la vente, tandis que la pâte qui reste dans la presse, et qui contient environ 30 0/0 de bleu de Prusse et 44 0/0 de prussiate jaune, est vendable telle quelle.

Ce procédé qui n'exige pour son application d'autres produits chimiques que le sulfate de fer, facile à se procurer

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

partout, est donc éminemment simple. Le dessin ci-joint en facilitera l'exécution.

Pour 100 kg de bleu de Prusse pur retirés, il faut compter 200 kg de sulfate de fer.

L'emploi de l'appareil est également des plus simples, et il nécessite, par jour, suivant le passage du gaz, de 1 à 2 h. de travail pour remplir, vider et recharger les compartiments du laveur.

Le rendement obtenu par l'emploi du procédé ci-dessus dépend, avant tout, de la qualité du charbon utilisé et, en second lieu, de la température de distillation.

Les charbons anglais sont, d'après l'expérience, ceux qui contiennent le plus de cyanogène et, par exemple, dans une usine à gaz où il n'était distillé que des charbons anglais exclusivement, la quantité de cyanogène retirée en moyenne de la boue, correspondait à 7,4 gr. de prussiate jaune par mètre cube de gaz. Dans une autre installation, où l'on employait un mélange de charbon anglais et de charbon de la Haute Silésie, la proportion fut de 6 gr. Dans une usine où il n'était distillé que du charbon de Silésie, environ 4,2 gr. Le charbon du bassin de la Saar donne une proportion de 4 gr. à 4,5 gr. par mètre cube. Le charbon français du Nord donnera 4 à 5 gr., et celui de l'Est enfin env. 4 gr.

En général, on peut calculer que le minimum de rendement en cyanogène dans une usine à gaz peut être de 3,5 gr. et le maximum 8 gr. par mc de gaz.

En dehors des *avantages directs* qu'offre ce procédé, et qui consistent dans l'extraction simple et peu coûteuse de la totalité de cyanogène sous une forme qui a une grande valeur, il reste quelques mots à dire sur les grands avantages indirects qu'il présente pour les usines à gaz.

Un des avantages indirects de ce procédé d'extraction

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par un liquide, consiste en ce qu'il aide puissamment à éliminer l'hydrogène sulfuré des épurateurs. Ceci s'explique on ne peut plus facilement si l'on considère que, jusqu'ici, le fer de la masse épurante devait servir également à la formation du bleu, tandis que maintenant, comme il n'existe plus de cyanogène dans le gaz à son entrée dans les épurateurs, le fer se trouve entièrement disponible pour servir à la récupération de l'hydrogène sulfuré. On a pu constater après introduction du procédé dans différentes usines à gaz que les épurateurs s'en trouvaient considérablement allégés.

Ainsi que cela a été dit plus haut, le cyanogène a la propriété de décomposer le sulfure de fer nouvellement formé en libérant l'hydrogène sulfuré. Il est évident que cette propriété chimique du cyanogène contrariait singulièrement l'épuration du gaz, telle qu'elle se pratiquait jusqu'ici, en s'opposant à l'absorption par la masse épurante de l'hydrogène sulfuré. La masse épurante épuisée, peut être facilement réduite en une substance solide contenant 60 0/0 de soufre et comme telle, bien que ne contenant plus de bleu, elle n'est pas sans valeur, puisqu'elle peut être vendue avec profit pour la fabrication de l'acide sulfurique.

Un autre avantage appréciable du procédé, consiste en ce que le gaz qui parvient dans les canalisations de la ville est désormais *complètement dépouillé de cyanogène*; ce résultat doit être considéré, au point de vue hygiénique, comme particulièrement favorable. Le gaz d'éclairage qui n'est soumis à aucun procédé d'élimination du cyanogène contient jusqu'à 1 gr. d'acide cyanhydrique par mètre cube.

D'autre part, le gaz dépouillé du cyanogène ne peut plus *détériorer les volants des compteurs humides, ni la tôle des gazomètres*, comme cela se produisait fréquemment et ainsi que cela était facilement reconnaissable aux taches bleues

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

constatées sur la tôle. De plus, les eaux de vidange des gazomètres perdent une grande partie de leur propriété toxique, qu'elles ne devaient qu'au cyanogène qui y était dissous.

On peut donc affirmer avec raison, en se basant sur les chiffres d'exploitation de la Deutsche Continental-gas-Gesellschaft, et d'autres usines à gaz qui ont déjà adopté ce procédé, qu'il procure aux usines une méthode pratique d'améliorer l'épuration du gaz et d'obtenir en même temps un sous-produit de valeur et d'un placement facile.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De l'absorption de l'acide cyanhydrique du gaz d'éclairage comme introduction à la question de savoir quels progrès ont été réalisés dans la fabrication du gaz sous le rapport de la production de prussiate jaune de potasse par voie liquide.

Par M. le Dr A. SMITS.

(D'AMSTERDAM)

Les méthodes suivies jusqu'à une date très récente pour l'absorption de l'acide cyanhydrique du gaz d'éclairage par voie liquide, consistent ordinairement à mettre le gaz *préalablement épuré* de *l'ammoniaque* en contact avec une solution de carbonate de potasse, ayant un sel ferreux en suspension.

Il est singulier qu'on ait généralement considéré l'absence de l'ammoniaque comme condition indispensable d'une bonne absorption de l'acide cyanhydrique.

Je suppose qu'on a été induit en erreur par le phénomène suivant. Lorsque le gaz d'éclairage, entrant en contact avec le liquide absorbant, contient de l'ammoniaque, on trouve, après analyse, moins de prussiate jaune de potasse dans le liquide clarifié, mais après avoir analysé encore le précipité noir, qui se forme toujours pendant l'absorption, on démontre facilement que ce précipité contient une quantité de cyanogène, qui est proportionnelle à la quantité d'ammoniaque, que contenait le gaz, d'où il résulte que la quantité totale d'acide cyanhydrique absorbée est dans ce cas plus grande.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Or, on obtient de cette manière une quantité d'acide cyanhydrique qui se serait perdue pendant l'absorption dans l'appareil à ammoniaque.

De quelle manière peut-on expliquer le fait, que la présence de l'ammoniaque favorise l'absorption de l'acide cyanhydrique? La chimie physique moderne nous apprend que, quand il s'agit de réactions réversibles, elles ne peuvent jamais être utilisées purement et simplement pour obtenir une absorption quantitative.

Quand on amène du gaz, qui contient outre l'acide cyanhydrique, deux autres acides, l'acide carbonique et l'acide sulfhydrique à travers le liquide absorbant précité, diverses réactions se produisent qui sont réversibles, de sorte que, théoriquement, on ne pourrait avoir une combinaison quantitative, que si le liquide absorbant était en quantité infinie. Cependant, s'il y a de l'ammoniaque en quantité suffisante pour neutraliser les trois acides, il n'y a plus de réactions réversibles, mais bien des réactions quantitatives.

Il faut ajouter que la présence de l'ammoniaque favorise la formation d'un cyanure insoluble, et voilà la raison, comme nous l'avons déjà dit, pour laquelle on trouve moins de prussiate jaune de potasse dans le liquide en présence de l'ammoniaque.

Voilà les motifs qui m'ont forcé à supposer, que l'endroit où l'on absorbait l'acide cyanhydrique était mal choisi.

Il me semble rationnel de chercher à absorber l'acide cyanhydrique à la sortie d'un appareil où le gaz d'éclairage contenait encore de l'ammoniaque en abondance.

Dans ces conditions, on n'a pas besoin d'ajouter un sel de potasse, puisqu'en présence d'une quantité suffisante d'ammoniaque, tout l'acide cyanhydrique est engagé dans une combinaison de cyanogène insoluble.

Au lieu du carbonate ferreux on peut prendre une solu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion de sulfate ferreux, et cette solution présente l'avantage d'absorber chimiquement une grande partie de l'ammoniaque.

L'expérience nous a démontré qu'une solution concentrée de sulfate ferreux absorbe complètement l'acide cyanhydrique, quand le gaz, qui le traverse, contient de l'ammoniaque en abondance (par exemple à la sortie du Pelouze). A peine avais-je obtenu ce résultat que je lisais, dans le *Journal für Gasbeleuchtung*, que le Dr Bueb à Dessau avait atteint le même but par des considérations pratiques, et que le nouveau procédé était déjà appliqué avec succès à l'usine à gaz de Dessau.

Le résultat obtenu à l'usine à gaz d'Amsterdam confirme les faits supposés. Il fut démontré que de cette manière tout l'acide cyanhydrique pouvait être absorbé.

Malgré ce succès, cette méthode ne me satisfaisait pas entièrement. D'un côté, il est avantageux de fixer l'ammoniaque dans l'appareil de récupération des cyanures, mais de l'autre côté cette méthode présente des inconvénients par rapport au traitement ultérieur du liquide absorbant, si du moins l'usine à gaz a coutume de préparer elle-même le prussiate jaune de potasse et le sulfate d'ammonium.

En ce cas, j'ai trouvé qu'il est préférable de substituer au sulfate ferreux le carbonate ou l'hydroxyde ferreux. L'expérience en grand le prouve complètement.

Il est cependant recommandable pour faciliter le traitement ultérieur, non seulement d'ajouter une combinaison de fer insoluble, mais d'ajouter aussi du carbonate de potasse. C'est pourtant un point de moindre importance. La question principale indique qu'un liquide absorbant, existant de l'eau ou d'une solution de carbonate de potasse, auxquelles on a ajouté du carbonate ferreux ou de l'hydroxyde

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ferreux, est préférable à une solution de sulfate ferreux, si l'usine à gaz prépare elle-même le prussiate jaune de potasse.

Les progrès faits dans cette branche, sont donc les suivants: Par voie sèche on ne pouvait absorber plus de 50 0/0; par voie liquide environ 80 0/0 et maintenant nous pouvons absorber facilement et avantageusement tout l'acide cyanhydrique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Manutention mécanique du charbon.

Par M. Frederick D. MARSHALL

(DE COPENHAGUE)

Le problème qui actuellement agite le plus les esprits est celui des relations entre le capital et le travail.

Pendant la dernière partie du XIX^e^ siècle, ce problème a atteint une période aiguë : le sort des grandes industries, bien plus, le bien-être des peuples dépend de la solution de cette grande question économique.

On ne saurait supposer un instant que les générations futures veuillent consentir à continuer le travail manuel que faisaient leurs ancêtres. L'extension de la culture intellectuelle tuera le travail manuel; c'est la loi du progrès économique.

Le socialisme et le trade-unionisme ont cherché à créer l'opinion que le capital est l'ennemi du travail et que l'avènement du machinisme a pour effet l'oppression du travailleur. Grave erreur! Voyez la grande Amérique, où l'introduction des machines dans l'industrie date de cinquante ans : a-t-elle servi à l'oppression des ouvriers? bien loin de là, elle a tendu à faire grandir la nation et à la mettre dans la situation qu'elle occupe actuellement dans le monde.

Les machines qui diminuent le travail tendent à élever l'esprit des masses; elles développent le cerveau au lieu des muscles ou de la force brutale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Prenez l'ouvrier charbonnier comme synonyme de muscle. Il faut passer à une création plus haute, la machine perfectionnée, jusqu'à ce que, par une évolution naturelle, le charbonnier soit entraîné à se servir de son cerveau de préférence à ses muscles.

La manutention de grandes masses de charbon est un beau problème, qui présente un vaste champ de bataille pour la lutte entre l'esprit et la matière. C'est un problème fascinant, et l'auteur, à l'exemple de beaucoup d'autres, en a fait une étude spéciale, de telle sorte qu'aujourd'hui dans la production en grand du charbon et dans les grands centres d'utilisation du charbon, le travail manuel a été graduellement éliminé.

La présente communication ne renferme aucune partie originale, l'auteur ayant déjà présenté à d'autres sociétés techniques ses vues et une description des applications effectuées à une période antérieure; mais la question présente un si grand intérêt qu'une répétition des faits ne saurait être déplacée devant une réunion internationale d'hommes compétents.

Naturellement le choix des systèmes à suivre pour la manutention du charbon doit être déterminé par les conditions locales, et un système admirablement bien adapté à un endroit déterminé peut être très mauvais ailleurs.

Dans le cas particulier dont il va être question, on a employé deux systèmes différents pour le déchargement et l'emmagasinage du charbon.

Le problème consistait à recevoir et à emmagasiner une cargaison de charbon dans un endroit, et à le transporter ensuite graduellement, à le décharger et à le réemmagasiner dans un autre endroit.

Au port franc de Copenhague, le charbon nécessaire à l'usine de Frederiksberg de la Danish Gas C° arrive par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vapeurs; il est pris dans la cale et emmagasiné par la belle méthode due à M. C.-W. Hunt, des Etats-Unis.

Voici la description de l'installation et les résultats financiers qu'elle a donnés.

Nous élevons le charbon des vapeurs de t 2.090 par le moyen de 6 élévateurs à grues mobiles, de 75 pieds de haut (m 22,80) et roulant sur des voies parallèles au quai. Les grues sont pourvues de volées paraboliques en porte à faux, qui s'élèvent à 32 pieds (m 9,73) au-dessus de l'eau et sont construites de telle sorte que le mouvement de la chaîne d'un treuil à vapeur de Cv 100 porté par la grue détermine le roulement du chariot porteur de la benne aussitôt que celle-ci est arrivée à la hauteur de l'extrémité de la volée.

Treuils à vapeur. — Les treuils sont de la force de Cv 100 et sont munis de deux chaînes en acier à chaînons plats, d'une construction spéciale. L'une sert à l'élévation du charbon, l'autre à son déchargement.

Pour alléger le treuil à vapeur et pour compenser le poids mort qui est de t 5, on a disposé un contrepoids dont la corde s'enroule sur une poulie unique fixée au treuil.

Bennes. — Les bennes employées sont d'une construction des plus simples; l'ouverture et la fermeture en est effectuée par la chaîne servant au déchargement et qui s'enroule sur un tambour porté par l'axe des deux moitiés des bennes.

En portant l'écartement des deux moitiés à 6 pieds (m 1,82), la benne élève t 2 de charbon, et le poids, y compris charbon et chaînes, est de t 5.

Wagonnets automatiques et voies de circulation. — Ces wagonnets sont d'une construction spéciale, et ils sont faits pour décharger leur contenu et pour retourner à leur point de départ d'une façon complètement automatique. Ils peu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vent circuler dans des courbes de 30 pieds de rayon (m 9,12), ils peuvent rouler sur une surface inégale et porter un poids mort de t 2. Leur vitesse est réglée à 300 pieds (m 91,20) en 35 secondes.

Lancés à main d'homme sur un plan incliné, ils vident leur chargement où l'on veut et retournent tout à fait automatiquement à leur point de départ, où ils reçoivent un nouveau chargement.

Le procédé employé à cet effet est aussi nouveau qu'ingénieux.

Quand le wagonnet chargé est arrivé à la fin de sa course, il a élevé, à une certaine hauteur, un poids W (voir Pl. VII, fig. 5) au moyen d'un câble en fil de fer que le wagonnet accroche pendant sa course.

A cet effet, le wagonnet porte à l'avant deux saillies; un peu avant l'arrivée du wagonnet à l'arrêt E qui le fait basculer, ces saillies rencontrent un traîneau F attaché à un câble qui passe sur les poulies fixes A et B, puis sur la poulie mobile C, et dont les extrémités sont fixées en DD.

La poulie mobile C roule sur des rails portés par une poutre placée sous la voie de roulage des wagonnets, et l'axe de cette poulie porte une caisse triangulaire en bois W lestée avec des pierres et pouvant tourner autour d'une charnière.

Le wagonnet chargé, une fois lancé, descend à toute vitesse; quand les saillies de l'avant rencontrent le traîneau F, celui-ci est entraîné jusqu'à ce que le wagonnet arrive à l'arrêt E. Par le fait de la rencontre du traîneau, la poulie C est lancée dans la direction de la flèche n° 1, et en même temps le poids W est élevé dans la position indiquée par les lignes pointillées. Quand le wagonnet a vidé son chargement, il n'a plus la force de maintenir en l'air le poids W, et celui-ci en tombant détermine le mouvement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du câble en sens contraire, la poulie C marchant dans le sens de la flèche n° 2. Par suite de cette circonstance, le traîneau F donne au wagonnet une impulsion qui lui permet de vaincre la résistance du plan incliné et de retourner à sa place de chargement.

Là où l'arrêt est placé sur la voie, le wagonnet déchargera nécessairement son contenu.

Le poids W peut être fixé à un endroit quelconque, et on détermine par expérience la quantité de pierres nécessaires.

Magasins de charbon. — L'arrangement des magasins de charbon consiste en trois bâtiments séparés, dont l'un est figuré sur la planche ci-jointe (voir pl. VII), et dont chacun comprend 18 compartiments ou silos, d'une capacité de t 550, soit, t 10.000 par bâtiment, et t 30.000 pour les trois. Au-dessus de chaque compartiment se trouvent deux toiles convoyeurs automatiques, soit 36 en tout. Dix-huit de ces toiles se continuent à travers les bâtiments jusqu'au grand chantier couvert qui les avoisine, et qui peut recevoir t 50.000, portant ainsi la capacité totale du magasin à t 80.000. L'étude des compartiments destinés à recevoir le charbon a été faite avec la plus grande attention, s'agissant de choisir entre le fer, le bois et une construction mixte.

Contre l'emploi du fer militaient ses variations de longueur dans le cas d'échauffement du charbon; une construction entièrement en bois, comme on les fait en Amérique, est d'un aspect fâcheux. Les édifices du Port-Franc de Copenhague ne manquent pas de valeur architecturale; il était nécessaire de donner à nos constructions un style analogue; nous avons donc décidé de construire les murs extérieurs en ciment armé, en les appuyant sur des fondations en granit et en briques, et de faire les divisions intérieures en pans de bois.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme le montre la planche, les murs extérieurs ont cm 11, ou 4 pouces 5/16 d'épaisseur; le treillis de fils de fer engagé dans le ciment est composé de fils travaillant à la tension de mm 12 de diamètre maintenus par des fils transversaux de mm 5, comme dans un travail de vannerie.

Les murs ont été calculés pour résister à une poussée latérale de kg 461 par mq au sommet, kg 800 à mi-hauteur, et kg 1077 au pied. Quand les compartiments sont entièrement pleins, et bien qu'ils puissent se déformer sous ce grand effort, il n'y a pas à craindre qu'ils cèdent.

Les murs présentent un fruit, leur épaisseur étant moindre en haut qu'en bas. Les bases des murs sont ancrées dans la fondation en briques et ciment, comme on le voit sur la planche.

Les murs sont renforcés verticalement et latéralement par des fers à double T et par des plaques à travers lesquelles passent des tirants de 3/4 de pouce (mm 19) de diamètre qui rattachent tout le pourtour à de solides poutres en bois formant la paroi intérieure. Ces poutres supportent aussi les divisions entre les divers compartiments. Tous les détails sont visibles sur les dessins annexés.

Le fond de chaque compartiment est formé par une série de voûtes en ciment armé, ayant 10 pieds 6 pouces (m 3,19) d'ouverture et 2 pieds 6 pouces (m 0,76) de flèche, et s'appuyant sur des fers en U portés par des piles solides. Ces arcs n'ont au sommet que 5 pouces 1/2, (mm 138) d'épaisseur et sont calculés pour résister à un effort de t 3/4 par pied carré (kg 0,82 par cm^2).

Le treillis des voûtes consiste en tiges de résistance de mm 8 de diamètre et tiges de répartition de mm 5. Pour empêcher les voûtes de se déformer par aplatissement, on a employé une série de tirants de 1 pouce 3/4 de diamètre (mm 44), espacés de 14 pouces (cm 35), d'axe en axe, et dont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les extrémités sont maintenues par des écrous contre les fers en U susmentionnés, le tout résultant clairement du dessin.

La question qui se pose naturellement est celle de la valeur commerciale de cette installation. Elle a coûté environ liv. sterl. 55.000 (environ fr 1.400.000), et quand on fait travailler les 6 grues, elle peut décharger t 300 par heure, soit t 3.000 par jour de travail.

Le prix de revient du déchargement résultant de l'expérience ne dépasse pas 2 pences (fr 0,105) par tonne, pour le transport du charbon de la cale jusqu'aux compartiments des magasins.

L'installation travaille depuis trois ans avec les résultats les plus satisfaisants.

A partir de ces grands magasins, le charbon nécessaire à l'usine à gaz de Fredericksberg est expédié chaque jour par voie ferrée dans des wagons de dix tonnes. Ces wagons sont d'une construction spéciale et s'ouvrent par le fond. A leur arrivée à l'usine, ils sont basculés un à un dans une trémie et, en moins de dix minutes, le charbon est élevé et déposé par un élévateur et par un transporteur à toile dans les magasins ou réservoirs supérieurs. De ces réservoirs le charbon va, au moyen d'une autre toile inférieure, à un élévateur qui alimente les trémies des fours à cornues inclinées.

Cette installation, imaginée par l'auteur peut être décrite comme suit :

T 120 de charbon sont manutentionnées par deux hommes, c'est-à-dire que le charbon est reçu, broyé et emmagasiné à raison d'une tonne par minute, et qu'il peut être repris en même temps du magasin et envoyé aux cornues dans la même proportion.

Le train qui porte le charbon à l'usine est généralement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

composé de 10 à 14 wagons continuant t 100 à 140, et cette quantité, tout compte tenu du temps nécessaire pour charger les wagons, peut être emmagasinée par deux hommes en trois heures à 3 heures 1/2.

Les magasins et les machines sont construits comme l'indique la planche (voir Pl. VI, fig. 1, 2, 3, 4 et Pl. VII, fig. 8 à 11). Les trémies sont en forme de pyramides quadrangulaires renversées; toutefois les faces ne sont pas planes, mais chacune d'elles est formée par une voûte. Les bases des trémies sont munies voir (Pl. VI, fig. 1) de régulateurs de vidange, *h*, *h*, *h*, mus par des engrenages de telle façon qu'en modifiant ceux-ci on augmente ou on diminue la quantité de charbon débitée, rien ne pouvant sortir sans que le régulateur marche. Des régulateurs, le charbon tombe sur les toiles inférieures, qui le portent aux fosses des élévateurs *c*, *c*, *c*, et ceux-ci à leur tour le montent dans les trémies supérieures de la halle des fours, destinés à alimenter les cornues inclinées qui garnissent cette halle. Les toiles inférieures étant commandées par les régulateurs, le débit du charbon et son transport sont assurés d'une façon très élégante.

Le magasin de charbon, avec toutes ses trémies pleines, peut contenir t 1.000, ou à peu près l'approvisionnement d'une semaine pour la halle à fours dans son état actuel (production journalière maxima environ 1.250.000 pieds cubes ou mc 35.500.

Tous les mécanismes sont commandés à partir de la salle des machines, *e* (Pl. VI, fig. 2), et un seul homme peut recevoir et vider les wagons, et remplir les trémies supérieures à charbon dans la halle des fours, à raison de t 120 par heure.

L'installation mécanique et le magasin de charbon représentés dans le dessin ont coûté liv. sterl. 3.500 (fr 88.000);

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais en considérant l'énorme économie de travail obtenue, il n'est pas douteux que la dépense ne soit rapidement regagnée.

Telle est la description générale du magasin actuellement existant; mais le point spécial à relever dans cette communication est la construction des trémies à charbon. Le poids du charbon emmagasiné se monte à t 3 par pied carré (kg 33.000 par mq), et pour porter ce poids en l'air d'une manière pratique, les difficultés ne manquent pas. On aurait pu faire porter les réservoirs sur le sol, et un petit tunnel passant par-dessous aurait reçu les toiles et les mécanismes; mais il était nécessaire que les ouvertures des trémies et les régulateurs fussent facilement accessibles, et il devenait alors indispensable d'élever le fond des trémies au-dessus du sol. Cela demandait une mûre réflexion, vu l'énorme poids du charbon à emmagasiner. Les constructions en briques ou en pans de bois furent étudiées et écartées à cause de leur encombrement, et on recourut finalement au ciment armé pour résoudre la difficulté.

La figure 1 (Pl. VII) montre que les voûtes en ciment armé qui constituent les parois des réservoirs s'appuient sur des voûtes ordinaires, lesquelles sont soumises seulement à des efforts de compression, tandis que les trémies elles-mêmes sont soumises à d'énormes efforts de tension. Les voûtes placéessous les trémies constituent un excellent passage, et toutes les parties des mécanismes, des toiles et des régulateurs sont facilement accessibles.

La section des voûtes en ciment armé a exigé beaucoup de calculs, et la pression des pyramides de charbon est répartie d'une façon très singulière et inégale. On n'a pourtant employé dans la construction que les matériaux nécessaires.

Etant donnés les frais d'établissement, on peut se deman-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

der s'ils sont justifiés par l'économie réalisée. Voici les dépenses calculées sur un prix de revient de 3.500 livres sterling pour une installation destinée à manutentionner annuellement t 30.000 de houille.

	Liv. st.	Francs
Un homme, travaillant pendant trois heures par jour à l'emmagasinage du charbon et au remplissage des trémies dans la halle à fours, et pendant trois heures à l'entretien des mécanismes, à 3 pence 1/2 l'heure, soit annuellement.....	33	833
2 hommes au remplissage des wagons; trois heures par jour chacun, à 3 pence 1/2 l'heure.....	33	833
Graissage, chiffons, etc.....	30	758
2 0/0 de dépréciation sur 3.500 livres st.....	70	1.768
4 0/0 d'intérêts sur —	140	3.535
Total.....	306	7.727

On a donc dépensé 2,44 pence (25,7) par tonne pour le transport du charbon du magasin du port jusqu'aux trémies des cornues, y compris l'intérêt et l'amortissement.

Les deux installations que nous avons décrites ont eu un très grand succès et n'ont pas été en défaut pendant une seule heure depuis leur mise en marche il y a plusieurs années. L'usure est insensible, et le travail pénible est réduit à une quantité négligeable.

Avant de terminer, l'auteur ne veut pas manquer d'exprimer son admiration pour les travaux analogues faits par d'autres ingénieurs.

La cour à charbons de M. Possehl à Hambourg est une installation splendide, faite principalement pour la manutention du charbon en noisette. Les mécanismes élévatoires, du type des élévateurs à blé, et les trémies sont alimentés par des toiles à grande vitesse, semblables à celles qui ont été employées par l'auteur à l'usine de Friederiksberg. Les trémies du magasin sont admirablement construites en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ciment armé. Toute l'installation est mue par l'électricité et elle est parfaite à tous égards.

MM. Graham Morton et Cie, de Londres, ont exécuté plusieurs excellentes installations pour le transport et la mise en magasin du charbon, principalement pour les charbonnages, en même temps qu'en Amérique il a été fait beaucoup dans cet ordre d'idées. L'auteur n'a malheureusement pas connaissance de ce qui a été fait en France.

Parmi les constructions connues, l'auteur ne croit pas qu'il ait été installé des magasins de charbon à alimentation automatique, sauf ceux de l'usine à gaz de Zurich, exécutés par M. Weiss, et ces installations sont fort semblables à celles de l'auteur. Les charbons sont élevés et emmagasinés par une voie automatique conforme à la description qui vient d'être faite.

La différence entre le système de vidange de M. Weiss et celui de l'auteur est dans la forme du transporteur qui, dans le cas de M. Weiss, est du modèle à secousses, le fond des trémies qui contient le mécanisme de vidange étant établi en contre bas du sol, au lieu d'être élevé au-dessus comme dans le cas de l'auteur.

Il serait extrêmement intéressant d'apprendre de M. Weiss les résultats obtenus à l'usine de Zurich, et en particulier ceux que donnent les tables à secousses.

En terminant, l'auteur exprime l'espoir que tout ingénieur ou directeur d'usines à gaz qu'intéresse la manutention économique du charbon voudra honorer de sa visite les installations faites par lui à Copenhague.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Coal handling Machinery.

By Frederick.-D. MARSHALL

(COPENHAGEN)

The mighty problem ever vexing mens minds is that concerning the relations of Capital to Labour.

During the latter part of the 19th century this problem has reached an acute stage and the fate of great industries, yea, indeed the welfare of Nations is resting on this great Social economic question.

Looking at the matter broadly, it cannot be supposed for one moment that coming generations of men will be content to toil, manually, as their forefathers have done, through successive Ages. It is unreasonable to expect that with steadily developing brain culture that men will be content to dig and delve or to depend for an existence on mere manual labour. It is against the Ethics of mental and economic progress to expect that it should be so.

Social Democracy and Trades Unionism have endeavoured to create a creed or cult to the effect that Capital is inimical to Labour, and that the advent of machinery to perform work hitherto executed manually must be to the underdoing of the working population. What a wicked fallacy this is. Look at that great country America where the use of machinery for industrial and domestic purposes has reached a stage beyond the dreams of man even 50 years

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ago. Has the introduction of such labour saving machinery, been to the undoing of its teeming peoples. Far from it for the introduction of labour saving appliances has tended to elevate the Nation as a whole and to place it in that forward position it now holds among the Nations of the world.

Labour saving machinery tends to the mental elevation of the masses, it signifies the development of the brain as against the development of the muscle or brute force.

Take the coalheaver as synonymous of muscle. He must give way to the higher creation, the trained mechanic, until by natural evolution the coal heaver himself becomes trained to use his brain in preference to his muscles.

The handling of great masses of coal is a pretty problem, affording a vast battle field for the struggle between mind and matter. It is a fascinating problem and the writer has made it a special study as indeed many others have done, and in the great coal producing and coal using centres manual labour is being gradually superseded.

The contents of this paper present no very original features, as the writer has had the honour of placing his views and a description of his appliances before other Technical Societies at an earlier stage but the question is of such vast interest that a repetition of so ofme his experiences and a dilation of the results achieved may not be unacceptable to an International gathering of experts.

Naturally the selection of the particular appliance for handling coal must be determined by local conditions and an appliance admirably suited for one locality would fail in another. Take the writers experience for instance and the problems he had to solve. In dealing with one particular locality two distinct systems of discharging and storing coal have been adopted.

The problem was to receive and store coal in bulk at

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

one spot, and to transport by degrees, discharge and restore in another.

At the Copenhagen Free Harbour the Coal required by the Frederiksberg Works of the Danish Gas Co. is received in bulk, and is raised from steamer and stored by the beatiful Hunt system mainly the invention of C. W. Hunt of the United States.

Let me describe this installation and the financial results achieved.

We lift the coal from 2000 ton steamers by means of movable *elevators or cranes* 6 in number, 75 ft high and running on rails parallel with the Quay. The cranes are furnished with outrigger booms projecting 32 ft over the water.

The outrigger boom is parabolic in shape and so constructed that the pull of the chain from a 100 HP steam winch fixed in the head of the crane tower causes the boom truck or carriage to run up the boom as soon as the steam shovel is hoisted as high as the outer extremity.

Steam Winches. — These are each of 100 HP and are fitted with 2 flat link steel chains of special construction. The one is the lifting chain and the second the « dumping » or discharging chain.

To lighten the load on the steam winch and to compensate for the 5 tons dead weight a counterweight wound on a conical pulley attached to the steam winch is arranged.

Steam Shovels. — The Steam shovels employed are of the simplest description the opening and shutting of the same being effected by the « dumping » chain being wound around a drum or wheel fixed in the axis of the two halves of the shovels.

When open the shovels gape 6 feet, lifts 2 tons of coal,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

and the weight together with the load and the lifting and dumping chains is 5 tons.

Automatic cars and tracks. — These cars are of peculiar construction and are made to discharge their load and to return to their starting point quite automatically. The cars in question can turn a curve of 30 ft radius, can run on an uneven track and carry a dead load of 2 tons. Their speed of running is 300 feet in 35 seconds.

After being started by a push down the incline by the Hopper man they « dump » their load at any required spot, — and return quite automatically to the starting point for a new load.

The method by which the car returns to the starting point after automatically discharging its loads is both novel and ingenious.

When the loaded car has reached the end of its journey it has raised a weight (W on diagram) to a certain height by means of a wire rope cable which the car picks up on its journey. The details may be more fully explained as follows :

The car has fixed on the front two horns or grabs, and these, a little before the car arrives at the « tripping block » E, where it is emptied, catch on to a sledge S attached to the cable which passes over the pulleys A B, the ends of the cable, after passing round the movable pulley C, are fixed at the points DD.

The movable pulley C runs on a rail fixed to a beam under the railway, and to the axle of the pulley a triangular wooden box W is attached by one corner, the opposite corner being hinged to an upright post, and the box weighted with stones. Now the loaded car having been started, it runs at full speed until the projecting horns catch the sledge S, carrying this along until the tripping block E is

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

reached. By this action the pulley C is moved in the direction of arrow No. 1, and at the same time the weight W is lifted into position as indicated by the dotted lines. The car having dumped its load by the tripping block loosening the wire rope « trippers » attached to the car, has no longer any power to keep the weight W elevated, and this in falling causes the direction of the cable to be reversed, the pulley C (Plate VII fig. 5) returning in the direction of arrow No. 2. By this action the sledge F gives the car a good push, powerful enough for it to overcome the resistance of the incline and te return in to its starting place under the hopper.

Wherever the tripping block is placed on the track, there will the car unfailingly discharge its load.

The weight W may be fixed at any convenient spot, and the weight of stones required be ascertained by experiment.

Coal pockets. — The arrangement of coal pockets consist of three separate buildings (one of the buildings is shown on the accompanying plan), each containing 18 pockets, or « silos ». These pockets will hold roughly 550 tons of coal, or 10.000tons in each building, the total quantity in the three buildings being about 30.000 tons when quite full. Over each pocket runs two sets of automatic tracks, thirty-six in all. Eighteen of these tracks are continued through the buildings to the large covered space beyond. This space is calculated to store another 50.000 tons, making the total storage 80.000 tons. The designing of the pockets was the occasion of much earnest consideration, there being a choice between iron, wood and composite structures.

Iron is objectionable, on account of expansion and contraction in the event of the coal becoming heated, while a wholly wooden structure (as adopted in America) is unsightly, the surroundings in the Free Harbour possess a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

large degree of architectural merit; and as it was necessary that the pocket buildings should follow the style, it was determined to construct the outer walls of Monier cement work, resting on substantial red-brick and granite foundations, and the internal division-walls of timber-work.

As shown in the accompanying plan, the outer Monier walls are cm. 11 or 4 5/16 inches thick; the wire-work netting embedded in the cement consisting of tension-rods mm 12 thick, kept apart by distance-rods mm 5 thick, interlaced in the manner of basket work.

The walls are calculated to stand a lateral thrust of 461 kilos. per square metre at top, 800 kilos. per square metre in the middle, and 1077 kilos. per square metre at the bottom. When the pockets are quite full, and although they may perhaps bulge under this great strain, there is no fear of their giving way. It will be noticed that the walls are tapered, being thicker at the bottom thanat the top. The bottoms of the walls are anchored in the pediment of brickwork in cement, as shown in the accompanying plan.

The walls are strengthened vertically and laterally by I-irons and by wall-plates through which 3/4 inch bolts are passed, bolting the whole of the outside shell to the framework of strong wooden beams forming the interior. These beams likewise support the divisions of the pockets. all details are clearly shown in the accompanying drawing.

The bottoms or floors of the pockets consist of series of Monier arches, 10 feet 6 inches span by 2 feet 6 inches rise, springing from channel-irons resting on concrete piers. The arches at the crown are only 5 1/2 inches thick, and are calculated to stand a strain of 3/4 ton per square foot.

The Monier network of the arches consists of tension-rods 8 mm thick and spacing rods mm 5 thick. To prevent the arches flattening out, a series of tie-rods, 1 3/4 inch

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

diameter, spaced 14 inches centre to centre, are employed, the ends being screwed and bolted to the channel-irons previously mentioned — all clearly shown in the plan.

Now the question naturally arises does this installation pay. The cost was some £ 55.000 and assuming the 6 cranes to be at work, 300 tons per hour can be discharged — 3000 tons per working day.

The cost of discharging has been found by experience to be not higher than d. 2 two pence per ton, from the time the coal is raised from the ship's hold until it is deposited in the store pockets or « bins ».

The installation has now been working 3 years with the most satisfactory results.

From these large Stores the coal required for the Gas works at Frederiksberg is sent daily by rail in 10 ton trucks. These trucks are of peculiar shape and open at the bottom.

On arrival at the Gas works the 10 tons is dumped at once into a hopper and in less than 10 minutes is elevated and by a band Conveyor a deposited in the overhead stores or bins. From the bins or stores the coal is transferred by a lower conveyor band to the elevators supplying the hoppers for the inclined retorts in the retort house.

This installation, the invention of the writer, may thus be described.

120 tons of coal are handled by the aid of 2 men, that is to say the coals are received, crushed and stored at the rate of 1 ton per minute and can be simultaneously removed from the store and conveyed to the retort house at a similar rate.

The train conveying the coal to the works consist generally of 10 to 14 wagons containing 100 to 140 tons and this quantity of coal allowing for time for shifting trucks can be stored by 2 men in 3 to 3 1|2 hours.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

The stores and machinery are constructed as shown on diagram (Plate VI, figs 1, 2, 3, 4, Plate VII, figs 8 to 11). The pockets or bins are four sided inverted pyramids; the sides, however, are not flat, but each formed of an arch. The lower rends of the pockets are fitted with emptying regulators, *h*, *h*, *h*, worked by ratchet and pinion wheels, so that by adjusting the speed of their revolution a larger or smaller quantity of coal may be ground out, no coal being able to pass until the regulators are in motion. From the regulators she the coal drops on to the lower conveyor cotton band (*b*), which carries the coal to the hoppers of the elevators, *e*, *e*, *e*, which in their turn elevate it to the overhead tanks in the retort house, destined to feed the inclined retorts with which the house is fitted. The lower conveyor bands being in gear with the regulators, the speed of emptying and conveying is aicely adjusted.

The coal store, with pockets all filled, will contain 1000 tons, or about a weeks supply for the house as at present erec ted (about 1,250,000 cubic feet per diem maximum).

All the machinery is worked from the engine room, e, and one man can receive and empty wagons, and fill overhead coal tanks in retort house at the rate of 120 tons per day.

The machinery and coal store, as depicted in the drawings, cost £ 3,500; but considering the enormous saving in labour, the outlay was speedily recouped.

Such is the general design of the store at present erected; but the special point with which this paper is connected is the construction of the coal bins or pockets. The weight of coal to be supported amounts to 3 tons per square foot, and to support this weight in the air in an economical and practical manner presented many difficulties. Of course the pockets could have rested on the ground, and a small

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tunnel excavated underneath for the conveyor bands and machinery ; but it was necessary that the openings of the pockets and regulators should be easily accessible, and it was deemed necessary to raise the bottom of the pockets above the ground. This involved very careful consideration, when the great weight of the superincumbent coal is taken into account. Brickwork and wooden framings were all duly considered, and abandoned on account of their cost and cumbersomeness, and resource was at last had to the Monier principle as a solution of the difficulty.

Referring to the drawings B B it will be seen that the Monier arches composing the bottoms of the pockets spring from ordinary concrete arch foundations, as they are only subject to compressive strain, whereas the pocket themselves are subjected to enormous tensile strain. The arches underneath the pockets form an excellent subway, and all parts of the machinery, bands and regulators are easy of access.

The section of the Monier arches involved much calculation, as the pressure of the coal pyramids is very curiously and unequally distributed. No material, however, has been wasted in their construction.

Referring to the matter of prime cost, the question will be asked, can such an installation pay. Here are the figures, based on the fact of the installation having cost complete £ 3500 and destined to handle 30,000 tons of coal annually.

1 man, storing, 3 hours daily, supplying hoppers in retort house and clearing up, looking to engine etc., 3 hours daily, at 4 1|2 d. per hour say annually	£	33
2 men shifting trucks, 3 hours each at 3 1|2 d....		33
Oil waste, brooms, annually.....		30
2 per cent. depreciation on 3500 l.....		70
4 per cent interest on ditto.....		140
	£	306

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On an annual quantity of 30.000 tons — d 2. 44 *aper ton, for unloading, storing supplying retort house, and including wear and tear and interest on capital.*

The two installations described are are eminently succesful, and have not failed for a single hour since started some years ago. The wear and tear is inappreciable and the question of labour, sorrowful as it is to say so, is reduced to a vanishing point.

Before concluding this paper the writer wishes to bear testimony and to express his admiration for the work of others in the same direction.

Herr. Possell's « Kolenhof » at Hamburg is a splendid installation designed principally for handling nut coals. The elevating machinery of the corn elevator type and the pockets or bins are supplied by quick running conveyor bands similar to those designed by the writer for the Frederiksberg works. The pockets or storage bins are beautifully constructed of Monier work. The whole installation is driven by electricity and is perfect in every respect.

Messrs Graham Morton et Co. of London have erected several excellent installations for the transport and storage of coal principally for collieries, while in America much has been done in this direction. The writer has unfortunately no Knowledgd of-what is being done in France.

Beyond the pioneer installation decribed the writer is unaware that automatic coal stores have been erected at any other works than those at the new Stadt Gas works at Zürich by Herr Weiss, and the design of these stores closely follows those of the writer. The coals are lifted and stored by the automatic railway just described.

The difference between the writer's and Herr Weis's emptying arrangement being the form of the emptying conveyor which in Herr Weiss's case is of the grasshopper

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

or shuttle describtion while the bottom of the stores containing the emptying machinery is *excavated* instead of being constructed overhead as in the case of the writers.

It would be of extreme interest to hear from Herr Weis an account of the working of the Zürich apparatus especially the results achieved by the shuttle conveyor.

In conclusion the writer expresses a hope that any Engineer or Director of gas works interested in the economical handling of coal in bulk will honour the writer's installations in Copenhagen by a visit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Manutention mécanique du coke dans les usines de la Compagnie Parisienne du Gaz

Communication faite au nom de la Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le Gaz

par M. LOUVEL.

La Compagnie Parisienne du Gaz a, depuis quelques années, transformé complètement ses chantiers à coke et a installé des appareils mécaniques pour effectuer la plupart des opérations multiples qu'exige le traitement de ce sous-produit dont la production annuelle dépasse 15 millions d'hectolitres.

Le but de cette étude est de faire connaître ces installations mécaniques.

Avant d'étudier, en détail, chaque appareil, il semble intéressant d'indiquer les motifs qui ont guidé dans la construction de ces divers outils.

Il s'agissait d'installer des appareils utilisant le matériel et les aménagements existants.

Les transports du coke, dans l'intérieur des chantiers, s'effectuaient avec :

Des mannes en osier, d'un hectolitre ;

Des sacs en toile, d'un hectolitre ;

Des bennes en tôle de 10 hectolitres ;

Les mannes et les sacs étaient portés à dos d'homme.

Les bennes étaient portées par des tricycles et soulevées par des grues.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le problème à résoudre, pour faire toutes les opérations par des procédés mécaniques, se trouvait compliqué par la multiplicité des numéros de coke produits par les blutoirs ; ils sont au nombre de cinq et reçoivent des destinations variées (mise en voiture, mise en wagon, mise en tas, transport à la réserve). De plus, le travail est très irrégulier et, à l'arrivée des froids, les chantiers prennent une activité intense à laquelle il faut pourvoir avec le personnel dont on dispose.

A l'exception des chargements de wagons en vrac, qui s'effectuent avec des bennes, toutes les opérations du coke se font en sacs contenant un hectolitre, soit kg 40 à 50. Ce faible poids unitaire permet à un homme seul de procéder aux manutentions nécessaires à l'origine et à l'extrémité des appareils, ce qu'il ne pourrait faire avec une benne.

Un hectolitre de coke pesant kg 40 à 50, peut être manutentionné dans un sac pesant kg 2,500 et porté sur une corbeille pesant kg 11.

Lorsque le sac est transporté directement par un convoyeur, l'enveloppe servant au transport ne pèse que kg 2,500 soit kg 25 pour 10 hectolitres.

Lorsqu'on utilise, au contraire, une benne en tôle, il faut un poids mort de kg 340 pour transporter 10 hectolitres de coke.

De la légèreté du poids transporté (kg 52,50 à kg 55 au maximum) découle la construction d'appareils extrêmement légers pour le transport du coke.

Comme les sacs sont nécessairement espacés, par suite du temps indispensable pour leur chargement, il en résulte que les transporteurs ne supportent, en dehors des hommes nécessaires pour le service, qu'une surcharge permanente de kg 30 à 40 par mètre courant, ce qui est extrêmement faible.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ces conditions on peut, sans grande dépense, construire des poutres d'une grande portée et disposer les points d'appui de façon à les placer, autant que possible, en dehors des tas de coke, dans les endroits où l'on ne gêne pas la circulation des voitures.

L'emploi des sacs permet, enfin, d'utiliser le mono-rail porté sur supports légers facilement transportable et déplaçable à dos d'homme.

La Compagnie Parisienne a cherché à construire des appareils très simples, n'ayant aucune complication d'engrenages.

Tous les appareils employés utilisent les mêmes engins et il est facile de réparer un outil sans avoir, en magasin, un approvisionnement compliqué.

Il est également intéressant de faire remarquer que les essais faits, pendant plusieurs années, ont prouvé que la poussière du coke ne produisait aucune usure anormale lorsque les appareils étaient bien entretenus.

L'emploi de dynamos électriques, mues par les transmissions existant dans les ateliers ou par des moteurs à gaz spécialement installés, a permis, en donnant de la force sur des points isolés des chantiers, de créer divers outils qu'il y avait intérêt à mettre en marche et à arrêter instantanément, sans avoir besoin d'un mécanicien spécial.

Un des grands avantages de l'installation de ces appareils, est de pouvoir donner, à volonté, une faible ou une grande puissance de débit.

Comme les hommes ne portent plus de lourdes charges et que leur travail se réduit presque à diriger les sacs, ils peuvent donner un très grand rendement sans fatigue.

Chaque appareil va être étudié isolément.

La nomenclature des appareils décrits est la suivante :

1° Wagonnet pour le transport du coke ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° Tombereau à hayon manœuvrant automatiquement ;

3° Grue pour le chargement du coke en wagon. Bennes diverses ;

4° Transporteurs. Élévateurs à godets, de coke en vrac ;

5° Mise du coke en tas :

Convoyeurs de sacs pour le transport et la mise au tas du coke ;

Câble transporteur;

Mono-rails;

6° Convoyeur — Porteur — Sécheur ;

7° Hectolitre-verseur ;

8° Monte-sacs à dos d'homme ;

9° Drague pour la reprise du coke au tas ;

10° Outils et appareils divers.

Nous commencerons donc les études de détail par :

I. — Wagonnet pour le transport du coke.

Ces wagonnets servent à transporter le coke depuis la cour d'extinction jusqu'aux trémies alimentant les blutoirs. Leur contenance est de 40 hectolitres, ils pèsent à vide kg 2.600 et ne circulent que sur voie ferrée.

Ils se composent d'un châssis en bois monté sur roues en fonte, et d'une caisse en tôle pouvant basculer sur le côté.

L'axe de rotation de la caisse peut lui-même se déplacer dans des glissières en forme d'arc, ce qui a pour effet d'amortir le choc et d'éviter le soulèvement des roues au moment où l'on bascule la caisse en tôle.

L'un des côtés de cette caisse est muni d'une porte à oreilles qui, rabattue, sert de goulotte de déversement entre le fond de la caisse et la trémie.

Le wagonnet étant arrivé au droit de la trémie, on commence par rabattre la porte ; puis, à l'aide d'un levier, on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

détermine le mouvement de bascule. L'effort à faire est très faible, le wagonnet avec sa porte rabattue étant presque équilibré.

Le relèvement du wagonnet et de la porte s'effectue à l'aide d'un levier spécial composé de deux tronçons inégaux réunis par une charnière. L'homme de manœuvre, placé du côté opposé à la trémie, introduit son levier dans une chape en fer fixée à la caisse (fig. 1). Il fait effort de haut en bas et ramène ainsi la caisse à reposer sur le châssis dans la position de route. La charnière est disposée de façon que, dans ce mouvement, les deux tronçons du levier restent dans le prolongement l'un de l'autre ; elle permet au manœuvre, le redressement de la caisse étant terminé, de relever le tronçon qu'il tient à la main, l'autre restant pris dans la chape. Il fixe alors au bout mobile l'extrémité d'une chaîne qui, passant sur deux petites poulies à gorge, vient se fixer au volet de la porte et agit de haut en bas sur le levier. Celui-ci tournant autour de la charnière entraîne la chaîne et ferme la porte (fig. 2).

Ce dispositif a l'avantage de permettre à un seul homme d'ouvrir et de fermer la porte et évite les accidents qui pourraient résulter de la chute brusque de la porte sur les hommes de manœuvre.

II. — **Tombereau à hayon manœuvrant automatiquement.** (Pl. VIII, Fig. 1.)

Le principe du mouvement du hayon réside dans ce fait que pendant la mise à cul du tombereau les brancards fixés au cheval subissent un très faible déplacement tandis que la caisse même du tombereau tourne autour de l'essieu. Il en résulte que la distance qui sépare les brancards du milieu de l'avant du tombereau augmente dans une assez

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

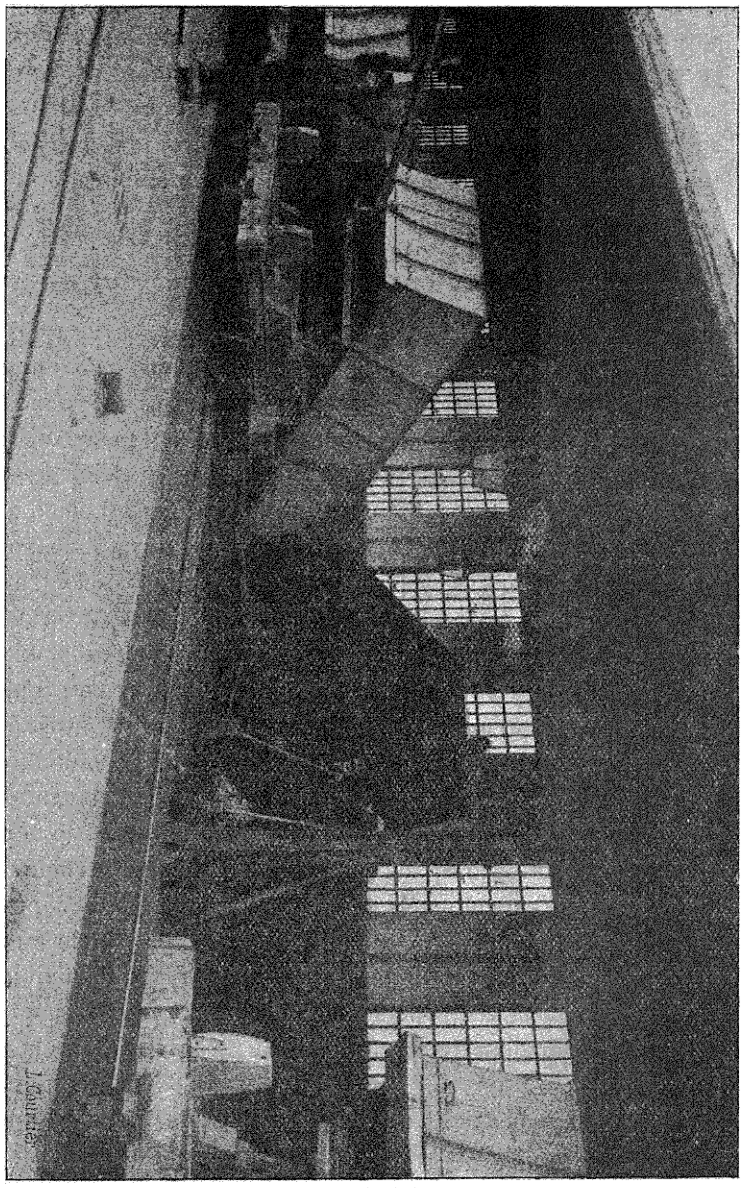


Fig. 1.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 2.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grande proportion pendant que le tombereau passe de la position du roulement à la position de déchargement.

Le hayon est relié aux brancards par les bielles AB, DE et le levier coudé BCD tournant autour du point C (fig. 3). Il est lié en outre de chaque côté à la caisse du tombereau

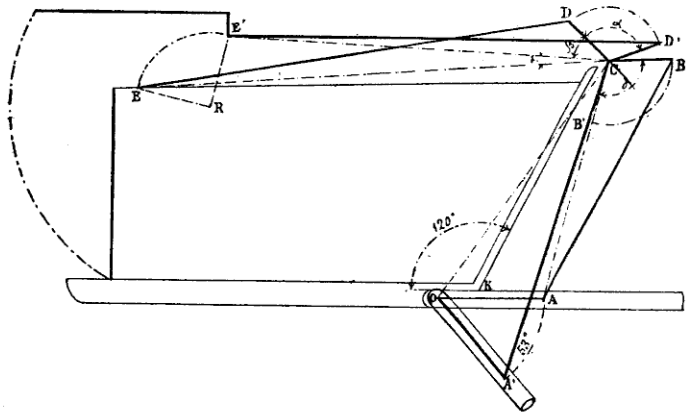


Fig. 3. — Tombereau à hayon, manœuvrant automatiquement.

par un bras en fer pouvant tourner autour du point R (fig. 3).

Le point A est un point fixe des brancards articulés en O avec la caisse du tombereau.

Dans la position de déchargement, les brancards font avec le fond du tombereau un angle AOA' de 53° environ, la ligne brisée CBA vient en C, B^1, A^1, et l'extrémité D du levier coudé B.C.D. vient en D^1. La bielle DE et le hayon tournant autour des points R viennent en D^1 E^1 et le fond du tombereau se trouve ainsi complètement découvert. Le point C est un point fixe de la caisse du tombereau.

Pendant le relèvement du tombereau, la rigidité des bielles force le hayon à revenir à sa position de route, le poids même du hayon aide au mouvement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les roues du tombereau pendant le déchargement sont engagées dans une ornière assez profonde pour que l'effort nécessaire pour en faire sortir le tombereau soit supérieur à celui qu'exige son relèvement. De cette manière, lorsque le cheval tire sur le brancard, le tombereau commence par se redresser puis sort de l'ornière.

III. — Bennes et grues pour le chargement du coke en wagon. (Fig. 4.)

Dans un certain nombre d'usines de la Compagnie Parisienne (La Villette, Le Landy), on a établi une voie ferrée le long de l'atelier des blutoirs. Le sol de l'atelier est élevé au niveau de la plate-forme des wagons, ce qui est avantageux pour le chargement des sacs sur les plates-formes.

Pour le chargement des wagons de coke en vrac, on fait usage de grues et de bennes spéciales.

Les grues, système Caillard, se composent d'un pivot vertical maintenu le long d'un des poteaux de la charpente de l'atelier, et d'une volée dont la portée permet d'amener les bennes dans l'axe des wagons.

La force motrice est prise sur l'arbre de transmission générale des blutoirs, et le ralentissement est obtenu au moyen d'une vis de pas assez faible pour que, sous l'action seule du poids de la benne et du coke, elle ne puisse tourner. On peut donc débrayer et arrêter la benne en un point quelconque de la montée, sans craindre de la voir redescendre sous l'action de la pesanteur.

Les bennes d'une contenance de 10 hectolitres sont à fond ouvrant pour le déchargement, elles sont montées sur trois galets dont deux en arrière tournent autour d'un essieu fixe, le troisième en avant pouvant s'orienter dans toutes les directions. (Pl. VIII, Fig. 2.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

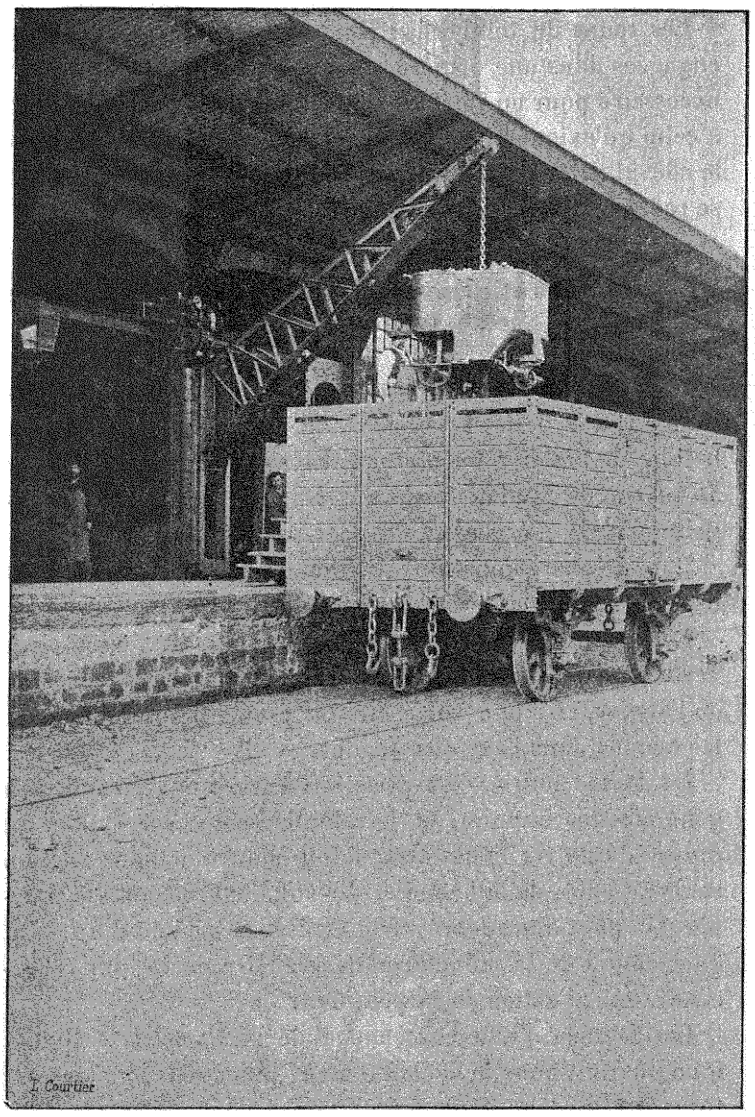


Fig. 4.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La surface de contact du support de ce galet avec la benne est constituée par une couronne en fonte présentant une gorge circulaire garnie de billes.

Grâce à cette disposition, la direction de la benne est facile et il suffit d'un homme pour la manœuvrer.

Le poids de la benne vide est de kg 340, chargée de 10 hectolitres de coke, kg 740 environ. Ces bennes s'ouvrent par le fond en tirant sur une manette. Les portes sont équilibrées.

Benne oscillante.

Cette benne de forme rectangulaire est portée par deux grandes roues de m. 0,800 de diamètre dont l'essieu est placé au-dessous du centre de gravité de l'appareil plein de coke et au-dessus du centre de gravité de la benne vide

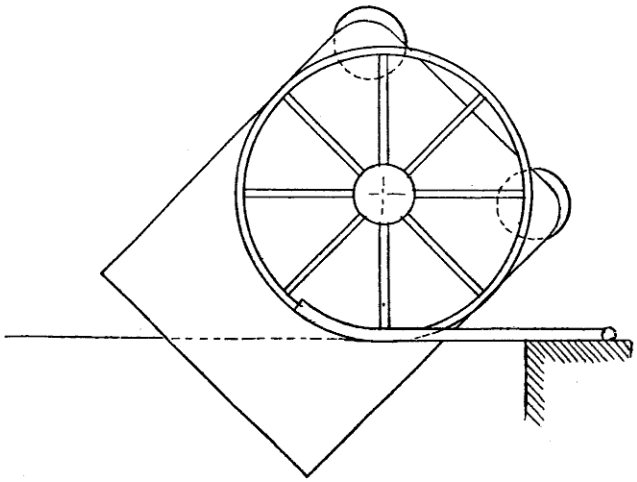


Fig. 5. — Benne oscillante.

La benne pleine est ainsi en équilibre instable, mais en s'inclinant soit en avant, soit en arrière, elle s'appuie sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un galet de roulement placé dans l'entre axe des roues, devient ainsi tricycle et roule d'une manière stable (fig. 5 et 6).

Pour vider la benne on l'amène au-dessus des ouvertures

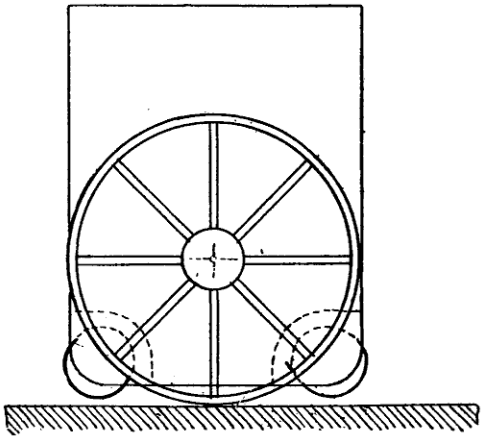


Fig. 6. — Benne oscillante.

où doit tomber le coke, les grandes roues s'engagent dans des fers U qui les guident et le galet de roulement perdant son appui, la benne se renverse sous l'effort de l'ouvrier qui la pousse (fig. 5).

La benne vide se redresse d'elle-même son centre de gravité revenant au-dessous de l'essieu.

La capacité de la benne est de l 430. Elle est facilement manœuvrée par un seul homme.

IV. — Transporteurs élévateurs à godets, de coke en vrac. (Pl. IX, Fig. 1.)

Les élévateurs à godets en usage dans les chantiers à coke de la Compagnie Parisienne sont constitués avec des godets en tôle d'acier de mm 2,5 d'épaisseur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Leur forme et leur capacité varient suivant le débit que l'on veut obtenir et le parcours plus ou moins tortueux que l'on est obligé de leur faire suivre.

La chaîne qui les relie est une chaîne à maillons démontables dite chaîne « Harrisson » fournie par la maison Burton. Les maillons placés au droit des godets sont munis d'oreilles sur lesquelles sont boulonnés les godets.

De chaque côté les godets portent des galets qui roulent entre deux cornières formant guidage et qui constituent la charpente même du transporteur. Les cornières cintrées suivant les besoins permettent de faire suivre aux godets un chemin sinueux approprié à l'espace dont on dispose. Il est nécessaire cependant que le parcours des godets se trouve toujours dans le même plan vertical.

Aux deux extrémités, la chaîne s'enroule sur une roue dentée : une de ces roues est montée sur l'arbre moteur, l'autre est montée sur un arbre porté par des paliers tendeurs qui permettent de tendre plus ou moins la chaîne en déplaçant l'arbre.

Dans un certain nombre d'appareils, cet arbre se trouve être aussi l'arbre moteur.

V. — Mise du coke au tas.

1° Convoyeur de sacs pour le transport et la mise au tas du coke.

Ces convoyeurs très employés dans les chantiers à coke de la Compagnie Parisienne permettent de faire franchir aux sacs de coke de longs parcours et de les élever jusqu'aux sommets des tas atteignant jusqu'à m 20 de hauteur sans exiger aucun transport à dos d'homme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ils sont de différents types suivant l'usage auquel on les destine.

Ils se composent tous d'une chaîne convoyeuse Harrisson munie de palettes sur lesquelles on place les sacs et d'une charpente métallique fixe servant de support et de guide à la chaîne convoyeuse. La vitesse de la chaîne varie de cm 30 à 40 par seconde.

Transporteurs horizontaux.

Les transporteurs horizontaux sont placés en général le long des murs (fig. 7).

La chaîne porteuse est placée à m 1,20 au-dessus du sol de façon à être chargée ou déchargée facilement en un point quelconque du parcours.

Grâce à cet appareil il est facile d'amener les sacs de tous les blutoirs jusqu'à proximité de l'appareil de mise au tas, soit des voitures ou des wagons (fig. 8).

La longueur de ces appareils peut être très grande: Clichy, 65 m; la Villettte, 80 m.

Convoyeur de mise au tas. (Fig. 9 et 10.)

La charpente du convoyeur de mise au tas constituée des mêmes éléments que le transporteur horizontal porte en outre latéralement des passerelles de circulation. Elle repose sur des pylônes métalliques solidement ancrés dans le sol et disparaissant parfois dans le coke.

Ces convoyeurs présentent une partie inclinée partant du quai de l'atelier des blutoirs pour aboutir au sommet du tas le plus proche; quelques-uns se continuent par une partie horizontale desservant les sommets d'autres tas.

On profite du passage du convoyeur au-dessus des voies ferrées pour charger facilement les wagons de coke en sacs

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

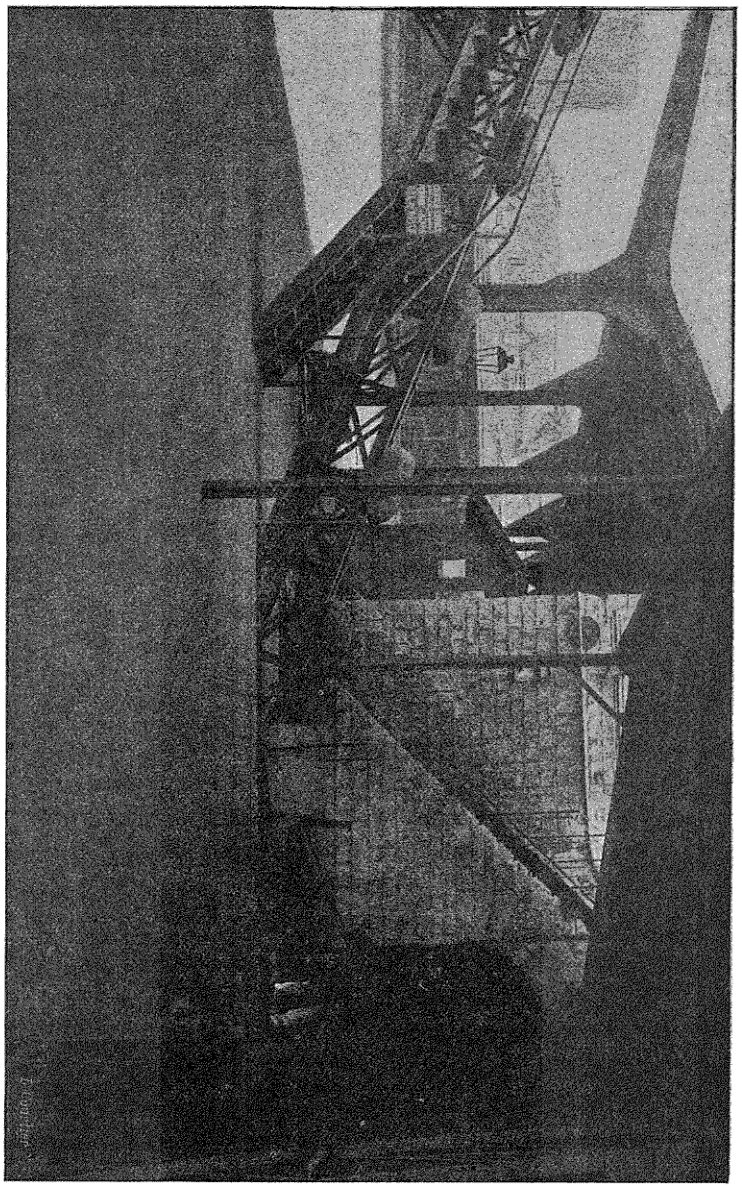


Fig. 8.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

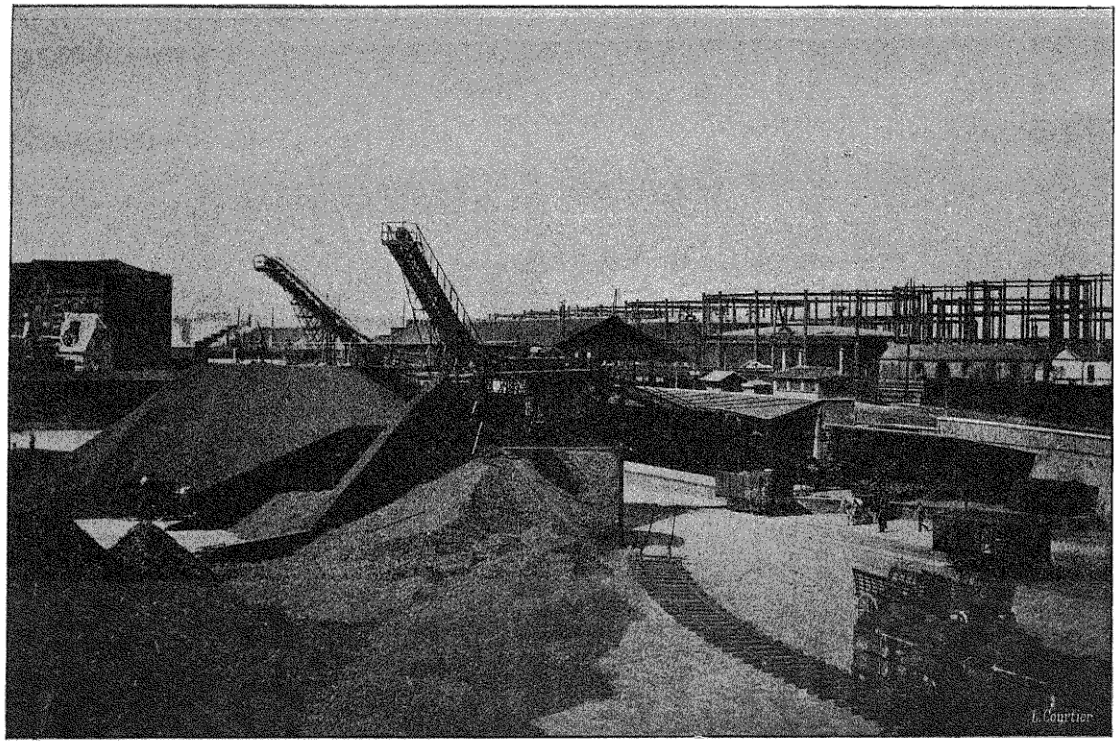


Fig. 9.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

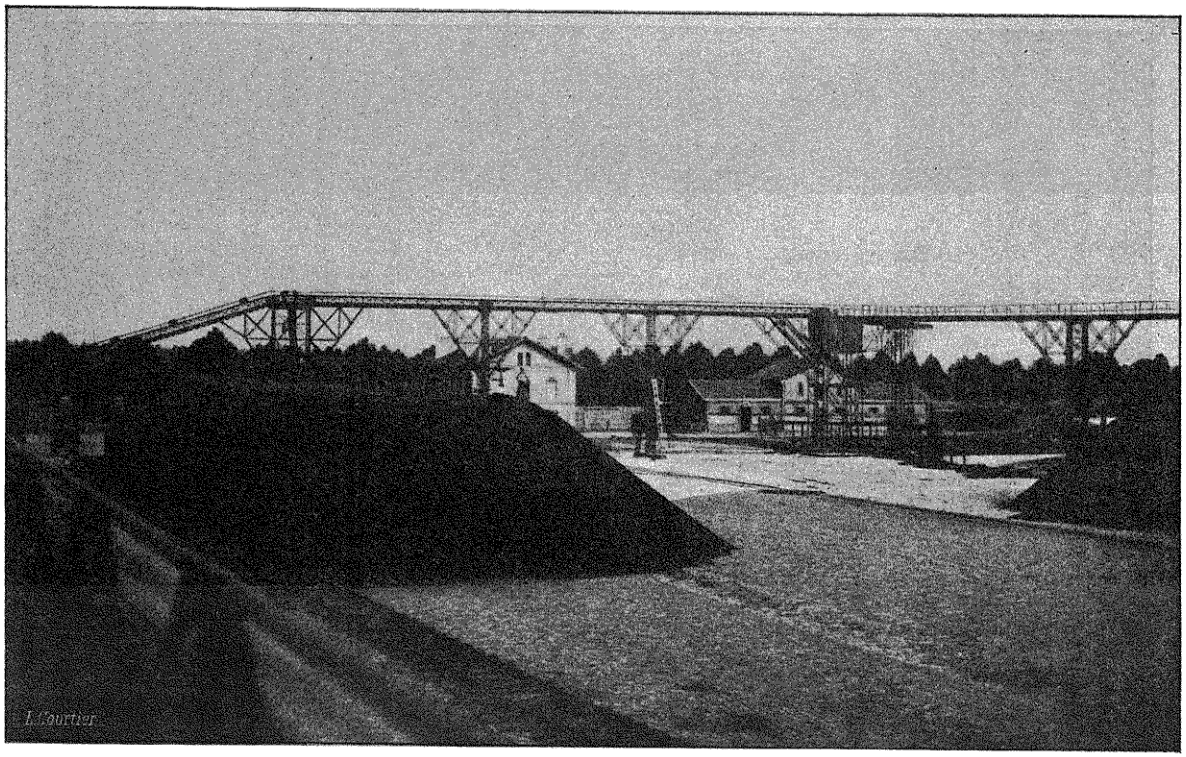


Fig. 10.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que l'on fait glisser par des goulottes jusque dans le wagon. Des appareils de même genre permettent de faire franchir aux sacs en sous-sols les passages encombrés par la circulation des tombereaux et de les ramener ensuite à la hauteur convenable pour le chargement en voiture. (Pl. IX, Fig. 2.)

2° CABLES TRANSPORTEURS. (Fig. 11.)

Concurremment à ces convoyeurs, la Compagnie Parisienne emploie pour la mise au tas du coke des câbles transporteurs.

Le câble métallique sans fin est à la fois porteur et moteur; il s'enroule aux deux extrémités du parcours sur deux poulies à gorge de grand diamètre à axe vertical. L'une de ces poulies est motrice, elle peut en outre subir un déplacement dans son plan de façon à faire varier à volonté la tension du câble.

Le câble est soutenu de distance en distance sur des galets à axe horizontaux. Les sacs sont posés sur des corbeilles reposant sur le câble par l'intermédiaire de coussinets à garniture de cuir. Ces coussinets sont, en outre, munis de 2 galets à gorge qui viennent rouler aux deux extrémités du parcours, là où le câble s'enroule autour des poulies extrêmes, sur un chemin de roulement en cornière.

Le chemin de roulement placé au point de chargement présente une longueur suffisante pour servir de garage à un certain nombre de corbeilles. Les corbeilles chargées sont poussées à la main jusqu'à ce que la garniture en cuir du coussinet se trouve en contact avec le câble, qui entraîne alors la corbeille.

La vitesse du câble étant seulement de cm 20 à 30 par seconde, deux hommes, placés sur le tas de coke même, peuvent au passage saisir le sac et le vider. Les corbeilles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

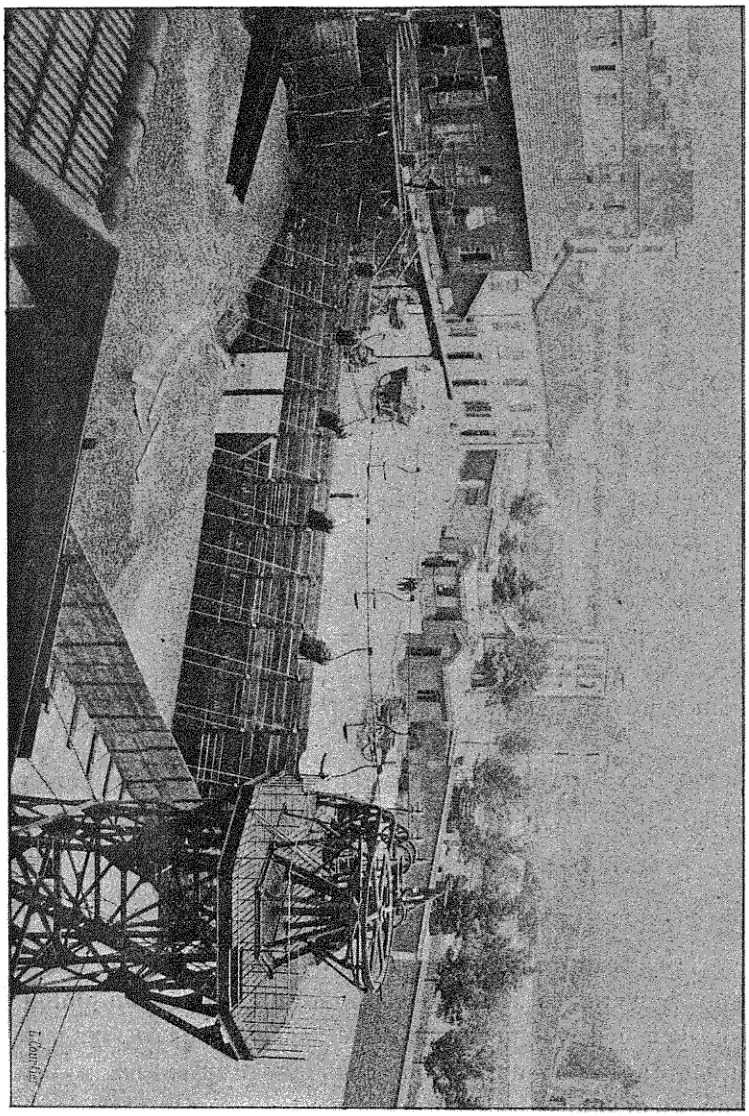


Fig. 11.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vides continuent à être entraînées par le câble jusqu'au chemin de roulement demi-circulaire placé autour de la poulie de retour; celle-ci est munie de doigts entraînant sur le chemin de roulement les corbeilles qui, ayant parcouru une demi-circonférence concentrique à la poulie de retour, reviennent d'elles-mêmes se placer sur le câble de retour et sont ainsi ramenées au point de chargement.

3° MONORAILS. (Fig. 12 et 13.)

Les monorails permettent un transport facile des sacs sur les tas de coke; ils partent du sommet des tas, aux points d'arrivée des convoyeurs élévateurs, et rayonnent autour de ces centres de façon à amener les sacs à l'endroit même où on les vide.

Les sacs apportés par les convoyeurs sont placés sur des corbeilles munies de galets, qui roulent sur les monorails. On donne une pente de m 0,01 à m 0,02 par mètre au monorail d'aller; toutes les corbeilles étant réunies par une cordelette, les corbeilles chargées descendent la pente et font remonter, par leur propre poids, les corbeilles vides sur le monorail de retour.

Le transport des sacs par monorails est encore appliqué pour franchir de longs parcours en suspendant le rail aux murs des bâtiments du casse-coke.

A l'usine de Clichy, par exemple, les sacs élevés par un monte-sacs à l'étage supérieur du bâtiment, sont placés sur les corbeilles d'un monorail fixé au mur du bâtiment (fig. 14).

Le parcours total aller et retour de ce monorail a m 390 de longueur. Il s'effectue entièrement par la pesanteur.

Les corbeilles vides sont remontées au point de chargement par un câble sans fin muni de griffes qui les saisissent automatiquement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

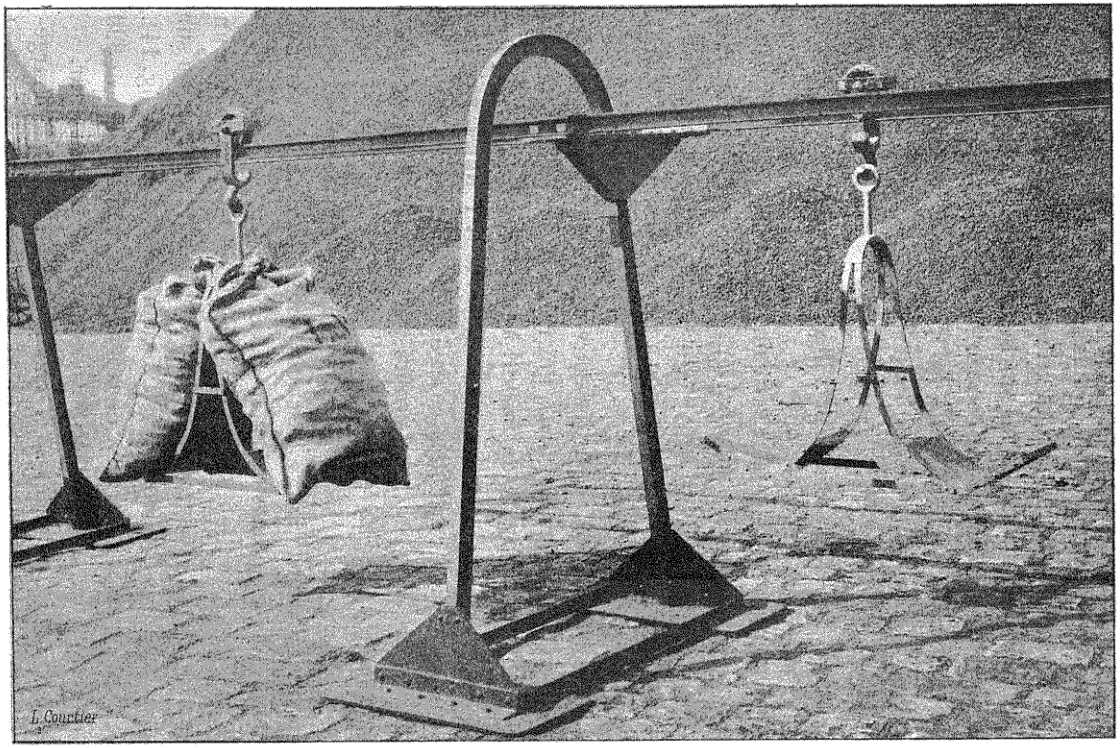


Fig. 12

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 13

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

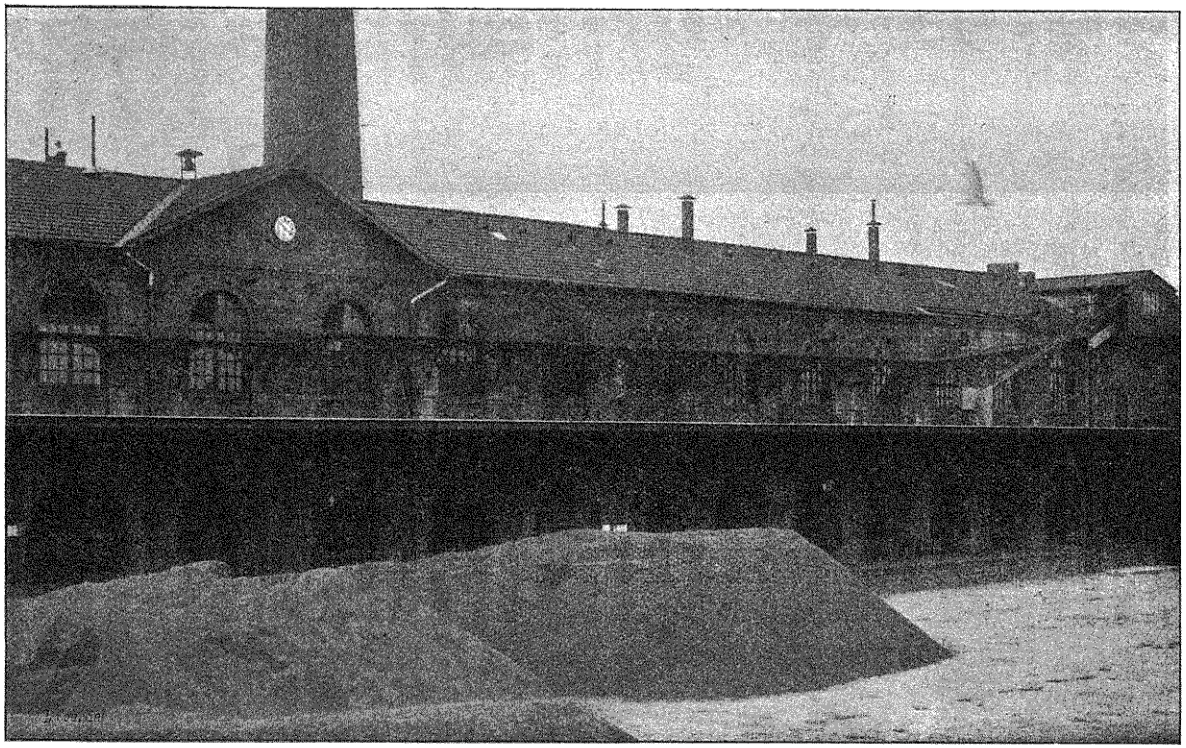


Fig. 14.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Convoyeur — Porteur — Sécheur. (Pl. X, Fig. 1.)

Pour satisfaire aux exigences d'un certain nombre de consommateurs il est nécessaire de diminuer la teneur en eau du coke provenant de la cour d'extinction.

A cet effet la Compagnie Parisienne a installé, à son usine de Clichy, un appareil sécheur à grand débit. Il consiste en un convoyeur constitué par une série de palettes s'emboîtant les unes dans les autres de façon à former un tablier continu de m 1,80 de large et de m 66 de long circulant dans une enceinte surchauffée.

Chaque palette en tôle perforée est munie de deux galets roulant sur des rails. Elles sont toutes liées aux maillons de deux chaînes sans fin démontables.

Aux deux extrémités du parcours, les chaînes s'enroulent sur deux roues de même diamètre et montées sur le même arbre entraînant les palettes dans leur mouvement.

Le coke humide sortant du blutoir est déversé d'une façon continue sur le tablier du sécheur au moyen d'une noria à godets; le coke étalé en couches de cm 10 à 20 est emporté par le tablier avec une vitesse de mm 30 à 40 par seconde et après un parcours de 30 à 40 minutes dans l'enceinte fortement chauffée tombe par une goulotte en tôle dans un élévateur à godets qui le déverse à son tour dans les wagons de livraison.

L'enceinte à travers laquelle circule le tablier est constituée par une charpente métallique qui sert de support aux chemins de roulement d'aller et de retour du tablier, et qui est garnie sur toute la surface exposée au refroidissement, de boîtes en tôle pleines de sable formant une couche isolante de mm 130 d'épaisseur.

Le plafond formé de tôles recouvertes de mm 200 de sable supporte à mm 50 au-dessus de la couche de coke une série

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de tuyaux en tôle dans lesquels circulent les fumées de deux calorifères.

Tous les sept mètres les tuyaux débouchent dans des boîtes en tôles rectangulaires, dans lesquelles ils coulissent de façon à permettre leur dilatation. Le jeu ménagé entre les collerettes des boîtes de dilatation et les tuyaux permet à la vapeur d'eau dégagée par le coke de se joindre aux fumées et d'être rejetée avec elles dans l'atmosphère par les cheminées des calorifères.

La répartition des calorifères assure l'échauffement progressif du coke dans le premier tiers du parcours dans le sécheur; dans le deuxième tiers la température est maintenue très élevée; dans le troisième tiers elle s'abaisse progressivement jusqu'à 100° au point de sortie du coke.

La force motrice est produite par une dynamo de 11.000 W. Le débit du convoyeur est de 300 à 350 Hl à l'heure.

Cet appareil a non seulement l'avantage de sécher, mais aussi de transporter le coke.

Les élévateurs et transporteurs fonctionnent automatiquement et le coke déversé dans la trémie est séché et conduit dans le wagon, à m 80 de distance, sans l'intervention d'aucun ouvrier.

VII. — Hectolitre-verseur. (Fig. 15.)

Cet appareil destiné à mesurer et à ensacher le coke est employé dans les chantiers de la Compagnie Parisienne; la faible hauteur totale de l'appareil (m 1,25) permet de placer l'hectolitre sous les goulottes des blutoirs; le dispositif est tel cependant, que l'on peut remplir des sacs de m 0,80 de hauteur, et cela presque sans effort de la part de l'ouvrier qui manœuvre très facilement l'hectolitre d'une seule main.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

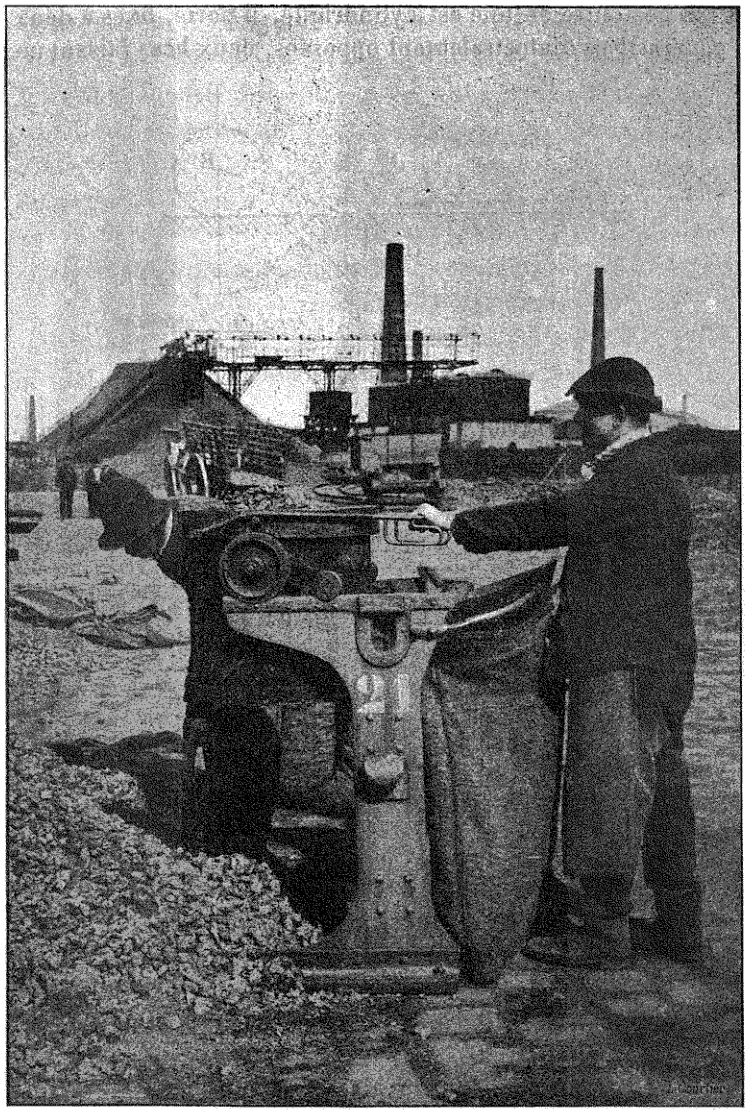


Fig. 15.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'hectolitre en tôle est cylindrique, il porte, fixés à deux génératrices diamétralement opposées, deux bras faisant un

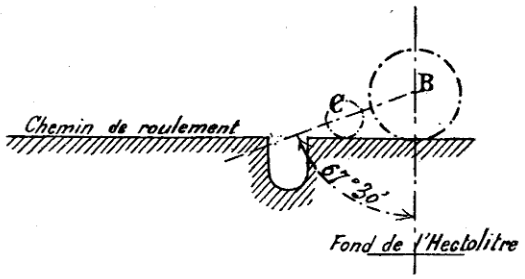


Fig. 16. — Position de l'hectolitre en chargement.

angle de 67° 30' avec les génératrices du cylindre et munis chacun de 2 galets B et C.

Les galets porteurs B roulent sur 2 rails à peu près horizontaux; les galets C d'un diamètre beaucoup plus faible,

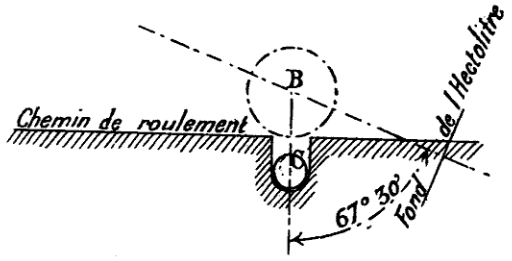


Fig. 17. — Position intermédiaire.

roulent sur les mêmes rails qui, aux deux tiers de la course, sont interrompus sur une faible longueur, formant ainsi l'amorce de deux glissières verticales dans lesquelles s'engagent les galets C.

En continuant à faire avancer l'hectolitre, les galets C descendent dans les glissières verticales en imprimant à l'hectolitre, par l'intermédiaire des bras supports des axes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un mouvement de bascule autour de l'axe des galets B. Ceux-ci. étant donné leur grand diamètre, ne peuvent péné-

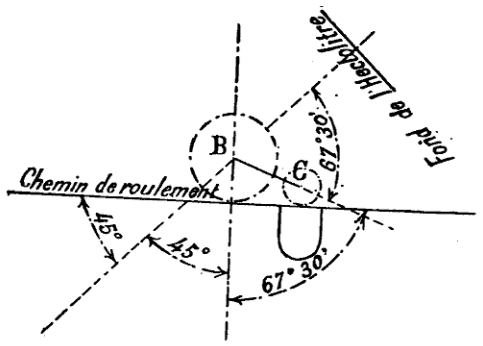


Fig. 18. — Position de l'hectolitre se vidant.

trer dans la glissière verticale. Ils roulent d'ailleurs sur un rail latéral au droit de l'ouverture.

L'hectolitre est mis en mouvement soit à l'aide d'une manette, soit à l'aide d'une pédale et d'un système de levier. Dès qu'on cesse d'agir sur la manette ou sur la pédale, le

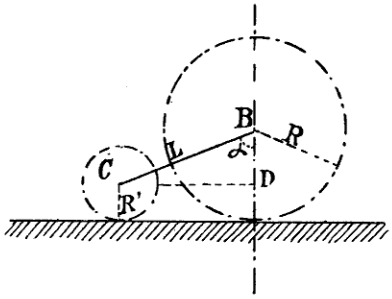


Fig. 19. — Calcul des rayons.

poids même de l'hectolitre le ramène à sa position de chargement.

Pour que l'hectolitre verseur se vide complètement il faut que les génératrices du cylindre prennent une inclinaison de 45° sur l'horizontale. L'angle dont il faut faire tour-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ner l'hectolitre autour de l'axe du galet B, est donc de $90° + 45° = 135°$.

Cette rotation s'effectue en deux phases égales de $\frac{135°}{2} = 67° 30'$ chacune.

A cet effet les rayons des galets sont dans un rapport tel que l'angle de la droite BC qui joint leur centre avec les génératrices de l'hectolitre est égal à 67° 30′ (Voir Fig. 16 — Position de l'hectolitre en chargement.)

Pendant la première phase de la rotation, le galet C descend dans la rainure verticale jusqu'à ce que le galet B se trouve à l'aplomb de cette rainure. A ce moment la droite BC est verticale; l'angle dont elle a tourné est donc de 67° 30' (Voir Fig. 17, position intermédiaire).

Pendant la deuxième phase du mouvement le galet B continuant à avancer sur le rail horizontal, le galet C remonte dans la glissière verticale et vient finalement occuper une position symétrique de sa position initiale, par rapport à la verticale passant par l'axe du galet B. A ce moment, la droite BC fait de nouveau un angle de 67° 30' avec la verticale; elle a donc tourné au total de 2 fois 67° 30' c'est-à-dire 135°.

Le bras support des axes des galets BC étant invariablement lié à l'hectolitre, celui-ci a tourné de 135° et ses génératrices ont passé de la position verticale à une position faisant un angle de 45° avec l'horizontale (Fig. 18).

Le calcul des rayons des galets est immédiat : il faut que la droite BC fasse un angle α 67° 30' avec les génératrices de l'hectolitre. Soit R et R' les rayons, L la distance BC que l'on choisit à volonté (Fig. 19).

Dans le triangle BCD on a :

$$BD = R - R' = L \cos \alpha$$

d'où $R = R' + L \cos \alpha$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cet appareil étant essentiellement mobile, il peut passer d'un blutoir à un autre et même être mis au pied des tas.

VIII. — **Monte-sacs à dos d'homme.** (Fig. 20.)

Ces appareils, placés dans le voisinage des blutoirs ou des réserves de sacs, permettent à un homme de se charger lui-même et sans effort un sac sur le dos.

Différents systèmes sont en usage à la Compagnie Parisienne du Gaz, mais ils ne diffèrent entre eux que par le mode de transmission du mouvement, depuis l'arbre moteur du casse-coke jusqu'aux plateaux élévateurs.

Ces plateaux, au nombre de 2 ou 4 par appareil, sont animés d'un mouvement alternatif de bas en haut et de haut en bas, qui élève la partie horizontale du plateau du niveau du sol à une hauteur de m 1,40 au-dessus du sol, puis le ramène de cette hauteur au niveau du sol.

Un temps d'arrêt dans le mouvement du plateau, aux deux extrémités de sa course, permet à l'ouvrier de placer le sac sur le plateau quand il est au niveau du sol, et au contraire d'incliner le sac et de le prendre sur son dos quand le plateau est au haut de sa course.

Description de l'appareil à deux plateaux.

Le mouvement est obtenu au moyen de deux arbres horizontaux placés dans le même plan vertical : l'un à la partie supérieure A du monte-sacs, l'autre à la partie inférieure B (Fig. 21).

Sur l'arbre du haut sont clavetées 3 roues dentées. Cet arbre est porté sur un seul palier qui peut subir un déplacement dans le sens vertical, au moyen d'une vis et d'un écrou, de façon à augmenter ou à diminuer la distance de l'arbre du haut à l'arbre du bas.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

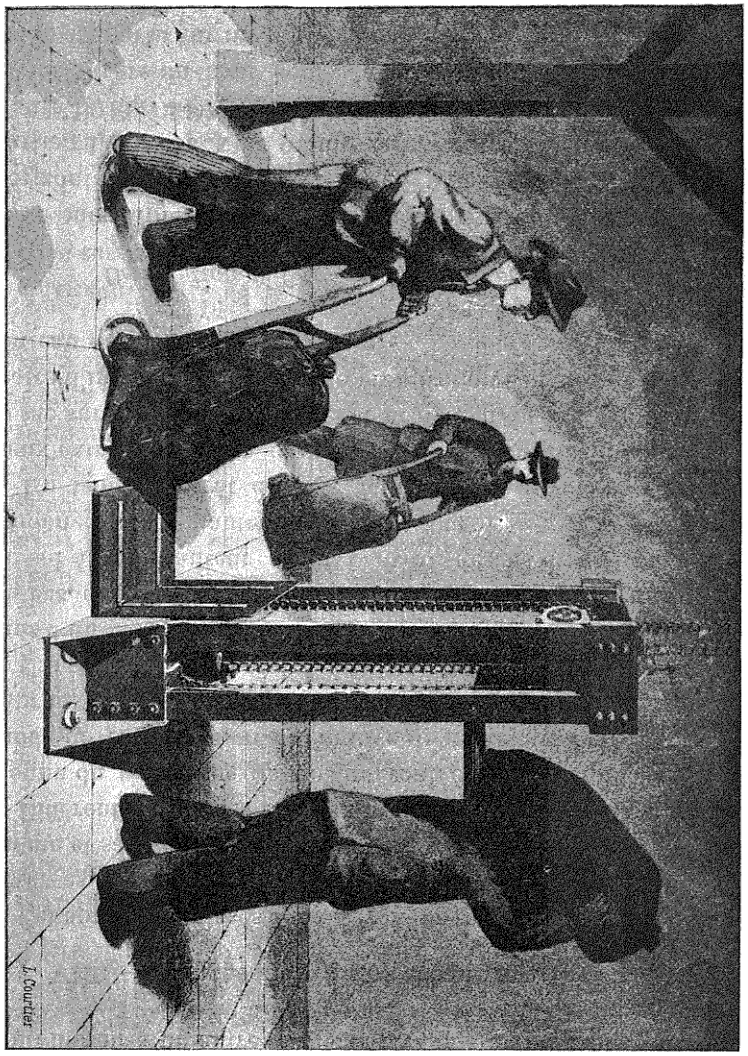
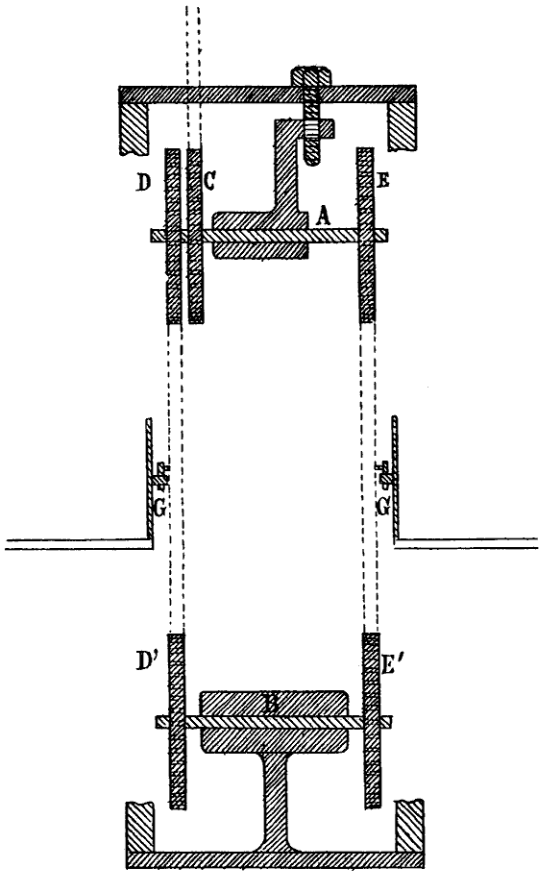


Fig. 20.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La roue du milieu C est reliée à l'arbre moteur du casse-coke par une chaîne Ewart.

L'arbre du bas B, maintenu par un seul palier fixe, porte



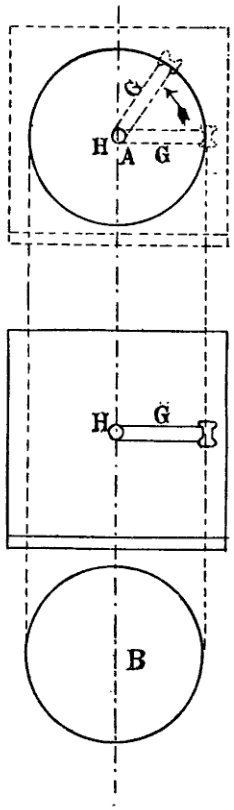
Elévation.

Fig. 21. — Monte-sacs à dos d'homme.

deux roues dentées du même diamètre et en regard des roues extrêmes de l'arbre du haut DD'-EE'.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sur chacune de ces paires de roues s'enroule une chaîne Ewart sans fin ; chaque chaîne actionne un plateau par l'intermédiaire d'une manivelle G, reliée d'une part à l'un des maillons de la chaîne, et d'autre part à un maneton H fixé au centre de la partie verticale du plateau (fig. 22).



Elévation

Fig. 22. – Monte sacs à dos d'homme.

La manivelle a pour longueur le rayon primitif des roues dentées.

Tant que le maillon fixé à la manivelle se déplace verticalement, parcourant la distance qui sépare les deux arbres, la manivelle reste horizontale (la chaîne étant tendue) et entraîne le plateau dans son mouvement ascendant ou descendant.

A partir du moment où le maillon s'engage sur une roue dentée, le maneton de la manivelle, fixé au plateau, se trouvant à hauteur du centre de la roue, la manivelle devient comme un rayon de la roue et décrit, entraînée par la chaîne, la 1/2 circonférence supérieure de la roue du haut ou la 1/2 circonférence inférieure de la roue du bas (fig. 22).

Le maneton fixé au plateau reste à hauteur du centre de la roue pendant cette demi-révolution et le plateau reste immobile pendant le temps correspondant.

Ces arrêts dans le mouvement des plateaux sont utilisés, en bas pour placer le sac sur le plateau, en haut, au contraire, pour saisir le sac et le placer sur le dos.

Les fers U, constituant la charpente de l'élévateur, ser-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vent de guidages et de chemin de roulement à quatre petits galets en fonte fixés aux plateaux.

IX. — Drague pour la reprise du coke au tas.

(Pl. X, Fig. 2.)

L'appareil de reprise du coke au tas est constitué par une chaîne à godets montée sur un bras métallique oscillant AB. Ce bras est mobile autour d'un axe horizontal C disposé de manière que le poids du bras tende toujours à appuyer la partie inférieure de la drague contre le tas de coke.

On règle la pénétration des godets dans le tas au moyen d'une chaîne antagoniste BDE qui vient s'enrouler sur un treuil à manivelles E. L'arbre B portant les roues inférieures de la chaîne à godets est monté dans des paliers tendeurs qui permettent de régler à volonté la tension des chaînes.

Le coke élevé dans les godets jusqu'au sommet de la drague est déversé dans une trémie à parois criblantes. Le poussier coule par des goulottes latérales dans des mannes ou des sacs placés sur le sol. Le coke propre est mis en sacs au moyen de 3 hectolitres verseurs du type décrit d'autre part. La force motrice est fournie par une dynamo réceptrice H de 3.500 *w*, la transmission est faite par courroie et par chaîne démontable Ewart jusqu'à la partie supérieure de la drague (fig. 23).

Le courant électrique produit par une dynamo génératrice dans la salle des machines du casse-coke est amené par câbles isolés, passant au-dessus des tas jusqu'à la drague. Des boîtes de prises de courant, placées en différents points du chantier, permettent de réduire au minimum la longueur des câbles mobiles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil tout entier avec sa trémie criblante, les 3 hectolitres verseurs, la dynamo motrice, les ralentissements, le treuil à manivelles, est monté sur une plate-forme roulante et qui sert de quai de chargement, que l'on peut facilement déplacer avec deux chevaux d'un tas à un autre. Le poids total sur roues est de kg 6.000.

Le débit de l'appareil varie de 350 à 450 hectolitres à l'heure suivant le numéro du coke à mettre en sacs.

X. — Outils et appareils divers.

Il est fait un usage courant à la Compagnie Parisienne de divers autres outils et appareils pour la manutention mécanique du coke et du charbon ; ces appareils étant employés dans toutes les industries où l'on a à transporter de lourdes charges et ne s'appliquant pas spécialement au coke et au charbon, nous ne ferons que les énumérer sans les décrire.

Les cabestans électriques permettent, à l'aide de câbles et de poupées placées à postes fixes, de déplacer facilement et rapidement les wagons sur les voies ferrées, au droit des appareils de chargement; ils suppriment l'emploi, souvent dangereux des chevaux sur les voies encombrées des chantiers à coke; enfin, grâce à ces appareils, les manœuvres de wagons et de locomotives sur les plaques tournantes sont rendues beaucoup plus rapides.

Des élévateurs, monte-charges, ascenseurs, de différents types, servent à monter les sacs ou les bennes de coke aux différents étages des bâtiments. Ils sont mus, soit à la vapeur, soit au gaz, soit à l'électricité, suivant les conditions spéciales qui se présentaient lors de leur construction.

L'emploi des voies mobiles rend de grands services et est fort économique pour la formation ou le dépilage des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

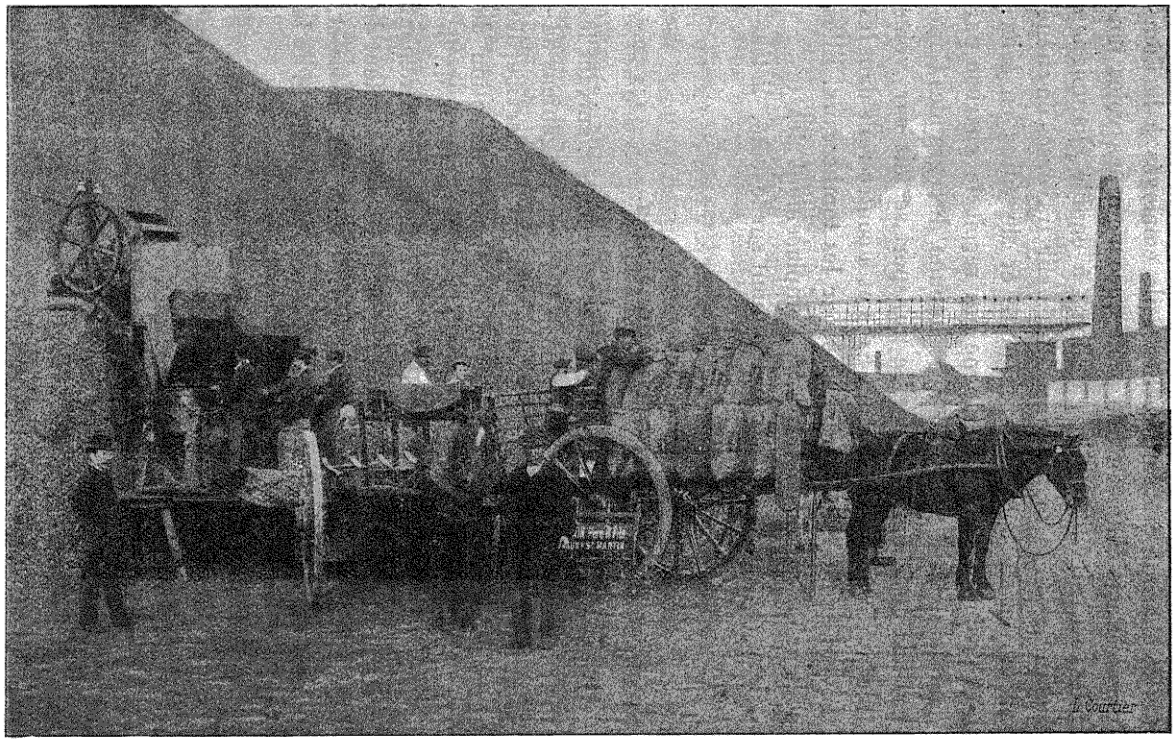


Fig. 23.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tas de charbon et de coke. Les rails employés à la Compagnie Parisienne sont, de préférence pour les voies mobiles, des rails de 6 mètres de long à double champignon pesant kg 35 le m, ils sont montés sur traverses en chêne au moyen de coussinets en fonte et de coins en acier.

A l'usine à gaz de Boulogne qui reçoit le charbon par eau et qui n'est raccordée avec aucune des grandes Compagnies de chemin de fer, le transport se fait sur voies Decauville. Les voies y sont fixes et à contre-rails dans les traversées de voies parcourues par les tombereaux. Elles sont mobiles, au contraire, à l'emplacement des tas.

Les wagonnets sont à renversement sur le côté, la traction est faite par des chevaux.

Observations générales.

Tous les appareils ont été étudiés et exécutés, suivant les instructions données par M. Léon Bertrand, ingénieur adjoint à la direction de la Compagnie, par le Service des travaux de la Compagnie Parisienne, sous la direction de M. Louvel, ingénieur chef de ce service, assisté de M. Béguin, ingénieur adjoint. Ils ont été particulièrement secondés dans leurs recherches par M. Helmer, inspecteur de l'atelier de chaudronnerie et MM. Trouvé et Hosselet, agents principaux des chantiers à coke de Clichy et de la Villette.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La réduction de la dépense de distribution par l'emploi des pressions élevées.

Par M. Fred H. SHELTON

(DE PHILADELPHIE)

Depuis nombre d'années, les ingénieurs-gaziers se sont efforcés de diminuer les dépenses de capital et d'exploitation nécessaires dans la fabrication du gaz. L'augmentation du rendement des fours, l'amélioration des appareils de gaz à l'eau de création récente, l'utilisation des sous-produits, l'emploi de l'oxyde de fer, le développement des convoyeurs mécaniques et des autres appareils, ainsi que toutes les autres améliorations bien connues, ont contribué, au cours de ces dernières années, à diminuer, dans une large mesure, le prix de revient du gaz. Mais, si l'on recherche quelle réduction a pu être réalisée sur le capital nécessaire à ces entreprises ou quel progrès a été fait dans le service de la distribution, il est difficile de découvrir quelque chose de très différent ou de notablement supérieur à la pratique datant de 20 ans et même davantage. On emploie encore aujourd'hui, comme à cette époque, les mêmes conduites en fonte, le même système de joints, les mêmes branchements, compteurs, etc., et, en général, le même appareillage et les mêmes pressions aussi peu élevées. Les améliorations réalisées dans la distribution semblent avoir été limitées à des détails, comme l'emploi de régulateurs pour la diminution des fuites, une tendance plus prononcée à revêtir les conduites et les branchements d'un enduit pour évi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ter la corrosion et l'emploi du ciment au lieu du plomb qu'on avait utilisé jusqu'à présent avec la canalisation en fonte. Tout en reconnaissant que les inventions appliquées depuis nombre d'années nous ont permis d'obtenir les meilleurs résultats dans la distribution du gaz, il n'en est pas moins vrai que, par suite de la continuation des anciennes méthodes et du manque d'améliorations, la dépense de distribution est, à l'heure actuelle et pour un volume de gaz donné, pratiquement aussi élevée qu'autrefois.

Les prix de vente moyens du gaz, aux États-Unis, diminuent, en général, pour diverses raisons ; il en découle la nécessité de réduire autant que possible les frais d'installation des usines, soit pour leur ensemble, soit partiellement. L'abaissement des prix et le développement de l'emploi du gaz pour le chauffage ont conduit à opérer sur des volumes de gaz plus considérables que ceux d'autrefois ; la difficulté croissante résultant de la pose de conduites nouvelles de fort diamètre, dans des voies déjà remplies de conduites d'eau, d'égouts, de conduites souterraines de toutes sortes, de tramways, etc., est bien reconnue. Le groupement de la fabrication dans des usines centrales entraîne également l'emploi d'une canalisation plus forte, et l'augmentation récente du prix des tuyaux rend la dépense plus élevée que jamais. Toutes ces circonstances impliquent la plus grande nécessité de l'amélioration des méthodes de distribution, et un système pratique qui permettrait, en particulier, de réduire la dimension et le prix des canalisations publiques constituerait un progrès important.

Le point le plus caractéristique, peut-être, de la méthode actuelle de distribution du gaz est la pression excessivement faible à laquelle s'opère cette distribution : on emploie, en effet, des pressions moyennes de 2 à 6 pouces d'eau (de mm 50 à 150) ne correspondant qu'à 1/5 ou 1/10 de livre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de pression de vapeur (1). Si les pressions habituelles pouvaient être augmentées de telle sorte que des tuyaux d'une dimension donnée fournissent de 10 à 15 fois le volume actuel de gaz, la dépense de distribution n'en serait-elle pas réduite dans une mesure considérable ?

Je me suis beaucoup occupé de cette question depuis déjà deux années et je suis arrivé depuis longtemps à la conclusion que le gaz d'éclairage pouvait être distribué dans d'aussi bonnes conditions à la pression de 10 à 15 livres, qu'à celle d'une petite fraction de livre; une méthode de ce genre permettrait, soit d'employer les conduites actuelles pour livrer une quantité de gaz plusieurs fois supérieure, soit même d'utiliser avec autant d'avantage des conduites d'un diamètre beaucoup plus petit.

Si l'on admet qu'on double le débit en quadruplant la pression, les autres conditions restant les mêmes, une pression d'eau de 27,75 pouces (mm 693,75) ou 1 livre (gr 453) de pression de vapeur donnerait le double du débit obtenu avec la pression de 6 à 7 pouces (mm 150 à 175), qui est commune dans la distribution du gaz. Si ce chiffre de 1 livre, était quadruplé et si l'on atteignait jusqu'à 20 ou 30 livres, une pression de cette puissance fournirait de 10 à 12 fois la quantité de gaz distribuée actuellement par une canalisation donnée. Une pression de cette puissance est énorme, comparée à celle qu'on emploie ordinairement pour le gaz d'éclairage, mais elle est très modérée, en réalité, si l'on considère les pressions de la vapeur ou de l'eau. L'augmentation de la pression, par un moyen pratique, devant accroître, dans une proportion aussi élevée, la capacité des conduites, il ne s'ensuit

(1) La pression de As 1 = une colonne d'eau de m 10,336 ou kg 1,0336 par centimètre carré (N. D. L. R.).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas, cependant, une réduction correspondante dans la dépense de distribution. L'évaluation de l'économie susceptible d'être ainsi réalisée peut être démontrée par quelques exemples.

D'après la formule de Pole qu'on emploie ordinairement pour ce calcul, une conduite de 4 milles de longueur (km 6,4.) et 8 pouces (cm 20) de diamètre pourra débiter, à son extrémité, de 8.000 à 9.500 pieds cubes (m^3 226 à 269) de gaz par heure. La même conduite pourra débiter 140.000 pieds cubes (m^3 3.962) par heure avec une pression de 20 à 30 livres de pression, en appliquant les formules acceptées pour l'écoulement du gaz d'une densité de 0.650.

Un tuyau de 2 pouces (m 0,05) de 1.000 yards de longueur (m 914) qui débiterait de 650 à 750 pieds cubes (de m^3 18 à 21) donnera 4.600 pieds cubes (m^3 130). Un tuyau de 11 pouces (m 0,30) de 2 milles (km 3,2) de longueur, qui débiterait de 33.000 à 38.000 pieds cubes (de m^3 934 à 1.075) donnerait 550.000 pieds cubes (m^3 15.565). La fourniture du gaz à la distance de 4 1/2 milles (km 7,2), à raison de 10.000 pieds cubes (m^3 283) à l'heure, exigerait, d'après un exemple, et avec les pressions ordinaires, l'emploi d'une conduite de 10 pouces (m 0,24) revenant à 26.000 dollars (fr 130.000); on obtiendrait le même débit avec l'emploi d'une conduite à haute pression d'un diamètre de trois pouces (m 0,075), ne coûtant que 10.000 dollars, (fr 50.000). Dans un autre cas, il faut employer une conduite de 12 pouces (m 0,30), coûtant 40.000 dollars (fr 200.000), pour débiter 15.000 pieds cubes (m^3 424) de gaz à la distance de 6 milles (km 6,9); la haute pression permettrait de n'employer qu'une conduite de 4 pouces (m 0,10) coûtant 16.000 dollars, (fr 80.000) et fournissant le même débit.

J'ai eu l'occasion, récemment, de calculer les frais d'installation d'une canalisation de 25 milles de longueur (km 40),

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comprenant des tuyaux de divers diamètres de 3 à 12 pouces (de m 0,70 à m 0,30) dont la valeur estimée était de 82.000 dollars (fr 410.000). L'installation d'une canalisation à haute pression, avec tuyaux de 1 pouce 1/2 à 4 pouces de diamètre (de m 0,0375 à m 0,10), y compris les pompes et les régulateurs des consommateurs, etc., ne reviendrait qu'à 43.000 dollars (fr 215.000), soit une économie de 47 0/0 environ.

Cette communication a particulièrement pour but de montrer la possibilité d'employer les hautes pressions plutôt que d'évaluer l'économie susceptible d'être réalisée dans diverses installations; car chacune d'entre elles différerait de sa voisine et devrait être calculée dans les conditions qui lui sont propres. Je suis d'avis que l'économie est si évidente, avec un système permettant de donner aux conduites une capacité douze fois supérieure à leur capacité actuelle, que l'importance exacte de l'économie réalisable doit moins vous intéresser que le mode d'application et le côté pratique du système. Le capital déboursé pour les pompes, les régulateurs de haute pression et les divers accessoires n'est que la moitié de celui ordinairement nécessaire et, d'autre part, l'augmentation des frais d'exploitation de ce système, qui consiste surtout dans le fonctionnement d'une pompe à gaz de force modérée, est peu importante et n'enlève rien du bénéfice réalisé.

Le gaz d'éclairage est, comme on peut se le rappeler, le seul fluide employé sur une vaste échelle, qui soit fourni sous une pression très basse. L'eau, la vapeur, l'air comprimé, le gaz naturel, le gaz Pintsch, les fluides réfrigérants, etc., ont été et sont largement distribués, vendus ou manipulés depuis nombre d'années dans les endroits publics des principales villes du monde civilisé; l'importance de cette distribution et les moyens variés employés justifient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pleinement l'opinion que, dans ces applications, l'emploi d'une pression élevée n'est ni dangereux, ni impossible. Les dispositifs mécaniques, réglant la distribution de ces divers fluides, même sous des pressions de plusieurs centaines de livres, ont été appropriés de manière à satisfaire pleinement les besoins industriels. Il est curieux, en vérité, lorsqu'on réfléchit sur cette question, de voir que, depuis tant d'années, on a continué à distribuer le gaz d'éclairage sous une pression aussi faible, lorsque tous les autres fluides fournis par des Compagnies au public sont distribués à des pressions beaucoup plus élevées et que la tendance générale sur ce point est d'augmenter la pression. La raison de la continuation de la faible pression pour le gaz d'éclairage est qu'avant l'emploi du gaz en grande quantité pour les besoins du chauffage, les volumes qu'on avait à distribuer étaient faibles; il était facile alors d'installer des conduites de dimensions suffisantes, sans déboursés inutiles pour distribuer tout le gaz nécessaire. Ces conditions ayant été celles du passé, on peut se demander si, dans un avenir rapproché et pour les raisons énoncées plus haut, les Ingénieurs-gaziers ne trouveront pas à la fois nécessaire et avantageux de remplacer le *diamètre* de la canalisation, procédé commode mais coûteux, par la *pression* pour mieux distribuer des volumes plus considérables.

Quelques Compagnies des États-Unis ont légèrement augmenté leurs pressions, pour développer la capacité de leurs conduites publiques, en introduisant des appareils mécaniques tels que des ventilateurs rotatifs. Elles ont augmenté également la pression fournie par les gazomètres et cela dans le but presque unique invariablement de transmettre le gaz d'un point à un autre sous des pressions ne dépassant pas 50 pouces (m 1,250) d'eau, mais, je ne crois pas, à ma connaissance, qu'on ait réalisé al distribution

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

générale directement aux abonnés et par toutes les conduites, sous une pression de quelques livres. Sur les 1.000 Compagnies des États-Unis, les seuls exemples qu'il m'ait été possible de connaître et dans lesquels le gaz ait été distribué notablement comprimé pour un service public ou particulier sont les suivants.

A Louisville (Kentucky) on a refoulé le gaz de houille, pendant deux ans et demi environ, au moyen d'un compresseur à piston, avec cylindre de 30 sur 36 pouces (de m 0,75 sur m 0,90), à raison de 140.000 pieds cubes (m c 3.962) à l'heure; on se servait d'une conduite en fer de 10 pouces (m 0,25) pour remplir des gazomètres extérieurs donnant une pression de 10 pouces (m 0,25). Il n'y a pas de consommateurs sur la canalisation et l'on n'a pas eu à constater de perte dans le pouvoir éclairant. La pression initiale de 5 à 7 livres suffit seulement à surmonter le frottement de la conduite, pendant le remplissage du gazomètre à la pression de 10 pouces (m 0,25), avec le débit horaire indiqué plus haut.

A Oakland (Californie), on refoule, depuis dix ans, un mélange de gaz de houille et de gaz à l'eau, à l'aide d'un compresseur à piston, sur une distance de 8 milles (km 12,8) jusqu'à Alaméda. On se sert, dans ce cas, d'une conduite en fonte de 8 pouces (m 0,20) avec joints en plomb, qui dessert un gazomètre situé dans un endroit éloigné. La pression initiale est de 5 livres et la pression au gazomètre de 4 pouces (m 0,100). Il n'y a pas de consommateurs individuels sur cette ligne, bien qu'on ait installé au milieu du parcours un régulateur Connelly pour le gaz envoyé dans East-Oakland. La perte du pouvoir éclairant, due à la compression et à d'autres causes est légère et ne dépasse pas un quart de bougie.

A Chicago (Illinois), on envoie au moyen de pompes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans la partie sud de la ville, du gaz à l'eau provenant de l'usine de la « Mutual Company », située à une distance d'environ 23.000 pieds (km 7) ; on se sert d'une conduite de 8 pouces (m 0,20) pour remplir un gazomètre éloigné. On emploie, dans ce cas, un extracteur rotatif, système Root, donnant une pression initiale de 10 livres et laissant passer le gaz à la vitesse de 60.000 pieds cubes (m c 1.700) dans un gazomètre, où il est à la pression de 7,5 pouces (m 0,1875). Il n'y a pas de consommateurs sur le parcours de cette conduite.

A Danbury (Connecticut), on pompe, depuis plus de dix ans, du gaz à l'eau enrichi, qui est envoyé, sous une pression de 40 livres, à l'aide d'un compresseur à piston et d'une conduite en fer de 2 pouces (m 0,05) jusqu'à la distance de 3 milles (km 4,8), où on l'emmagasine dans des réservoirs en fer, placés à poste fixe. Le gaz est envoyé de là, dans la petite ville de Béthel, après avoir été ramené à la basse pression par un régulateur approprié. Il n'y a pas de consommateurs sur le parcours de la conduite et l'on n'a pas constaté de perte de pouvoir éclairant.

Les exemples ci-dessus sont loin de la distribution directe du gaz aux abonnés avec la haute pression, mais ils présentent encore de l'intérêt au point de vue de la compression du gaz d'éclairage à une pression de plusieurs livres sans causer de perte appréciable dans le pouvoir éclairant.

Le système Pintsch employé sur une grande échelle pour l'éclairage des wagons, aux États-Unis et en Europe, depuis de nombreuses années, a démontré pleinement qu'on pouvait en toute confiance, employer des pompes pour la compression du gaz sous presque toutes les pressions.

Les centaines de compagnies de gaz naturel des États-Unis ont démontré, d'une façon complète, que les canali-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sations en fer peuvent transporter le gaz à toutes les distances, sous toutes les pressions, et que les dispositifs mécaniques, régulateurs, etc., réduisent et maintiennent exactement les pressions au degré voulu.

Par conséquent, si la compression des gaz d'éclairage, à quelques livres de pression, ne diminue pas d'une façon sensible son pouvoir éclairant, comme on peut le voir par les exemples ci-dessus, à Louisville, Chicago, Oakland et Danbury ; si les compresseurs peuvent refouler le gaz facilement, comme on le fait dans le procédé Pintsch, et si, enfin, on peut le transporter, le contrôler et le fournir à l'aide de conduites en fer et de régulateurs mécaniques, comme pour le gaz naturel, ne s'ensuit-il pas nécessairement et logiquement qu'il est possible, par l'emploi des compresseurs Pintsch, des canalisations en fer et des régulateurs de gaz naturel, de livrer du gaz d'éclairage également comprimé à haute pression, par l'intermédiaire d'une canalisation de faible diamètre?

Il n'y a qu'une réponse à cette question : on peut fournir facilement, sûrement et économiquement le gaz d'éclairage en employant cette méthode, bien que sa réalisation ne soit qu'à son aurore.

Il est évident, lorsqu'on considère la question générale d'une façon plus détaillée, que la distribution satisfaisante du gaz directement de l'usine aux consommateurs, sous une pression de quelques livres, à l'aide d'une canalisation de diamètre beaucoup plus faible que celui de la canalisation actuelle exigera :

1° Des conduites pourvues de joints étanches au début et qui demeureront étanches par la suite;

2° Des machines de compression et des pompes fonctionnant sans risque d'arrêt;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3° Des régulateurs sûrs, placés sur les conduites pour ramener la haute pression de la canalisation principale à la pression ordinaire du périmètre à desservir;

4° Des régulateurs individuels, d'un fonctionnement sûr, pour permettre de desservir les abonnés sur le parcours de la conduite principale;

5° Des dispositifs de sûreté appropriés qui auront pour effet, au cas où les régulateurs viendraient à ne pas fonctionner, de limiter les conséquences de cet arrêt à la perte du gaz seulement.

6° Le moyen de brancher avec sécurité et facilité de nouvelles conduites sur la canalisation principale sous pression, sans arrêter la fourniture du gaz aux abonnés;

7° L'absence de toute perte importante de pouvoir éclairant du fait de la compression.

Je suis convaincu et je puis dire, sans perdre inutilement du temps à faire le récit en détail de mes recherches, que :

1° Une canalisation en fer, vissée, bien protégée contre la corrosion et posée avec soin, fournira, pour la distribution du gaz sous pression, un système de conduites étanches d'une durée suffisante, dans beaucoup de cas. L'expérience de 10 à 15 années fournie par les Compagnies de gaz naturel et autres des États-Unis, vient à l'appui de cette conclusion ;

2° Que les types de compresseurs d'air, construits pour résister à un service sévère dans les districts miniers éloignés, conviennent parfaitement pour pomper le gaz sous une pression de quelques livres; ils sont plus exempts pratiquement des risques d'arrêt que les machines à vapeur ordinaires; enfin, ils peuvent être installés en double, avec une dépense modérée, de manière à satisfaire à toutes les nécessités au point de vue de la sécurité. Les milliers

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de compresseurs d'air en service dans le monde entier et les nombreuses usines de compression employant le système Pintsch, donnent une confirmation complète de cette conclusion ;

3° Les régulateurs de districts, employés depuis des années aux États-Unis pour le gaz naturel, pourront servir pour un volume quelconque de gaz d'éclairage, à une pression donnée; leur prix modéré, leur forme simple en même temps que compacte, permettent de les disposer facilement en installation double, ce qui donne toute commodité pour l'inspection, le nettoyage, le réglage, etc. L'expérience très satisfaisante et de longue durée acquise avec ces régulateurs par les compagnies de gaz naturel garantit leur emploi ;

4° Les régulateurs individuels qui sont peu coûteux et qui sont employés, avec une grande satisfaction, partout où l'on utilise le gaz naturel, conviendront également bien pour le gaz d'éclairage. Ces régulateurs sont pratiquement les mêmes que ceux employés avec le système Pintsch pour l'éclairage des wagons; il existe environ 100.000 wagons répartis dans le monde entier, fonctionnant depuis de nombreuses années avec une absence presque complète d'accidents ou d'inconvénients;

5° L'emploi des joints d'huile ou regards de sûreté fourniront une protection efficace, soit sur l'ensemble du périmètre, soit pour un ou plusieurs abonnés, en cas de danger ou de mauvais fonctionnement des régulateurs. Les précautions employées dans les exploitations du gaz naturel doivent donner et donnent réellement une protection complète;

6° L'emploi d'un manchon boulonné et d'un dispositif spécial permet de pouvoir adapter facilement les branchements sans avoir à placer de T, sans interrompre la fourniture du gaz, sans augmentation de dépense et avec moins de danger et d'ennui que dans la pratique actuelle ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

7° Une compression très élevée, 200 livres par exemple, affecterait sérieusement le pouvoir éclairant du gaz, mais la compression à 20 ou 30 livres, lorsqu'il s'agit de gaz de houille ordinaire ou de gaz à l'eau bien carburé, ne diminue pas le pouvoir éclairant d'une manière visible ou de plus d'une fraction de bougie ou même assez pour constituer un désavantage commercial.

Après m'être rendu compte que, sur chacun des points ci-dessus, le gaz d'éclairage pouvait être distribué facilement sous une pression de 20 livres, avec les appareils appropriés, j'ai eu l'occasion l'année dernière d'en faire une démonstration.

Les villes de Phœnixville et Royersford, à km 45 de Philadelphie, sont distantes l'une de l'autre de km 8 et renferment chacune 16.000 habitants. Ces deux villes possédaient, depuis de nombreuses années, une Compagnie de gaz qui fut achetée, l'été dernier, par la Consolidated Schuylkill Gas C° que je dirige avec quelques associés. On décida de réunir les deux villes au moyen d'une conduite de haute pression, de manière à pouvoir supprimer la plus petite des deux usines et de réunir toute la fabrication en un point central. On posa entre les deux usines une conduite en fer de 3 pouces (m 0,075) de diamètre et 23.015 pieds (m 6.900) environ de longueur, en apportant le plus grand soin dans la confection des joints et dans les essais qui eurent lieu sous une pression de 60 livres.

La conduite fut posée à une profondeur de 3,5 à 4 pieds (m 1,05 à m 1,20) le long d'un chemin légèrement accidenté. Elle traverse une rivière de 600 pieds (m 180) de large, une voie ferrée et quelques terrains rocailleux. Des T ont été placés sur le parcours de la conduite pour recevoir les branchements des abonnés. On a installé, au départ, une pompe de compression d'une puissance de 5.000 pieds cubes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(mc140) de gaz à l'heure ainsi que les régulateurs, manomètres, appareils accessoires, etc. Le rôle du compresseur est d'aspirer le gaz du gazomètre et de le refouler dans la conduite à la pression de 10 à 25 livres, suivant la consommation de la ville qui se trouve à l'autre bout de la ligne. On

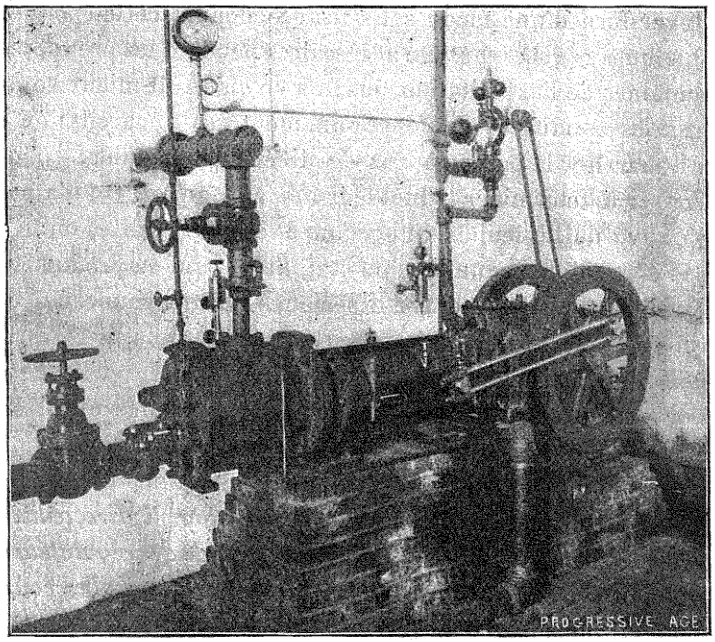


Fig. 1.

se sert, à cet endroit, de deux régulateurs, placés en tandems, pour amener le gaz de la conduite à une pression peu élevée, uniforme, qui est de 2,7 pouces (mm 67,5). Le premier régulateur est disposé pour réduire la pression de 50 livres à 1 livre; le second, plus sensible, ramène le gaz de 1 livre à 2,7 pouces; ce sont des régulateurs secs, sans diaphragme. On a installé à la station terminus de la ligne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des manomètres pour indiquer les différentes pressions ainsi que tous les appareils accessoires qui peuvent être nécessaires. Les figures 1 et 2 représentent la pompe de compression et les appareils régulateurs.

La construction de la ligne a été terminée et sa mise en service a commencé le 29 décembre 1899; elle a desservi Royersford d'une façon satisfaisante depuis cette époque. Quelques réglages ont été nécessaires pendant les premières semaines de l'exploitation, jusqu'à ce qu'on ait mieux compris les conditions de fonctionnement des appareils; on a fait marcher la pompe à gaz de différentes manières pour arriver à déterminer le meilleur mode d'emploi. On n'a pas éprouvé de difficultés importantes et, en réalité, on n'a pas éprouvé les ennuis qu'on craignait et qui se produisent d'ordinaire au début d'une expérience de cette importance. On s'est servi, pendant les deux premiers mois, à Royersford, d'un gazomètre de faible capacité pour assurer la régularité du service et jusqu'à ce que l'ensemble des appareils ait été mis en pleine exploitation. Cette condition ayant été remplie, on a fermé le gazomètre et, depuis cette époque, la ville est alimentée de gaz d'éclairage *fourni directement par la conduite à haute pression, avec l'aide des régulateurs, et d'un point éloigné de presque 5 milles (km 8), sans le secours d'aucun gazomètre, ni récipient d'emmagasinage*. C'est à ma connaissance, le premier exemple d'un cas de ce genre.

Le gaz employé est du gaz à l'eau d'éclairage ordinaire, d'un pouvoir éclairant de 20 à 22 bougies, fabriqué avec du naphte. Le générateur est du type Lowe, d'un modèle inférieur, la capacité de surchauffage étant beaucoup moins importante qu'elle devrait être et le gaz fabriqué n'étant que partiellement « fixé ». On pouvait s'attendre, dans ces conditions, à ce que la compression produisît une réduction considérable dans le pouvoir éclairant, par suite de la sépa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ration des hydrocarbures libres. Cependant, on n'a pas eu à constater de dépréciation appréciable du pouvoir éclairant ; le gaz était, à l'extrémité de la ligne, d'une bonne qualité commerciale, pratiquement la même qu'au point de départ. Les variations qui ont été constatées provenaient d'irrégularités dans la qualité du gaz fabriqué, irrégularités dues au

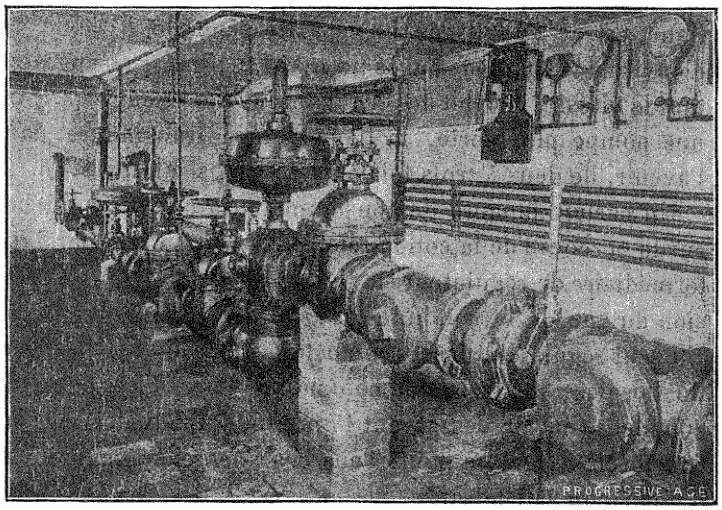


Fig. 2.

genre d'appareil générateur employé, et non à la compression.

Je regrette de dire que, par suite de circonstances locales et autres, il n'a pas encore été possible d'effectuer des expériences photométriques approfondies.

La pompe à gaz possède une capacité de 100.000 pieds cubes (m c 2.800) environ par jour, avec une vitesse qui n'est que de 75 0/0 de sa force indiquée. Cette quantité de gaz n'étant pas encore nécessaire, on a reconnu préférable de faire marcher la pompe de 30 à 40 minutes toutes les deux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

heures; on pompe et on emmagasine le gaz dans la canalisation sous une pression de 25 livres, puis on laisse tomber la pression jusqu'à 5 livres, et l'on remet la pompe en service. La température du gaz se trouve portée, du fait de la compression, à 120° Fahr. Le volume occupé par les vannes est d'environ 1/8 de gallon (l 0,55) sur 1.000 pieds cubes (m c 28,3). La perte de pression, due au frottement sur la ligne, est de 2 à 3 livres. La capacité générale actuelle est d'environ 4.000 pieds cubes (m c 113,2) ; mais, en augmentant la vitesse, le débit des régulateurs, etc., et en employant une pompe plus forte, la ligne pourra transmettre, dans l'avenir, de deux à trois fois plus de gaz, si on le désire.

Un certain nombre de consommateurs ont été branchés sur le parcours de la conduite et reçoivent le gaz par l'intermédiaire de régulateurs individuels, qui ramènent la pression du gaz de la conduite à 17/10 de pouce (mm 42,5). Un seul régulateur dessert un candélabre; un autre dessert un hospice; un troisième commande une canalisation de 800 pieds (m 240) desservant 17 maisons ; un quatrième sert pour l'éclairage d'un pont. Tous ces appareils fonctionnent d'une façon satisfaisante.

Les personnes, qui doutaient du succès de l'expérience, prédisaient qu'il y aurait une perte considérable de pouvoir éclairant du fait de la compression; que les régulateurs fonctionneraient mal ; que la condensation causerait des ennuis; que la pression élevée du gaz de la conduite serait dangereuse et que les arrêts des pompes mettraient le service général en péril. Aucune de ces prédictions ne s'est réalisée ou n'a pu être vérifiée.

L'exploitation du système a donné des résultats à tel point continus et satisfaisants que les propriétaires de la Compagnie ont décidé d'exécuter une installation semblable, sur une échelle beaucoup plus grande, dans les districts

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

très étendus de Darby et dans le voisinage immédiat de Philadelphie. L'installation en cours comporte, au début, une longueur totale de 22 milles (km 35) de canalisation à haute pression. La ligne principale, partant de l'usine, possède un diamètre de 6 pouces (m 0,15) et s'étend à une distance de 3 milles (km 5); elle se fractionne à cet endroit en 2 lignes de 3 et 4 pouces (m 0,075 et m 0,10) qui atteignent des points éloignés de 7 et 8 milles (de km 11 et 13) de l'usine. On compte que plus de 1.000 abonnés recevront et utiliseront le gaz dans l'espace d'une année et qu'on aura ainsi une démonstration plus complète de la réduction du capital employé, réduction due à l'emploi de la haute pression pour distribuer le gaz à de grandes distances dans un district étendu. Les diverses villes et villages du territoire en question, qui a 8 milles de longueur sur 3 ou 4 milles de large (km 13 sur km 5 ou 7) sont encore peu bâtis et très éloignés les uns des autres; il n'aurait pas été avantageux d'établir une canalisation pour les réunir, ni d'y installer des usines, en raison du prix élevé et du diamètre des conduites en fonte que l'éloignement des localités aurait rendues nécessaires d'après le système ordinaire.

L'application du système de distribution du gaz à haute pression à Phœnixville a été à tel point satisfaisante que les propriétaires de la River Shore Gas Company, Société qui fournit le gaz à plusieurs petites villes peu éloignées de Philadelphie, dans l'État de New-Jersey, font construire, sous ma direction, une canalisation pour transmettre le gaz de leur usine de Riverton à la ville de Moorestown éloignée de 4 milles 1/2 (km 7). Cette installation est presque identique à celle de Phœnixville par l'emploi d'une conduite en fer de 3 pouces (m 0,075) avec joints vissés, de régulateurs placés le long de la ligne et à son extrémité pour contrôler

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toutes les pressions et par l'absence complète de gazomètre ou d'un récipient quelconque au point terminus.

L'installation d'une canalisation à haute pression, du genre de celles qui viennent d'être décrites, peut être divisée en trois parties principales, indépendamment des accessoires, savoir :

Les appareils de compression (en double) y compris :

Une fourniture continue de vapeur ;
La réfrigération ;
Les appareils de réglage de vitesse et de pression ;
Les manomètres ;
Les thermomètres ;
Les avertisseurs de basse pression ;
Le réservoir de condensation et de réglage ;
Le compteur.

La canalisation y compris :

L'enduit protecteur ;
Les joints ;
Les siphons ;
Les vannes ;
Les manchons pour les branchements ;
Les régulateurs de pression des abonnés ;
Les compteurs ;
Les appareils de sûreté.

Les régulateurs de la canalisation principale (en double) et ceux de la station terminus, y compris ;

Les manomètres ;
Les thermomètres ;
Les lampes d'épreuve ;
Les purgeurs ;
Le photomètre ;
Les joints de sûreté (ligne principale) ;
Les avertisseurs de haute et basse pression ;
Les bye-pass, etc.

La description, avec figures, des parties principales de l'installation donnera une idée exacte de la nature des appareils employés par l'auteur et ses associés pour la dis-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tribution du gaz d'éclairage à haute pression aux États-Unis :

Les Compresseurs :

On emploie des compresseurs Rand horizontaux, actionnés par la vapeur, à enveloppe réfrigérante, du type représenté dans la figure n° 3.

Une machine ayant un cylindre de gaz de 8 pouces (m 0,20) de diamètre avec une course de 12 pouces (m 0,30) et faisant 140 tours par minute, possède une capacité pratique d'environ 5.000 pieds cubes (m c 140) à l'heure; elle pèse 2.100 livres, occupe un espace de 2 × 8 pieds (m 0,60 sur m 2,40)et exige 18 chevaux de force en pleine charge.

Une machine 8 fois plus puissante, soit un million de pieds cubes (m c 28.000) en 24 heures, aurait un cylindre de vapeur de 16 pouces (m 0,40) de diamètre et un cylindre à gaz de 21 pouces (m 0,52), avec course de 24 pouces (m 0,60) ; elle pèserait 18.000 livres environ, occuperait un espace de 16 × 4 pieds (m 4,80 × m 1,20) et demanderait une force un peu supérieure à 100 chevaux avec 95 tours, à pleine charge.

Réservoirs de réglage.

Le gaz passe immédiatement après avoir quitté la pompe dans un petit réservoir d'environ 140 pieds cubes (m c 4) employé dans le triple but d'absorber la pulsation due à l'action de la pompe, de refroidir le gaz après la compression et de permettre de recueillir et d'enlever les condensations résultant de la compression. Les réservoirs que j'emploie sont cylindriques en acier de 3/8 ; ils ont été

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

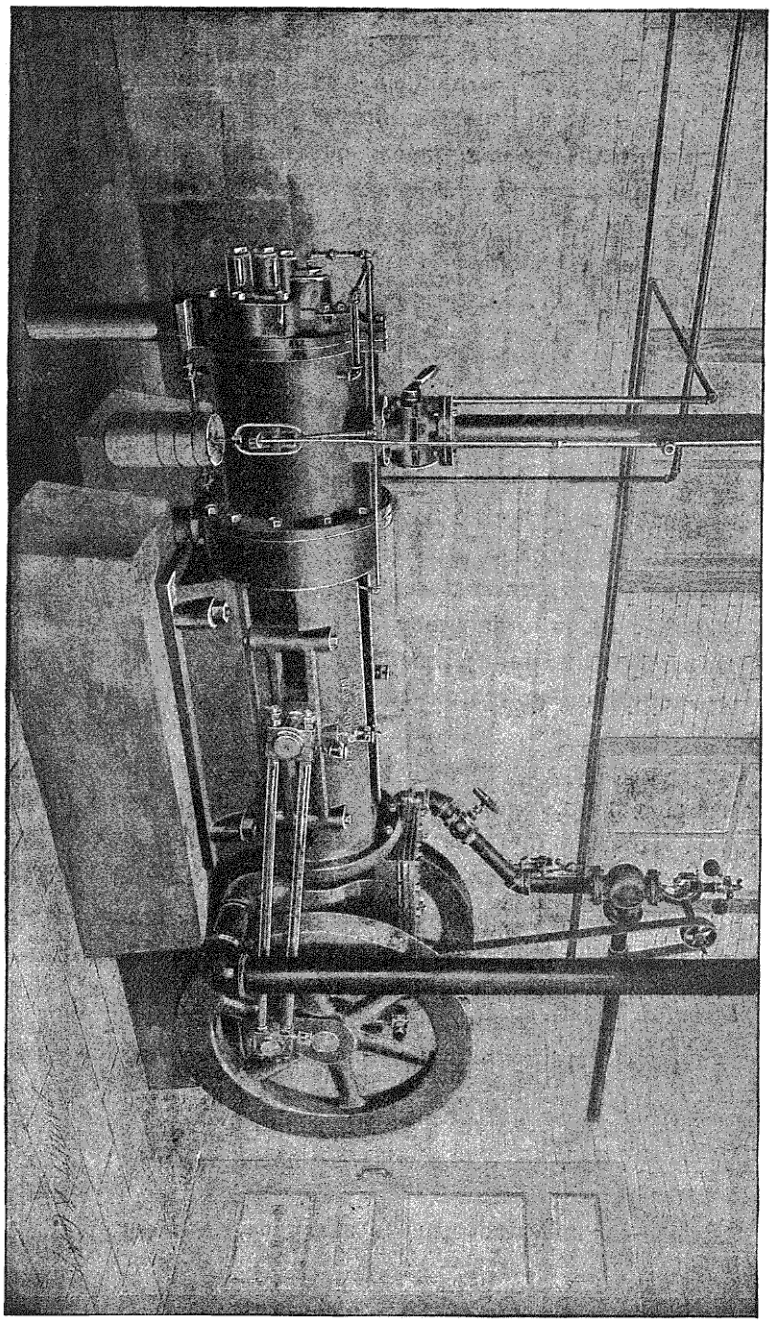


Fig. 3.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

essayés à la pression de 125 livres et mesurent 9 pieds (m 2,70) de longueur sur 55 pouces (m 1,375).

COMPTEURS.

Le compteur ordinaire d'usine ne convenant pas au mesurage du gaz sous une pression de plusieurs livres, je fais

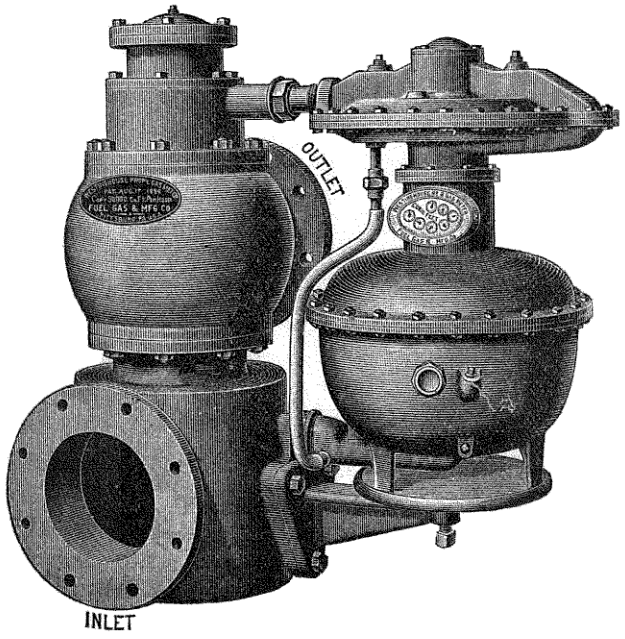


Fig. 4.

installer un appareil qui est beaucoup employé dans les usines de gaz naturel pour le mesurage des volumes considérables de gaz que l'on doit y traiter. On se sert, pour éviter la dépense et les difficultés de construction de compteurs assez puissants pour mesurer tout le gaz, d'un arrangement ingénieux de valve différentielle que l'on place sur le parcours de la conduite ; on appelle cet appareil « compteur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

proportionnel ». Ce dispositif permet de faire passer une proportion de gaz fixe, ordinairement 1 0/0, que l'on mesure dans un petit compteur positif, quel que soit le volume de gaz qui peut passer à tout moment. L'aiguille du compteur mesurant le 1 0/0 multiplie le résultat et indique le volume

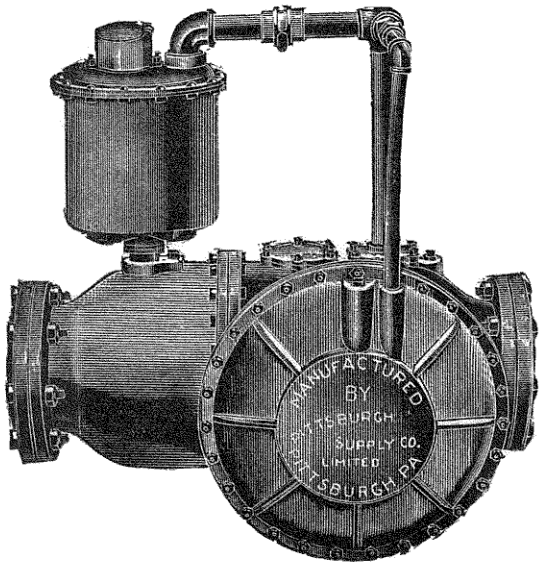


Fig. 5.

total passé. L'auteur sait que ces appareils sont ordinairement sûrs et exacts.

La figure 4 représente les appareils Westinghouse qui doivent être employés dans l'installation de Darby, actuellement en cours de construction. La figure 5 représente les appareils Wylie, qui seront installés à l'usine de Riverton. Ces compteurs donnent, en général, les mêmes résultats; ils sont tous en métal; ils peuvent subir une pression de 50 livres et sont d'une forme très compacte; un espace de 3 pieds carrés (m^2 0,28) sur 3 pieds (m 0,90) de hauteur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suffit pour recevoir un appareil d'une puissance de 50.000 pieds cubes (m c 1.400) par heure. Les jonctions varient de 3 à 16 pouces (de m 0,075 à m 0,40).

RÉGULATEURS DE LA CONDUITE PRINCIPALE.

On se sert de l'appareil connu sous le nom de régulateur Fulton pour ramener les pressions de 50 ou 100 livres à quelques livres seulement, 5 environ ; cet appareil est employé à Phœnixville et c'est peut-être le plus commun qu'on rencontre dans les exploitations de gaz naturel (fig. 6). Il est automatique et possède une soupape verticale mobile, actionnée par un diaphragme, lequel est commandé par la pression du gaz arrivant à la partie inférieure de l'appareil.

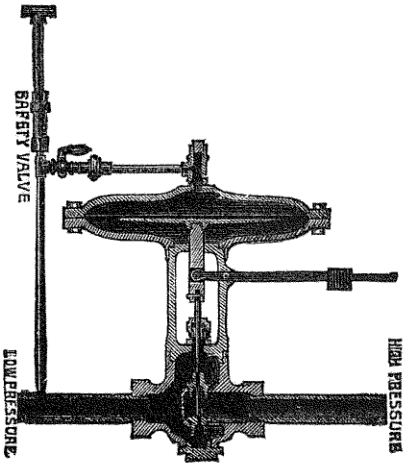


Fig. 6.

Il possède des jonctions de 1 à 16 pouces (de m 0,025 à m 0,40) et n'occupe qu'une surface de 3 pieds carrés (m^2 0,28).

On se sert également d'un régulateur à diaphragme pour ramener les pressions depuis 2 jusqu'à 10 ou 20 livres à mm 50 ou 100 d'eau et les rendre constantes, à un endroit quelconque.

La figure 7 représente une autre forme de régulateur connu sous le nom de Régulateur Union, dans lequel la sou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pape est actionnée par une cloche flottant dans le réservoir adjacent.

La figure 8 représente un dispositif très commode de

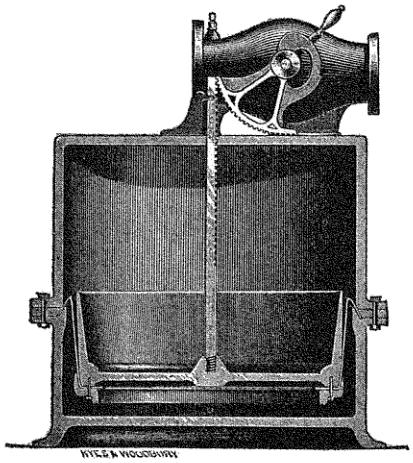


Fig. 7.

régulateurs à diaphragme employée, en double, par la River Phore Gas Company, au terminus de la canalisation de

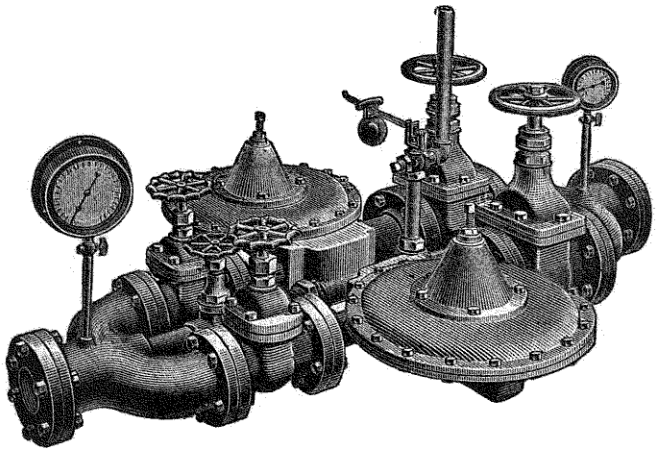


Fig 8.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3 pouces (m 0,075). L'arrivée du gaz à haute pression dans un régulateur quelconque, du modèle que l'on désire, l'autre restant en réserve et ne servant qu'en cas de nettoyage, réparation, etc.

Cette installation comporte tous les appareils accessoires, tels que bye-pass, manomètres, etc., et prend le nom de « station à basse pression double », système Johnson-Reynolds.

La sensibilité de fonctionnement des régulateurs décrits ci-dessus est mise en évidence par la reproduction des diagrammes journaliers des pressions fournie par la figure n° 9. Ces diagrammes indiquent la pression maintenue à Royersford pendant la semaine se terminant le 23 mai 1900. Les courbes des 19 et 20 mai ont été faites sur le même disque; on remarquera que la ligne à l'encre du 20 mai se superpose sur celle du 19 et toutes les courbes de la semaine peuvent se superposer les unes sur les autres sans accuser la moindre déviation, ce qui indique que la pression de $\frac{27}{10}$ de pouce (mm 67,5) a été presque constante. La variation de la pression a été si légère que le crayon de l'appareil n'accuse pas, dans ses indications plus de $\frac{1}{20}$ de pouce $\left(\text{mm } 1\,\frac{1}{4}\right)$ de différence, chiffre qui est sans importance. On obtient ce résultat bien que la pression sur laquelle les régulateurs exercent leur action varie constamment; en effet, si le compresseur installé à Phœnixville envoie du gaz dans la canalisation, il augmente la pression; si, au contraire, il vient à cesser de fonctionner, la pression diminue par suite de la consommation. Le diagramme du 23 mai, représenté en partie par la figure n° 10, indique clairement les variations qui se produisent constamment dans la pression de la canalisation

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

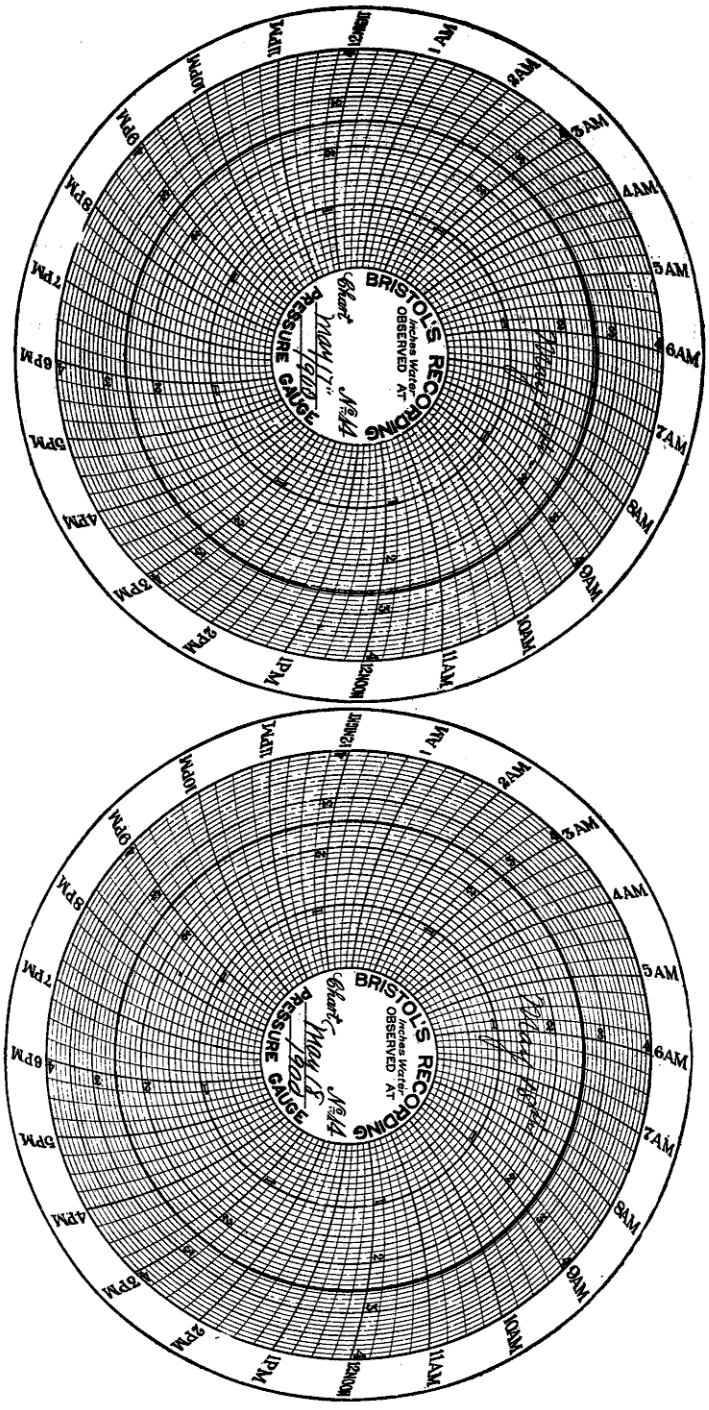


Fig. 9

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

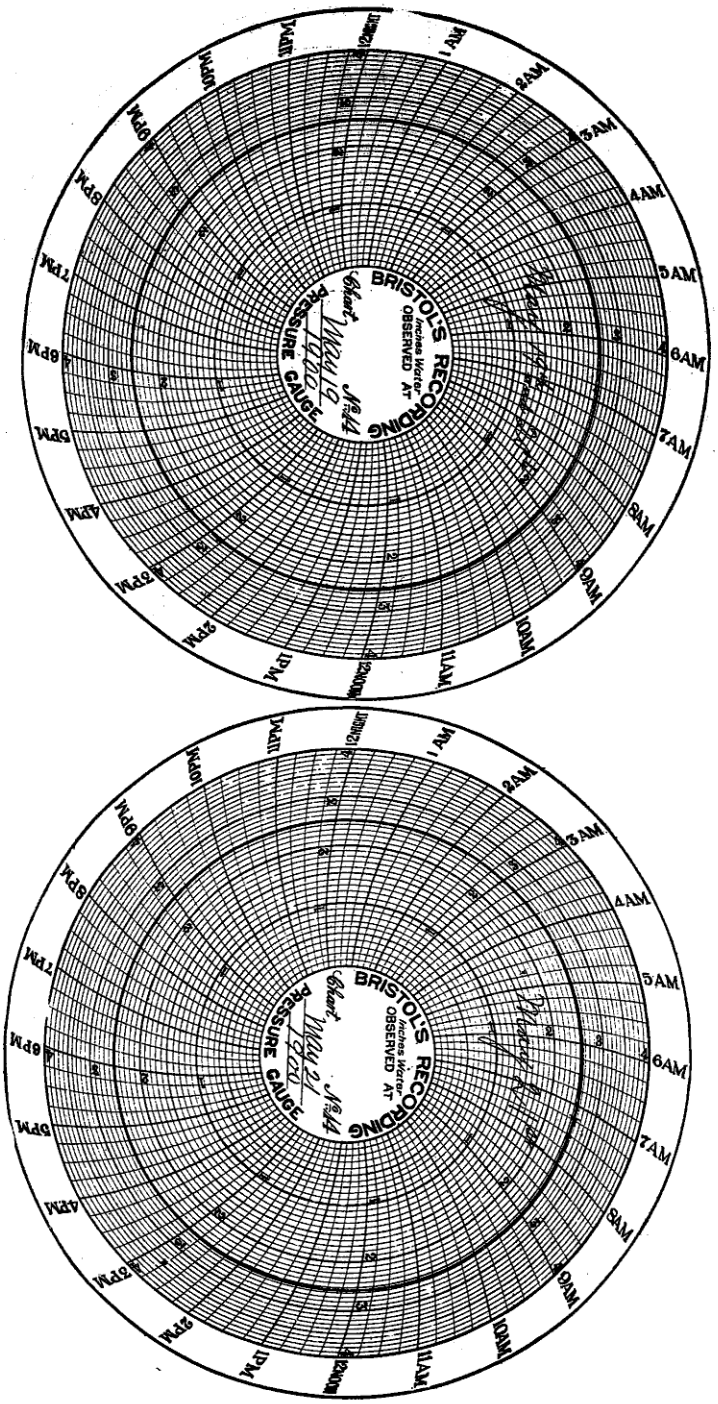


Fig. 9 bis.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

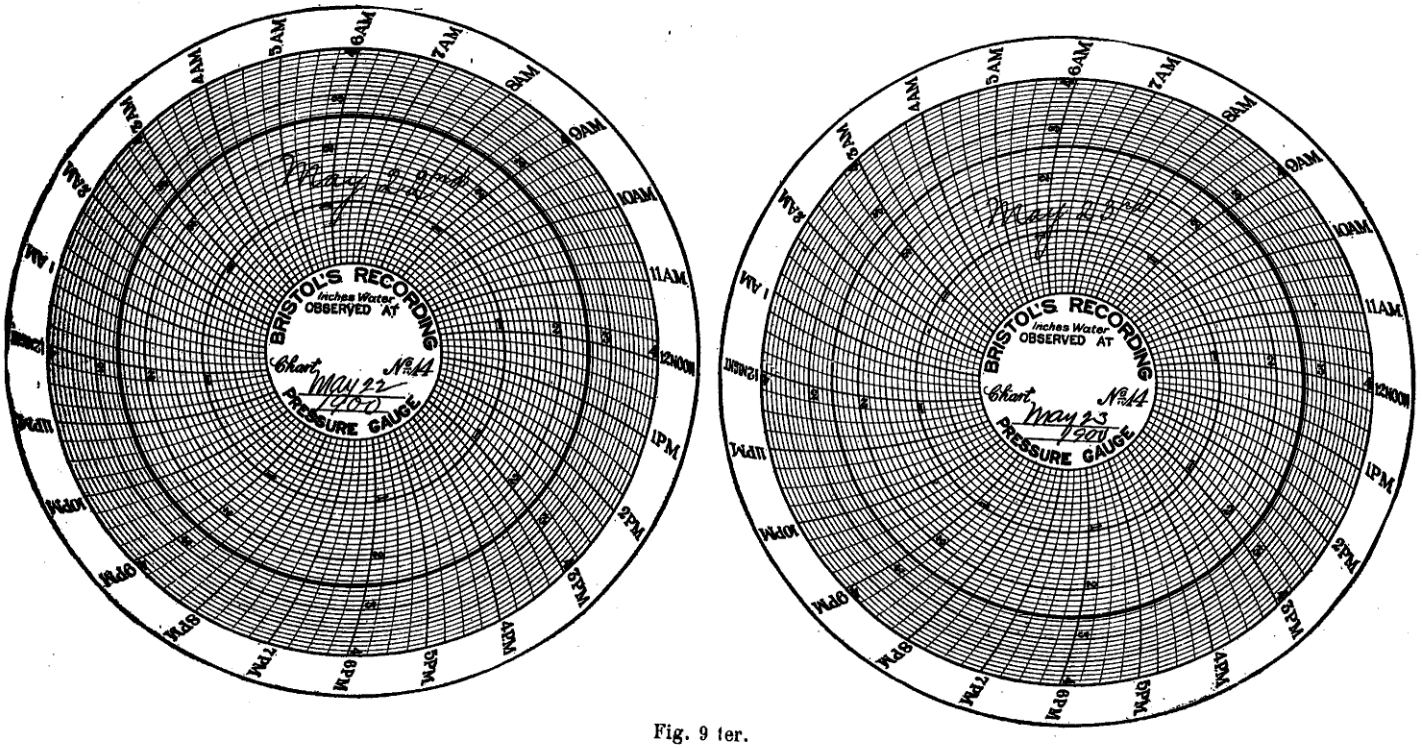


Fig. 9 ter.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

principale; on remarquera que ces variations sont de 5 à 30 livres

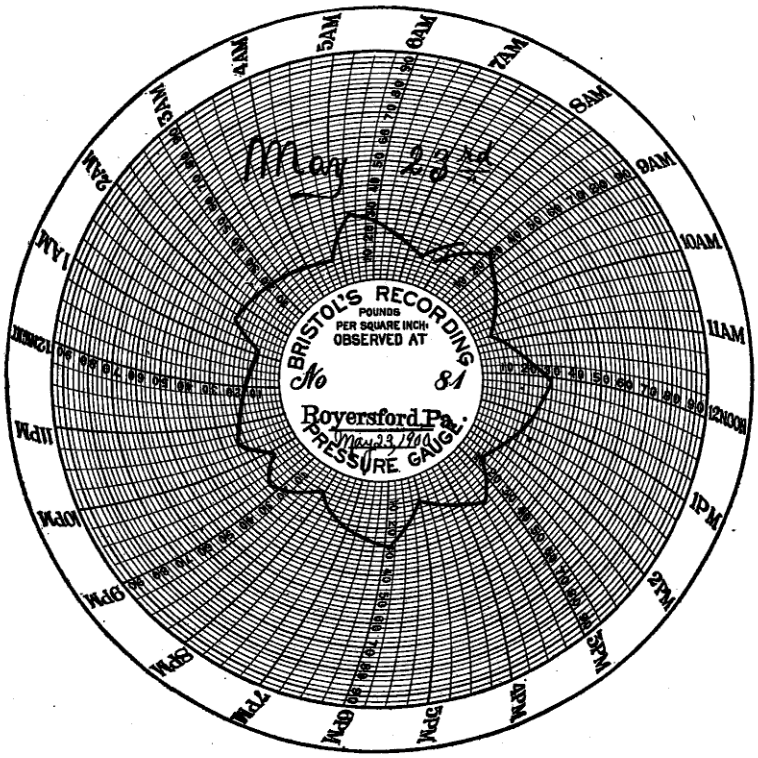


Fig. 10.

FERMETURE DE SURETÉ DE LA CANALISATION PRINCIPALE.

Immédiatement au delà du second régulateur à Royersford, on a détaché un branchement de la conduite à basse pression, pris sur le régulateur d'abonné, et on l'a conduit dans un petit récipient voisin contenant de l'huile. Ce tuyau plonge de quelques pouces dans l'huile et forme joint de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même que le plongeur de la colonne montante forme joint dans le barillet. Un tuyau de dégagement part de ce récipient et vient s'ouvrir du dessus de la toiture.

Le but de ce joint d'huile est de se garantir contre le passage de la haute pression de la canalisation principale au delà des tuyaux de basse pression, ce qui détériorait les compteurs, etc...; si les régulateurs venaient à cesser de fonctionner, la pression élevée ferait sauter le joint d'huile et le gaz passerait immédiatement, par le tuyau de dégagement, dans l'atmosphère.

Cette simple précaution fournit une sécurité complète contre les accidents graves qui pourraient se produire,

L'huile employée est de qualité telle qu'elle ne peut pas s'évaporer, ni geler.

BRANCHEMENTS.

Les branchements des consommateurs sont établis sur les conduites de haute pression au moyen de manchons boulonnés représentés par la figure n° 11.

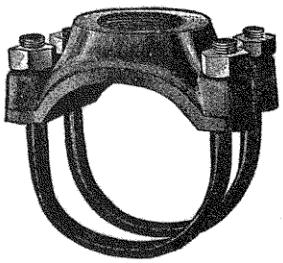


Fig. 11.

Ce manchon est fileté pour recevoir les jonctions; une fois en position, il ne reste plus qu'à percer une ouverture dans la conduite pour avoir la fourniture du gaz. On se sert d'outils spéciaux pour éviter complètement la fuite du gaz au moment de l'exécution du travail.

RÉGULATEURS D'ABONNÉS.

On emploie, en général, des régulateurs de basse pression, de petites dimensions, pour le service des abonnés branchés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur la conduite principale. Ces appareils présentent diverses formes, mais ils se composent presque toujours d'une enveloppe en fonte, de 5 à 15 pouces de diamètre, résistant à la pression ordinaire et renfermant la soupape de réglage et le diaphragme. Ils sont disposés pour recevoir des branchements de 3/8 à 2 pouces (de mm 9 à mm 50) de diamètre et peuvent être mis en place rapidement sur un branche-

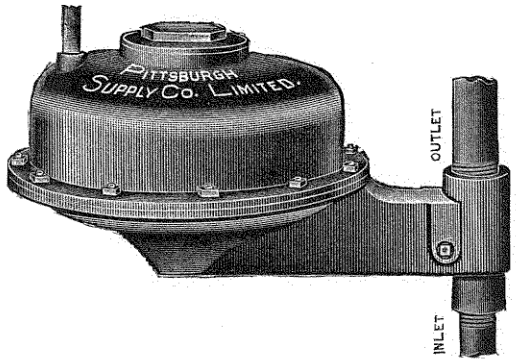


Fig. 12.

ment dérivé d'une conduite à haute pression; leur débit horaire est de 25 à 2.000 pieds cubes (de l 700 à m c 56) de gaz, suivant leur dimension. Ils sont extrême-

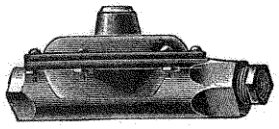


Fig. 13.

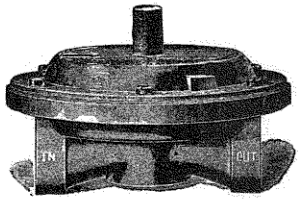


Fig. 14.

ment sensibles, simples et d'un fonctionnement sûr et régulier.

La figure 12 représente le régulateur « l'Equitable ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 13 représente le régulateur « Johnson-Reynolds ».
La figure 14 représente le régulateur « Westinghouse ».
Ces trois appareils sont brevetés et déposés.

COMPTEURS DE HAUTE PRESSION.

Bien que j'aie employé sur une grande échelle les compteurs ordinaires en tôle, placés après les régulateurs

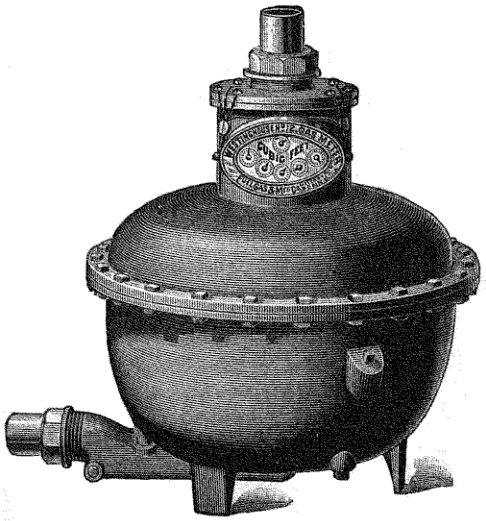


Fig. 15.

et protégés par des joints de sûreté contre les excès de pression, il est vraisemblable qu'on adoptera, à l'avenir, quelques-unes des formes de compteurs en fonte, supportant des pressions de 20 à 30 livres, et qui sont d'un usage général dans les régions de gaz naturel. La figure n° 15, représente le compteur Westinghouse qui rentre dans cette catégorie.

L'enveloppe en fer renferme une cloche flottante, divisée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en compartiments et baignant dans l'huile à sa partie inférieure; elle tourne avec un mouvement ondulatoire, les compartiments se vidant et se remplissant par une soupape centrale commune. Cette forme de compteur ne possède pas de diaphragmes en cuir; l'appareil est entièrement en métal, sa capacité horaire varie de 200 à 40.000 pieds cubes (de

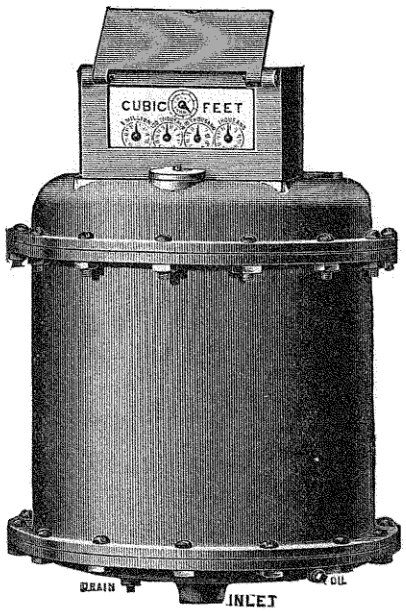


Fig. 16.

m c 6 à 1.120) et son diamètre, de 1 à 5 pieds (de m 0,30 à m 1,50).

Le compteur « l'Equitable » représenté par la figure 16 est également en fonte ; mais il est sec, et possède des diaphragmes en cuir, disposés verticalement autour de la périphérie et qui se vident et se remplissent comme dans un compteur ordinaire. Cet appareil est construit en diffé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rents modèles dont la capacité horaire varie de 300 à 1.200 pieds cubes (de m c 8,34 à 4) suivant leur dimension.

Un autre compteur connu sous le nom de compteur Tobey et représenté par la figure 17 ci-dessous, comporte, dans une enveloppe en fonte, 3 diaphragmes montés sur un axe central qui commande les aiguilles et le mécanisme de soupape placé à la base de l'appareil.

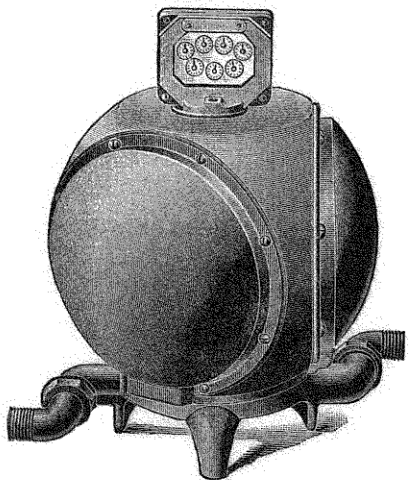
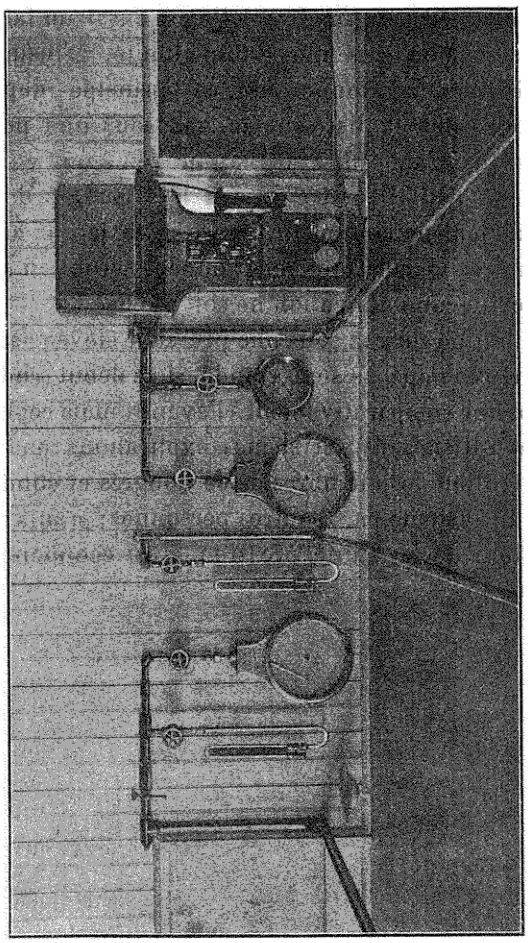


Fig. 17.

MANOMÈTRES, ETC.

La figure 18 représente la disposition des manomètres au terminus de la ligne, à Royersford. Un manomètre de vapeur ordinaire indique la pression de la ligne principale qui est de 10 à 20 livres; un manomètre ordinaire, à siphon, indique la pression de 27/10 de pouce (mm 67,5); enfin, un manomètre semblable, à mercure, enregistre la pression intermédiaire entre les régulateurs de haute et de basse pression. On se sert également d'appareils accessoires : enregistreurs, téléphones, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il a été assez dit, par ce qui précède, pour montrer que la distribution du gaz à haute pression est non seulement une question théorique, mais qu'elle est aussi un fait déjà accompli, au moins dans une certaine limite. L'installation de Phœnixville fonctionne sur ce principe depuis le 29 décembre 1899 et distribue le gaz sous une pression élevée et à une grande distance, au moyen d'une canalisation en fer de petit diamètre et sans le concours de gazomètres, exactement comme on opère avec le gaz naturel. Les deux autres installations mentionnées seront en service avant que cette communication ne soit publiée.

La distribution du gaz sous une pression élevée est commencée; ma récompense sera grande, si ce début (rudimentaire et grossier comparativement à l'avenir, mais cependant pratique et satisfaisant) et si mes explications pouvaient retenir l'attention des membres de ce Congrès et conduire à l'adoption du système par d'autres personnes; je suis certain que l'adoption de la haute pression « est économique et satisfaisante ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

The reduction of the cost of distribution by the use of high pressures.

By M. Frederick H. SHELTON.

(PHILADELPHIA.)

For many years gas engineers have been steadily reducing both the operating and the investment costs necessary in the manufacturing department of the gas business. The increased yield and efficiency of benches, the improvement of water gas apparatus over early forms, the utilization of residuals, the use of oxide of iron and the increasing use of mechanical conveyers and devices, have all, with other progressive steps, as is well known, resulted, in recent years in greatly decreasing the cost of making gas. But if inquiry is made as to what material reduction of necessary investment, or what advance has been made in the department of distribution, it is difficult to point out anything very different from, or notably better than the practice of twenty, or even more years ago. Substantially the same cast iron pipes, the same hub and spigot joints, the same service pipes, the same meters, the same equipments in general and the same low ranges of pressures are in use today as were used years ago. Improvement in distribution practice seems to have been limited to details such as an increased use of governors for the reduction of leakage, a greater tendency to coat wrought iron mains and service pipes as a safeguard against corrosion and a growing use of cement joints instead of lead, hitherto usually used

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

with cast iron pipe. While it is a compliment to the efficiency of standard gas distribution appliances that the inventive minds of many years have been unable to bring forth better forms, it is none the less a fact, that because of the continuation of settled forms and of a lack of improvement, the cost of our distribution systems, is today, for given volumes of business to be handled, practically as great as ever.

In the United States the average prices at which gas is sold, is for various reasons generally decreasing ; making it imperative that the cost of gas plants, or any portion of them, be kept down to the least possible amount. Lowering prices and the growing use of gas for fuel are resulting in the handling of larger volumes of gas than heretofore, and the increasing difficulty of laying large, new mains, for increased volumes, in streets of the principal cities already well filled with water pipes, sewers, underground conduits of various descriptions and surface railway tracks is well recognized. The consolidation of manufacture at central stations is also necessitating larger mains, and the recent rise in the price of iron pipe, is making such more expensive than ever. All of these conditions afford the greatest opportunity for some improvement in methods of distribution and any practical plan that will, in particular, decrease the size and cost of street pipes will be a great progressive step.

Perhaps the most striking feature in the present practice of gas distribution is the extremely low pressure at which gas is delivered — average pressures of 2 to 6 inches water pressure equalling but a tenth or a fifth of one pound steam pressure. If customary pressures could be increased so that pipes of given size would deliver 10 to 15 times the volume of gas now handled, would it not enormously cheapen the costs of distributing systems ?

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

I have given this matter much thought for upwards of two years past, and sometime ago reached the conclusion that illuminating gas could just as well as not be distributed satisfactorily at a number of pounds pressure, — say from 10 to 30, — instead of at but a small fraction of one pound, and that by such plan of working either present pipes could be made to handle several times the quantity of gas now delivered, or else that much smaller pipes would serve as well.

On the basis that quadrupling the pressure doubles the flow, other conditions being the same, 27.75 inches water pressure or 1 pound steam pressure would double the flow of gas delivered at a pressure of 6 to 7 inches, a not uncommon distributing pressure. And if this 1 pound be quadrupled and the pressure be increased until 20 or 30 pounds be reached, such pressure would deliver 10 or 12 times the amount of gas now sent through given sizes pipes. While such pressure is enormous, compared with usual illuminating gas pressures, it is very moderate indeed if viewed from the stand point of say steam or water pressures, and if by the simple increase of pressure, by some practical working plan, the capacity of gas pipes can be so greatly increased, does it not follow that the construction costs of distributing systems may be very greatly decreased, reducing the earning power necessary and thus, indirectly, the expense of distribution. Appreciation of the saving that may be made may be shown by a few examples.

According to the formula of Pole, usually used in such matters, an 8 inch pipe 4 miles long, under present customary pressures of 6 or 8 inches, will deliver at the far end 8,000 to 9,500 cubic feet of gas per hour. Under a range of 20 to 30 pounds pressure and operating, as later described, by well accepted formulas for the flow of gas of 650 gra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vity in such range of pressure, it could deliver 140,000 cubic feet per hour. A 2 inch pipe 1,000 yards long would deliver 650 to 750 cubic feet compared with 4,600. A 12 inch pipe, 2 miles long, would deliver 33,000 to 38,000 cubic feet compared with 550,000 cubic feet. To supply gas to a point 4 1/2 miles distant, at the rate of 10,000 feet per hour, on present lines, in a recent instance figured upon, would have required a 10 inch pipe, costing about $26,000. With high pressure, however, a 3 inch pipe costing but $10,000 gives equal capacity. To supply 15,000 feet an hour at a point 6 miles distant in another instance, required a 12 inch main at a cost of $40,000. While, with high pressure, as hereafter described, a main of but 4 inches diameter would have given the same capacity at a cost of $16,000.

I have recently had occasion to figure upon the construction of a distributing system including 25 miles of pipe in the usual amounts of sizes from 3 to 12 inches in diameter, the estimated cost of which was $82,000. The construction cost of a high pressure system in the same locality, with pipes ranging from 1 1/2 to 4 inches in size, and including the extra cost of complete pumping equipment and consumers' house regulators, etc., was but $43,000, a saving of about 47 per cent.

This paper is more particularly directed to showing the feasibility of working at high pressure, rather than to the figuring of savings to be made in assumed cases, each of which, whether real or imaginary, would differ from its neighbor and would have to be figured upon its own conditions. I am assuming that the saving is so obvious, in a system that would make gas mains of a dozen times present capacity, that it is not the exact degree of gain to be made that may interest you so much as it is the manner of so

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

operating, and the practicability of such a system. For, on the one hand is an investment which even after the cost of the unusual pumping machinery and high pressure regulators and appliances are allowed for it is yet but a half of that ordinarily necessary; while on the other hand the increased operating expense of a high pressure system-chiefly involved in the running of a moderate size gas compressing pump — is so slight as to only fractionally offset, and so small as not to begin to neutralize the advantage gained.

Illuminating gas, it should be remembered, in the only extensively handled commercial fluid that is delivered at a very low pressure. Water, steam, compressed air, natural gas, Pintsch gas, refrigerating fluids, etc., have been for years and are being widely distributed, sold or handled in public places in various of the principal cities of the civilized world and to such extent and in so many ways as to fully justify the statement that a number of pounds pressure in itself, in such matters, is neither unsafe, nor unfeasible. The mechanism and appliances for controlling these various fluids, even at pressures up to several hundreds of pounds have been well worked out into adequate and standard forms that fully serve the purposes of commercial industries. It is indeed curious, when one reflects upon it, that for so many years illuminating gas has continued to be distributed at but a small fraction of a pound pressure, when all other liquids served by public companies are sent out usually at far greater pressures, and the universal tendency in such things is to increased tension. The reason for the continuance of low pressure with illuminating gas is no doubt the fact that relatively, and in the past before the advent of any great volume of fuel business, the actual quantities of gas required to be handled have been small and

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

it has been found comparatively easy to provide pipes of sufficient size, and without undue cost, that would convey all the gas required. While such conditions have existed in the past, it is a question whether in the near future for the reasons already stated gas engineers will not find it both necessary and profitable to replace pipe *diameter* — convenient but expensive — with readily supplied *pressure* to best distribute large volumes.

While some companies in the United States have slightly increased their pressures to increase the carrying capacity of their street mains, by the introduction of mechanical appliances, such as rotary blowers, to reinforce the pressure given by the gas holders, it has almost invariably been solely for the purpose of transmitting gas from one distributing point to another and within pressures not exceeding 50 inches and measured in inches of water pressure, and no general delivery of gas to the customer direct and through, all the mains at some pounds pressure has been undertaken to my knowledge. The only instances among the 1,000 companies in the United States, of which I have been able to learn, wherein gas is being noticeably compressed, in connection with public supply, or service, are as follows :

In Louisville, Kentucky, coal gas has been pumped for about two and a half years, by a piston compressor of about 30 by 36 inch cylinder size, at the rate of about 140,000 cubic feet per hour, through a 10 inch wrought iron pipe, a distance of some two and three-quarter niles, for the purpose of filling outlying gas holders, throwing a pressure of 10 inches. In this case no consumers are served along the line; no loss of candle power has been observed. The initial pressure of 5 to 7 pounds is only that sufficient to overcome the friction of the pipe while filling the holder against 10 inches pressure at the rate per hour designated.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

In Oakland, California, for about 10 years a mixed coal and water gas has been pumped by a piston compressor a distance of 8 miles to Alameda, through an 8 inch cast iron pipe with lead joints, also for the purpose of filling a gas holder at an outlying point. In this instance the initial pressure carried is 5 pounds; the terminal holder pressure is 4 inches. No individual consumers are taken off the line, although midway a governor of the Connelly type controls a supply of gas taken from the main for the district of East Oakland. The loss of candle power observed, due to compression, etc., is said to be slight and not to exceed a quarter of a candle.

In Chicago, Illinois, for some years water gas has been pumped in the southern portion of the city from the plant of the Mutual Company's works, a distance of about 23,000 feet, through an 8 inch pipe line, for the purpose of filling an outlying holder. In this instance a rotary exhauster of the Root pattern is used, giving an initial pressure of 10 pounds and passing gas at the rate of about 60,000 feet per hour into the holder against a pressure of 7 1/2 inches. No consumers are taken off en route.

In Danbury, Connecticut, for 10 years past a 35 candle power oil-water gas as been pumped under 40 pounds pressure through a 2 inch wrought iron pipe by a piston compressor, a distance of 3 miles into stationary wrought iron tanks. From these tanks the gas, controlled by suitable governor, is supplied to the small town of Bethel, at customary low pressure. No consumers are taken off en route and no loss of candle power is observed.

The above cases are far short of the distribution of gas direct to the customer at high pressure, but are yet of interest in showing that compressing illuminating gas to several pounds pressure causes no noticeable loss of candle power.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

The well known Pintsch system of car lighting, so extensively used in both the United States and in Europe, for very many years, has moreover fully demonstrated that pumping machinery for compressing gas to almost any pressure can be dependably used in gas undertakings if desired.

The hundreds of natural gas companies in the fields of the United States further, have also fully demonstrated that wrought iron pipes will satisfactorily convey gas any distance at any pressure and that mechanical regulating devices or governors will reliably reduce and control pressures to any degree desired.

If, therefore, the compression of illuminating gases to a few pounds pressure does not objectionably reduce their candle power as indicated in the Louisville, Chicago, Oakland and Danbury instances cited; and if compressors will readily pump gas, as shown by the Pintsch system, and if wrought iron pipes and mechanical regulators will suitably convey, handle and control it, as shown by natural gas undertakings, does it not necessarily and logically follow that by using the compressors of the Pintsch people and the wrought iron pipes and regulators of the natural gas people illuminating gas can also be similarly compressed and delivered at high pressure through small pipes if desired.

There is but one answer to this question : — Illuminating gas can be so served, easily, dependably, safely and economically, although the realization of this is but dawning.

Considering the above general proposition in more detail, it is clear that the satisfactory distribution of gas direct from the gas works to consumers at some pounds pressure in order that they may be safely and well served through

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mains much smaller than the ordinary, would specifically require.

1. Street mains of long life, with joints originally made tight and that will stay tight.

2. Machinery for compressing and pumping in which the likelihood of breaking down is remote.

3. Regulating main governors, reliable in character, for reducing the pressure of the high pressure line to any desired low (ordinary) pressure in any given district.

4. Individual house governors reliable in character to enable the supply of customers any where along the high pressure line.

5. Adequate safety appliances so that in the possible event ofany pressure regulating mechanism failing to work, no damage can result other than the loss of gas.

6. Means for safely and easily putting in additional service pipes at any time on the high pressure pipes while under pressure, without shutting off the supply to existing customers.

7. Freedom from loss of candle power to any serious extent because of the compression.

Without consuming time unnecessarily by the relation of the detail of extended investigation, I became, and am convinced :

First, that for high pressure gas work, wrought iron screw pipe, well coated against corrosion and carefully laid will afford a practically tight system of gas mains and will last in most situations sufficiently well. The experience of 10 to 15 years of the natural gas companies, and others in the United States, with wrought iron pipe gives warrant for this conclusion.

Second, that the standard types of air compressors, built to withstand severe usage in distant mining districts, are,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

with slight modifications, entirely suitable for pumping gas at some pounds pressure; are practically free from and are no more liable to breakdowns than are ordinary steam engines; and can be installed in duplicate at such moderate cost as to completely cover the fullest requirements of safety and insurance of supply.

The thousands of air compressors in use throughout the world as well as the many Pintsch compressing stations give full warrant for this conclusion.

Third, that the district governors and regulators used for years in the natural gas fields in the United States will control any volume of illuminating gas from and to any range of given and desired pressure, and are so moderate in cost, simple in form and so compact, as to enable their ready arrangement in duplicate, giving ample opportunity for inspection, cleaning, adjustment, etc.

The very extended and satisfactory experience with such regulators by natural gas companies gives warrant for this assumption.

Fourth, that the inexpensive, individual house governors, also used throughout the natural gas districts, with great reliance and satisfaction, will equally well serve with illuminating gas. These governors are practically the same in type as those used in the Pintsch system of car lighting in about 100,000 cars throughout the world and for many years with an almost entire absence of accident or trouble.

Fifth, that the use of simple forms of oil-seals, or safety vents, will fully protect as desired, either a district at large or one or more individual customers from danger or damage in the remote, though possible, event of a defective pressure regulating device working improperly. Such precaution is used in the natural gas fields, and is believed and has so far been found to give entire protection.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sixth, that by the use of a saddle or lug bolted on to the gas main and a suitable pressure tapping device, service pipes can be easily added as desired without inserting a tee, interrupting the supply of gas or increased expense and with less danger and trouble than is involved in the present practice.

Seventh, that where high compression to say 200 pounds would seriously affect the candle power of the gas, compression to but 20 or 30 pounds — provided the gas is an ordinary coal gas or well made water gas — will not decrease the candle power visibly, or over the fraction of a candle, or enough to be an objection, commercially.

Having satisfied myself upon each of the points as above, fully and in general, that illuminating gas could, with proper equipment be readily distributed at 20 pounds pressure, and an opportunity offering, within the past year, demonstration was made of my belief.

The towns of Phœnixville and Royersford, 28 miles from Philadelphia, are about five miles apart and together contain about 16,00 people. Each of these towns has had a gas company for many years. Both of these companies were purchased last summer by the Consolidated Schuylkill Gas Company, controlled by myself and some associates. It was decided to lay a high pressure connecting main from one to the other, in order that the operation of the smaller gas plant could be discontinued and all gas making be centred at one point. Between the two stations a 3 inch wrought iron pipe, 23,015 feet in length was laid, especial care being taken in the making of the joints and the testing throughout. When finished it was tight under 60 pounds pressure. The pipe was laid about 3 1/2 to 4 feet deep along the line of a moderately hilly country road. It crosses a river 600 feet wide, and railroad tracks

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

and stone culverts at various points. Tees were inserted for customers service pipes along the line, together with drips and valves. At the starting point a compressing pump was installed having a working capacity of about 5,000 cubic feet of free gas per hour. Suitable governors, gauges

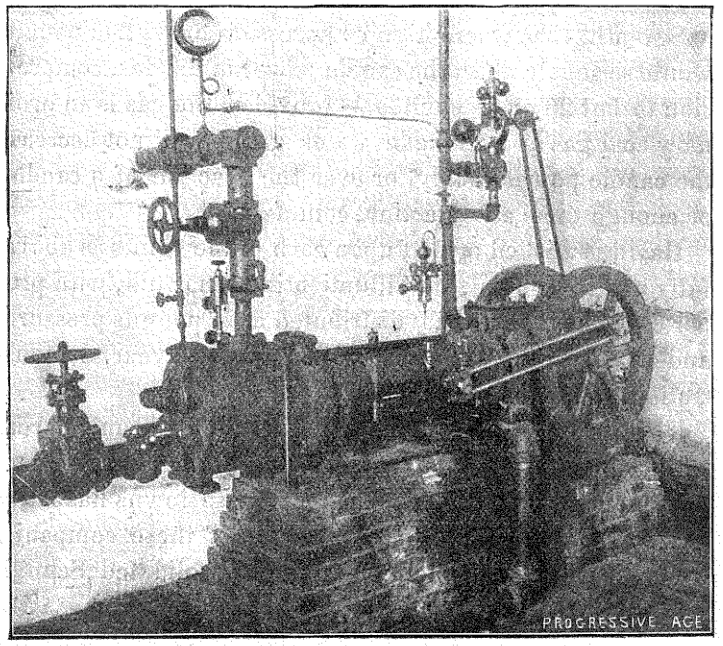


Fig. 1.

and small parts and details were provided. The duty of the compressor is to draw gas from the gas holder and compress and force it through the pipe line at a pressure of from 10 to 25 pounds according to requirements to the town at the other end of the line. At the far end of the line two regulators or governors, set tandem, are used to reduce the varying pressure of several pounds in the pipe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

line to that desired in the low pressure existing mains, namely, a uniform 2.7 inches. The first governor is adjusted to reduce any pressure ranging up to 50 pounds, down to 1 pound, and the second governor, more sensitive in its action, is set to reduce the gas at 1 pound to the 2.7 inches named; both governors are of the non-freezing, dry diaphragm type. Suitable gauges for indicating and recording

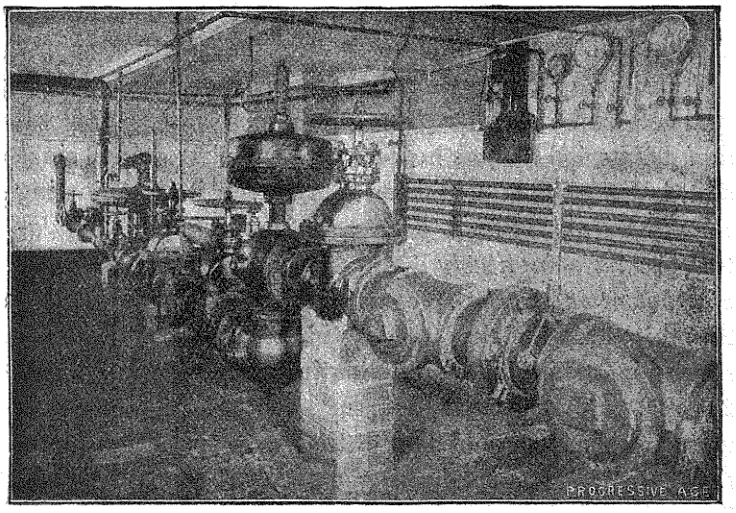


Fig. 2.

the various high low pressures, as well as other necessary appurtenances were provided at the terminal pressure regulating station. Figures n° 1 and n° 2 illustrate the compressing pump and the pressure regulating mechanism respectively.

Construction was finished and operation commenced December 29th, 1899, and from that date since, the supply to Royersford by this pipe line has been maintained satisfactorily. In the first few weeks some readjustment of

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

the regulating mechanism was from time to time necessary, until its working and best action was fully understood and the gas pump was operated in various ways in order to ascertain the best method of running. No difficulties whatever of importance developed and in fact there was less trouble and experiment found than was really anticipated or is ordinarily involved in commencing the operation of something out of the ordinary. For the first two months a small gas holder at Royersford was used in connection with the pipe line to insure the safety of supply and until it was felt that the system as a whole was in complete running order. That condition being reached within that period the gas holder was then shut off and since that time the town has been served with its illuminating gas *direct from the high pressure main through the regulators, from a point nearly 5 miles away and without the use of a holder or storage receptacle.* It is my understanding that this is the first instance of this being done. The gas served is an ordinary illuminating water gas of about 20 to 22 candle power,made from naphtha. The generating apparatus is an old one of the Lowe type and of inferior design, the super-heating capacity being much less than it should be, with the result that the gas made is but partially « fixed ». Under these conditions it would be expected that the compression would result in considerably reducing the candle power by the throwing down of the unfixed illuminants. No particular depreciation in candle power, however, has been observed, the gas at the far end of the line being, generally speaking, of good commercial quality and of practically the same grade as that delivered at the starting point. While variations in candle power have been noticed, they are due to irregularity in the quality of gas made in, and because of the poor machine

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

so far necessarily used and not to the fact of compression.

I regret to say that owing to local and other reasons it has not yet been possible to have made close photometrical observations.

The gas pump has a capacity of about 100.000 cubic feet per day, at a speed but 75 % of its rated speed. As this quantity of gas, however, is as yet not required, it as been found the most desirable plan to operate it for from 30 to 45 minutes every two hours or so, pumping and storing gas in the pipe line to a pressure of 25 pounds, letting that gas furnish the supply until the pressure falls to 5 pounds, when pumping is resumed. The temperature of the gas is increased by the compression to about 120 degrees Fahrenheit. The volume of drip or condensation removed from the pipe line is about 1/8 of a gallon per 1.000 feet. The loss of pressure, due to friction in the pipe line, is from 2 to 3 pounds. While the general capacity at present is about 4.000 feet per hour, by increasing the speed, governor adjustment, etc., and by the use of a larger pump, the line will handle two or three times that amount in the future, if desired. Along the high pressure pipe line a number of customers are served by means of individual house regulators, reducing the pipe line pressure, whatever it may be, to 17/10 inches water pressure. One regulator controls but a single lamp post; another a large County Almshouse ; a third a run of 800 feet of pipe serving about 17 houses, a fourth the lighting of a bridge. All of these regulators have worked satisfactorily continuously.

The skeptics as to the success of pumping illuminating gas at high pressure predicted that there would be a considerable loss of candle power due to the compression ; that the governors would not be reliable; that condensation would give trouble; that the high pressure in the

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pipe would be dangerous and that break-downs of the pumping machinery would imperil the general supply. Neither these, nor other troubles have materialized or appear to be in sight.

The operation of the system has been so continuously and so generally satisfactory that the owners of the company have decided to duplicate it on a much larger scale in the extensive suburban districts of Darby and vicinity immediately adjoining the city of Philadelphia. Work is under way in the district upon an initial system of about 22 miles of high pressure pipe. The trunk line from the gas works is 6 inch in size and extends to a point 3 miles distant and from that point 2 lines of 3 and 4 inch pipe further extend respectively to points 7 and 8 miles away from the gas works. It is expected that upwards of 1.000 customers will be receiving and using gas from this system within a year's time and that it will make a still further demonstration of the low investment with which gas can be served at a distance and in a scattered district, by means of high pressure. The various towns and villages within the territory in question, which is about 8 miles long by 3 to 4 miles wide are as yet but thinly built up and are so scattered that it would not have paid to pipe and connect them together or been possible to as yet secure the gas business therein, if it had been necessary to lay the large and expensive cast iron mains that the distances would have made necessary on ordinary lines.

The operation of the Phœnixville high pressure distributing system has further been so satisfactory that the owners also, of the River Shore Gas Company, serving gas in several small towns not far from Philadelphia, in the state of New Jersey, are now completing, under my supervision, a pipe line for the purpose of transmitting gas from

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

their works at Riverton to the town of Moorestown, about 4 1/2 miles distant. This equipment is almost identical with that at Phœnixville in the use of a 3 inch wrought iron coated screw-joint connecting pipe, in the use of governors along the line and at the far end for controlling all pressures and in the entire absence of the use of any storage holder or receptacle whatever at the far end.

The equipment of high pressure lines as above, with the accompanying minor parts, either necessary or desirable, may be conveniently divided into three principal parts, as below.

THE COMPRESSING MACHINERY, (in duplicate) including	A continuous steam supply, Water jacket, Speed and pressure governing mechanism, Recording pressure gauges, Thermometers, Low pressure safety alarms, Pulsation and condensing tank, Meter.
THE PIPE LINE including the matters of	Coating, Joints, Testing, Drips, Valves, Service saddles, House pressure regulators, High pressure house meters, Individual house safety appliances.
MAIN LINE REGULATORS, (in duplicate) and terminal station, including	Indicating gauges, Recording pressure gauges, Thermometers, Test lights, Purge and vent facilities, Photometer, Safety seals (main Line), High and low pressure alarms, Byepasses, Etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

The description and illustrations below of the principal items above will perhaps convey a fair idea of the design and character of the machinery now being used by the writer and those associated with him in the United States for high pressure illuminating gas distribution.

THE COMPRESSORS.

Straight-line, steam driven, water-jacketed, horizontal Rand compressors are used, of the type shown in Figure No. 3.

A machine having a gas cylinder 8 inches in diameter by 12 inches stroke, operating at 140 revolutions a minute, has a practical working capacity of about 5,000 cubic feet per hour, weighs 2,100 pounds, occupies a floor space of about 2 by 8 feet, and requires 18 horse power at full load. A machine of about eight times this capacity, or over 1,000,000 feet for 24 hours, would have a steam cylinder probably of 16 inches diameter, a gas cylinder of 21 inches and a stroke of 24 inches; would weigh about 18,000 pounds, occupy a space of about 16 by 4 feet and at 95 revolutions, with full load, would require a little over 100 horse power.

PULSATION TANK.

Immediately upon leaving the pump the gas passes into a small tank of about 140 cubic feet capacity, used for the triple purposes of absorbing the pulsation due to the action of the pump, of cooling the gas, after the heat of compression, by radiation and of affording a convenient point for collecting and withdrawing the drip and condensation resulting from compression. The tanks used by me are of simple cylindrical form, of 3/8 steel, tested to 125

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

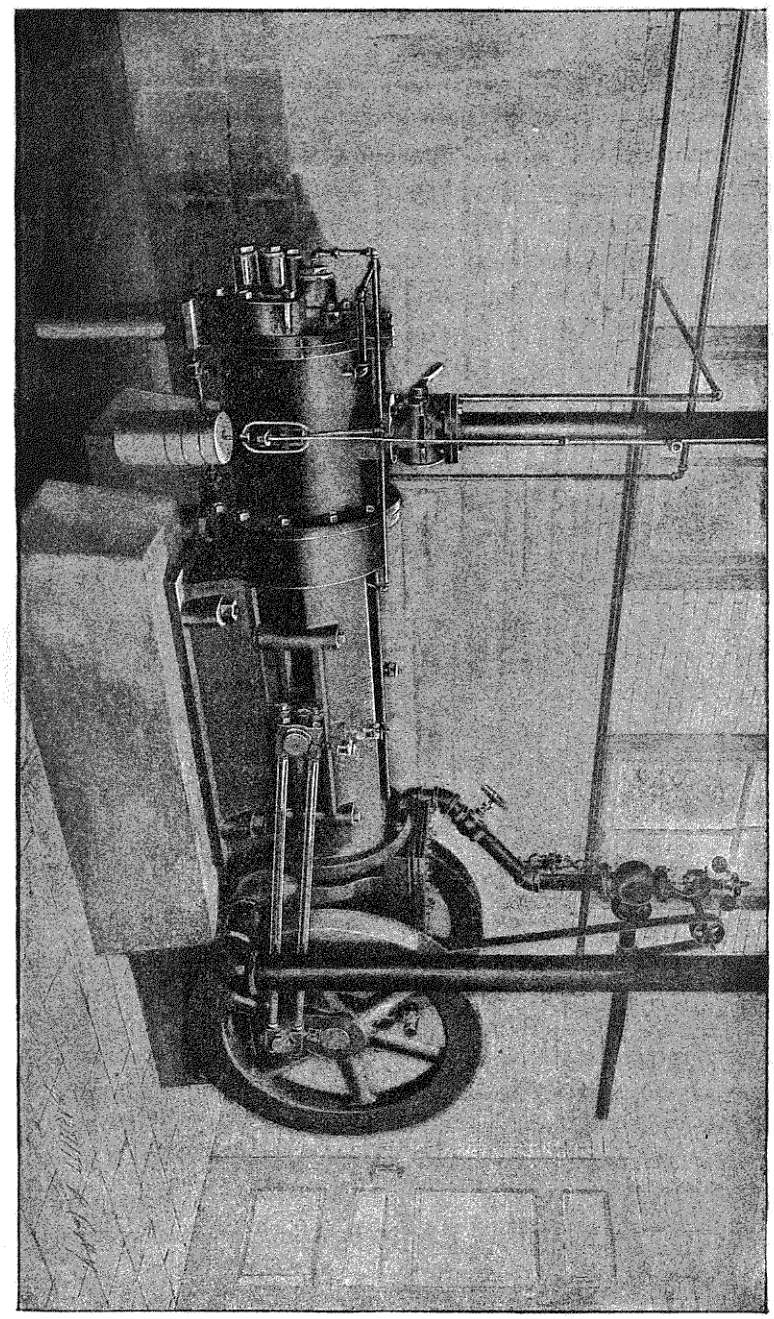


Fig. 3.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pounds pressure, and measuring 9 feet in length by 55 inches in diameter.

METERS.

The ordinary station meter notbeing suitable for measuring gas under many pounds pressure, i am at this date

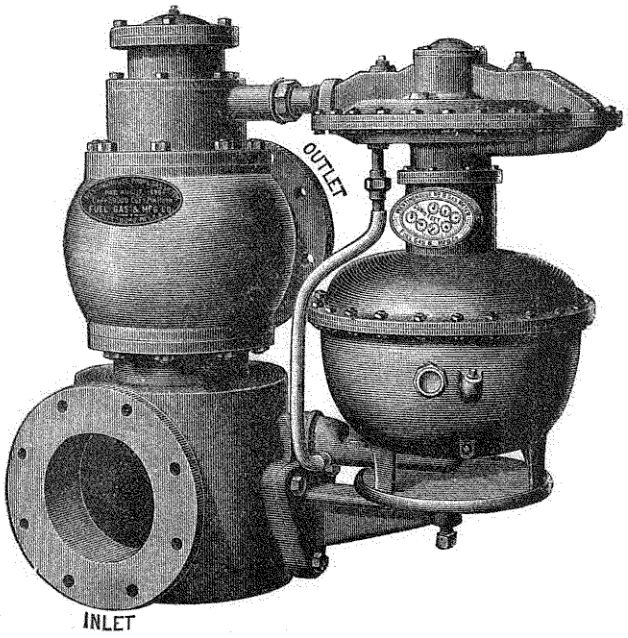


Fig. .

installing an appliance extensively used in the natural gas fields for the measurement of the very large volumes of gas there involved. In order to avoid the great expense and difficulties of constructing meters large enough to measure all of the gas passing, a most ingenious arrangement of differential balanced valve is used, inserted in the run of the pipe and styled a « proportional meter ». In this a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fixed portion, usually 1 per cent. of the passing gas is always diverted through and measured in a small positive meter, connected and accompanying, irrespective of what the volume of gas may be that may at any time be passing. The index of the meter that measures the 1 per cent. also multiplies the result and indicates the total volume of gas

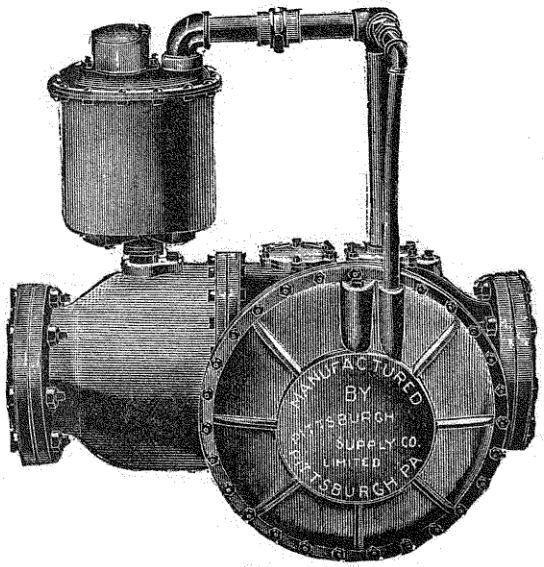


Fig. 5.

that is passing. The writer is informed that these meters are ordinarily and reasonably accurate and reliable.

Figure No. 4 illustrates the Westinghouse form to be used in the high pressure plant at Darby, now building. Figure No. 5 illustrates the Wylie form, to be used in the Riverton works mentioned. These meters are generally similar in purpose and result. They are practically of all metal construction, will withstand 50 pounds pressure and are each very compact, a space of not exceeding 3 feet square by

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3 feet in height being sufficient to contain one of a capacity of 50,000 feet par hour. Connections run from 3 inches to 16 inches.

MAIN LINE REGULATORS AND GOVERNORS.

For the purpose of reducing pressures from 50 or 100 pounds down to a very few pounds, say 5 or so, the appliance used in the Phœnixville plant, and perhaps the most common one in the natural gas fields, is that known as the Fulton regulator. Figure No. 6.

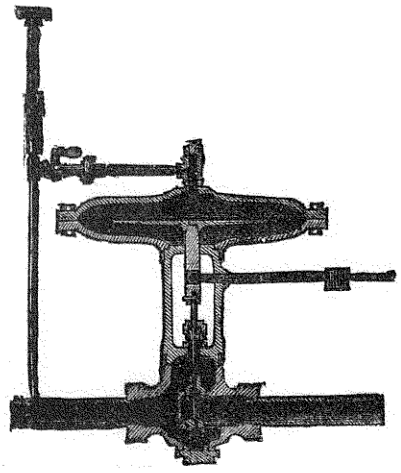


Fig. 6.

This is an automatic, vertically moving valve, operated by the action of a diaphragm above, which in turn is actuated by the gas pressure from the low side of the regulator. The action of this mechanism is very perfect and complete. It is made with connections of from 1 to 16 inches, and the smaller sizes occupy but a space of less than 3 feet square.

For the regulation of pressures of a few pounds only, ranging from 2 to 10 or 20 pounds, a form of diaphragm governor is also commonly used, which reduces such pressures to a few inches water pressure and holds the same very accurately to any point desired.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Figure No. 7 illustrates another form, known as the Union, in which the valve is operated by a floating bell in the tank adjacent.

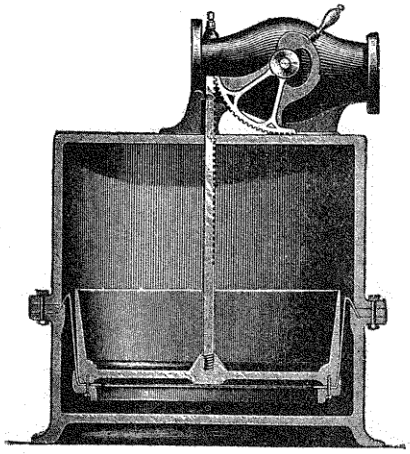


Fig. 7.

Figure No. 8 illustrates a very convenient arrangement of diaphragm governors in duplicate, used by the River Shore

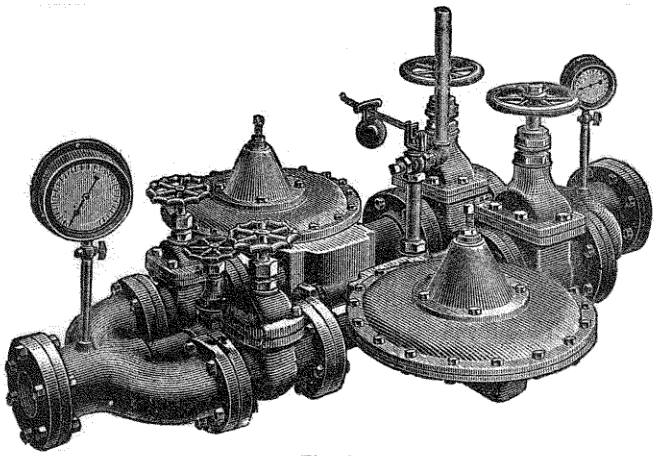


Fig. 8.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Gas Company, at the terminus of the 3 inch pipe line. The entering gas at high pressure can be diverted through whichever governor it is desired to have in use, the other governor being out of use and affording every opportunity for cleaning, examination, adjustment, etc. Byepass, safety vents. pressure gauges, etc., are all conveniently provided in this equipment, which is known as the Johnson-Reynolds « double low pressure station ».

The sensitiveness of operation of such governors as above described may be clearly seen in the reproduction of the daily sheets from the recording pressure gauge, shown in Figure No. 9 *bis*, 9 *ter*.

These show the pressure maintained at Royersford on the far side of the low pressure governor, for example, for the week ending May 23rd, 1900. The record for the 19th and 20th was made on the same disk. It will be observed that the ink line for the 20th was super-imposed over that for the 19th, and that all of the lines for the entire week could be super-imposed one over another without showing the slightest deviation from the true circle that records the fact of the maintenance of 27/10 pressure continuously. Variation in pressure is so slight that the marking pencil does not vary more than one-half of a tenth of an inch water pressure, which variation amounts to nothing. This is in spite of the fact that the pressure controlled by the regulating governors is constantly varying according to whether the compressor at Phœnixville is pumping gas into the line and increasing the pressure, or whether it has ceased and the pressure is falling by reason of consumption. The record or such constantly rising and falling pres-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 9.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

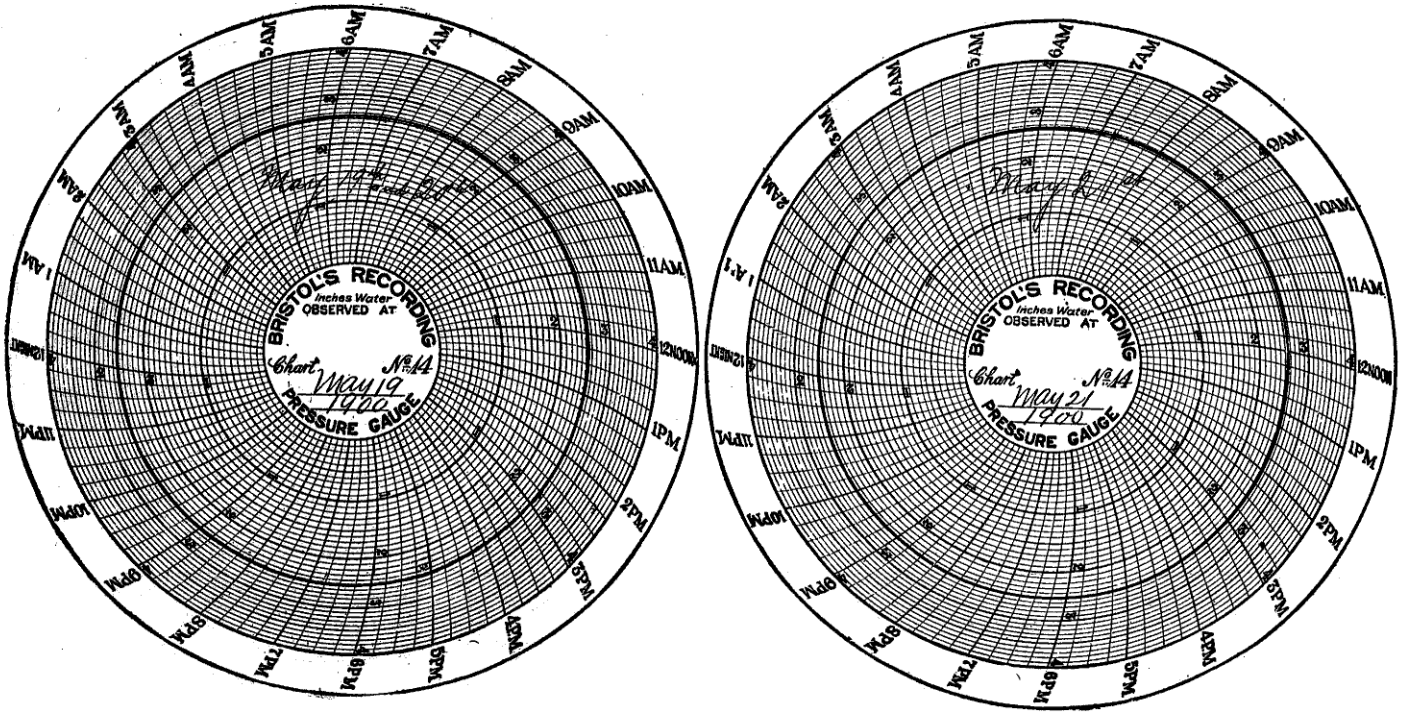


Fig. 9 *bis*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

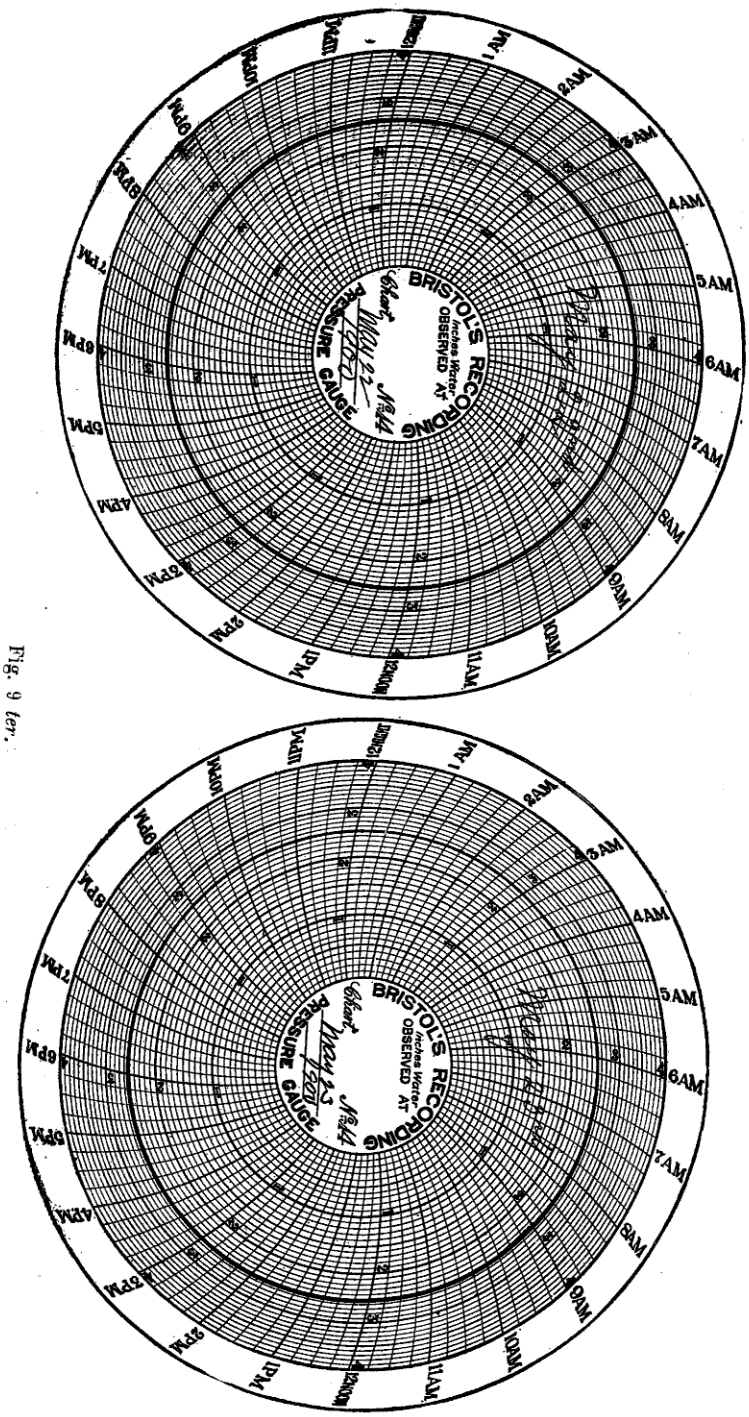


Fig. 9 *bis*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sure in the pipe line is well shown in a sample sheet for May 23rd, in cut No. 10.

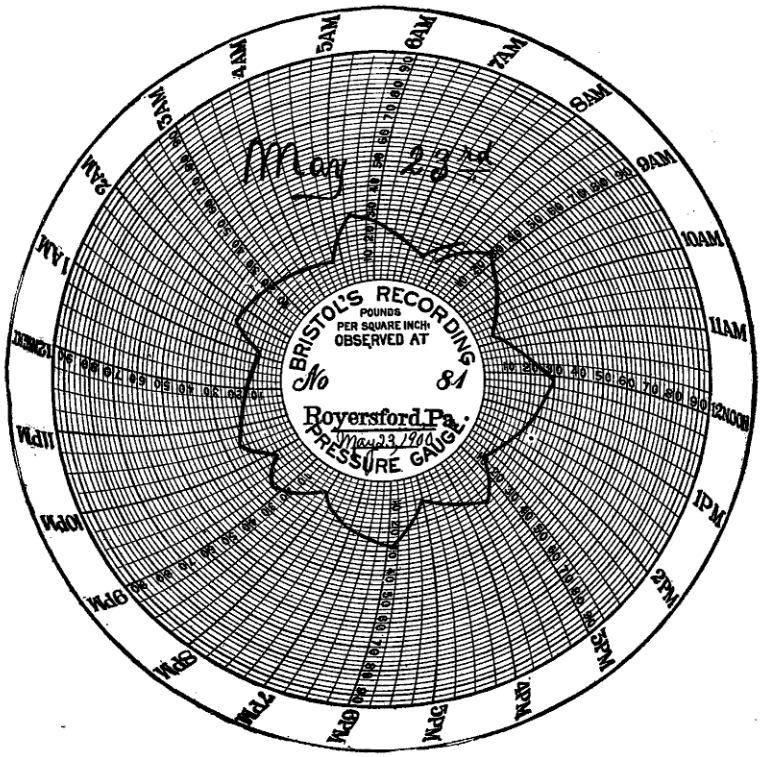


Fig. 10.

It will be observed as ranging from 5 to 30 pounds.

MAIN LINE SAFETY SEAL.

Immediately beyond the second regulator at Royersford a side connection or spur from the low pressure main is taken off in the regulator house and led into a small pot or

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vessel nearby containing oil. This pipe seals a few inches in this oil precisely as the dip-pipe of a bench seals in the hydraulic main. From the crown of the vessel an open discharge pipe leads through the roof. This oil seal forms a safe guard against the possibility of the high pressure of the pipe line getting into the low pressure pipes beyond, to the damage of the meters, etc., as, if the regulators should at any time get out of order and fail to work, and the high pressure should get by, it would immediately break the oil seal and vent itself through the stand-pipe into the atmosphere. This simple provision it is felt affords entire safety against serious accidents that could otherwise be possible. The oil used in such seals is of a character that will neither evaporate nor freeze.

SERVICES.

Consumer's service connections on the high pressure pipes are made by the use of saddles as illustrated by Figure No. II, bolted on to the pipe.

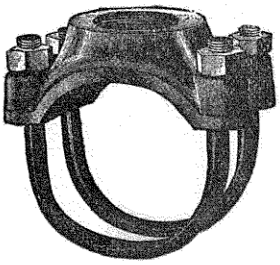


Fig. 11.

This saddle is threaded for receiving the connecting fittings, and after being placed in position requires only the boring of a hole through the wrought iron pipe to give full supply of gas. Special tools are used that entirely prevent the escape of gas in making connections.

HOUSE REGULATORS.

Small sizes of the low pressure main line regulators are used universally for controlling the pressure in houses along

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

the line of high pressure mains wherever desired. Those are made in a variety of forms, but nearly always with a cast iron case of from 5 to 15 inches diameter, standing any ordinary pressure and containing the governing valve and diaphragm. Threaded to fit standard pipe from 3/8 to 2 inches in size, they are readily connected in the run of any service pipe taken off a high pressure main and afford

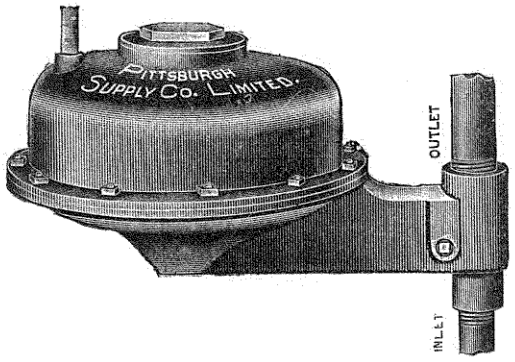


Fig. 12.

a capacity according to size of from 25 to 2,000 feet per hour. As a class they are extremely sensitive, simple, accurate and reliable in operation.

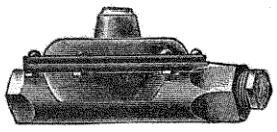


Fig. 13.

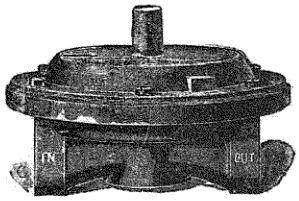


Fig. 14.

Figure No. 12 illustrates the EQUITABLE, No. 13 the JOHNSON-REYNOLDS and No. 14 the WESTINGHOUSE, all representative and widely used patterns.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

HIGH PRESSURE METERS.

While I have so far used the ordinary tin case meters, following the house regulators as above and protected by safety seals intervening to guard against the possibility of pressure getting by the regulators and into the consumer's meters, it is likely that there will later be used, to a greater or less extent, some of the forms of cast iron meters bullt

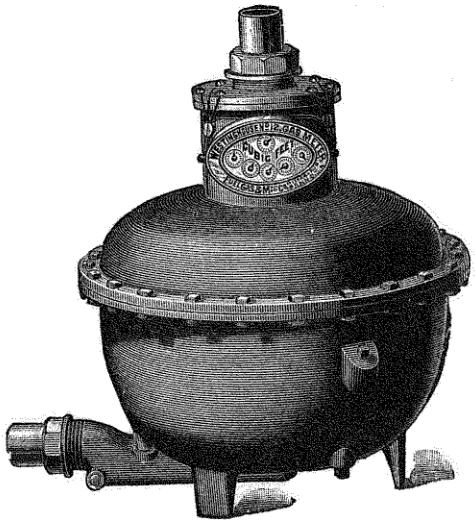


Fig. 15.

to withstand 20 or 30 pounds pressure in general use in the natural gas regions. Figure No. 15 illustrates the Westinghouse meter of such character.

The iron case contains a floating inverted bell, divided into chambers and sealed in oil in the lower half. This bell rotates with an undulating motion, the compartments filling and emptying in succession through a central common valve. This form of meter has no leather diaphragms, is

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

made entirely of metal, in sizes of from 200 to 40,000 cubic feet capacity per hour, and in diameters ranging from 1 to 5 feet.

The Equitable meter, illustrated in Figure No. 16, is also

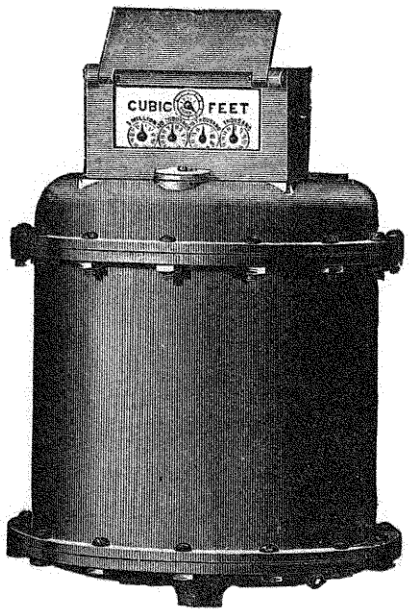


Fig. 16.

made with a cast iron case, but is of the dry pattern, with leather diaphragms, arranged vertically around the periphery, in turn filling and discharging on the lines of the ordinary meter. This pattern is made in sizes of from 300 to 1,200 feet capacity per hour.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A very extensively used form, shown in Figure No. 17 is known as the Tobey, in which the cast iron case is globular

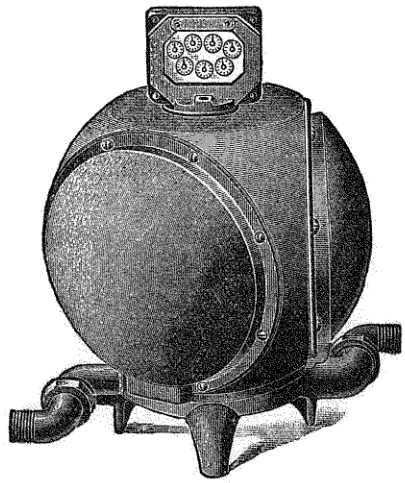


Fig. 17.

and contains 3 diaphragms connected with a central spindle operating the index above, and the valve mechanism in the base of the meter.

RECORDING GAUGES, ETC.

Figure No. 18 shows the arrangement of gauges at the terminal stations of the high pressure station at Royersford. An ordinary steam gauge indicates the high line pressure of 10 to 20 pounds; an ordinary syphon gauge the low pressure of 27/10; a similar gauge with mercury the intermediate pressure between the high and low pressure regulators. Bristol recording gauges register the high and low pressures and test lights, telephones, etc. are conveniently near.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

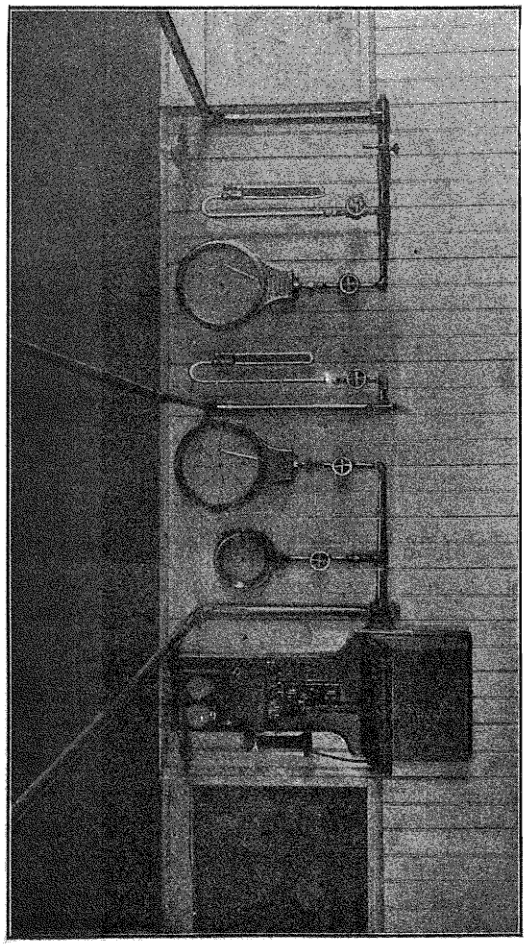


Fig. 18

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Enough has been said in the foregoing to show that distribution at high pressure is not only a matter of theory, but to some extent at least, is already an accomplished fact as well. The Phœnixville plant since December 29th, 1899, has been so operating and distributing gas at many pounds pressure some miles away, through small wrought iron pipes and without storage holders or tanks, precisely as natural gas is distributed. The two other plants named, before this paper will be publicly read, will also be so operating.

High pressure distribution has been commenced and if this beginning, (crude and rough compared with the future, but yet effective and satisfactory) and if what I have suggested and described, shall be the means of interesting the attention of the members of this Congress and shall lead to the adoption and improvement of the plan by others, and the expansion of « high pressure » working, with the economy and satisfaction that I am so certain will be found, my gratification will be great.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De quelle manière la perte normale du gaz, au cours de la distribution, peut être diminuée dans la plus large mesure.

Par M. P.-H. GIBBONS.

(DE PHILADELPHIE)

La question de la perte de gaz dans la distribution attire la plus grande attention de la part de l'ingénieur gazier qui recherche un endroit approprié pour l'érection d'une usine de fabrication; elle reste l'objet de sa sollicitude jusqu'à ce que le dernier kilo de charbon soit distillé, le dernier mètre cube de gaz rendu dans le compteur du consommateur. Heureux, en vérité, celui dont l'usine se trouve située au point le moins élevé du périmètre à desservir car la loi de la densité est pour lui d'un grand secours, en lui permettant de livrer le gaz à ses clients avec le minimum de pression. La situation peu élevée de l'emplacement choisi n'est pas cependant le seul but à considérer au point de vue d'une distribution économique. Il serait bon également de se trouver près du centre de consommation ; on sait, en effet, que le pouvoir éclairant du gaz diminue en proportion de la longueur des conduites qu'il doit parcourir et que cette perte est proportionnelle à celle des gaz produisant la luminosité de la flamme. On trouve des preuves évidentes et nombreuses de ce fait par les dépôts huileux qui se forment dans les siphons et les compteurs et par les cristaux de naphtaline qu'on rencontre sur tous les points du réseau de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

distribution. J'ai remarqué que la naphtaline manifestait davantage sa présence, dans les usines à gaz de houille, entre les mois de juin et de septembre; ce fait, joint à mes cinq années d'expérience d'un extracteur à jet de vapeur, m'a conduit à croire que la présence soudaine de la naphtaline, à laquelle les ingénieurs attribuent si souvent l'engorgement des entrées et sorties de leurs gazomètres, des conduites, branchements, etc., provient de ce que leurs appareils de condensation n'ont pas reçu toute l'attention nécessaire. On laisse la vapeur trop longtemps avec le gaz et je me crois en droit de dire, à tous ceux qui perdent une partie de leur temps à combattre les méfaits de cette naphtaline maudite, de mieux surveiller les ouvriers chargés des appareils de condensation; je suis persuadé que la naphtaline, au lieu d'engorger les conduites et les appareils traversera le compteur du consommateur et viendra contribuer à son contentement en augmentant la puissance de son éclairage; vous aurez, de plus, la satisfaction de diminuer la perte normale au cours de la distribution.

Les gazomètres, tels qu'on les construit actuellement, entretiennent, d'une façon constante, le maximum de pression; les fentes, crevasses, fissures, etc., même imperceptibles, qui se trouvent aux jointures et autour des têtes des rivets, sur la calotte et la circonférence du gazomètre, laissent échapper le gaz en quantités importantes, dans le cours d'une année, car on ne peut employer ni ciment, ni mastic, ni cendres pour arrêter le progrès de ces fuites. Le gaz, une fois dehors, devient plus libre que l'air et se trouve au delà de l'atteinte des organes ol actifs des gaziers. Il en résulte qu'on devrait apporter un soin spécial dans la construction et l'entretien de cette partie du matériel de distribution. Le régulateur de la canalisation publique n'a plus la même importance qu'autrefois; les usages différents aux-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quels on applique le gaz maintenant exigent une pression plus forte pendant un certain nombre d'heures de jour et de nuit; il faudrait apporter de plus grandes précautions dans la pose des conduites et des branchements pour compenser la différence. On constate très fréquemment des fuites sur les joints des conduites de rues. Un grand nombre de joints représente un grand nombre de risques de fuites et je considère comme une pure folie pour un ingénieur de poser des conduites parallèles pour faciliter la distribution du gaz sur un périmètre où la conduite ancienne est devenue trop faible pour satisfaire les demandes. Il multiplie simplement par 2 le nombre des joints où les fuites peuvent se manifester. Il faudrait abandonner complètement l'ancienne conduite et la remplacer par une autre d'un diamètre plus fort.

Les fuites se produisent aux joints des conduites par suite de la contraction du métal, par le fait d'un niveau inégal, du tassement des terres ou de l'ignorance des ouvriers. Les fuites dues à la contraction du métal sont causées par l'ignorance ou le manque de soin de la part de ceux qui ont été chargés de la pose. J'ai vu des quantités de conduites qui, après avoir été exposées, pendant plusieurs heures, aux rayons brûlants du soleil, étaient rapidement mises en place dans la tranchée, où elles restaient encore exposées à la chaleur du soleil, pendant un temps très long, avant qu'on ait jeté sur elles une seule pelletée de terre pour les recouvrir. Je suis certain moralement que, lorsque la température de ces conduites s'était abaissée, la contraction du métal commençait et les joints se mettaient à fuir. Dès qu'une conduite est posée dans la tranchée et mise à sa place définitive, on devrait la recouvrir légèrement de terre avant la prise du joint. Les affaissements des conduites de gaz sont dus ordinairement à des excavations qui ont été

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faites au-dessous de leur niveau pour les égouts, les conduites d'eau, les branchements, etc. Les fuites provenant de cette cause peuvent être évitées, dans une large mesure, par une entente tacite avec les municipalités pour qu'une certaine partie de chaque voie nouvelle soit réservée aux conduites de gaz et interdite aux égouts, aux conduites d'eau, aux diverses canalisations électriques ; un inspecteur compétent se trouverait constamment à l'endroit où des fouilles doivent être faites dans le voisinage des conduites de gaz ; il aurait avec lui les matériaux et le personnel nécessaires pour visiter les conduites et refaire les joints quand cela serait utile. Le fait que les conduites posées sous terre sont rapidement cachées à la vue, et le peu de contrôle exercé sur le travail effectué, encouragent beaucoup d'ouvriers à rechercher des places de poseurs de conduites, alors qu'ils sont complètement incapables d'exécuter ce genre de travaux. On devrait exiger d'un ouvrier poseur un minimum de connaissances. Un ingénieur gazier devrait se dire, par exemple : Je n'emploierai, pour faire les joints des conduites de ma Compagnie, aucun ouvrier à qui je ne voudrais pas et je ne pourrais pas confier, en toute liberté, la confection des joints des conduites sanitaires de ma maison personnelle ; je ne conserverai pas à mon service un ouvrier indifférent à mes intérêts, ni à ceux de ma Compagnie ou lorsque je saurai qu'il fait des stations fréquentes dans les cabarets pendant les heures de travail. Je crois que l'ingénieur qui exigerait ces deux conditions des ouvriers poseurs pourrait dire, en toute sécurité, qu'il n'y a pas de fuites aux joints de ses conduites du fait d'ouvriers incompétents ou négligents. J'ai été à même de constater, par expérience, que la majeure partie du mauvais travail effectué sur les conduites et les branchements provenait de l'abus des boissons pendant les heures de travail.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les fuites des conduites de gaz sont dues fréquemment à des ruptures causées par la pression extérieure produite par l'introduction forcée des branchements dans les trous de la conduite qui ne sont pas d'un diamètre suffisant, par le percement de trous trop grands ou par l'affaissement de la canalisation.

On peut éviter entièrement la première de ces causes en posant les conduites — principalement celles d'un diamètre inférieur à m 0,15 — sous un fourreau de m 0,90; la seconde cause est une preuve évidente de l'incompétence des poseurs et le remède s'indique de lui-même ; enfin, on supprime entièrement la troisième cause en plaçant un Té sur la conduite, à l'endroit où l'on doit faire une forte prise ou en renforçant la conduite par un manchon avec une ouverture de la dimension voulue.

La perte de gaz due à la pose des branchements, aux réparations ou aux prolongements de la conduite, perte qui était considérable il y a quelques années, peut être réduite maintenant, d'une façon très importante, par l'emploi de robinets combinés, de tampons, sacs en caoutchouc, etc... et tous autres accessoires familiers aux gaziers modernes. Je crois que ce serait une précaution sage de placer des regards sur toutes les conduites, à des intervalles égaux, pour découvrir ultérieurement les fuites qui se produiront dans toutes les rues où les canalisations électriques pour la traction, les télégraphes, les téléphones, l'éclairage, etc., rendent le passage des conduites extrêmement dangereux. La même précaution devrait être prise dans toutes les rues asphaltées, cimentées ou pavées en briques vitrifiées et qui ont une forme en béton. Ces regards n'auraient pas besoin nécessairement d'être de grande dimension et je suis persuadé qu'ils aideraient beaucoup l'ingénieur gazier à réduire son 0/0 de perte de gaz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On trouve des fuites plus fréquemment sur les conduites de petit diamètre par suite de leur fragilité et du manque de soin qu'on apporte dans la pose et la confection des joints par comparaison avec les conduites de diamètre plus considérable. Les conduites en fonte et les branchements inférieurs à m 0,075 sont trop petits et trop fragiles pour être placés sous terre ; on ne devrait pas les employer parce que, tôt ou tard, ils causent des ennuis et de la dépense.

Il se produit une perte de gaz élevée dans les branchements de distribution et la majeure partie de cette perte peut être attribuée à des ouvriers incompétents ou indifférents. Rappelons que la certitude de ne pas voir un travail défectueux, soumis à l'examen de personnes compétentes, engage des ouvriers ignorants ou peu habiles à demander des emplois qu'ils n'oseraient pas remplir si le résultat de leur travail devait être exposé constamment à la vue. C'est un travail important que la pose des branchements et des ouvriers compétents devraient, seuls, en être chargés car non seulement les bénéfices de la Compagnie gazière sont influencés par la façon dont il est exécuté mais il peut aussi en dépendre des existences précieuses. Ce dernier fait a frappé mon esprit très fortement au cours des dix-neuf derniers mois, et j'ai eu l'occasion fréquente de remarquer la nature du travail exécuté dans cette ville, où j'ai vu des milliers de branchements en cours de remplacement. Un grand nombre d'entre eux étaient maintenus en place et fixés après la conduite à l'aide de fil de fer, d'autres étaient posés et fixés comme la bonde d'un baril, avec un peu de céruse et de terre pour compléter le joint ; enfin, dans beaucoup de cas, on s'était dispensé de visser les brides, boulons, colliers, etc., on les avait placés simplement sur la conduite à l'aide du marteau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les fuites qui se produisent par les branchements ont lieu plus fréquemment au point de jonction avec la conduite, au robinet et sur la canalisation malléable. Les fuites à la jonction de la conduite et du branchement proviennent habituellement du diamètre du trou qui est trop grand pour le branchement et de fissures dans le métal. Lorsque l'ouverture faite dans la conduite est trop grande pour obtenir un joint étanche, elle doit être bouchée et percée à nouveau, au diamètre voulu. Le danger d'arrachement des branchements par suite de l'affaissement des conduites peut être écarté en partie par l'emploi d'un joint assujetti ou d'un Té à brides.

On ne saurait apporter trop de soin dans le choix des robinets ; ils doivent être d'une bonne fabrication, en matières de bonne qualité. Beaucoup d'ingénieurs ont abandonné complètement leur emploi, excepté pour des branchements de grand diamètre. Cette méthode peut être difficilement considérée comme sûre, dans les grandes villes où les incendies violents sont fréquents et se propagent souvent avec une telle rapidité qu'il devient impossible de fermer le gaz à l'intérieur des bâtiments. J'espère avec confiance qu'il viendra un moment où le robinet actuel sera remplacé par un autre robinet, d'un emploi plus commode et plus sûr, fonctionnant mieux et moins susceptible de fuir. Nous avons actuellement des extincteurs automatiques, des avertisseurs automatiques, des compteurs à gaz automatiques, etc .., pourquoi n'aurions-nous pas des robinets d'arrêt automatiques? Puisqu'une différence dans la température du gaz enregistré par le compteur de l'usine et par le compteur du consommateur entraîne une différence de volume, on devrait avoir soin, au moment de la pose des branchements, du montage des appareils publics et du placement des compteurs, d'éviter les changements de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

température qui portent préjudice aux intérêts de votre Compagnie.

Cela peut être fait, dans une certaine mesure, en posant les branchements à une profondeur suffisante ; il ne faudrait pas moins de 45 centimètres, dans les endroits les mieux abrités, avec l'emploi d'un tuyau spécial, réfractaire à la gelée, qui serait placé à la base de chaque candélabre. Il y aurait lieu de faire comprendre à chaque consommateur l'importance d'avoir un endroit convenable réservé au compteur ; on éviterait, autant que possible, le passage des branchements dans des endroits froids, non abrités, et, lorsque cela serait nécessaire, on les protégerait par une enveloppe quelconque. Au lieu d'avoir un certain nombre de branchements et de compteurs, répartis dans les coins et les endroits écartés des bâtiments qui ont été agrandis ou transformés, il est préférable d'installer un branchement unique et de le relier avec les compteurs au moyen d'un poste central (header). Si les consommateurs sont répartis sur la façade du bâtiment, branchez-les sur vos compteurs et une seule canalisation sera plus économique dans ce cas. Vos compteurs, placés côte à côte, sous le même abri, fonctionneront mieux et témoigneront de votre habileté. Vous diminuez, de cette manière, les risques de fuites en réduisant le nombre des joints, des canalisations et des robinets placés sur vos conduites. Vous diminuez également l'importance de la condensation en réduisant la longueur de canalisation que le gaz doit parcourir avant d'arriver au compteur du consommateur. Vous diminuez, en outre, la perte dans la distribution par la faculté de pouvoir placer ainsi les compteurs aux endroits où la différence de température contribuera le moins à augmenter la proportion 0/0 du gaz perdu. Enfin, vous avez moins de risque de perdre vos compteurs et votre gaz en cas d'incendie. La

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fermeture d'un seul robinet arrêtera l'arrivée du gaz dans tout le bâtiment et, les compteurs étant rassemblés, leur remplacement pourra se faire plus rapidement. Les canalisations en fer malléable présentent fréquemment des petites fissures qui, se remplissant de poussière et de graisse, échappent à l'examen de l'observateur le plus attentif.

Je recommanderais, pour cette raison, d'employer des canalisations malléables galvanisées, pour les branchements, parce que le procédé de la galvanisation a pour résultat de remplir complètement ces petites ouvertures avec du métal.

J'ai remarqué que la durée du tuyau en fer uni, posé dans le sol sur de la cendre de charbon et qui sert à l'écoulement des eaux sales d'une ville, est très limitée ; elle ne dépasse pas parfois cinq à six années tandis que la conduite galvanisée, servant pour l'eau, placée au même endroit et en même temps est encore en bon état de préservation, ce qui indique qu'elle peut durer trois à quatre ans de plus. Je suis amené à croire, d'après ces observations, que le tuyau galvanisé devrait être employé exclusivement pour le gaz, surtout dans les régions où la nature du sol est la même qu'ici, ce qui arrive fréquemment. La méthode en vogue actuellement ici est d'appliquer plusieurs couches d'une préparation à base de goudron sur le tuyau en fer uni, puis de le recouvrir d'une mousseline sur laquelle on étend une nouvelle couche de goudron. Ce procédé semble très efficace. J'ai examiné des branchements qui avaient été enfouis pendant deux années dans la cendre et j'ai reconnu qu'ils étaient dans un état excellent de conservation. Le garnissage était parti presque entièrement mais le tuyau ne présentait pas de signe de rouille à sa surface.

Le côté regrettable de ce procédé est que vous ne pouvez pas toujours appliquer le garnissage et l'enduit supplémen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

taire à la totalité du branchement ; il arrive fréquemment que le tuyau n'est pas protégé à l'endroit où il aurait le plus besoin de l'être. Cet inconvénient n'existe pas avec l'emploi du tuyau galvanisé.

On dépense des sommes considérables pour obtenir des trottoirs dallés et cimentés devant les habitations. Une fois l'installation faite, on nous interdit de les modifier et nous sommes obligés de nous conformer à ce désir. Lorsque nous faisons passer le branchement, soit directement, soit en le courbant, dans la forme en mâchefer, en débris de briques ou de pierres, qui soutient ces trottoirs, l'enduit de goudron se trouve enlevé. Il en résulte que la moitié de ces branchements peut rester de vingt à trente années en excellent état de préservation, tandis que la partie enfouie dans la cendre, sans aucune protection, ne dure pas plus de cinq à six ans.

J'ai remarqué fréquemment que les branchements se rouillaient et fuyaient juste à l'intérieur du mur de la cave tandis que le reste du tuyau était en bon état. Les fuites, qui sont fréquentes en cet endroit, peuvent être réduites en appliquant de temps à autre une couche de peinture au tuyau.

Les compteurs à gaz, les cloches, les montres, etc., et tous les autres appareils analogues sont sujets à marcher plutôt lentement que vite lorsque leur mécanisme commence à s'user ; cette cause explique parfois une partie très importante de la perte dans la distribution mais elle peut être réduite au minimum par le remplacement régulier de tous les compteurs au moins une fois en quatre années.

Je crois qu'on peut retirer un bon résultat de l'observation du service effectué pour chaque branchement et de la nature du terrain dans lequel il est placé. Cette méthode permettrait, après quelques années d'observations soi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gneuses, de déterminer, avec une certaine exactitude, la durée de vos branchements sur le périmètre de distribution. J'ai mis au jour des branchements qu'on m'a dit avoir été posés depuis quarante ans et je les ai trouvés dans un bel état de conservation ; d'autres, posés depuis dix ans seulement, n'avaient plus un seul endroit qui ne soit pas atteint. On voit par cet exemple l'importance de la connaissance de la nature du sol dans les différentes parties du périmètre et le rôle que le sol joue au point de vue de la détérioration du système de la distribution.

On peut obtenir de bons résultats en encourageant les abonnés à se plaindre immédiatement au bureau du gaz dès qu'ils perçoivent une odeur de fuite, dans leurs locaux ou dans la rue ; il est également utile de faire examiner, en tous temps et d'une façon régulière, par les agents de la Compagnie, tous les joints des conduites et des canalisations en service.

Je reconnais, avant de terminer, que je dois déclarer que je ne puis être insensible à l'opinion de certains auteurs qui attribuent la majeure partie des fuites, produites aux joints des conduites, à la dilatation et à la contraction dues à la différence de température de la terre en été et en hiver. Ces auteurs citent, à l'appui de cette théorie, que les petites fuites sont plus fréquentes sur les conduites de gaz que sur les conduites d'eau ; ce fait serait dû, d'après eux, à la différence de température qui est plus grande sur les conduites de gaz que sur les conduites d'eau. J'ai toujours étudié la valeur de cette preuve et je ne me suis pas rallié par pure bonté à cette théorie. C'est probablement un plombier très ignorant ou un employé du service des eaux qui n'a pas reconnu qu'une petite quantité de sel commun, appliquée à un joint qui fuit, arrête la fuite, longtemps avant que sa présence puisse être constatée à la surface du sol. Cette pro-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

priété est utilisée fréquemment par les plombiers et les hommes du service des eaux ; il arrive même que si des fuites de faible importance échappent à leur contrôle, la terre environnant le joint défectueux fournit des substances assez corrosives pour arrêter ces petites fuites. C'est, à mon avis, la meilleure raison pour laquelle les fuites de peu d'importance sont moins fréquentes sur les conduites d'eau que sur les conduites de gaz. Le gaz est un prisonnier plus subtil que l'eau ; il se glisse, en filet huileux, par la petite ouverture et s'échappe dans la terre que défie la corrosion.

Laissez-moi exprimer l'espérance, en terminant, d'avoir donné quelque idée ou fait quelque remarque, susceptible d'aider le gazier à réduire la perte normale de gaz dans la distribution. Si cela était, je me considérerais comme amplement dédommagé du temps passé à la préparation de ce mémoire, destiné au Congrès International de l'Industrie du Gaz en 1900.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

In what manner can the normal loss of gas in distribution be most largely disminished.

By M. P. H. GIBBONS.

(PHILADELPHIA.)

The question of loss of gas in distribution engages the earnest thought of the gas engineer as he looks around for a suitable site upon which to erect a manufacturing station and it remains a subject of his solicitude until the last pound of coal is carbonized, the last foot of gas passes the consumers meter. Fortunate is he indeed whose station commands the lowest point in the district to be supplied. For him the law of gravity renders valuable assistance in furnishing gas to his patrons at a minimum of pressure. Lowness of the site however is not the only point to be considered for the economy of distribution. It should be near the centre of consumption as well, for it is a well known fact that gas decreases in illuminating power in proportion to the length of mains through which it travels and in proportion to the loss in illuminating power has been the percentage of loss of those gases which impart luminosity to the flame. There are ample evidences of this fact in the oily deposits found in the drips and meters and in the deposits of naphthalin crystals observed everywhere along the line of distribution. I have noticed that naphthalin is most troublesome in a coal gas works between the months of

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

June and September and this fact coupled with my five years experience with a steam jet exhauster has led me to believe that the sudden appearance of naphthalin, so often told by engineers in their works, clogging holder inlets and outlets and mains and services, is entirely due to the fact that their condensing apparatus is not receiving proper attention. Steam is keeping too late hours with their gas and I feel like saying to all such spend a portion of the time that you take to worry over the pranks of this pesky naphthalin in looking after those in charge of your condensing apparatus and I feel assured that instead of filling up your pipes and fittings this hydrocarbon will journey on through the consumers meter contributing to his contentment by increasing the power of his light, to your joy by reducing the normal loss in distribution.

Gas holders as they are now built maintain constantly the maximum of pressure and from any little chinks, cracks or crevices in the seams and around the rivet heads of their crowns and circumferences gas will escape in amazing quantities in the course of a year for here there is no clay, no gravel, no ashes to impede its progress. Once out it is freer than the air. It is up and away beyond the reach of the olfactory organs of the gasman. Hence it is that especial care should be taken in the construction and maintenance of this portion of the distributing system. While the street main governor is not so important as it formerlly was on account the different purposes for which gas is now used demanding more pressure during more hours of the day and night, greater precautions should be taken in the laying of mains and services to counterbalance this difference. Leaks are found on street mains most frequently at the joints. A multiplicity of joints therefore means a multiplicity of oportunities for leakage and I consider it sheer

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

folly for any engineer to lay parallel mains to help supply a district when the old one becomes to small to meet demands upon it. He simply multiplies by 2, plus the extra joints where the connection is made at intersections the opportunities for leakage. He should abandon the old main entirely and replace it by one of ample size. Leaks at the joints in gas mains are caused by contraction, unequal sagging or settling and incompetent or indifferent workmen. Leaks are caused by contraction of metal either through ignorance or carelessness of those left in charge of the operation. I have seen length after length of gas main exposed to the rays of the hot sun for several hours quickly lowered into the trench and as quickly yarned, cast and caulked and then left exposed to the sun's rays for several more hours before a shovelful of covering was thrown upon it. I am morally certain that when the temperature of those pipes was reduced the contraction of the metal started the lead and leaky joints followed. As soon as a pipe is laid in the trench and set to grade and direction it should have a light covering of earth thrown over a portion of its surface before the joint is cast. Sags in gas mains are usually due to improper blocking, to excavations made below its bed for sewers, water mains, conduits etc. Leaks from this source can be greatly reduced by having a tacit understanding with the city authorities that a certain defined portion of each new street shall be reserved for gas mains and shall not be encroached upon by sewers, water mains and the various electrical conduits, and by keeping constantly on the ground where excavations are being made in the vicinity of gas mains a competent Inspector who should be provided with ample material and assistants for shoring the pipe and re-caulking the joints where necessary. The fact that pipes laid in the earth are quickly

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

hid from view and the character of workmanship expended on the laying is so little criticised encourages many men to seek positions as caulkers and pipe layers—who are totally unfitted for the work. There ought to be some standard of efficiency required of every caulker. For example if a gas engineer were to say I will hire no man to caulk a joint on the mains of my Company whom I would not and could not freely trust to caulk the joints of the sanitary plumbing of my own private residence I will retain in my employ, no man who is so indifferent to my interests and the interests of the Cy whom I represent as to make frequent trips to the gin shop and the beer saloon during working hours. I believe that the engineer who would exact these two requirements of caulkers could safely say that there were no leaks at the joints on his mains due to careless or incompetent workmen. In my experience I have been able to trace much of the poor work on services and mains to overindulgence in intoxicants during working hours. Leaks in gas mains are frequently due to breaks which are caused by external pressure, by forcing fittings into holes in the main that are not sufficiently tapped out, by drilling too large holes and by uneven sagging. The first cause can be entirely avoided by laying the mains—smaller than 6" especially — under three feet of cover. The second cause is evidence of the fitter's incompetence and the remedy suggests itself. The third cause can be entirely obliterated by placing a tee in the main where a large tap is required or by reenforcing the main with a split—sleeve with a hole of the desired size tapped in it. The loss of gas from making taps for services repairs and extensions which was considerable a few years ago can now be greatly reduced by the use of combination taps, gas cups, tallow cloth, rubber bags, plugs, soap, and other devices that are familiar to

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

modern gas men. I believe that it would be a wise precaution to place vent boxes over all mains at intervals for the future detection of leaks on all streets where traction, telegraph and telephone conduits and electric light cables make it extremely dangerous to bar the mains for leaks. The same precaution should be taken on all streets that are paved with asphalt, cement and vitrified brick that have a concrete base. These vents need not necessairly be large and I am sure they would materially aid the gas engineer in keeping down his percentage of loss where those conditions exist.

Leaks are found more frequently on the smaller sized mains which is entirely due to their fragility and the want of the same care taken in the laying and caulking them that is bestowed on mains of greater dimensions. Cast iron mains and services under 3" are two small and fail for use under ground and should not be used for they will sooner or later cause trouble and expense. A large percentage of the loss of gas in distribution occurs in the service pipes and much of this leakage can be traced to incompetent and indifferent workmen. Here again the knowledge that bungling work can be quickly hid from the eye of competent critics induces men with little or no mechanical skill to apply for position that they would not dare to fill if the result of their labor was to be exposed to constant view. It is an important work to lay services and competent men should be engaged to do the work, for not only the profits of the gas company are influenced by the manner in which it is done, but precious lives are menaced as well. This latter fact has been forcibly impressed upon my mind during the past 19 months. I have had ample opportunity to note the character of the service work done in this city I have seen thousands of service pipes uncovered for renewal. Many of them

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

were lashed to the main with wire and twine to keep them in place, other fittings were wrapped as you would wrap a poorly fitting bung for a barrell and then pressed into the hole in the main with a smear of white lead and clay to complete the joint and in very many cases the formality of screwing the ells, nipples and spring bends into the main were dispensed with. They were simply driven into the main with a hammer. Leaks in service pipes are found most frequently at their connection to the main, at the curb cock and in the malleable fittings. Leaks at the juncture of service and main are usually due to main pipe settling.to tapping hole too large for the fitting and to sand holes in the malleable fittings. When a hole in the main is too large to make a safe joint it should be reamed and tapped to the next size. The danger of pulling services by sagging mains can be minimized by the use of the swing joint or service tee and ell. Too much care cannot be taken in the selection of curb cocks. They should be well made and of extra heavy material. Many engineers have abandoned their use entirely except on services of the largest size. This practice however can hardly be considered safe in large cities where big fires are frequent which often spread so rapidly as to preclude the posibility of shutting the gas off from the inside of the buildings. I confidently look forward to the time when the curb cock will be substituted by one that will do the work better that will be less liable to leak and less troublesome to get at. In this age we have automatic fire extinguishers automatic burglar alarms automatic gas meters: why not have automatic gas service cocks? Since a difference in the temperature of gas registered at the station meter and the same gas registered at the consumer's meter makes a difference in its volume care should be taken in the laying of services, the connecting of street lamps and the placing of meters

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

to avoid changes of temperature that would adversely affect the interests of your Cy.

This can to some measure be done by laying the services under a good depth of covering; in this latitude not less than 18 inches in the shallowest place. By the use of the anti-freezer or enlarged pipe at the bottom of the lamp post. And by impressing upon every consumer the importance of having a suitable place provided for the meter. The running of service pipes through cold vaults and area ways should be avoided as much as possible and where it is necessary to so run them they should be protected with a covering of some kind. Instead of having a number of services and meters scattered around in odd corners and awkward places in buildings that have been enlarged or remodeled put in one service of ample size and connect all the meters to it by means of a header. If the house risers are scattered along the front walls of the building bring them to your meters and one service it will be more economical for you to do this your meters placed side by side on an even shelf look business like and become an advertisement of your mechanical skill. In this way you lessen the opportunities for leakage by reducing the number of joints and fittings and the number of taps in your mains. You lessen the amount of condensation by decreasing the number of feet of pipe through which the gas travels before reaching the consumers meter. You lessen the loss in distribution by the opportunity afforded to so place the meters where a difference of temperature will least adversely affect the percentage of gas accounted for. You also lessen the riability of loss of meters and gas in case of fire. The turning of one stop shuts off all the gas entering the building and the meters being concentrated their removal can be more quickly accomplished. Malleable iron fittings frequently contain small

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sand holes which being filled with dust and grease often escape the eye of the most careful observer. For this reason I would advocate the use of galvanized malleable fittings for service work because in the process of galvanisation these small holes are completely filled with metal.

I have noticed that the life of plain iron pipe laid in coal ashes and ground that has been filled with the ordinary refuse of a city is very limited, sometimes not extending over a period of five or six years while galvanized water pipe laid in the same earth at the same time is still in a fair state of preservation indicating that its life will cover a period of three or four years longer. And from these observations I am led to believe that galvanized pipe should be used exclusively for gas service work especially in districts where made earth of this character occurs frequently. The practice in vogue here at present is to apply several coatings of a tar preparation to the plain iron pipe after which the service is wrapped with muslin over which another coating of the tar preparation is spread.

This process seems to be very effective. I have examined service pipes that were two years buried in coal ashes and found them in an excellent state of preservation. The cloth wrapping was nearly all rotted away but the pipe had no sign of rust on any part of its surface.

The regrettable feature of this process is that you cannot always apply the wrapping and the additional coating to the whole of the service pipe. It frequently happens that where the pipe needs protection most it gets none, a contingency that does not arise where galvanized pipe is used.

People spend considerable sums of money to have fine cement and flagstone footways laid before their residences dan places of business. Once down they are averse to viahng

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

them broken or disturbed and we are obliged to respect their wishes. In the event of either driving or boring the service pipe through the ashes, brick bats and broken stone which usually form a base for these footways the first coating of the tar preparation is worn off. The result is that one half of the service may remain for twenty or even thirty years in an excellent state of preservation while the life of that portion which has been imbedded in the ashes without protection will not extend beyond five or six years.

I have frequently observed that service pipes rust out and leak just inside the cellar wall while the rest of the pipe is in good condition.

Leaks at this point which are quite frequent could be greatly reduceed by applying a coat of paint to the service at this point from time to time.

Gas meters like clocks, watches and other mechanical contrivances are apt to run slow oftener than they do fast when their mechanism becomes worn and old and sometimes a very considerable portion of the loss in distribution can be traced to this source which can be minimized by systematically overhauling all meters that are in use at least once in every four years.

I believe much good can be accomplished by noting on the record of each service the kind of earth in which it is imbedded. If this were done you would in a few years by careful observation be enabled to determine with some degree of exactness the life of your services along the line of distribution. I have uncovered service pipes that were said to be down for forty years and found them in a fair state of preservation; others again that were only down ten years and had not a sound spot in them. Hence the importance of knowing what part the soil in the different sections of

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

the district is playing in the ruin of your distributing system.

Much good can be accomplished by encouraging people to promptly enter complaint at the gas office as soon as they detect the odor of escaping gas on their premises or in the street and by systematic examinations of all joints, pipes and fittings exposed by the gas companies employees at all times.

Before closing I feel that I ought to say that I am not insensible to the fact that some writers attribute much of the leakage in the joints of gas mains to expansion and contraction due to the difference in the temperature of the earth in summer and winter seasons. In proof of this theory they call attention to the fact that small leaks are more frequent in gas mains than they are in water mains which is due — so they contend — to the difference of temperature being greater in the gas mains than in the water mains. I have always questioned their proof and therefore have not taken kindly to their theory.

He is a very dull plumber or water department employee who has not discovered that a small quantity of common salt applied to a weeping joint at the bell or ferrule of a water main will stop the weeping long before its presence can be detected from the surface. This fact is frequently made use off by plumbers and water department. And even if small leaks of this character escape their observation the earth surrounding the leaky joint furnishes sufficient corrosive substances to stop small leaks in water mains. These in my judgement are the best reasons why small leaks are less frequent in water than in gas mains. Gas is a more subtle prisoner than water. It spreads an oily film over the small aperture through which it escapes into the earth that defies corrosion.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

In concluding let me express the hope that I have expressed some thought or made some suggestion that will aid the gasman in reducing the normal loss of gas in distribution. This much accomplished I shall feel amply repaid for the time spent in preparing this paper for the International Congress of the Gas Industry.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Statistique des résultats d'exploitation enregistrés par les différentes usines à gaz de Suisse, pendant les dernières années.

Par M. A. WEISS

(DE ZURICH)

La Société Technique suisse de l'Industrie du Gaz et des eaux vous présente la statistique des résultats d'exploitation enregistrés par les différentes usines à gaz du pays pendant les dix dernières années. Nous n'avons pas besoin de vous donner beaucoup de chiffres, il vous suffira de jeter un coup d'œil sur le graphique que vous tenez en mains (voir Pl. XI) pour constater que, comparée aux pays qui l'entourent, la Suisse n'est pas restée en arrière, qu'au contraire la consommation du gaz s'est développée d'une manière réjouissante. L'emploi du gaz à la cuisine et dans l'industrie a tout particulièrement fait des progrès frappants. Plusieurs de nos villes ont une consommation annuelle de m c 80, 90 et 100 et même davantage par tête de population ; d'autres sont en bonne voie pour arriver au même résultat.

Vous nous demanderez à quoi il faut attribuer ce résultat exceptionnellement favorable. Chacun sait que la Suisse est riche en pierres, mais qu'elle ne possède point de charbon ; celui-ci, aussi bien que le coke, le bois et en général tous les combustibles, est même très cher. C'est ce fait qui a engagé les propriétaires des usines à gaz et tout particulièrement les administrations des villes, qui exploitent presque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

partout ces établissements, à chercher à généraliser la consommation du gaz en le rendant accessible à chacun. Dans ce but elles ont réduit le prix du gaz employé pour la cuisson des aliments, le chauffage et l'industrie. La plupart des villes vendent le gaz de chauffage et le gaz industriel à ct 15, 17 1/2 et 20 le m c. En outre elles ont facilité l'emploi du gaz en prenant à leur charge tous les frais d'embranchement, tout ou partie de la colonne montante jusqu'au compteur et la pose de ce dernier. Beaucoup de villes mettent le compteur gratuitement à la disposition des abonnés, et ne font payer aucune location de ce chef. Enfin la plupart des administrations autorisent l'abonné à poser sur le compteur du gaz de chauffage un ou deux becs sans augmentation du prix. Lorsque l'abonné, désire faire installer plus de 2 becs sur le même compteur, il peut le faire également ; toutefois le nombre total est limité à 5 becs et alors l'abonné paye pour les 3e, 4e et 5e bec une taxe supplémentaire de fr 3 à fr 5 par année. Cette manière de procéder diminue les frais d'installation et simplifie le contrôle. Voilà, Messieurs, les principaux moyens que nous employons et qui ont contribué au développement rapide de nos usines à gaz.

A l'appui de ce qui précède nous tenons à vous signaler le graphique de la ville de Zurich. Vous constaterez qu'en 1890 l'usine à gaz de cette ville a distribué à peine m c 100,000 de gaz de cuisine et de chauffage, tandis qu'en 1899 la quantité de gaz consommée dans le même but a atteint 4,000,000 de m c.

D'autres villes comme Winterthour, Genève, Bâle, Berne, Saint-Gall, etc., ont eu à enregistrer des résultats analogues. Ce fait réjouissant a eu pour conséquence la transformation et l'agrandissement des établissements existants. A Zurich, par exemple, des travaux importants ont été exécutés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans un délai très court et, malgré cela, les anciennes usines devenaient de plus en plus incapables de suffire aux besoins. La place nécessaire à un nouvel agrandissement faisait défaut; il ne nous restait rien d'autre à faire que de chercher un nouvel emplacement et d'y construire une nouvelle usine capable de répondre aux besoins actuels et futurs.

L'emplacement fut choisi à Schlieren, petit village situé à 4,5 km environ des anciennes usines du périmètre actuel de la ville. Une des principales questions à résoudre consistait dans le choix du système des fours. En présence des expériences faites en Angleterre et en Allemagne avec les fours à cornues inclinées nous n'avons pas hésité à nous prononcer pour l'emploi de ce système, et nous n'avons jamais eu à regretter cette décision.

Une autre question est intimement liée avec le système des fours à cornues inclinées : nous voulons parler du transport de la houille et du coke. L'emploi de fours à cornues inclinées nous paraît impossible s'il n'est pas combiné avec les installations mécaniques destinées au transport de la houille et du coke. L'emmagasinage du charbon se fait avec des élévateurs de système Hunt et des chemins de fer à voie étroite avec vagonnets automatiques, du même système.

Les magasins à charbon ont des planchers à plans inclinés sous un angle qui varie de 25 à 32°. Le transport du charbon des hangars jusqu'aux réservoirs au-dessus des fours se fait automatiquement avec des distributeurs, tables à secousse, élévateurs avec chaîne à godets, et transporteurs transversaux à pelles. La force nécessaire est de 8 chevaux pour 2 batteries de 8 fours. Nous constatons que le transport des charbons s'effectue entièrement automatiquement et réalise un transport absolument indépendant du personnel ouvrier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous ajoutons que les tables à secousse sont préférables aux toiles ; elles n'ont point d'entretien et, ce qui est très important, on peut les employer pour le transport des charbons échauffés, ce qui est impossible avec les toiles qui ne résistent pas à la chaleur.

Le transport du coke s'effectue au moyen d'une chaîne de Brouwer et nous constatons que celle-ci fonctionne admirablement bien.

Comme force motrice, destinée à actionner les différents transports mécaniques nous avons crû devoir profiter des avantages qu'offrent les moteurs électriques. Ceux-ci sont à courant triphasé. Malgré la poussière de coke et de charbon et malgré les variations considérables de la température, ces moteurs ont toujours fonctionné à notre entière satisfaction.

L'installation de la nouvelle usine de Zurich nous poruve qu'il est possible de transporter automatiquement aussi bien la houille depuis les magasins dans les cornues que le coke depuis les fours dans les hangars. Ce transport n'est pas seulement économique, mais il est à la fois simple et présente toutes les garanties de sécurité.

Le chauffage des chaudières se fait avec du poussier de coke ; dans ces conditions le prix de revient de la force motrice est relativement très bas.

Nous avons l'honneur de vous présenter les plans les plus intéressants de notre usine.

Nous ajouterons que les usines à gaz de Genève, Bâle et Winterthour ont également installé ces dernières années des fours à cornues inclinées, avec transports automatiques du charbon et du coke. Winterthour est un exemple d'une petite usine avec deux batteries de 4 fours à cornues inclinées, qui donnent des résultats très satisfaisants.

Dans son discours d'ouverture M. le Président du Congrès

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vous a rendu attentif au modèle qui figure à l'Exposition et qui peut être mis en fonction au moyen d'un moteur électrique. Ce modèle vous renseignera sur les dispositions et le fonctionnement de tout le système.

En terminant, nous répétons que le transport mécanique du charbon et du coke est favorable non seulement au point de vue technique et financier, mais qu'en même temps le travail dur et malsain des ouvriers est réduit à un minimum.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CONFIDENTIEL

SOCIÉTÉ TECHNIQUE SUISSE DE L'INDUSTRIE DU GAZ ET DES EAUX

Documents statistiques pour l'année d'exploitation 1890 (1890-1891)

1. Rendement en gaz et en sous-produits.

Nos d'ordre	NOMS des Usines à Gaz	POPULATION	DANS L'ANNÉE ENTIÈRE				OBSERVATIONS
			Gaz m c	Coke kg	Goudron kg	Ammon. kg	
1	Genève	75.000	5.426.430	11.996.990	912.093	117.168[1]	(1) Alcali à 22°.
2	Basel	72.500	4.794.810	10.274.340	930.635	107.276[2]	(2) Ammoniaque
3	Zürich	64.000	3.667.730	7.896.670	791.661	52.975[3]	à 19-20°.
4	Freiburg i/B	45.000	2.339.852	4.643.593	456.651	14.012[4]	(3) Sulf. amm.
5	Bern	43.000	1.991.010	3.854.800	403.500	41.537	(4) Sulf. amm.
6	St-Gallen	36.000	1.943.050	4.059.400	408.449	35.230[5]	(5) Sulf. amm.
7	Winterthur	16.800	1.157.414	2.332.706[6]	230.263	20.010	(6) Grenu, kilog.
8	Vevey	15.750	909.453	1.982.380	159.960	—	72.493, vaut l'eau
9	Luzern	25.000	831.600	1.461.136	174.040	—	ammoniacale à 4°
10	Chaux-de-Fonds	pas donné	970.000	2.104.000	pas donné	—	B.
11	Neuchâtel	pas donné	777.831	pas donné	pas donné	—	(7) Sulf, amm.
12	Biel	19.098	663.120	1.164.100	103.890	—	
13	Konstanz	17.030	499.550	888.700	107.000	5.800[7]	
14	Schaffhausen	15.680	446.940	946.620	86.311	6.050	
15	Glarus	pas donné	286.538	366.000	82.000	—	
16	Aarau	6.700	324.393	656.012	69.613	—	
17	Fribourg	11.500	291.400	554.320	61.120	—	
18	Chur	9.160	204.752	457.400	—	—	
19	Lugano	7.500	208.158	425.260	34.200	—	
20	Lörrach	8.200	187.100	404.485	32.105	—	
21	Thun	5.500	199.217	423.501	42.301	—	
22	Solothurn	8.600	199.733	432.210	43.221	—	
23	Liestal	4.850	165.860	pas donné	35.000	—	
24	Frauenfeld	5.000	174.626	237.000	47.500	—	
25	Interlaken	pas donné	162.950	263.882	31.665	—	
26	Baden	3.317	131.526	292.830	26.403	—	
27	Yverdon	6.000	129.080	285.000	28 000	—	
28	Burgdorf	6.900	130.964	263.421	21.124	—	
29	Wädensweil	pas donné	134.940	264.000	26.256	—	
30	Zug	5.000	102.774	212.356	20.100	—	
31	Schopfheim	2.500	90.100	199.180	15.605	—	
32	St-Imier	7.600	41.410	—	—	—	
33	Morges	4.088	84.388	200.600	—	—	Gaz riche.
34	Lausanne	30.000	1.184.650	2.451.000	213.280	—	
35	Payerne	pas donné	19.524	—	10.000	—	Gaz riche au pétrole.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2. Consommation de gaz.

NUMÉROS d'ordre	GAZ DÉBITÉ DANS L'ANNÉE POUR				TOTAL	CONSOMMATION par 24 heures		OBSERVATIONS
	Eclairage des rues m c	Eclairage privé m c	Moteurs, appareils de chauffage m c	Consomm. de l'usine et perte m c	Gaz vendu m c	plus grande m c	plus petite m c	
1	690.426[1]	1.769.167	1.549.845	416.552	4.968.132	24 060	8.970	(1) Inclus, m c 41.836 fournis gratis.
2	776.130	2.998.290	699.544	320.146	4.473.964	23.710	5.400	
3	641.007	2.368.369	319.603	337.491	3.328.979	17.700	4.700	
4	343.706	1.465.759	167.182	362.935	1.976.647	10.800	2.730	(2) Y compris gaz, appareils de chauffage, etc.
5	366.373	1.305.230	215.509	104.938	1 887.112	11.820	2.430	
6	389.236	1.125.058	243.998	182.969	1.758.291	10.520	2.030	(3) 21.293 pour immeubles municipaux.
7	91.544	696.768	252.701	116.001	1.041.013	6.305	1.272	
8	110.254	611.314	pas donné	187.885	721.658	4.660	1.380	(4) Sans perte de gaz.
9	112.149	638.150[2]	pas donné	81.301	750.299	3.500	1.400	
10	174.528	649.825[3]	pas donné	pas donné	649.825	pas donné	pas donné	(5) Fourni gratis.
11	143.153	373.650[4]	44.971	22.202[5]	661.774	4.000	2.000	
12	144.165[6]	337.902	145.167	35.535	483.069	3.518	720	(6) Moteurs à gaz.
13	76.175	335.400	48.100[6]	39.875	459.675	2.547	568	
14	55.188	335.222	33.320	23.140	423.730	2.522	370	
15	67.733	188.978	2.497	27.330	278.108	pas donné	pas donné	(7) Y compris gaz p[r] appareils de chauffage.
16	36.345	205.509	51.732	30.757	293.586	1.530	425	
17	71.669	172.397	10.105	37.329	254.271	1.500	390	(8) Inclus 4 lanternes gratis.
18	37.560	152.826	7.238	7.293	187.624	920	273	
19	52.254	131.049[7]	pas donné	24.855	183.303	860	340	
20	24.305	118.799	20.458	23.708	163.562	1.100	169	
21	27.519	139.976	13.546	18.185	181.041	947	167	
22	30.537	110.171	31.688	26.586	172.396	1.039	228	
23	19.057	106.267	18.697	21.839[8]	144.021	910	176	
24	15.653	129.969	12.302	4.560	157.924	994	178	
25	19.939	121.993	5.131	15.887	147.063	1.242	110	
26	20.508	88.067	10.897	12.054	119.472	765	70	
27	28.934	86.176	7.589	4.015	122.699	858	130	
28	21.015	83.051	7.771	19.147	111.837	675	143	
29	13.078	90.424	19.832	11.606	123.334	852	112	
30	12.616	82.163	pas donné	7.750	94.779	554	122	
31	7.309	60.953	4.734	16.914	72.996	675	67	
32	5.272	32.762	—	3.376	38.034	289	37	
33	20.553	48.644	2.832	12.359	82.029	475	96	
34	339.291	754.096	pas donné	91.263	1.096.387	5.815	1.800	
35	5.558	11.989	527	1.450	18.074	130	50	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3. Grandeur (Importance) des usines.

NUMÉROS d'ordre	USINES à Gaz	Contenance des gazomètres m c	Longueur de la canalisation principale mètres	Diamètre maxim. de la canalis. mm	NOMBRE DE BECS				MOTEURS A GAZ	
					Lanternes publiques	De tous les compteurs pour éclairage	emplois techniq.	Total	Nombre	Force
1	Genève	12.900	106.113	400	1.873	34.328	27.935	62.263	—	—
2	Basel	24.000	91.874	450	1.771	41.241	7.078	48.319	113	306 3/4
3	Zürich	9.000	80.250	700	1.629	—	—	35.244	76	106 1/2
4	Freiburg i/B	9.200	—	450	852	—	—	1.856	43	128
5	Bern	9.400	54.744	400	1 028	17.223	2.408	19.631	39	95,5
6	St-Gallen	5.500	39.897	350	688	18.150	2.777	20.427	47	128,5
7	Winterthur	3.200	28.546	300	364	11.512	2.598	14.110	38	75
8	Vevey	1.700	20.600	300	381	7.290	1.881	9.171	10	25
9	Luzern	1.850	22.500	250	332	—	—	10.802	22	50
10	Chaux-de-Fonds.	3.900	—	350	361	—	—	7.134	34	81
11	Neuchâtel	3.500	27.536	250	518	—	—	—	16	43
12	Biel	3.600	16.896	250	325	6.059	1.080	7.142	10	27
13	Konstanz	1.700	22.600	300	387	—	—	—	19	49
14	Schaffhausen	1.388	22.893	250	289	4.513	863	5.376	11	19
15	Glarus	1.200	—	175	273	—	—	—	3	8
16	Aarau	800	10.062	150	134	3.596	661	4.257	15	24 1/2
17	Fribourg	800	11.322	175	215	—	—	2.798	—	—
18	Chur	670	7.850	175	215	2.990	70	3.060	3	7
19	Lugano	500	10.000	140	149	—	—	1.551	6	15
20	Lörrach	600	6.815	200	80	1.532	12?	165?	8	16
21	Thun	1.100	7.590	150	123	2.971	73	3.044	2	3
22	Solothurn	1.500	6.600	180	169	—	—	—	5	13
23	Liestal	400	6.610	150	101	199?	33?	232?	10	15
24	Frauenfeld	750	8.660	150	61	—	—	3.356	7	15
25	Interlaken	934	5.541	175	107	—	—	—	—	—
26	Baden	842	6.003	200	92	1.57?	288	1.861	2	5
27	Yverdon	600	8.120	150	123	—	—	—	2	2 1/2
28	Burgdorf	350	7.956	125	109	185?	25?	210?	2	3
29	Wâdensweil.	800	6.260	200	86	1.791	242	2.033	4	5
30	Zug	475	5.889	150	74	1.658	110	1.768	—	—
31	Schopfheim	520	4.505	150	33	59?	5?	64?	3	6
32	St-Imier	380	5.918	81	76	153?	—	153?	—	—
33	Morges	300	5.600	180	82	965	122	1.087	—	—
34	Lausanne	3.800	—	300	550	—	—	10.200	1	2
35	Payerne	166	4.200	100	69	—	—	—	—	—

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4. Provenance et qualités des charbons

NUMEROS d'ordre	PROVENANCE du charbon	PROVENANCE des substances d'enrichissement	BESOINS ANNUELS en Charbon kg	Substances d'enrichissement kg	Total	Observations
1	Loire (Montrambert et Firminy) Blanzy.	Radler, Lesmahagow, Tyne, Boghead...	16.741.990	962.620	17.704.610	
2	Saar, Belgien, England.	Autun, Tyne, Bd Australien	15.234.700	450.400	15.685.100	
3	Saar, Belgien.....	Autun, Plesio, Lesmahagow, Radler.	11.544.800	1.129.200	12.674.000	
4	Saar, Ruhr, Belgien, England.	Tyne, Boghead.....	7.393.100	311.300	7.704.400	
5	Saar, Loire, Belgien.....	Autun, Tyne, Böhmische, Pechkohle....	5.876.700	369.600	6.246.300	(1) Y compris 7.126 gaz, huile à gaz.
6	Saar, Belgien.....	Autun, Schottland.....	6.076.635	128.700	6.205.335	
7	Saar, Belgien, Ruhr, England.	Tyne Bd, Schottland Bd, Bohmische ...	3.288.289	366.600	3.654.889	
8	Firminy, Blanzy.....	Plattenkohlen.....	3.039.200	71.700	3.110.900	
9	Saar.....	Böhmen.....	2.890.000	51.576 [1]	2.941.576	
10	Saint-Etienne, Heinitz...	Autun.....	3.350.000	117.000	3.467.000	
11	Firminy, Montrambert, Blanzy...	Boghead d'Autun.....	2.641.462	26.680	2.668.142	
12	Saar, Saint-Etienne.....	»	2.004.250	73.500	2.077.750	Gaz riche.
13	Saar.....	Böhmen.....	1.426.800	218.900	1.645.700	
14	Saar, Belgien.....	Kaeslau, Boghead, Lesmah	1.320.150	152.550	1.472.700	
15	Saar, Ruhr, England....	Australien, Boghead, Plattenk ..	1.080.000	90.000	1.170.000	
16	Saar, Ruhr.....	England, Schottl., Bohmen..	896.643	203.317	1.099.960	35.924 k.
17	Saar, Französische K....	Pas donné	924.040	94.360	1.018.400	
18	Saar.....	Plattenkohlen, Lesmahag.	687.170	35.430	720.600	
19	England, Saar.....	»	380.000	—	380.000	
20	Saar, Belgien.....	Suinter aus Tucktabrik..	652.750	20.100	672.850	
21	Saar, Belgien.....	Schottland.....	581.225	60.840	642.065	
22	Saint-Etienne, Saar.....	yne Bd, Lesmahagow, Plattenk.	689.550	30.800	720.350	
23	Heinitz, Saint-Ingbert...	Plesio, Boghead.....	580.300	29.500	609.800	
24	Heinitz.....	Unterreichenau (Böhmen)....	400.000	170.000	570.000	
25	Pas donné	Pas donné	499.340	28.525	527.865	
26	Saar.....	—	—	—	480.050	
27	Saint-Etienne, Saar.....	Autun.....	437.100	16.710	453.810	
28	Saar.....	Schottland.....	404.200	34.835	439.035	
29	»	Autun.....	424.275	24.490	448.765	
30	Saar, Belgien.....	England.....	324.866	17.640	342.506	
31	»	Suinter aus Tuchfabrik .	292.100	29.150	321.250	
32	Saint-Etienne.....	Boghead d'Autun.....	—	—	156.590	
33	Firminy.....	Autun.....	286.660	5.690	292.350	
34	Loire.....	—	—	—	4.085.000	
35	Petroleum und Oel.....	—	—	—	—	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5. Prix des charbons et sous-produits.

NUMÉROS d'ordre	USINES	Coût des charbons par 1.000 kg rendus franco		Prix de vente des sous-produits par 100 kg			OBSERVATIONS
		Charbons	Matières d'enrichissement.	Coke	Goudron	Produits ammoniacaux.	
		Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.	
1	Genève	29 28	54 41	2 12	2 81	31 »	(1) Prix moyen de tous les charbons distillés.
2	Basel	27 35	70 67	3 14	4 »	23 45	
3	Zürich	32 30	53 »	3 12	3 79	30 97	
4	Freiburg i/B	28 95	58 50	3 24	4 09	29 25	
5	Bern	133 57	—	3 69	3 57	28 50	
6	St-Gallen	34 14	99 99	3 56	3 29	29 »	
7	Winterthur	32 63	64 60	3 78	3 94	31 »	
8	Vevey	29 50	51 50	3 40	—	—	
9	Luzern	32 76	66 49	3 63	3 41	—	
10	Chaux-de-Fonds.	133 26	—	3 50	—	—	
11	Neuchâtel	30 50	67 68	3 88	4 50	—	
12	Biel	28 36	56 80	3 42	3 89	—	
13	Konstanz	32 »	36 25	3 60	4 50	26 »	
14	Schaffhausen	31 48	65 11	3 52	4 75	30 »	
15	Glarus	35 19	122 22	4 50	4 »	—	
16	Aarau	33 90	95 12	3 20	4 05	—	
17	Fribourg	37 57	69 37	4 45	4 »	—	
18	Chur	38 35	60 40	4 »	—	—	
19	Lugano	273 86	—	5 »	—	—	
20	Lörrach	30 83	120 »	3 59	4 87	0 68?	
21	Thun	34 91	73 60	4 26	2 91	—	
22	Solothurn	32 82	64 35	4 »	3 70	—	
23	Liestal	31 67	63 10	3 66	4 41	—	
24	Frauenfeld	35 20	37 40	4 20	3 15	—	
25	Interlaken	38 »	76 40	4 80	—	—	
26	Baden	27 02	—	3 62	4 »	—	
27	Yverdon	31 12	72 71	3 90	3 15	—	
28	Burgdorf	31 43	67 85	4 62	4 53	—	
29	Wädensweil	33 23	79 84	4 33	4 37	—	
30	Zug	34 23	72 62	4 »	3 »	—	
31	Schopfheim	31 80	132 50	3 90	4 57	—	
32	St-Imier	165 08	—	—	—	—	Gaz riche.
33	Morges	32 09	76 »	4 60	3 50	—	
34	Lausanne	30 41	—	3 07	3 »	—	
35	Payerne	—	—	—	3 50	—	Gaz riche au pétrole.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

6. Rendements en gaz, Matériaux de chauffage.

NUMÉROS d'ordre	DÉPENSE pour matériel de distillation	PRODUCTION de gaz par 100 kg	GAZ vendu par 100 kg charbon	MATÉRIAUX de chauffage p. 100k. charbon		NOMBRE de jours des cornues dans l'année	RENDEMENT en gaz par cornue, jour	MATÉRIAUX de chauffage		TOTAL
				coke	coke et goudron			coke	goudron	
	fr ct	m³	m³	k	k	jours	m³			
1	541.624 85	30,723	28,63	16,089	—	27.794	195	2.883.710	—	2.883.710
2	448.646 65	30,569	28,26	16,416	—	21.770	220	257.865	—	2.574.865
3	431.929 34	28,940	29,26	16,720	—	20.460	179	2.119.705	—	2.119.705
4	232.248 10	30,370	25,65	16,502	—	10.945	213	1.271.410	—	1.271 410
5	209.712 15	31,875	30,21	17,485	—	9.965	199	1.092.200	—	1.092.200
6	220.370 10	31,312	28,33	12,647	—	9.326	208	784.800	—	784.800
7	130.974 75	31,664	28,48	18,008	—	6.297	183	658.167	—	658.167
8	99.470 65	29,234	23,19	?5,141	—	—	—	159.960	—	?159.960
9	99.899 09	28,270	25,50	25,408	—	—	—	747.400	—	747.400
10	115.315 »	27,978	18,74	—	26,983	—	—	906.700	29.000	935.700
11	82.370 65	29,152	21,05	—	21.383	—	—	518.500	52.050	570.500
12	61.032 60	31,915	23,25	21,788	—	4.033	164	452.700	—	452.700
13	53.540 »	30,354	27,93	27,696	—	3.230	154	455.800	—	455.800
14	50.421 66	30,348	28,77	—	25,974	2.913	153	373.050	9.480	382.530
15	49.000 »	?24,390	23,77	—	—	—	—	—	—	—
16	50.752 28	29,491	26,69	—	27,017	2.324	139	238.846	58.330	297.176
17	41.246 55	28,613	24,96	—	30,838	2.412	120	281.590	32.470	314.060
18	28.493 48	28,336	25,96	23,823	—	1.540	132	172.150	—	—
19	28.070 »	?54,778	? 48,23	—	? 49,447	1.825	114	158.100	29.800	187.900
20	22.559 45	26,023	24,30	—	36,290	1.860	100	227.210	16.986	244.196
21	24.768 60	31,027	28,19	26,916	—	—	—	172.824	—	172.824
22	24.617 53	27,741	23,93	30,738	—	1.901	105	221.423	—	221.423
23	18.921 95	27,198	23,61	—	—	—	—	—	—	—
24	20.440 »	30,636	27,70	27,347	—	—	—	155.880	—	155.880
25	21.154 23	30,869	27,85	—	—	—	—	—	—	—
26	12.972 10	27,397	24,88	30,900	—	—	—	148.815	—	148.815
27	14.820 »	28,443	27,03	—	38,059	1.590	81	163.512	9.208	172.720
28	14.971 37	29,829	25,47	—	34,868	1.215	107	148.135	4.950	153.085
29	16.075 45	30,068	27,48	30,982	—	—	—	139.000	—	139.000
30	12.400 »	30,006	27,67	23,065	—	1.071	95	82.000	—	82.000
31	12.147 58	28,046	22,72	?48,134	—	997	90	154.630	—	154.630
32	12.769 90	26,444	24,28	34,747	—	—	—	54.410	—	—
33	9.634 05	28,865	24,63	—	33,377	1.107	76	91.440	6.140	97.580
34	124.228 23	29,	26,76	21,917	—	—	—	895.339	—	895.339
35	6.502 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

7. Prix du gaz, Recettes pour gaz et sous produits.

NUMÉROS d'ordre	USINES	PRIX DU GAZ PAR M 3				RECETTE ANNUELLE			
		Pour gaz public	POUR ABONNÉS prix normal		Pour abonnés rabais inclus prix moy.	Pour Gaz vendu	Pour coke vendu	Pour goudron vendu	Produits ammoniacaux coût déduits
			Eclairage	usages techniq.					
		cent.	cent.	cent.	cent.	fr. cent.	fr. cent.	fr. cent.	fr. cent.
1	Genève	25,—	30,—	20,—	26,07	1.295.373,95	187.057,35	24.537,70	4.412,30
2	Basel	8,33	22,—	16,—	18,80	761.174,98	206.776,20	37.463,85	17.952,03
3	Zürich	14,81	29,—	24,—	26,70	834.660,10	169.634,20	29.193,05	12.117,65
4	Freiburg i/B	18,75	25,—	20,—	—	458.254,73	101.939,11	19.353,12	5.850, »
5	Bern	17,60	25,—	20,—	23,40	355.736,05	102.001,42	14.417,56	6.01,45
6	St-Gallen	10,63	30,—	24,—	27,65	419.938,70	93.866,75	13.444,10	6.669,15
7	Winterthur	10,—	25,—	20,—	—	243.182,05	55.758,50	8.896,85	3.453, »
8	Vevey	27,—	25,—	20,—	—	173.067,90	157.630,40	—	480, »
9	Luzern	18,—	24,—	24,—	—	174.101,93	25.950,80	5.688,51	—
10	Chaux-de-Fonds	20,—	25,—	25,—	23,50	204.050, »	50.180, »	—	—
11	Neuchâtel	20,—	25,—	20,—	—	131.370,87	—	—	—
12	Biel	gratis	25,—	20,—	Kein rabatt	114.369,25	24.306,10	4.043,80	—
13	Konstanz	27,—	28,70	28,70	28,60	126.910, »	15.600, »	4.820, »	850, »
14	Schaffhausen	22,15	30,—	24,—	27,30	111.842,65	19.394, »	3.707,52	771,50
15	Glarus	26,—	26,—	26,—	—	67.000, »	20.000, »	3.300, »	—
16	Aarau	26,30	30,—	25,—	28,50	84.277,85	12.780,70	617,10	—
17	Fribourg	23,—	25,—	20,—	—	63.152,50	13.523,70	1.079, »	—
18	Chur	28,—	30,—	25,—	—	58.396,82	12.106,04	—	—
19	Lugano	20,—	30,—	23,—	—	47.100, »	12.750, »	—	—
20	Lörrach	30,—	36,25	27,50	30,50	49.815,48	5.266,91	650,58	275, »
21	Thun	23,62	30,—	20,—	—	51.238,80	6.925,05	1.117, »	—
22	Solothurn	31,60	35,—	25,—	—	56.447,25	10.720,50	1.427,10	—
23	Liestal	20,	25,—	20,—	—	33.291,60	4.937,75	1.384,25	—
24	Frauenfeld	27,—	30,—	30,—	—	44.900, »	3.220, »	1.425, »	—
25	Interlaken	22,87	28,66	25,—	—	40.808,07	6.587,50	112, »	—
26	Baden	25,—	31,2	22,50	—	23.877,50	3.303, »	1.040, »	—
27	Yverdon	25,—	30,—	25,—	—	35.116, »	4.089, »	600, »	—
28	Burgdorf	28,—	30,—	25,—	28,57	37.399,35	4.825,68	1.049,78	—
29	Wädensweil	30,—	30,—	25,—	—	36.008,60	5.648,75	1.235,25	30, »
30	Zug	28,—	28,—	28,—	—	31.563,09	3.556,84	745, »	60, »
31	Schopfheim	30,—	37,50	30,—	31,38	22.782,65	1.462,10	558,58	—
32	St-Imier	70,—	84,—	—	72,50	28.719,75	—	—	—
33	Morges	35,—	35,—	25,—	—	24.946,45	5.016,30	451,60	—
34	Lausanne	14,—	30,—	25,—	—	274.339,23	51.639,17	5 397,55	1.000, »
35	Payerne	88,—	91,—	85,—	—	16.465, »	—	353, »	—

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CONFIDENTIEL

SOCIÉTÉ TECHNIQUE SUISSE DE L'INDUSTRIE DU GAZ ET DES EAUX

Documents statistiques pour l'exercice 1899 (1899-1900)

1. Rendement en gaz et en sous-produits.

NUMÉROS d'ordre	USINES	HABITANTS	PAR AN				OBSERVATIONS
			Gaz m c	Coke kg	Goudron kg	Ammoniaq. kg	
1	Zürich.....	162.000	11.981.730	27.961.000	2.270.190	45.827[1]	(1) AzH^3.
2	Basel.....	101.000	11.423.470	26.825.510	2.203.209	244.677[2]	(2) Ammoniaque
3	Genève.....	80.000	7.879.220	18.328.945	1.338.424	89.850[3]	(3) 1er août, 31 décembre.
4	Bern.....	56.000	4.351.830	8.601.900	955.554	11.088	(4) Répétition des résultats de 1898-99 (ne finit qu'au 30 juin).
5	St-Gallen [4].....	—	3.585.740	7.163.140	726.962	59.040	
6	Freiburg i/B....	54.000	3.548.490	7.313.030	722.547	53.198	
7	Winterthur.....	29.500[5]	3.437.828	8.073.478	649.359	61.743[6]	
8	Lausanne	45.000	3.314.771	7.535.404	614.695	13.978[7]	
9	Chaux-de-Fonds.	31.500	1.801.758	3.581.150	353.291	24.945[8]	(5) Inclus banlieue avec 7,000 habitants.
10	Vevey.....	22.000	1.616.240	2.948.504	255.150	—	
11	Plainpalais.....	16.000	1.466.790	2.842.550[9]	242.688	7.949	(6) Sel.
12	Luzern.....	30.000	1.353.360	2.686.900	266.600	—	(7) AzH^3.
13	Konstanz.....	23.000[10]	1.188.034	2.238.764	234.180	—	(8) Sel (lequel?)
14	Biel.....	22.000	1.094.990	2.190.600	204.440	—	(9) Poussier déduit.
15	Neuchâtel.....	—	—	—	207.531	—	
16	Schaffhausen....	20.000	840.600	2.010.685	165.779	4.439	(10) Garnison comprise.
17	Herisau.....	—	562.460	1.031.000	118.200	—	
18	Lugano.....	8.000	453.880	959.690	74.000	—	(11) Répétition de résultats de 1898-99 (ne finit qu'au 30 juin).
19	Lörrach.....	10.700	448.010	927.700	77.210	—	
20	Glarus.....	8.500	444.450	900.940	99.615	—	
21	Fribourg [11].....	15.500	431.740	782.500	87.500	—	
22	Frauenfeld.....	6.000	357.771	718.845	59.904	—	(12) Répétition de résultats de 1898-99 (ne finit qu'au 30 juin).
23	Thun.....	6.000	354.458	721.338	69.104	—	
24	Wädensweil	4.200	307.425	600.748	65.473	—	
25	Burgdorf.....	7.500	307.060	583.980	58.398	—	(13) En tranformation. Résultats incomplets.
26	Chur	10.600	297.870	563.400	56.635	—	
27	Emmendingen ..	6.000	292.286	623.370	47.225	—	
28	Solothurn.....	10.000	257.987	521.305	52.128	—	(14) Pas pu obtenir résultats, à cause du changement de la direction.
29	Liestal.....	4.850	256.813	594.460	55.220	—	
30	Interlaken.....	6.480	221.019	441.687	46.377	—	
31	Baden.....	6.000	200.300	391.000	28.840	—	
32	Yverdon.....	7.300	194.929	413.210	—	—	
33	Morges [12].....	4.400	181.217	272.700	28.500	—	
34	Zug	7.500	176.092	390.000	36.634	—	
35	Colombier.....	2.000	77.740	163.200	13.600	—	
36	Payerne [13].....	—	—	—	—	—	
37	Aarau [14].....	—	—	—	—	—	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2. Consommation de gaz.

Nos d'ordre	USINES	PAR DÉBITÉ DE L'ANNÉE pour Éclairage des rues m3	Éclairage privé m3	Moteurs appareils de chauffage et de cuisine m3	Consommation de l'usine et Pertes m3	TOTAL gaz vendu m3	Consommation par 24 h. plus grande m3	plus petite m3	Observations
1	Zürich.....	1.917.980	4.817.600	4.560.652	704.998	11.291.232	52.820	19.510	(1) Y compris gaz technique.
2	Basel.....	912.429	4.194.463	5.852.952	445.826	10.959.844	51.110	15.420	
3	Genève.....	501.632	6.950.098[1]	—	426.440	7.451.730	29.640	15.580[2]	(2) Répétition des résultats de 1898-99.
4	Bern.....	501.038	1.611.162	1.924.738	316.232	4.036.938	19.560	6.490	
5	St-Gallen[3]...	504.470	1.210.840	1.739.586	133.964	3.454.896	16.200	5.880	
6	Freiburg i/B.	391.548	1.715.918	1.086.022	352.402	3.193.488	17.090	4.790	(3) Inclusivement 72.169 m3. pour moteurs à gaz de l'usine.
7	Winterthur..	280.731	1.068.593	1.836.003	252.206[4]	3.185.327	15.800	4.966	
8	Lausanne....	462.172	1.465.646	1.104.083	282.870	3.130.061	13.970	5.576	
9	Chaux-de-Fonds.	172.368	545.590	889.039	192.001	1.606.940	8.750	2.747	(4) Y compris gaz pour chauffage de cuisine.
10	Vevey.....	100.005	1.117.372[5]	70.028[6]	328 835	1.287.405	5.910	3.080	
11	Plainpalais...	78.804	1.267.632[7]	—	120.895	1.346.436	5.220	2.790	
12	Luzern.....	208.057	422.213	591.712	130.448	1.221.982	6.410	2.200	(5) Moteurs seulement,
13	Konstanz....	149.874	592.688	398.740	46.502	1.141.302	5.400	1.520	
14	Biel.....	251.100	396.093	382.331	66.926	1.029.524	6.250	1.620	(6) Y compris gaz technique,
15	Neuchâtel...	109.510	375.740	315.007	32.656[8]	800.257	5.000	2.500	
16	Schaffhausen	110.040	358.235	300.428	71.297	768.703	3.910	1.230	(7) Perte non comprise.
17	Herisau.....	32.400	225.245	271.610	33.205	529.255	2.850	590	
18	Lugano.....	89.603	315.716[9]	—	48.541	405.319	1.720	780	(8) Y compris gaz industriel.
19	Lörrach.....	43.417	229.022	85.844	89.757	358.283	2.268	606	
20	Glarus.....	79.220	338.015[10]	—	26.915	417.235	2.240	630	(9) Id
21	Fribourg[11]..	81.382	158.165	140.000	52.193	379.547	2.150	710	
22	Frauenfeld..	23.078	232.347	51.920	50.366	307.345	2.156	462	(10) Répétition des résultats de 1898-99.
23	Thun.....	42.682[12]	138.948	145.107	27.721	284.055	2.113[13]	598	
24	Wâdensweil.	—	268.081[14]	—	39.344	286.081	1.310	565	
25	Burgdorf....	30.904	150.174	100.088	25.894	281.166	1.620	392	(11) Incl. bâtiments officices.
26	Chur.....	80.348	114.827	71.236	31.459[15]	266.411	1.545	430	
27	Emmendingen	28.205	188.882	38.248	36.951	255.335	1.595	318	(12) Y compris gaz industriel.
28	Solothurn...	19.096	111.218	104.019	23.784	234.333	1.017	405	
29	Liestal.....	—	134.855	88.336	33.622	223.191	1.084	296	(13) Dont 26 mille 893 m 3 perte.
30	Interlaken...	39.350	76.778	62.543	42.348	178.671	1.010	227	
31	Baden.....	—	49.540	111.733	39.027[16]	161.273	900	300	(14) Dont 34 mille 427 m 3 perte.
32	Yverdon.....	37.340	55.830	77.940	23.819	171.110	1.068	237	
33	Morges[17].....	30.370	72.270	57 054	31.523	149.694	1.092	249	(15) Répétition des résultats de 1898-99.
34	Zug.....	—	32.790	127.081	17.017	159.872	766	338	
35	Colombier...	11.611	35.771	11.159	19.194	58.541	400	120	
36	Payerne.....	—	—	—	—	—	—	—	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3. Importance des usines.

NUMÉROS d'ordre	CONTENANCE des gazomètres	LONGUEUR de la canalisation principale	Diamètre max. de la canalisation	NOMBRE DE BECS						MOTEURS à gaz		OBSERVATIONS
				Lanternes publiques			de tous les compteurs pour					
				ordinaires et intensives	Incandescence	Total	Eclairage	Emplois industriels	Total	Nombre	Force H. P.	
	m c	m c	m/m									
1	25.000	230.000	1.000	2.263	2.408[1]	4.671	82.865	82.859	165.724	184	1.073	(1) Dont 918 pièces 2, 3 et 4 flammes.
2	45.000	134.271	700	897	1.723	2.620	58.233	64.869	123.102	263	1.354	
3	11.000	146.363	300	289	1.484	1.773	—	—	109.429	9	45	(2) Nombre de compteurs.
4	11.000	96.228	400	1.268	117	1.385	26.276	19.957	46 233	96	356	
5	10.600	60.623	350	67	919	986	—	—	—	—	—	(3)Depuis 22 nov.
6	14.000	67.131	400	231	860	1.091	27.442	16.871	44.313	103	362	
7	10.000	63.823	650	—	883	883	—	—	41.338	74	287	(4) Nombre de compteurs.
8	7.500	58.554	400	444	576	1.020	18.310	17.487	35.797	16	88	
9	10.000	27.342	350	24	575	599	11.375	14.576	25.951	20	46	(5) Nombre de compteurs.
10	4.900	27.080	350	249	—	249	—	—	2.910[2]	26	90	
11	3.000	28.656	200	305	—	305	—	—	19.871	—	—	(6) Nombre de compteurs.
12	12.000[2]	30.397	350	287	309	596	—	—	2.250[4]	20	53	
13	3.600	38.502	250	40	460	500	6.745	3.697	10.442	54	231 1/2	(7) Réserve pour l'usine d'électricité.
14	2.800	19.675	350	296	92	388	6.641	3.469	10.110	16	65 1/2	
15	3.500	30.000	250	219	100	319	—	—	—	—	—	
16	2.300	30.000	250	176	145	321	6.073	4.279	10.352	—	—	
17	1.500	11.790	250	84	48	132	—	—	—	30	117	
18	850	15.000	150	241	—	241	—	—	500[5]	9	49	
19	1.600	10.058	250	44	104	148	2.743	1.117	3.860	18	55 1/2	
20	1.200	—	175	259	25	284	—	—	5.200	6	11 1/2	
21	3.800	22.000	175	—	280	250	—	—	4.400	2	4	
22	1.720	13.109	200	52	36	88	—	—	4.390	7	30	
23	1.100	10.972	150	105	4	109	3.110	2.053	6.163	4	7	
24	800	7.500	200	—	—	—	—	—	2.732	5	13	
25	750	11.479	200	61	71	132	—	—	3.830	10	42	
26	860	—	120	71	72	143	—	—	2.314	4	10	
27	842	8.498	200	72	34	106	2.700	758	3.458	10	36	
28	1.500	7.063	180	28	39	67	—	—	—	—	—	
29	800	—	150	—	—	—	156[6]	157[5]	342[2]	15	35	
30	1.500	6.763	225	98	21	119	—	—	—	3	13	1 moteur en réserve de 120 chevaux pour l'usine électrique.
31	660	—	180	—	—	—	978	2.325	3.303	4	8	
32	1.200	9.007	150	116	—	116	500	980	1.480	3	18	
33	1.100	8.100	180	54	37	91	1.265	779	2.044	—	—	Répétition des résultats de 1898-99.
34	500	7.940	200	—	—	—	309	2.780	3.089	1	40[7]	
35	380	2.500	100	47	8	55	260	250	510	1	1	
36	160	3.600	100	—	—	—	—	—	—	—	—	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4. Provenance et quantités des charbons.

NUMEROS d'ordre	USINES	PROVENANCE		BESOINS ANNUELS EN			OBSERVATIONS
		des Charbons	des matières d'enrichissements	Charbons	Matière d'enrichissement	Total	
				kg.	kg.	kg.	
1	Zürich	Saar et Ruhr	Ruhr, Benzol.	39.629.000	541.696[1]	40.170.696	1) Dont 40696 kg. benzol.
2	Basel	Saar, Frankenholz Ingbert, Ruhr, Belgien, England	Westfalen, Benzol.	38.777.000	95.525[2]	38.872.525	2) Dont 74525 kg. benzol.
3	Genève	Montrambert, La Berandière, Malafolie, Blanzy, Angleterre.	Benzol-Chaux.	26.650.010	42.790[3]	26.692.800	3) Dont 17790 kg. benzol.
4	Bern.....	Saar, Frankenholz St-Etienne,	Autun, Ruhrmeteor.	13.268.600	348.000	13.616.600	4) Résultat de 1898-1899.
5	St-Gallen [4].	Altenwald, Heinitz	Cannel, Boghead, Gazine, Benzol.	10.993.200	135.730[5]	11.128.930	5) 8430 kg. benzol et gazoline.
6	Freiburg i/B	Heinitz, Camphausen, Ingbert, Frankenholz, Ruhr	Benzol.	11.209.190	12.479	11.221.669	6) Dont 18889 kg. benzol.
7	Winterthur .	Saar, Belgien, Ruhr.	Tyne, Cannel, Benzol.	11.349.718	30.499[6]	11.380.217	7) Dont 1684 kg. gazine.
8	Lausanne...	Camphausen, Montrambert, Blanzy, Firminy.	Ruhr-boghead und gemischte Kohle.	9.942.500	750.200	10.692.700	8) Dont 9400 kg. benzol.
9	Chaux-de-Fonds ...	Camphausen, Heinitz, Montrambert.	Autun.	5.345.000	120.700	5.465.700	9) Dont 2405 kg. benzol.
10	Vevey	Loire et Saar.	Wesphalie.	4.602.850	113.750	4.716.600	10) Résultats de 1898-1899.
11	Plainpalais..	Montrambert, Lavarenne, Aveyron, Noisette.	Boghead et Meteor	4.504.680	126.690	4.631.370	11) Résultats de 1898-1899.
12	Luzern.....	Saar et England.	Ruhr, Cannel et Gazine.	4.098.400	124.394[7]	4.222.794	
13	Konstanz ...	Saar, Böhmen.	England, Westfalen, Benzol.	3.647.650	72.000[8]	3.719.650	
14	Biel	Saar, Ruhr, Blanzy	West Airdrichill-Cannel.	3.344.810	75.170	3.419.980	
15	Neuchâtel,..	Montrambert, Saar, Blanzy.	Autun.	—	—	—	
16	Schaffhausen	Saar, Ruhr, England, Belgien.	—	3.367.565	41.700	3.139.266	
17	Herisau.....	Saar, Ruhr, Belgien, England.	Tyne et Wilh. Victoria.	1.670.000	114.000	1.810.000	
18	Lugano.....	$^2/_3$ England, $^1/_3$ Saar.	Engl. Cannel, Benzol.	1.574.320	20.005[9]	1.594.325	
19	Lörrach.....	Altenwald, Heinitz, Ingbert, Frankenholz.	England Tyne, Boghead, Suinter.	1.506.700	38.600	1.545.300	
20	Glarus.....	Saar, Ruhr, England, Böhmen.	—	1.526.700	—	1.526.700	
21	Fribourg [10]..	France, Allemagne	France.	1.304.105	42.405	1.346.510[10]	
22	Frauenfeld..	Heinitz, Ruhr.	Airdrichill, Schottl Tyne Wilh. Victoria, Meteor, Australien.	1.030.750	67.325	1.198.075	
23	Thun.....	Saar, Ruhr, Engld.	Cannel.	1.087.300	54.000	1.141.300	
24	Wädensweil.	Saar.	—	1.022.230	35.795	1.050.025	
25	Burgdorf....	Heinitz, Altenwald Frankenholz.	Meteor Cannel et Boghead.	993.025	43.275	973.300	
26	Chur	Altenwald, Frankenholz, Heinitz.	Boghead.	870.800	38.050	908.850	
27	Emmendingen.....	Heinitz, Ingbert, Dudweiler,	—	944.500	—	944.500	
28	Solothurn...	Saar.	Boghead.	861.600	11.650	873.270	
29	Liestal.....	Saar, Ruhr, Engld	—	805.465	19.100	914.565	
30	Interlaken ..	Saar, Ruhr, Frankenholz	Tyne.	716.575	19.570	736.145	
31	Baden.....	Heinitz et Ruhr.	Cannel.	616.000	15.000	631.000	
32	Yverdon	St-Etienne, Camphausen, Blanzy.	—	690.300	—	690.300	
33	Morges	Camphausen, Firminy.	Autun.	569.040	12.105	581.145	
34	Zug.....	Frankenholz.	—	645.675	—	654.675	
35	Colombier ..	Montrambert, Saar.	—	272.000	—	272.000	
36	Payerne	Camphausen, Altenwald, Montrambert.	—	—	—	—	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5. Rendements en gaz, Matériaux pour chauffage.

NUMÉROS d'ordre	SYSTÈME des fours à gaz	DÉPENSES pour matériel de distillation	RENDEMENT en gaz par 100 kg	GAZ vendu par 100 kg charbon distillé	MATÉRIAUX de chauffage des fours			JOURS de service des cornues	RENDEMENT en gaz par cornue-jour	OBSERVATIONS
					Total dans l'année	par 100 kg distillé				
						coke	coke et goudr.			
		Fr. c.	m c	m c	kg	kg	kg		m c	
1	Liegel et Coze	1.090.912 22	29,82	28,18	5.618.000	13,98	—	48.955	244,75	(1) Dont 214.690 kg goudron,
2	Coze-München	1.007.457 96	29,42	28,22	5.156.360	13,28	—	44.518	256	
3	Horizt. u. geneig. Retorten	815.665 »	29,56	27,91	5.109.710[1]	—	19,14	—	—	
4	Liegel	460.565 40	31,59	29,64	2.216.400	16,27	—	20.140	216	
5	Liegel	—	32,24	31,07	1.308.900	11,77	—	13.545	264	Résultats 98-99.
6	Vollgeneratoren	—	31,65	28,49	1.794.793	16,01	—	15.896	223	
7	Geneigte Coze u. horizontale Liegel	342.190 85	30,20	28,03	1.792.192	15,77	—	13.586	253	(2) Dont 53.200 kg goudron.
8	Lachomette u. Liegel	335.678 75	31,00	29,27	1.704.210	15,94	—	20.075	165,1	
9	Liegel	163.847 »	32,96	29,40	698.166	12,77	—	9.055	199	
10	Liegel	144.688 »	34,20	27,29	753.900	15,98	—	8.049	201	
11	Liegel	140.035 »	31,67	29,07	900.925	19,45	—	—	164,3	
12	Gareis-Generatoren	144.371 04	32,00	28,94	858.700	20,34	—	7.765	174	
13	1/2 Generatoren - Lendner	112.907 55	31,95	30,76	804.716	21,68	—	6.864	171	
14	2 Liegel, 2 Gareis	106.086 »	31,80	30,19	735.300	21.53	—	6.264	175	
15	5 à grille, 2 Magots	—	—	—	—	—	—	—	—	
16	3 Thonar, 1 Lendner	92.278 75	26,76	24,48	610.920	19,46	—	—	—	
17	1 Liegel, 2 Hasse	—	31,07	29,24	—	—	—	—	—	
18	Gew. Rostôfen	60.623 »	28,46	25,46	334.050[2]	—	20,98	4.015	113	
19	2 Rostôfen, 2 Gareis Halbgeneratoren	44.467 72	28,99	23,14	382.820	24,77	—	3.096	147,7	
20	Liegel	57.085 05	29,11	27,33	390.930	19,05	—	—	—	
21	Rostôfen, Magot, Liegel	47.694 19	32,06	28,18	307.620	22,85	—	3.149	137	Résultats 98-99.
22	Hasse-Wacherot	41.103 75	30,00	25,65	367.340	30,00	—	2.800	128	
23	2 Magot, 1 Liegel	42.919 15	31,15	24,28	181.630	16,10	—	1.891	187	
24	Liegel	35.445 45	29,06	25,34	—	—	—	—	—	
25	Thonnar	32.196 62	31,55	28,88	285.000	29,28	—	2.095	146,5	
26	2 Generatorôfen, 1 Rest-Ofen Backer	34.370 05	32,77	29,31	260.050	28,60	—	—	—	
27	Generatoren, system Raupp	24.174 38	30,70	27,03	311.685	33,00	—	—	146	
28	2 Liegel, 2 Rostôfen	29.070 25	29,54	26,83	181.701	20,80	—	1.945	132,5	
29	2 Liegel, 1 Klœne	30.067 50	28,08	23,82	—	—	—	1.864	138	
30	Liegel	26.602 80	30.02	24.27	—	—	—	—	—	
31	Liegel	20.863 65	31,74	25,56	—	—	—	—	—	
32	1 Rostofen, 2 Liegel	20.700 »	28,24	24,70	179.950	26,06	—	1.865	104,5	
33	A récupération	18.560 »	31 18	25,76	146.910	25,28	—	1.740	105	Résultats 98-99.
34	Liegel	22.243 94	27,02	24,42	201.131	30,72	—	1.317	134	
35	Rostôfen	8.704 »	28,58	21,52	108.800	40,00	—	—	—	
36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

6. Prix des charbons et sous-produits

NUMEROS d'ordre	USINES	COUT des CHARBONS pour 1.000 kg. rendus franco		PRIX DE VENTE des sous-produits par 100 kg.			OBSERVATIONS
		Houille	Matières d'enrichissement	Coke	Goudron	Produits ammoniacaux	
		fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. .	fr. c.	
1	Zürich	27.15[1]	—	2.80	3.35	90 »[2]	1) Prix moyen.
2	Basel	25.01	52 » 470 »[3]	2.39 2.54	3.27	24.60	2) dz. H^3.
3	Genève	30.29	—	2.045	3.12	15.08	3) Benzol.
4	Bern	32.85	72.22	2.58	3.09	78.35	
5	St Gallen	—	—	—	—	—	4) Prix moyen.
6	Freiburg i/B.	25 24[4]	—	2.90	3.40	21.26	5) Prix moyen.
7	Winterthur	29.32	—	2.77	2.89	25.25	6) Benzol.
8	Lausanne	31.39[5]	410.60[6]	2.97	2.27	86.66	
9	Chaux-de-Fonds	29.16	66 »	2.81	2.51	25.80	7) Prix moyen.
10	Vevey	30.67[7]	—	2.70	2.20	—	
11	Plainpalais	30.23[8]	—	2.32	3.04	87 »	8) Prix moyen.
12	Luzern	32.87	71.03 545.95[3]	2.84	2.78	—	9) Gazine.
13	Konstanz	29.05	51.23 397.60[10]	3.25	3.36	—	
14	Biel	30.65	42.95	3.50	2.65	—	10) Benzol.
15	Neuchâtel	32.68	67.90	3.25	2.65	—	
16	Schaffhausen	29.55[11]	—	2.69	3.80	10.42	11) Prix moyen.
17	Herisau	—	—	—	2.02	—	12) Benzol.
18	Lugano	37.35	64.60 350 »[12]	4 »	—	—	13) Prix moyen.
19	Lörrach	—	—	2.70	3.23	—	
20	Glarus	37.40[13]	—	3.13	3.11	—	
21	Fribourg	34.21	72.54	4 »	3 »	—	Résultats 1898-99.
22	Frauenfeld	34.31[14]	—	3.28	2.89	—	14) Prix moyen.
23	Thun	37.60[15]	—	3.60	2.60	—	15) Prix moyen.
24	Wädensweil	32.15	72.64	3.40	4 »	—	
25	Burgdorf	32.50	65.74	3.43	3.20	—	
26	Chur	35.61	87.38	4.58	3 »	—	
27	Emmendingen	24.17	—	3 »	4.75	—	
28	Solothurn	32.80	70.70	3.60	3.73	—	
29	Liestal	32.08	69.97	3.27	3.28	—	
30	Interlaken	35.50	59.50	4.35	1.70	—	
31	Baden	33 »	37 »	4.20	3.20	—	
32	Yverdon	30 »	—	»	3 »	—	
33	Morges	31 »	76 »	3.75	2.20	—	Résultats 1898-99.
34	Zug	33.95	—	3 »	3.50	—	
35	Colombier	32 »	—	3.80	5 »	—	
36	Payerne	36.56	—	4 »	—	—	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

7. Prix du gaz. Recettes pour gaz et sous-produits.

NUMEROS d'ordre	PRIX DU GAZ PAR MÈTRE 3				RECETTES ANNUELLES				OBSERVATIONS
	Pour gaz public	POUR ABONNÉS prix normal		Pour abonnés rabais déduit	Pour Gaz vendu	Pour coke vendu	Pour goudron vendu	Produits ammoniacaux	
		Eclairage	But techniq.						
	cent.	cent.	cent.	cent.	Fr. cent.	Fr. cent.	Fr. cent.	Fr. cent.	
1	14,—	25,—	20,—	22,—	2.319.322,65	537.735,55	72.826,65	41.400,70	1) Avec rabais.
2	9,—	20,— [1]	15,— [2]	16,—	1.691.775,06	500.069,88	72.023,60	62.709,15	2) Sans rabais.
3	15, — / 20, —	20,—	20,—	20,—	1.383.813,05	267.150,65	38.182,90	13.554,25 [3]	3) 1er août-31 déc.
4	12, 5	22, 5	17,50	19,23	790.396,54	174.680,90	29.574,85	8.758,05	4) Pour moteurs seulement.
5	11,—	25,—	20,—	—	—	—	—	—	5) Gratis.
6	18,75	25,—	17,50	22, 5 / 16, 7	—	—	—	—	6) Echelle de réduction de 5 à 10 0/0.
7	13, 6	25,—	15,—	22,528	616.197,75	136.472,45	19.006,50	16.617,20	7) Un semestre 20 kg. l'autre semestre 17,5.
8	13,—	25,—	20,—	22, 9	648.566,59	136.212,70	13.603,95	12.357, »	8) Résultats 1898-1899.
9	20.—	25,—	20,—	21,61	350.908,40	83.866,20	9.468,55	—	9) Gratis.
10	15, 6	20,—	18,— [4]	—	249.632,60	59.953,70	5.613,30	6.357, »	10) Electricité.
11	20,—	20,—	20,—	20,—	269.287,20	48.632,25	7.055,75	—	11) Recettes pour goudrons composés.
12	18,—	25,—	20,—	—	263.077,20	48.621,70	7.411,45	6.081,95	12) Electricité.
13	23,125	25,—	20,—	22,524	260.327,26	47.365.86	7.919,95	—	13) Gaz pour cuisine 20 Gaz pr moteurs 18.
14	—, 5	25,—	20,—	—	176.048,90	38.123,85	5.914,10	—	14) Electricité.
15	20,—	25,—	20,—	—	177.620,35	47.730, »	5.303, »	—	15) Répétition des résultats 1898-1899.
16	18,—	25,—	20,—	21, 6	162.774,46	38.661,75	4.366,02	—	16) Electricité.
17	12. 5	25,— [6]	22,— [6]	—	—	—	—	462,95	17) Par heure et par lanterne.
18	20,—	25,—	20,—	21, 8	86.911, »	22.796, »	—	—	
19	22, 5	25,—	20, — [7] / 17, —	21,93	83.300,50	16.342,60	2.363,96	—	
20	21,—	21,—	21,—	21,—	86.551,03	19.093,31	3.098, »	—	
21	24,—	25,—	20,—	23,—	94.809,30	14.456,65	3.262,20 [8]	—	
22	21,—	25,—	20,—	—	73.663,07	13.507,18	1.879,85	—	
23	—, 9	27,—	20,—	—	66.814,05	19.758, «	2.034.95	—	
24	— 10	18,—	18,—	18,—	48.254,55	14.034,15	2.612,10	—	
25	25,—	25,—	20,—	23, 5	65.568,97	11.870,60	2.059,95	—	
26	16,—	27,—	20,—	—	57.735,14	12.213,14	—	—	
27	23,75	25,—	18, 5	—	61.091,68	9.350,55	2.243,18	—	
28	27,—	30,—	25,—	27, — / 23, —	64.810,20	13.013,85	2.094,40	—	
29	— 12	25,—	20, — [13] / 18, —	22,22	49.592,05	7.055,35	1.791,80	—	
30	20, 5	26,—	20,—	—	71.315,28	7.538,60	856,90	—	
31	— 14	28,—	20,—	—	36.537,15	8.927,30	1.316,75	—	
32	28,—	25,—	20,—	—	39.500,70	6.997,80	900, »	—	
33	25,—	30,—	20,—	25,17	37.684,45	4.044, »	440, » [15]	—	
34	— 16	28,—	22,—	—	37.309,09	5.435,07	1.254,19	20. »	
35	5, 17	35,—	25,—	—	18.900, »	2.067, «	680, »	—	
36	—	25,—	25,—	—	—	—	—	—	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

8. Stations Electriques.

Numéros d'ordre	USINES à gaz	LAMPES A ARC — Nombre de lampes — Publiq.	Privées	Total	Equiv. de court en N.-L. à 16 bougies	Lampes à incandescence — Nombre de lampes — Publiq.	Privées	Total	Equiv. de court en N.-L. à 16 bougies	MOTEURS — Nombre	Force H. P.	Equiv. de court en N.-L.	Appareils de cuisine — Nombre	Equiv. de court en N.-L.	Total — Equiv. de court en N.-L. à 16 bougies	OBSERVATIONS
1	Zürich	87	490	557	5.865	»	40.424	40.424	37.353	218	409	6.088	59	430	49.736	(1) 26 haute tension 1858,5 H. P.
2	Basel.....	»	45	45	450	»	5.104	5.104	5.104	21	25 1/2	460	»	»	6.014	
3	Genève.....	303	184	487	»	»	55.313	55.313	»	145	2.951	»	»	»	»	(2) Résultats 98-99 reproduits.
4	Bern	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
5	St-Gallen [2]...	10	46	56	»	1	3.616	3.617	3.796	18	41 1/6	»	1	»	»	(3) En construction.
6	Freiburg i/B.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
7	Winterthur..	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	(4) Société privée.
8	Lausanne [3]..	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
9	Chaux - de - Fonds.....	3	43	46	368	6	3.158	3.164	2.590	138	415	5.454	»	»	8.412	(5) Ville de Genève.
10	Vevey [4].....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
11	Plainpalais [5]..	22	»	»	»	1	»	1	»	»	»	»	»	»	»	(6) Société privée.
12	Luzern [6].....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
13	Konstanz	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	(7) Usine municipale.
14	Biel	»	»	»	»	»	80	80	80	14	64 1/2	»	»	»	»	(8) Entreprise particulière.
15	Neuchâtel [7]..	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
16	Schaffhausen.	19	56	75	724	168	8.056	8.224	7.240	12	32 1/4	548	9	56	8.565	(9) 3 usines.
17	Herisau	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
18	Lugano [8].....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
19	Lœrrach.....	»	35	35	»	»	3.164	3.164	»	28	870	»	»	»	»	
20	Glarus.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
21	Fribourg	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
22	Frauenfeld...	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
23	Thun.....	16	18	34	793	30	3.238	3.268	2.815	12	63	819	10	120	4.547	Plus 160 H.P. provenant directement de la turbine.
24	Wädensweil [10]	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
25	Burgdorf [11]..	»	»	»	»	»	1.100	1.100	700	8	92	»	5	»	»	
26	Chur.....	14	»	14	»	61	5.560	5.621	»	8	43	»	2	»	»	(10) Entreprise particulière.
27	Emmendingen	»	3	3	»	»	418	»	»	1	8	»	»	»	»	
28	Solothurn ...	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	(11) Administrée par le propriétaire.
29	Liestal.....	»	»	»	»	122	600	722	»	»	»	»	»	»	»	
30	Interlaken...	36	61	97	1.015	32	5.228	5.260	5.092	11	32	420	»	»	6.527	
31	Baden.....	12	134	146	»	147	6.167	6.314	»	120	600	»	»	»	»	
32	Yverdon.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
33	Morges.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
34	Zug	25	27	52	520	124	5.319	5.453	5.300	29	386	4.600	2	50	10.470	
35	Colombier...	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
36	Payerne.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les moteurs à gaz et leurs sources d'alimentation.

Par M. Aimé WITZ
(DE LILLE).

Parmi les mérites des moteurs à gaz, il en est un, que l'on ne fait généralement pas assez ressortir et que je voudrais mettre en lumière : ils s'accommodent de toutes sortes de gaz et peuvent être alimentés des produits les plus riches et les plus pauvres, dont la gamme s'étend depuis l'acétylène jusqu'au gaz de hauts fourneaux ; il suffit pour cela de modifier convenablement la proportion de combustible et de comburant qui constitue le mélange tonnant, d'en assurer un parfait mélange et de régler, comme il convient, le degré de compression et l'avance à l'allumage. Quand on les munit d'un carburateur approprié, on peut même utiliser des hydrocarbures liquides, de densité et de volatilité fort différente, compris entre les éthers de pétrole ou gazolines et les pétroles lampants. C'est à cette remarquable élasticité qu'est dû l'essor de ces moteurs qu'on établit partout, près des usines à gaz ou contre un gazogène spécial, dans la ville ou à la campagne, à poste fixe ou sur des voitures automobiles, et dont la puissance varie de quelques mkg à mille Cv.

Le moteur de mille Cv était un rêve brillant dont la réalisation hantait de nombreux esprits et des meilleurs ; c'est aujourd'hui une réalité tangible, car il suffira d'accoupler en tandem ou autrement deux cylindres semblables à celui du moteur qu'expose dans la section belge la Société John Cockerill de Seraing.

Cette machine, qui est du système Delamare-Cockerill, est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du type monocylindrique ; son cylindre mesure m 1,300 de diamètre et 1,400 de course ; elle a développé, sous les yeux d'une commission d'ingénieurs compétents, de 560 à 670 Cv eff. en consommant un gaz de haut fourneau à 985 Cl par mc. Ce colosse absorbait par heure environ 2120 mc au régime de 670 Cv. Suivant le dire original d'un ingénieur distingué, la fonte n'est dès lors plus qu'un sous-produit du haut fourneau, transformé en un puissant gazogène, qui pourra débiter d'une part 150 t de fonte par jour et de l'autre environ 600.000 m c de gaz. En décomptant la moitié de ce volume pour le chauffage du vent, et pour quelques services accessoires, il resterait, par haut fourneau de 150 t, une disponibilité de gaz suffisante pour développer 3.500 Cv eff. par l'emploi des moteurs à gaz. On obtenait à grand'peine 1.000 Cv et souvent beaucoup moins, alors qu'on utilisait ces gaz au chauffage de générateurs alimentant des machines à vapeur.

Le moteur à gaz a donc conquis sa place au pied des hauts fourneaux, et il y fournit des résultats économiques inespérés ; un succès égal est réservé aux ingénieurs qui utiliseront les gaz de fours à coke.

Les gazogènes Dowson, Gardie, Lencauchez, Deutz, Pierson, Fichet et Heurtey, Bénier, etc., avaient préparé ce triomphe du moteur à gaz ; ils exigeaient d'abord des charbons spéciaux, des anthracites de choix, soigneusement criblés et séparés des poussières, ne collant pas, ne formant pas voûte, ne renfermant pas trop de cendres, ne donnant point de mâchefers fusibles, présentant en un mot des qualités exceptionnelles, correspondantes à un prix élevé. Mais on en est venu petit à petit à se servir de charbons anthraciteux ordinaires, peu coûteux relativement, qui ont abaissé le prix du mètre cube et ont multiplié les applications des gazogènes. Des stations d'électricité, des usines

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

centrales de tramways. des élévations d'eau, des moulins, des imprimeries, voire même des tissages et des filatures ont été actionnés ainsi dans des conditions excellentes, dont témoignent de nombreux et élogieux rapports. Un moteur de 100 Cv marchant 3.000 heures par an, alimenté de charbon anthraciteux à 25 fr la tonne, fournit le Cvh eff. à moins de 4 ct (1) avec un bénéfice de 1/2 ct environ sur une bonne machine à vapeur pour laquelle on brûle sur grille des générateurs du charbon à 20 fr. et ses frais de premier établissement sont plutôt moindres. Ces résultats sont acquis aujourd'hui. Le pouvoir du gaz de gazogène oscille de 1.200 à 1.600 Cl par mc.

Les gazogènes s'accommodent bien à l'emploi du coke, mais le prix élevé de ce combustible n'encourage guère pour le moment son emploi, qu'il convenait néanmoins de citer pour mémoire.

M. Mond a mis en service dans l'établissement de produits chimiques de MM. Brunner, Mond et C°, à Northwich, dans le Cheshire, un gazogène remarquable permettant l'usage de charbons menus et bitumineux; la récupération de sous-produits rémunérateurs a conduit à des résultats excellents. L'ensemble des appareils constitue à vrai dire une petite usine à gaz, mais le KWH est ressorti, non compris l'intérêt et l'amortissement des frais d'établissement, à près de 4 ct, avec moteurs Crossley, de 25 Cv, et ce chiffre justifie la dépense d'une installation complète.

Le gazogène Riché, marchant au bois donne un gaz relativement riche à 3.000 Cl, que les moteurs Charon ont consommé dans de fort bonnes conditions de fonctionnement. On peut faire de ce procédé de très heureuses appli-

(1) Nous comptons sur 5 0/0 d'intérêt et 3 d'amortissement pour les constructions, et 6 pour les machines et le matériel.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cations dans les localités où l'on trouve du bois à brûler, et le domaine du moteur à gaz s'élargit encore de la sorte : c'est surtout ce que nous désirons faire ressortir ici.

Le gaz à l'eau de Tessié du Motay n'a pas une grande clientèle dans les moteurs, et quelques-uns s'en étonnent ; la nécessité d'employer du coke et les phases alternantes du fonctionnement de ces appareils pourraient peut-être expliquer le fait. Les gazogènes Dellwik, qui donnent du gaz à 2.600 Cl, ont eu un certain succès en Allemagne, et les Américains reviennent aux gazogènes Lowe, transformés par Merrifield. Peu d'expériences ont été faites sur l'alimentation des moteurs au gaz à l'eau, mais elles ont suffi pour donner une preuve nouvelle de l'admirable condescendance de ces machines, qui fonctionnent aussi bien avec les gaz à l'eau qu'avec les gaz mixtes et les gaz Siemens, quelle que soit la proportion de l'azote qu'ils renferment.

MM. Biedermann et Harvey ont proposé de fournir aux gazogènes de l'anhydride carbonique, lequel se réduirait et produirait de l'oxyde de carbone au contact du carbone incandescent, sans obliger d'en brûler; si cette idée devenait applicable elle donnerait lieu à une intéressante régénération des gaz brûlés des moteurs. On pourrait en effet fermer le cycle en ravivant ces gaz par la traversée d'une couche de charbon au rouge; la haute température de l'échappement suffirait sans doute à entretenir les réactions et la chaleur emportée par les gaz de la décharge serait retrouvée. Malheureusement il y aurait accumulation d'azote, par suite de l'introduction de l'air comburant dans le cylindre du moteur, et on ne pourrait pas opérer sur la totalité des gaz. Cette indication, que j'ai déjà consignée dans le tome III de mon *Traité des moteurs à gaz*, donnerait lieu à une expérience qui serait sans doute plus curieuse qu'utile, mais dont l'intérêt théorique est indiscutable.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous arrivons maintenant aux gaz de distillation, qui constituent la classe des gaz riches; leur pouvoir varie de 3,500 (gaz de bois sec étuvé) à 5.350 (gaz de houille) et à 7,500 Cl (gaz de schiste). Ce sont là des chiffres moyens, car nous avons trouvé de 5.000 à 6.000 Cl pour les gaz de houille des usines à gaz, dits gaz de ville (1).

Ces gaz de ville sont les premiers gaz que le moteur ait reçus, ceux pour lesquels il a été inventé et créé, depuis Philippe Lebon jusqu'à Lenoir, et Otto. Avec du gaz à 10, 15, 20 et 25 ct, pour un moteur de 4, 10 et 30 Cv, travaillant 3.000 heures par an, le prix du Cvh eff. peut être établi ainsi qu'il suit :

PUISSANCE	PRIX DU CHEVAL-HEURE EFFECTIF			
	GAZ A 10 CT	GAZ A 15 CT	GAZ A 20 CT	GAZ A 25 CT
4 Cv.....	ct 11	ct 14	ct 17	ct 20
10 Cv.	9,7	12,7	15,7	18,7
30 Cv.....	8,5	11,5	14,5	17,5

Ces chiffres, pour lesquels nous ne revendiquons pas une exactitude mathématique, car les éléments d'appréciation sont variables et discutables, démontrent tout au moins que, jusqu'à 10 Cv, le moteur à gaz ne craint la concurrence d'aucun moteur, même avec du gaz de ville à 20 ct; mais pour 30 Cv, le prix du mc ne devrait

(1) Il s'agit du pouvoir à volume constant, vapeur d'eau condensée, tel que je le détermine à l'aide de ma bombe eudiométrique; j'opère *avec combustion complète*, ce qui n'est pas toujours réalisé, pour les gaz pauvres, avec les calorimètres dans lesquels le gaz brûle à l'air à pression constante.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas dépasser 15 ct. Il est vrai que le moteur à gaz, monté sur une canalisation urbaine, présente de tels avantages pratiques, qu'il trouverait sans peine une clientèle, alors même que le prix de revient de l'unité de travail serait un peu majoré; il n'exige en effet aucun appareil accessoire, n'a pas de foyer, ni de chauffeur, ni d'approvisionnement de combustible, peut être mis en route instantanément, par la manœuvre d'un robinet et ne consomme rien durant les heures d'inaction ; on peut d'ailleurs l'installer partout et, si le moteur est bon et de bonne construction, il est généralement assez silencieux pour être toléré par les voisins. Cet écueil n'a pas toujours pu être évité ; la faute n'en est pas toujours imputable, il est vrai, au moteur lui-même, mais plus souvent aux dispositions adoptées pour ses fondations et l'établissement de ses diverses tuyauteries, d'aspiration d'air et d'échappement des gaz brûlés, qu'on n'isole pas assez des murs.

Les applications des moteurs dans les villes n'ont pas pris le développement qu'on était en droit d'espérer à la suite des grands perfectionnements qui ont été réalisés dans le cours des dix dernières années : aujourd'hui qu'on peut se faire garantir le Cvh eff. par une consommation de 500 l. de gaz, donnant 5.350 Cl par mc à 0 et 760 mm, l'emploi de ces moteurs doit être avantageux et économique dans beaucoup d'industries. On a dès lors le droit de s'étonner de ce que la Compagnie Parisienne n'ait vendu que 10.013.000 mc en 1899, pour le service des moteurs de Paris et de la banlieue ; c'est à peine le 1/33 de sa production, soit environ 3 0/0. En Allemagne, certaines usines vendent 17 0/0 de leur gaz pour l'alimentation des moteurs et pourtant le prix du mc n'est pas moindre là-bas que chez nous et leurs moteurs ne sont certainement pas supérieurs aux nôtres. On est donc en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

droit d'espérer que la progression qui s'est manifestée cette année à Paris ne s'arrêtera pas à la suite de l'Exposition et que la clientèle des Compagnies se développera rapidement pour la production de la force motrice.

L'enrichissement du gaz de ville par carburation a été essayé, mais il semble que ce soit sans réel profit pour les moteurs ; le gaz acétylène, sur lequel on avait fondé des espérances trop hâtives, n'a pas donné non plus de résultats bien encourageants, en dépit de l'habileté dont ont fait preuve MM. Ravel, Cuinat, Franck, etc. Je ne connais aucune application suivie dans cette voie nouvelle : on a seulement réussi à démontrer que le moteur à gaz pourrait s'accommoder à l'emploi d'un gaz aussi riche, mais il reste à le dompter.

La démonstration qui ressort de l'exposé qui précède est toute en faveur du moteur à gaz, puisque nous avons vu qu'on peut l'alimenter de gaz de haut fourneau à 900 Cl et d'acétylène à 14.000 Cl par mc. M. Lencauchez a d'ailleurs démontré déjà, en dépouillant les nombreux rapports qui ont été publiés à la suite d'expériences ayant un caractère plus ou moins officiel, que le rendement thermique des moteurs ne varie pas sensiblement avec la richesse du gaz combustible. Les essais que j'ai faits à Seraing et à Differdange ont confirmé cette observation, attendu que le Cvh eff. a pu être obtenu aisément par 3 mc de gaz à 980 Cl ce qui équivaut à 549 l à 5.350 Cl.

Ce chiffre correspond à un rendement en travail effectif de 21,7 0/0 et en travail indiqué sur le piston d'environ 25,5 0/0. Or, je n'ai jamais obtenu plus de 24,1 et 26,0 0/0.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La lumière sphérique dorée.

Par M. Ernest SALZENBERG

(DE CREFELD)

En considération du peu de temps qui m'est accordé, ainsi qu'aux autres orateurs, je dois me résumer, et je vous prie d'accorder une bienveillante indulgence pour la manière quelque peu condensée dont je vais traiter mon sujet.

Quand, en octobre 1891, Auer von Welsbach réussit à introduire sur le marché, avec un perfectionnement qui promettait beaucoup, le troisième modèle de son bec d'une consommation d'environ l 2 par bougie, les efforts communs tendirent bientôt à atteindre de meilleurs résultats, c'est-à-dire à transformer encore davantage l'énergie calorique en lumière.

Pour atteindre ce but, on suivit deux méthodes :

Dans la première, on s'efforça d'inventer des becs spéciaux, dans lesquels on devait atteindre un meilleur rendement par un meilleur mélange du gaz; je parlerai d'abord du premier bec de Denayrouze (juillet 1895), avec ventilateur à rotation rapide, qui permit à Lewes d'obtenir à Londres, paraît-il, environ bd 250 pour l 252, et d'un deuxième modèle l 1 et demi par bougie.

Dans le bec de O. Kern, construit la même année, on put avec une pression de mm 45 à 300 atteindre l 1,4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par bougie, et encore moins sous une pression de mm 400; ce bec ne s'est jamais introduit en Allemagne.

Dans le bec de Saint-Paul, Paris (avril 1899), le surchauffage du gaz, sous des pressions de mm 70,152 et 200, donne pour l 350, 500 et 570: bd 265, 400 et 645 c'est-à-dire une consommation de l 1,32, de 1,25 et de 0,8 par bougie.

Sans parler d'autres encore dont l'énumération mènerait trop loin.

En suivant la seconde méthode, il parut à d'autres inventeurs, que l'élévation de la pression du gaz, et plus tard, la pression élevée de l'air, devaient être considérées comme le véritable moyen.

Déjà en 1892, lors de la réunion générale des ingénieurs gaziers allemands à Kiel, M. le directeur général Fæhndrich, de Vienne, rappelant la démonstration du gaz comprimé de Pintsch à Strasbourg 1891 (j'en parlerai plus tard) faisait remarquer :

« Il y a là une règle : à une haute pression correspond beaucoup de lumière. »

Et à un autre endroit :

« Ce n'est qu'une question de temps : le bec Auer sera appelé aussi à une puissance d'éclairage très élevée, soit 300 à 500 bougies et plus. »

Il ajouta d'une manière un peu optimiste, pour cette époque du moins : « Des recherches dans cette direction ont été faites, qui ont presque atteint le but. »

De plus M. von Oechelhaeuser constatait dans son rapport à la séance de l'Association industrielle à Berlin (7 nov. 1892), que déjà sous la pression ordinaire :

« Chaque millimètre d'augmentation de pression correspond à une augmentation de force lumineuse d'une bougie environ. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Depuis ce temps, autant que j'ai pu apprendre par les publications techniques, on a trouvé deux *procédés* et douze *appareils purement constructifs* pour l'augmentation de la force d'éclairage par la pression du gaz ; quatre appareils dans le même but pour l'emploi de la pression de l'air.

Voici en quelques mots ce que sont ces procédés et ces appareils.

1. Procédé Pintsch. — Rapport présenté au Congrès de Kiel ; brevet allemand n° 61314.

« Procédé pour l'élévation de la force lumineuse par l'éclairage au gaz à incandescence », brevet déclaré nul en 1896.

Par ce brevet, la pression d'une colonne d'eau de m 1,5 à m 2 était revendiquée.

Effet constaté à la démonstration faite à Strasbourg : l 1,06 par bd; durée de combustion 50 à 100 heures, prix 7 pfg par heure = soit 0,45 pfg par 16 bougies et heure ; force employée d'après Oechelhaeuser : pour 350 lampes de bd 200 à l 200 sous m 1 de colonne d'eau, *une* force de cv eff 1. Pintsch ne recommande pas l'emploi de l'air sous pression à cause des conduites doubles. En outre, Oechelhaeuser donna à Berlin, en 1896, des explications sur le procédé que nous venons d'énoncer. Il déclara « qu'il n'était nullement nécessaire que de l'air fût amené par une conduite spéciale » ; et il constata l 1 par bd (1).

De plus, d'après ses calculs, 3 lampes ayant ensemble 600 bougies correspondent à la force lumineuse d'une lampe

(1) Chiffre reproduit par M. Bouvier, dans son rapport sur le gaz à Berlin en 1896.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à arc voltaïque à courant continu de 6 A, et l 100 de gaz correspondent en conséquence à 100 bougies, c'est-à-dire à 1 A.

En faisant remarquer que cet éclairage du gaz sous pression avait déjà été employé par la Compagnie Parisienne, il déclara encore une fois, qu'un KWH était équivalent, au point de vue de l'éclairage, à un m c de gaz brûlé sous *un* m pression et produisant bd 1.000, pendant une heure (incandescence au gaz forcé) : affirmation, qu'il démontra aussi plus tard par le calcul, en réponse aux objections de M. Krieger par l'Agenda électrique de M. Uppenborn (1896), qui évaluait le KWH à bd 1.000.

2. Compression hydraulique du gaz, de Georg Rothgiesser. — Trois brevets de 1897 et 1898 : « un appareil soufflant par des jets d'eau », « régulateur de ces jets d'eau » et « construction destinée à détourner le jet de gaz dans le tuyau de mélange ». Deux modèles, tous les deux de 1897, d'un appareil à incandescence et d'une construction de becs genre Auer.

A Wintherthur, en 1899, on prétendit avoir obtenu avec de telles lampes, sous une pression de mm 520, jusqu'à bd 400, sans qu'on ait donné connaissance des consommations d'eau et de gaz.

3. Inderau et C°, Dresde, 1896-1897. — Trois modèles brevetés pour un appareil d'enrichissement de l'air comprimé.

Sont brevetés simplement un tambour à plusieurs palettes tournantes, pour la production de la pression du gaz, les accessoires du même appareil, une chambre d'aspiration et de pression pour l'emploi du gaz comprimé; et la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même année un appareil pour transmission variable entre le compresseur et le moteur à air chaud.

4. Haussmann-Dortmand. — Trois modèles brevetés de 1897; application d'un moteur hydraulique avec accessoires, de même qu'un brûleur à incandescence sous pression de gaz, avec emploi de manchons emboîtés l'un dans l'autre.

Je ne pourrais vous renseigner sur les résultats obtenus.

5. Adolph Rudolph, Stuttgart, mars 1899. — Appareil pour la production du gaz comprimé avec une pompe à air mise en mouvement par des poids.

Les résultats ne sont pas connus.

6. A. Lecomte et J. Lœser, Paris. — Brevet allemand de juillet 1898, compresseur et régulateur de gaz comprimé. Le producteur de pression est une sorte de compteur employé comme exhausteur, il ne s'agit ici que d'une *construction* spéciale et non d'un *procédé*.

Lecomte a donné dans le Journal (français) du *Gaz et de l'Électricité* de 1899 diverses explications très intéressantes sur les moyens d'obtenir la pression du gaz, mais dont le détail nous mènerait trop loin.

7. Lampe a incandescence du gaz sous pression de la Société " Intensified Gas Light Syndicate Ltd London ", employant mm 230 de pression, produite par un moteur spécial. — Dans la disposition de l'éclairage du Great Central Railway, London, Marylebone Road, dirigée par W. Sugg et C°, 36 lampes doivent produire ensemble un éclairage de 29.200 bougies.

La même maison éclairait, au printemps dernier, la place de l'Hôtel-de-Ville à Leeds, avec des lampes de 330 bougies.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme dit le rapport, consommant l 283, ce qui revient ainsi à l 0,86 par bougie; donnée, qui, en considération de la basse pression, ne me paraît pas digne de confiance, d'après mes constatations de plusieurs années sur diverses intensités d'éclairage, diverses consommations horaires et pressions de gaz.

8. James Keith. — Appareil automatique à pression hydraulique, avec effet double ou différentiel, servant en même temps de compresseur de gaz et d'air; pression mm 256 à 500.

Constructeur : « The Water motor and automatic liquid Elevator Company Ltd, London 1899 ».

9. A Ivan Vriesland, a Amsterdam. — Compression du gaz par une sorte de vis d'Archimède, appliquée surtout à la production et distribution d'air carburé (Aérogène).

10. Wenzel Knapp et Richard Steilberg a Hambourg. — Deux réservoirs placés l'un au-dessus de l'autre, régularisation de la pression du gaz par les diverses hauteurs des deux colonnes liquides.

Cette maison prétend atteindre avec une colonne liquide de mm 1.300 bd 450 pour l 325, soit l 0,72 par bd, ce qui est en tout cas à peine croyable, car la proportion indiquée par la maison entre la consommation du gaz à incandescence ordinaire et celle qui résulte de ce procédé donne l 2,9 : 1,5; tandis que pour l 2 par bd cette proportion devrait s'établir à l 2,9 : 1,04 par bd; les bd 450 indiquées ci-dessus devraient d'après cela exiger non l 325 par heure, mais 463. L'appareil, sans le moteur, pour bd 16.000, correspondant à 16 lampes à lumière boule de bd 1.000 l'une, ne coûterait pas moins de 2.100 et avec moteur même 2.600 marcs (fr. 2.625 à 3.225).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

11. Brevet anglais, N° 14086, SNELL C. S. OF SALTASH. — Compression de gaz ordinaire par l'effet de la chaleur de la lampe sur le gaz ou l'eau à comprimer, sans intervention d'un autre compresseur.

12. WILLIAM SUGG : « *System of high Power Incandescent Gaz Lighting* ». — Elévateur de pression breveté et appareil régulateur du gaz.

Il existerait diverses installations pour de grandes places, les docks, les gares, etc.

Pression de mm 229 d'eau, consommation 1 l par bd. Les appareils sont construits par les « Vincent Works Westminster ».

13. En dehors des maisons, que nous venons de citer « The Yorkshire Intensified Gas Lighting Syndicate » et « La Société anonyme d'éclairage et de chauffage intensifs (Système Somzé-Greyson) Bruxelles » s'occupent encore du gaz comprimé.

14. Je nommerai en dernier lieu mon procédé, dit « Kugellicht » ou Lumière Sphérique, brevet allemand n° 107935. Procédé pour la production de « l'éclairage à incandescence » breveté en décembre 1899.

Plus divers modèles brevetés, en automne 1899 et au printemps de 1900, pour un bec à haute pression et sans bruit, et pour des supports de manchons à incandescence. En outre « La Kugellicht Gesellschaft » à Dresde, société qui construit et exploite mes appareils, est en passe d'obtenir des brevets pour la construction de divers becs.

Le principal brevet garantit purement *un procédé* et avant tout l'emploi, sans concurrence, *d'une pression de As 1 et plus*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour terminer cette partie historique de mon rapport, je mentionnerai les 4 diverses constructions pour l'éclairage à incandescence sous *pression d'air*, qui sont venues à ma connaissance.

1. La plus ancienne, de Sept. 1891, est celle de Hugel, représentant de la maison Selten et Co, qui exploita dans le temps les brevets Welsbach-Pintsch.

On atteignit, avec l'air carburé et renfermé dans des sacs de caoutchouc chargés de poids, 80 à 100 bougies à l'aide du bec Auer. Prix moyen : 6 pfg. par heure de combustion c'est-à-dire 1 pfg. par bd 16 et par heure.

2. Ensuite on doit nommer le système d'August Nagel, Baden-Baden; voir journal allemand du gaz, Nov. 1896.

Nagel se servait pour l'emploi d'air sous pression, d'un bec particulier; cependant voici ce que le journal allemand en disait :

« Le manchon ne peut pas résister longtemps à une haute température et perd rapidement la force d'éclairage. Mais, même dans les cas les plus favorables, l'emploi de la lumière à incandescence par pression de l'air restera toujours imparfaite pour des raisons techniques. »

Pour la production de l'air comprimé, on peut se servir d'une force quelconque; gaz et air doivent être réglés par des robinets séparés.

Nagel dit à propos de son bec :

« Quand le bec est trop court, il manque d'air, on consomme plus de gaz et la combustion n'est pas sans bruit. »

On ne sait rien sur l'effet économique de ce système.

3. Brûleur à air comprimé, système Schülke, Brandholt et Co; représentant unique la « *Gasglühlicht Actien Gesellschaft* », à Berlin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce système se base sur les brevets et constructions d'Oehlmann des années 1896, 1897 et 1898, à savoir : 1° « bec à incandescence à gaz comprimé avec obturateur actionné par l'air comprimé »; 2° « bec se composant de plusieurs tuyaux »; 3° « bec pour incandescence au gaz avec appareil automatique réglant par la pression de l'air comprimé l'admission du gaz et de l'air. »

Ce brûleur à air forcé fut présenté à Worms les 17 et 18 octobre 1899 au « Mittelrheinischen Gas-und Wasser fachmænner-Verein » (Congrès Régional des Gaziers du Rhin Moyen) par le directeur de la maison Schülke Brandholt et C°; il fit l'objet d'un rapport dans le n° 48 du Journal Allemand du Gaz, année 1899.

La consommation de gaz doit être de l 400 à 600, celle d'eau de 300 à 400; pression de l'air environ 3/10 d'As; rendement l 0,8 à l 1 par bougie.

Dans mes expériences particulières, j'ai remarqué qu'on ne peut pas atteindre ces résultats; je constatai aussi une consommation de l'eau de l 693 par heure en moyenne.

4. Finalement parlons du brevet Ferron-Paris 1898. Tuyau pour des becs de gaz à incandescence avec chambre conique de mélange et injecteur pour l'introduction de l'air comprimé. Première installation à Paris.

Il faut avoir comme dans le système Nagel, Schülke Brandholt et C° un double tuyautage.

Ces éclairages par l'air comprimé se basent tous sur des particularités de *construction*, à savoir sur la construction des becs, et non sur des *procédés;* de l'avis du Bureau des brevets allemand, seuls les brevets de Pintsch N° 61319 et de Salzenberg N° 107935 peuvent être désignés comme tels.

Notre dernier brevet (107935) garantit et revendique :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° Grande puissance lumineuse,

2° Rendement économique élevé,

3° Éclat blanc-jaunâtre,

4° Répartition uniforme de la lumière dans le plan horizontal, plus uniforme que dans l'incandescence ordinaire au gaz : c'est pourquoi on a adopté le nom allemand de « Kugellicht », ou littéralement lumière sphérique.

5° Compression du gaz à As 1 et plus.

L'intensité varie entre bd 300 et 2.000, mais le susdit rendement, amélioré depuis lors, atteint aujourd'hui l 0,85 et même l 0,80 par bougie. On peut l'élever dans *un* bec à bd 2.000.

M. le conseiller intime et professeur Bunte trouva comme pression la plus favorable avec mon premier bec très primitif As 1,1 correspondant à l l par bd ;

Je vous prie, messieurs, de jeter un coup d'œil sur les graphiques établissant qu'à une pression croissante et à une consommation croissante de gaz correspond en même temps une diminution de la consommation par bd (1).

Le gaz peut être comprimé sans difficulté à As 10 dans un réservoir métallique, quoiqu'il ne soit pas recommandable et pratique de dépasser la limite de As 3,5 de compression, à cause de l'augmentation de la force motrice nécessaire. La pression minima aux brûleurs, ou pression utile, est toujours d'une et un dixième d'atm. (As 1,1).

Je fais remarquer en outre, d'après les constatations de Botley, que même avec une compression de As 14 on ne perd en pouvoir éclairant que 16,8 0/0 pour le gaz brûlé au bec papillon, et naturellement moins dans un bec à incandescence. Dans les tableaux ci-joints, vous trouverez tous les

(1) C'est ainsi que le rendement maximum, soit moins de l 0,9 par bd, correspond à As 1,1 et à une consommation pouvant atteindre l 900.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

calculs faits pour As 3,5 dans le réservoir de compression et pour une pression du gaz de As 1,1 au bec.

Je n'ai pas besoin d'insister sur le bon marché d'un éclairage consommant l 0,80 à 0,9 par bd, soit en chiffre absolu l 800 à 900 pour donner 1.000 bdh, après les comparaisons établies par M. von Oechelhæuser et par d'autres.

Une lumière sphérique de l 850 avec un prix de gaz de 20 cts par m^3, reviendra pour bd 1.000 et par heure à 17 cts; et moins encore avec le gaz à 18,75 cts par mètre cube.

Il faut ajouter les dépenses pour la force motrice 16 lampes à bd 1.000 par heure exigent la force d'un cheval.

Si l'on évalue à l 720 la dépense en gaz, dans un moteur à gaz, par cheval et par heure, on peut dire que chacun de nos foyers consomme, force comprise, 850 + 45 soit l 900 pour bdh 1.000 ou pour 100 Cah.

Chacun peut y comparer le coût horaire d'une lampe électrique à arc de Ca 100.

Dans ces calculs, on omet dans les deux cas la consommation des manchons et des crayons de charbon, ainsi que l'intérêt et l'amortissement, en général, plus élevés dans les stations centrales électriques; de telle sorte qu'on ne pourrait obtenir un KWH, à un prix équivalent au coût de l 900 de gaz, que dans des conditions exceptionnelles.

Le mélange de l'air et du gaz dans mon brûleur à lumière sphérique contient 86 0/0 d'air et 14 0/0 de gaz, si l'entrée de l'air est exactement réglée.

Le graphique permet de constater combien la distribution de la lumière au rayonnement est plus uniforme que celle du bec Auer-Welsbach.

L'intensité rayonnée par nos foyers dépasse, à éclairage

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

total égal, celui du bec Auer dans les divers azimuts, savoir :

à 30°	au-dessous	de l'horizon	de	4 0/0
» 40°	—	—		10,7 —
» 50°	—	—		14,6 —
» 60°	—	—		13,8 —
» 70°	—	—		14,2 —

En comparant la coloration de notre lumière à celle de la lumière blanche de la lampe à arc voltaïque et à la lumière verdâtre du bec Auer, on voit qu'elle est plus agréable, plus jaune ou dorée et semblable à la lumière du soleil.

Le rayonnement uniforme extraordinaire produit une absence d'ombre complète sous la lampe en comparaison des différentes apparitions d'ombre des lampes à arc voltaïque; c'est pourquoi un de mes amis, professeur à l'école polytechnique à Charlottenburg appelait par plaisanterie notre éclairage « la lumière de Pierre Schlemihl » ou « l'homme qui a perdu son ombre », en souvenir de la fable bien connue, du poète émigré français Adalbert de Chamisso.

On peut varier d'appréciation sur la meilleure coloration de la lumière. Beaucoup de gens préfèrent la lumière blanche, par exemple dans les magasins, pour la réclame, etc. Toutefois, on donne généralement la préférence à la lumière jaunâtre, surtout depuis qu'il a été établi par les expériences du professeur Hempel que la lumière blanche exerce une réaction chimique plus forte sur le pourpre rétinien et, par conséquent, fatigue davantage les yeux.

A la suite des expériences minutieuses de M. le professeur Bunte, des comparaisons photométriques et spectrophotométriques qu'il a établies entre notre éclairage et divers autres modes d'incandescence par le gaz, toutes re-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cherches et essais figurés dans les tableaux graphiques ci-annexés, l'éminent spécialiste résume ses conclusions comme suit :

1° L'emploi de la compression à As 1,1 permet un usage très économique du gaz et donne un rendement élevé.

2° La répartition de la lumière sphérique grâce à la pression du gaz de As 1,1, est beaucoup plus uniforme qu'avec l'incandescence ordinaire.

3° La pression de 1 ou même de As 1,1 permet d'obtenir une lumière d'un ton agréablement jaunâtre, semblable à la lumière du soleil, tout en donnant un rendement économique très élevé.

Nos appareils sont figurés sur la planche ci-jointe (voir Pl. XII).

La figure 1 représente une station centrale, annexée à l'usine à gaz d'une ville de 100.000 habitants et calculée pour 200 lampes à 1.000 bd l'un. La force motrice est produite dans ce cas naturellement par un moteur à gaz. La légende indique toutes les données de l'installation.

Voici la suite des appareils et accessoires :

Aspiration du gaz dans le réseau général du gaz ou dans l'usine à travers un compteur en fonte, poches en caoutchouc, tuyautage avec robinet et soupape de retenue, compresseur pour l'aspiration d'au moins mc 200 de gaz par heure, compresseur mû par courroie et par un moteur à gaz de Cv 20, tuyau joignant le compresseur à deux réservoirs de gaz comprimé. Dans ces réservoirs le gaz est comprimé à As 3,5 et 4.

Il y a encore dans la conduite entre le compresseur et le réservoir de gaz comprimé une soupape de retenue, destinée à protéger le compresseur contre le refoulement éventuel du gaz comprimé.

La sortie du gaz s'effectue par une soupape de réduction.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La conduite principale a un diamètre intérieur de mm 76, causant une perte de charge de As 0,45 pour une longueur de canalisation de gaz forcé évaluée à 2 fois m 3.000 pour faire le tour de la ville.

Donc la pression à la sortie de la station doit être égale à As 1,45 pour être encore à l'endroit le plus éloigné, de As 1.

Fig. 2. — Installation de 30 lampes de 1.000 bougies pour l'éclairage d'une grande fabrique, etc. Appareils dans le même ordre et dispositif que ci-dessus. Diamètre intérieur du tuyau de gaz forcé mm 40, perte maximum As 0,23 de charge.

Fig. 3. — Installation alimentant 10 lampes de bd 1.000, pour magasins, restaurants, hôtels, salles de concert, etc. Compresseur installé dans la cave, suite des appareils comme ci-dessus; électro-moteur, le compresseur peut être fixé contre un mur.

Ce n'est pas une idée nouvelle, que d'installer des conduites à haute pression et de dimensions réduites, par conséquent peu coûteuses.

J'attire votre attention sur le fait, cité dans le journal « Progressive Age » et dans divers autres, que dans les villes de Phœnixville et Royersford (Amérique du Nord) on a installé des réseaux de gaz sous pression, pour distribution générale à tous les consommateurs, d'un diamètre de 76 mm sur une longueur de 7 km.

La pression dans ces villes américaines est égale à As 1 ; compression obtenue à l'aide d'un moteur à gaz de Cv 20 (voir fig. 1).

Dans le cas où certains consommateurs ne désirent pas une pression aussi élevée, il suffit de placer des détendeurs ou soupapes de réduction avant les compteurs.

Les pertes de pression se calculent d'après les formules données par Riedler et Gutermuth dans leur rapport sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les installations d'air comprimé à Paris, en tenant compte de la différence entre le gaz et l'air.

Il est possible de maintenir les pertes ou fuites dans le réseau dans une limite relativement basse, par une installation soigneuse, éventuellement par la soudure des joints d'après le système Goldschmidt, et aussi par ce moyen : que toutes les lampes soient allumées et éteintes d'un point central, c'est-à-dire que le conduit ne soit sous pression que pendant les heures d'éclairage tandis que, pendant les autres heures, le gaz s'y trouve sous la pression normale à laquelle brûlent les veilleuses d'allumage ; on obtient facilement ce résultat à l'aide d'un robinet à trois voies.

L'appareil figuré ici donne de très bons résultats.

Il faut faire écouler les produits de condensation déposés dans les réservoirs de gaz comprimé, tous les jours ou tous les deux jours, par les robinets de vidange.

Si les réservoirs restent longtemps sans être vidés, les produits de condensation, d'apparence laiteuse, peuvent contenir jusqu'à 4 0/0 de benzol ; la conduite principale est également munie de bouchons de vidange aux point bas, ou mieux de boîtes de vidange fermées. Le peu de naphtaline qui se condense peut s'échapper par les bouchons d'écoulement, pareille à des flocons de neige.

Il est facile aussi de disposer, entre le réservoir de gaz comprimé et la soupape de réduction, un réservoir à chlorure de calcium, destiné à absorber les derniers restes d'humidité du gaz et à supprimer toute chance de congélation dans le réseau.

Il y a deux types de becs :

1° Le *bec universel*, avec sortie annulaire du gaz et pour toutes les intensités entre bd 300 et 2.000 ; une chambre conique, allant en s'élargissant, produit un mouvement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de tourbillon du courant de gaz autour d'une aiguille conique de réglage, et par suite, un mélange parfait de gaz avec l'air atmosphérique aspiré dans le brûleur ;

2° Le *bec Standard*, semblable au bec ordinaire Auer, spécial pour les intensités de 600 à 800 bougies. Ce bec ne laisse passer qu'une quantité de gaz proportionnelle à l'ouverture des petites buses au fond du bec.

L'allumage central est figuré sur le dessin.

Les becs brûlent sans verre, les deux types ont un réglage simple de l'air, au moyen de manchons mobiles. Tous deux brûlent avec une tranquillité absolue; le bec Standard fait un peu moins de bruit que le bec universel, aussi ce dernier convient-il davantage pour l'extérieur, places, quais, docks, etc. ; le premier pour l'intérieur, par exemple, grandes salles, etc.

La suspension de nos lampes est à peu près la même que celles des lampes électriques à arc.

La dernière canalisation conduisant le gaz aux brûleurs et alimentant les veilleuses d'allumage, est établie en tuyaux de caoutchouc, de la qualité spéciale dite « Durite ». On a constaté qu'ils sont d'une résistance à toute épreuve.

Les manchons, type dit : « Thorium-cérite », sont employés soit en tissu double, soit en tissu simple, mais alors ils sont plus forts ; hauteur éclairante, cm 12.

Incinération au moyen d'un bec Bunsen sous pression ordinaire; solidification et formation au moyen de gaz comprimé à une et un dixième d'As ; durée des manchons pour l'éclairage à l'extérieur 200 à 250 heures; pour l'intérieur, avec usage des veilleuses d'allumage, 350 heures et davantage.

Poids des manchons incinérés « environ sept fois autant que celui de manchons ordinaires, c'est-à-dire

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

g 3,8 ». Suspension comme il est indiqué sur le dessin au moyen de deux supports, qui peuvent être déplacés verticalement.

Pour empêcher un développement excessif des manchons dans la flamme, ils sont retenus par des fils d'amiante, de la même manière que les aérostats pendant le remplissage.

L'emploi des manchons collodionnés n'est pas plus recommandable pour la lumière sphérique que pour les becs Auer, à cause de la diminution de l'intensité lumineuse dès le début résultant du collodionnage.

La forme la plus avantageuse du manchon, pour retenir le corps incandescent tout entier dans le cône de la flamme, est celle d'un sac plein de blé.

On emploie pour nos foyers des globes transparents, avec environ 6 0/0 d'absorption de lumière, et, en cas de globes opalisés, avec 20 à 31 0/0; l'absorption change dans les globes mats mais selon la position du centre du globe par rapport à l'axe du photomètre.

L'échauffement de la lampe n'est pas exagéré, et je l'évalue comme suit : 29 fois autant qu'une lampe électrique à incandescence de 16 bougies, si même il ne faut admettre un chiffre un peu plus élevé à cause de la combustion plus accélérée.

Si le rayonnement de chaleur de la lampe électrique à incandescence de bd 16 est supposé égal à 1, le rayonnement d'un bec papillon de bd 16 est égal à 20, et celui d'un bec à incandescence ordinaire de bd 60, à l 2 par bd, est égal à 3,5; respectivement pour bd 16 la chaleur rayonnée est égale à 0,9 fois celle d'une lampe électrique à incandescence de la même intensité.

En admettant une consommation de l 1 par bd dans notre lumière sphérique, le rayonnement de chaleur de cette der-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mière est égal à $\frac{3,5.1000.}{60}\ \frac{1}{2} = 29$ ou par estimation égal à 35 fois autant qu'une ampoule électrique à incandescence, en tenant compte de l'augmentation de chaleur par une combustion plus vive; mais enfin on peut facilement saisir à la main les globes de nos foyers.

Le bec à lumière sphérique brûle aussi étant incliné, et en réalité sans diminution sensible d'intensité, avec la tête en bas jusqu'à une inclinaison de 20° comptée à partir de la verticale.

Au point de vue hygiénique, on pourrait dire de la lumière sphérique absolument la même chose que de la lumière du bec Auer-Welsbach.

En négligeant la proportion quelque peu plus favorable qu'il y a dans le mélange de gaz et d'air constaté dans le bec de la lumière sphérique par rapport au bec Auer, qui en brûlant ne produit, d'après Gréhant, que 3/10.000 0/0 d'oxyde de carbone, la lumière sphérique produit avec bd 1.000 et environ l 850 de consommation :

$$0,0003 \times \frac{850}{120} = 0,0021$$

c'est-à-dire 2/1000 0/0 d'oxyde de carbone, tandis que, d'après Vivian B. Lewes, la limite dangereuse est de 2/100 0/0.

D'ailleurs la faible quantité, d'oxyde de carbone dans le bec Auer fut constatée dès 1894 par l'Institut hygiénique de Halle.

Comme je l'ai déjà fait observer nos becs « universels » produisent, pour toute intensité supérieure à bd 700, un certain bruit différent du sifflement de la lampe à arc voltaïque.

Les précautions essentielles à observer dans la construction des becs, pour éviter autant que possible ce bruit, ont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

été déjà fixées en 1891 par le professeur Dr Meidinger, à savoir :

1° Juste proportion du mélange de gaz et d'air;

2° Vitesse du gaz sortant;

3° Bonnes proportions de la section transversale et de la longueur du tuyau de mélange.

De même que les becs Auer produisaient fréquemment, dans les premiers temps de leur apparition, un bruit désagréable, des phénomènes d'interférence peuvent avoir lieu dans les lampes de la lumière sphérique; c'est un côté involontairement comique des lampes, mais désagréable dans certaines circonstances, et qu'on peut éviter de la manière suivante : ne *pas* installer, autant que possible, les becs *au centre* mathématique du globe, mais plutôt vers le tiers de la hauteur en dessous ou en dessus de ce centre.

Pour terminer mes explications sur la lumière sphérique, je ferai remarquer que cette dernière est applicable non seulement pour le gaz ordinaire, mais encore pour le gaz à l'eau, l'air carburé, etc.

Le comité d'ingénieurs ressortant du ministère de la guerre de Prusse, à Berlin, a organisé des essais importants, avec réflecteurs, de lumière sphérique, en comparaison avec les projecteurs électriques, et cela dans les usines à gaz de Crefeld, en présence de plusieurs officiers d'état-major.

Dans ce but tout un train de projecteurs électriques avait été demandé aux fortifications de Cologne pour Crefeld; et ces essais eurent pour résultat que les projecteurs électriques convenaient spécialement pour les recherches sur des points déterminés du terrain, à cause de l'étroitesse de leur gerbe lumineuse, tandis que les projecteurs munis de nos foyers de lumière sphérique trouveront une bonne application pour l'éclairage des étendues de terrain

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

situées autour des forteresses, et encore pour les grands chantiers, etc., à cause de leur gerbe de rayonnement 15 fois plus large.

Nous trouvâmes qu'avec un projecteur de lumière sphérique de bd 6.000, à une distance de km 3, avec une largeur de gerbe de m 400, l'éclairage suffisait amplement pour exécuter des travaux de terrassement de tout genre.

Les hommes éclairés donnaient des ombres longues et denses; et on put reconnaître, en tournant le dos à la lumière et en tenant un papier devant le visage, l'exacte silhouette du profil et même assez accusée pour pouvoir le dessiner; en même temps on pouvait, à cette distance de km 3, lire commodément un texte imprimé en gros caractères d'imprimerie.

J'ai figuré graphiquement des recherches photométriques avec la lumière à incandescence sous pression d'air, qui, avec l'emploi de mm 30, 40, 50, 60, et 70 de pression du gaz et 3/10, 4/10 et 5/10 d'As de pression de l'air, ont donné ce résultat remarquable que le rendement économique des lampes à pression d'air de 3/10 d'As n'est guère meilleur que celui des becs Auer ordinaires; et la lumière à air comprimé a le désavantage essentiel, à l'égard de la lumière sphérique, qu'il n'est pas possible d'établir dans leurs justes proportions les sections des courants d'air pendant la combustion.

Or ce n'est que la juste proportion entre les deux courants qui peut donner le meilleur résultat.

En outre la lumière à air comprimé est sous la dépendance de deux facteurs variables : la pression normale du gaz, qui est toujours incertaine, et la pression de l'air toujours incertaine aussi, en dépit de la soupape de réduction (détendeur).

La lumière sphérique ne compte qu'un seul facteur varia-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ble : c'est la pression élevée du gaz, tandis que la pression atmosphérique, en général, peut être admise comme constante, et on peut établir avec la lumière sphérique la proportion entre la pression du gaz et la pression atmosphérique de l'air, par les entrées d'air de la façon la plus exacte.

Messieurs! En vous priant d'excuser mon mauvais français et ma mauvaise prononciation, j'ai l'espoir que cette nouvelle invention obtiendra votre protection et je conclus, avec la conviction même du grand théoricien du gaz Vivian B. Lewes énoncée à l'assemblée du *Incorporated Gas Institute* d'Edimbourg, que « l'industrie du gaz n'est pas sur la voie de disparition comme l'espérait sa rivale l'Electricité; mais elle n'est encore qu'à l'état d'enfance et les progrès qu'elle réalisera dans les vingt-cinq années à venir surpasseront encore de beaucoup ceux qu'on a obtenus dans le dernier quart de siècle ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Suspension et Allumage automatique de lanternes à gaz pour candélabres élevés.

Par M. G. HIMMEL
(DE TUBINGUE)

Toutes les tentatives faites jusqu'à ce jour dans le but de remplacer la lampe à arc électrique par le bec Auer pour l'éclairage des grandes places ont échoué à cause de la grande difficulté du service et de l'allumage d'une lanterne suspendue à une hauteur de 8 à 10 mètres au-dessus du sol.

Ma nouvelle disposition brevetée écarte ces difficultés et ma lanterne peut être suspendue aux mêmes mâts et à la même hauteur que la lampe à arc, en maintenant une manœuvre simple et facile. Toutes les dispositions imaginées pour obtenir ce résultat manquaient de simplicité.

Dans la plupart des dispositions une échelle était indispensable pour arriver jusqu'à la lanterne; d'autres plus ingénieuses permettaient de rabattre le mât pour amener la lanterne à portée de l'allumeur, mais ces candélabres aussi ont été peu employés à cause de leur maniement compliqué.

Avec mon nouveau système une manœuvre fort simple permet de séparer la lanterne du tuyau d'amenée du gaz et de la descendre du mât, de la remonter ensuite et de la remettre en place aussi facilement qu'une lampe à arc. Par la séparation de la lanterne du tuyau d'amenée du gaz je garantis la fermeture automatique non pas d'une seule, mais de trois conduites différentes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

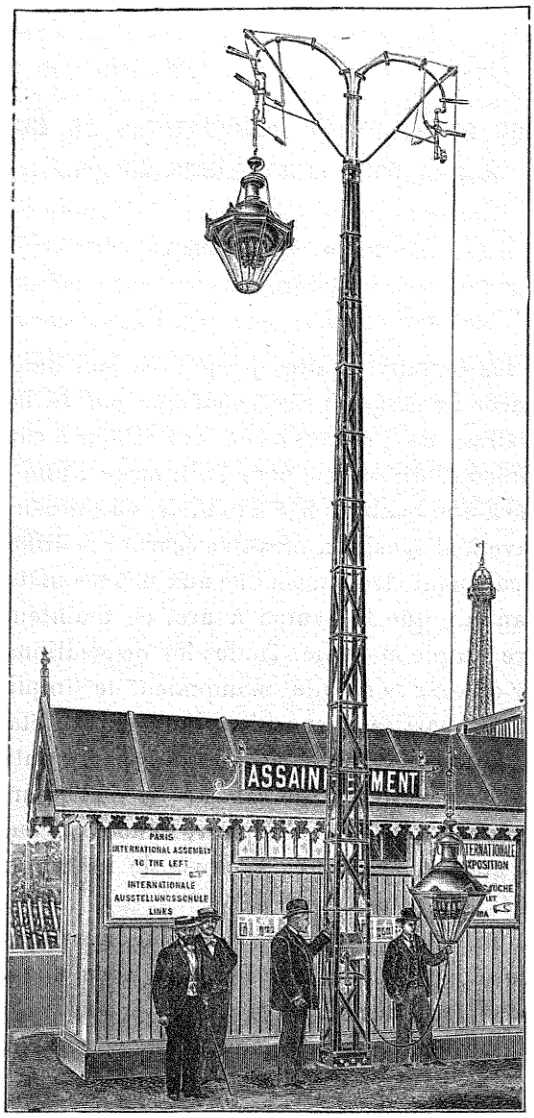


Fig. 1.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Je suis en train de monter à Strasbourg 6 de ces candélabres, dont chacun portera 3 lanternes pouvant être descendues séparément.

La disposition que j'ai adoptée est la suivante.

A l'intérieur d'un mât creux ou en charpente métallique, je place verticalement le tuyau d'amenée du gaz, qui porte à sa base un robinet porte-caoutchouc au-dessus duquel est disposé le robinet de barrage; la partie supérieure du tuyau est horizontale. Le tuyau horizontal porte à son extrémité une boîte à ouverture conique munie d'un robinet distributeur du gaz à trois voies. Cette boîte forme le siège d'un cône qui relie la lanterne avec la conduite de gaz. Pendant que le cône est dans son siège il est en communication constante avec les trois conduites du robinet à trois voies. Ces conduites sont : la première, pour les flammes principales; la seconde, pour les allumeurs, et la troisième, pour l'allumeur à flamme grimpante.

La lanterne est suspendue au cône au moyen d'un cadre creux, dans lequel sont ménagées les trois conduites dont je viens de parler, qui amènent le gaz aux différents points de la lanterne.

Une membrane métallique destinée à atténuer relie la lanterne au cadre.

Le robinet à trois voies est muni d'un levier portant un contre poids qui produit la fermeture complète de toutes les conduites allant à la lanterne.

L'autre extrémité du levier est reliée à une corde métallique passant à l'intérieur du mât et pouvant être fixée au moyen de crochets dans trois positions spéciales.

Le plus souvent la corde est attachée au premier ou au second crochet correspondant à la position de jour ou de nuit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Manière de descendre la lanterne.

La lanterne peut être séparée de la conduite de gaz et descendue au moyen d'une corde métallique, attachée à la partie supérieure du cadre et passant sur une poulie fixée au candélabre environ à cm 80 au-dessus et à cm 12 latéralement du siège conique. De là elle passe à la poulie inférieure.

Cette corde n'est soumise à la traction que quand on monte ou descend la lanterne, ce qui se fait en tournant la manivelle d'un tambour sur lequel s'enroule la corde. En cas ordinaire, tout le poids de la lanterne est supporté par le siège conique, c'est-à-dire par le bâti du candélabre. Par conséquent, il n'y a pas à craindre de chute de la lanterne par suite de rupture de la console. Pour descendre la lanterne en cas de nettoyage, il suffit de fermer le robinet à trois voies et de tirer la corde de suspension suffisamment pour que le cône se sépare de son siège. La lanterne fera alors un mouvement horizontal, se placera verticalement au-dessous de la poulie supérieure et pourra être descendue sans crainte qu'elle touche à la boîte conique ou au robinet.

Disons en passant que ce robinet ne laisse passer aucune trace de gaz, parce que le contre poids le ferme complètement.

Pour vérifier et régler les becs de la lanterne il faut du gaz; ce gaz est amené par le robinet porte-caoutchouc auquel on adapte, au moyen d'un tuyau en caoutchouc, un siège conique portatif semblable à celui dans lequel la lanterne est suspendue quand elle est montée. Ce support conique adapté au cône, et le robinet ouvert, on peut procéder à la vérification des becs. Il est bien

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

entendu qu'un seul de ces supports coniques portatifs suffit au service de toute une série de lanternes.

Avant de remonter la lanterne on allume une petite lampe à alcool montée à la partie inférieure de l'allumeur à flamme grimpante. Cette lampe brûle 1/4 d'heure. Quand le cadre de la lanterne est arrivé à la hauteur du robinet supérieur deux bras latéraux font jouer une fourche adaptée au siège conique et lui font faire un mouvement de bascule. En laissant descendre la corde à ce moment, la partie supérieure du cadre est prise dans la fouche et le cône est infailliblement conduit dans son siège. En même temps la fourche déclanche et bascule pour ne pas être un obstacle à la prochaine descente de la lanterne. Une fois le cône en place, toutes les communications du gaz sont rétablies et comme la lanterne exerce par son propre poids une pression du cône sur son siège il est inutile d'employer des joints spéciaux pour empêcher les fuites de gaz.

Allumage.

Il ne reste plus maintenant qu'à allumer les allumeurs permanents. A cet effet on place le robinet à trois voies dans la position 3 pour que l'allumeur à flamme grimpante soit en communication avec les flammes permanentes.

Le gaz sortant de l'allumeur à flamme grimpante s'allume au contact de la flamme à esprit de vin (qu'on peut remplacer par une pilule en éponge de platine) et la flamme grimpe jusqu'aux allumeurs permanents qui s'allument également.

En mettant le robinet dans la position 2, la flamme grimpante s'éteint et les flammes permanentes brûlent seules.

Pour l'allumage des becs, il ne reste plus qu'à mettre le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

robinet dans la position 1. La lampe à alcool s'éteint peu de temps.

Si par hasard l'un des allumeurs permanents devait

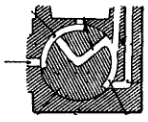


Fig. 2.

Fig. 3.

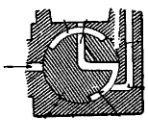


Fig. 4.

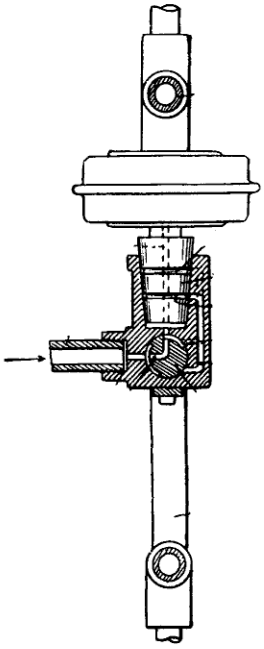


Fig. 5.

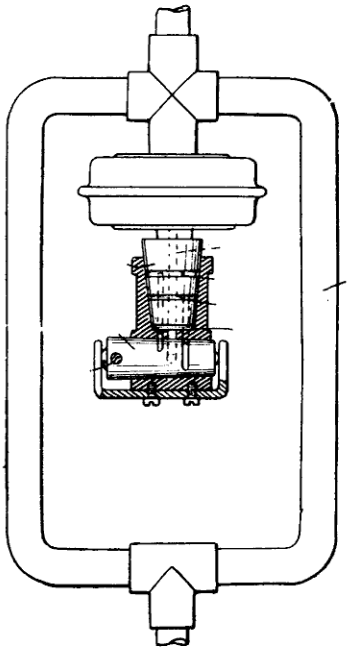


Fig. 6.

s'éteindre, on n'aurait qu'à mettre le robinet dans la position 3, pour que la flamme grimpante s'allume à l'un des allumeurs et que la flamme éteinte prenne feu. Cette construction offre donc un moyen simple et infaillible pour per-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mettre au bec Auer de servir à l'éclairage des grandes places et de remplacer complètement et avantageusement la lampe à arc.

En employant le gaz forcé que M. Salzenberg applique avantageusement dans sa *lumière sphérique* il est aisé d'arriver avec le bec Auer à une intensité lumineuse de 1.500 bougies par manchon.

Je serais heureux, messieurs, si ma communication pouvait vous convaincre que, dorénavant, tous les obstacles à l'essor de l'éclairage au bec Auer en grand se trouvent aplanis.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Contribution à l'étude des éclairages concurrents du gaz.

Par M. A. LECOMTE

(DE PARIS)

Dans cette note nous ne parlerons ni de l'électricité, ni de l'acétylène, mais nous étudierons très soigneusement les systèmes basés sur la distribution à la température ambiante de vapeurs d'hydrocarbures volatils, ainsi que sur la vaporisation à chaud de ces mêmes hydrocarbures dans des appareils appropriés.

Le besoin de lumière est si impérieux que presque chaque jour voit naître un nouveau système d'éclairage plus ou moins parfait, mais presque toujours copié sur un système ayant quelque cinquante ans d'existence.

Ayant eu l'honneur de prendre part à un très grand nombre de réunions et de conférences sur ces sujets, je me suis fait un devoir d'apporter ici des chiffres exacts, des documents probants qui n'ont pas été définis dans les conférences que j'ai citées, soit par ignorance de la part des inventeurs, soit qu'ils aient voulu garder le secret de leurs travaux.

Mon opinion a toujours été que les communications faites dans les Sociétés techniques et savantes devaient sortir du genre *Conférences à l'usage des gens du monde*, qu'on devait y donner des chiffres, des renseignements précis, des descriptions exactes, non seulement du système

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

exposé, mais encore du principe, de telle sorte que ces communications pouvant servir à tous ne ressemblent pas à des prospectus mais soient au contraire une page ajoutée à l'histoire de la Science technique et industrielle.

Les liquides qui sont utilisés pour ces genres d'éclairage sont : l'essence de pétrole, l'alcool et les essences légères tirées de la distillation du goudron de houille, la benzine, le toluène, le xylène.

Essence de pétrole. — C'est un produit qui ne s'obtient qu'en quantité relativement minime de la distillation du pétrole brut ; certains pétroles américains en abandonnent jusqu'à 18 0/0 tandis que les huiles russes n'en contiennent guère que 5 0/0 ; d'autre part, la totalité du produit désigné sous le nom d'essence minérale ne peut pas être entièrement utilisée dans l'application qui nous occupe.

La densité de l'essence de pétrole est d'autant plus faible que le produit distille à une plus basse température. C'est la densité qui sert de base commerciale pour ces produits qu'on peut classer de la façon suivante :

Densité 0,650	— Usage	Fontaines à gaz. Gaz aérogène, gaz d'air, etc.
— 0,680	—	Carburation, force motrice, automobiles, éclairage par manchons incandescents.
— 0,700 et au-dessus	—	Éclairage domestique par lampes Mille, lampes de plombiers, fourneaux et réchauds à essence.

L'essence de pétrole est un excellent produit d'industrie, qui, de sous-produit dans les débuts de l'éclairage par le pétrole, est arrivé à dépasser la valeur de ce dernier, à un tel point que l'on peut prévoir le moment où il faudra trouver un produit de remplacement, le prix de l'essence minérale devenant trop élevé par suite du manque de stock.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette nouvelle situation tient autant au développement extraordinairement rapide de la locomotion automobile qu'aux nouvelles applications de l'éclairage.

L'essence de pétrole est un produit d'origine étrangère compris dans les 7 millions d'hectolitres de pétrole que nous importons par an; il y aurait donc tout avantage à remplacer l'essence par un produit national, et encore mieux, par un produit tiré de nos usines à gaz ; c'est ce que nous examinerons dans cette étude.

Alcool. — Nous ne nous occuperons de l'alcool que comme combustible, mais comme on n'utilise pas l'alcool pur pour plusieurs raisons dont le régime fiscal est la principale, je dirai un mot de la dénaturation.

L'alcool est dénaturé soit chez le fabricant d'alcool, soit chez le vendeur d'alcool dénaturé; dans ce dernier cas l'alcool voyage dans des conditions spéciales afin qu'il ne soit pas détourné de son véritable usage.

La dénaturation est effectuée en présence des agents de la Régie qui prélèvent un échantillon d'alcool avant et après l'opération. On ne peut pas dénaturer l'alcool ayant moins de 90° centésimaux à 15° centigrades et et dans ces conditions la dénaturation est opérée de la façon suivante :

A 100 l d'alcool 90° on ajoute :
10 — de méthylène à 90°
0,5 — de benzine lourde
1 g de vert malachite par hectolitre d'alcool dénaturé.

Le méthylène ou alcool de bois est d'un type adopté par la Régie qui détermine la dose d'impureté qu'il doit contenir ; c'est un produit très coûteux, le litre est vendu fr 1 tandis que le litre d'alcool vaut fr 0,40, c'est en outre un combustible très pauvre, le kg de méthylène pur ne développe que Cl 5,000, soit presque 30 0/0 de moins que l'alcool.

Sa valeur comme dénaturant ne tient pas à son mauvais

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

goût car le méthylène pur est consommable, mais à ce qu'il se retrouve toujours par certaines réactions ; seulement pour cet emploi, l 1 de méthylène suffirait amplement et abaisserait considérablement le prix de l'alcool dénaturé tout en augmentant sa puissance calorifique.

La benzine lourde ajoutée par la Régie passe de 150 à 200° et au-dessus dans la distillation du goudron de gaz, c'est donc tout ce qu'on voudra excepté de la benzine et le terme employé par la Régie est impropre.

Il serait avantageux que cette benzine lourde soit mieux spécifiée et passe à plus basse température, on pourrait adopter le Solvent Naphta, par exemple, qui passe au-dessous de 160°.

Enfin il est un produit qu'il faut absolument supprimer de l'alcool dénaturé : c'est le vert malachite.

Le vert malachite n'est autre que l'oxalate de tétraméthyldiamido triphénilcarbinol ; c'est un produit qui a été désigné par M. Bardy, chimiste de la Régie, parce qu'il brûlait sans laisser de cendres.

Or, il se peut qu'on puisse consumer ce produit, mais je n'ai jamais pu, quant à moi, me livrer à semblable opération sans avoir des résidus ; d'autre part, même s'il était brûlable, il n'en boucherait pas moins pour cela les canaux des lampes et encrasserait très bien les soupapes des moteurs, tout comme le coke et le goudron dur laissés par la combustion du pétrole.

Je dois ajouter que, dans la séance du 12 mars 1900 à la Chambre des Députés, M. Delatour, commissaire du Gouvernement, répondant à M. Dansette, a promis de le faire supprimer.

Ce vert malachite contre lequel luttent tous les fabricants d'appareils d'utilisation de l'alcool a même traversé l'Océan.

Ainsi l'heureuse République Argentine, où la dénatura-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion s'effectue seulement en ajoutant à l'alcool 5/1000 d'essence de mirbane ou 3/1000 de terpinoline, ce qui est bien suffisant pour empêcher l'alcool d'être consommé, vient de se voir imposer le vert malachite... parce qu'on l'a adopté en France. De telle sorte que dans un pays où l'alcool vaut 30 centimes en payant 20 centimes de droit, l'emploi de l'alcool est devenu impossible.

Le vert malachite n'est pas un dénaturant mais un indicateur et même un mauvais indicateur puisque la couleur verte du malachite peut disparaître avec quelques gouttes d'ammoniaque ajoutées à l'alcool, mais dans ce cas le vert n'est pas détruit, vous pouvez le faire reparaître avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique. Le soleil produit également la décoloration.

Au contraire les sels de mercure et l'extrait d'eau de javelle précipitent le vert malachite de l'alcool ; il se dépose au fond du récipient.

Je me suis un peu étendu sur cette question de l'alcool assez peu connue en dehors des spécialistes et j'ajouterai comme dernier conseil pratique, *qu'il faut acheter l'alcool dénaturé le meilleur marché possible attendu qu'il ne peut pas y avoir plusieurs qualités d'alcool dénaturé.*

L'alcool de chauffage idéal, doit, comme je l'écrivais au mois de mai de cette année dans un rapport qui m'a été demandé par M. Vassilière, président de la Commission extra-parlementaire du Ministère de l'Agriculture :

« Posséder le plus haut pouvoir calorifique, ne pas attaquer les métaux, coûter aussi bon marché que possible de dénaturation, et comme qualité physique, passer sans aucun résidu dans un tube de cuivre, garni d'une mèche métallique et chauffé à 100° (1). »

(1) Ce n'est pas la première fois que l'alcool est employé dans l'industrie du gaz d'éclairage ; je rappellerai la très intéressante com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Benzine. — La benzine est bien trop connue des gaziers pour que j'entre dans de longs développements à son sujet; c'est un des plus riches et des plus merveilleux produits que la chimie ait eus à sa disposition. Nous n'envisagerons pas son rôle dans les arts mais nous l'étudierons simplement au point de vue de l'éclairage et du chauffage, et quoique ce corps vous soit familier cette étude ne sera pas sans causer d'agréables surprises.

La benzine est un corps qui a la même composition centésimale que l'acétylène, seul le groupement des atomes est différent, c'est le produit le plus carburé après la naphtaline, il n'est donc pas étonnant que l'addition de la benzine à certains autres produits procure une énorme augmentation de pouvoir éclairant, et on a pour brûler la benzine seule, les mêmes difficultés que pour brûler l'acétylène.

La benzine se dissout en toute proportion dans l'alcool absolu et en quantité d'autant moins grande que l'alcool

munication de M. Syssoyeff au Congrès de la Société technique du Gaz en 1897. Notre collègue présentait le procédé du Dr Bueb qui consiste à maintenir la naphtaline du gaz à l'état de vapeur, même par un froid de 20°, par l'addition au gaz d'une très faible proportion de vapeurs d'alcool dénaturé.

Comme la quantité d'alcool employé est excessivement faible cm^3 12 par m^3 100 de gaz consommé à l'heure, il suffit de laisser tomber l'alcool goutte à goutte dans le tuyau de départ du gaz. Pour cet usage on se trouvera bien d'employer le procédé utilisé pour l'enrichissement du gaz par le benzol.

Je citerai encore notre président M. Vautier qui, au Congrès de 1899, a calculé très exactement la puissance calorifique de l'alcool dénaturé et a conclu que ce combustible ne pourrait devenir un concurrent du gaz, qu'à la condition que le litre d'alcool dénaturé soit vendu à peu près au même prix que le mètre cube de gaz.

Nous verrons au cours de cette étude que l'alcool, s'il ne peut en aucun cas concurrencer le gaz, procure d'incontestables avantages sur le pétrole, mais cela bien entendu, grâce à l'appui que lui apporte la benzine, ce précieux sous-produit du gaz.

Enfin M. Bertin, ingénieur de la Compagnie Européenne du gaz à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contient plus d'eau ; avec l'alcool dénaturé de la Régie on peut mélanger d'une façon stable et homogène jusqu'à 70 parties de benzine et 30 parties d'alcool à 90°.

Il n'est pas besoin d'arriver à ce dosage pour reconnaître, dans la lumière, les bons effets de l'addition de la benzine à l'alcool.

Toutes les huiles tirées du goudron ne peuvent pas être utilisées en dissolution avec l'alcool ; il n'est pas non plus besoin de prendre de la benzine pure, les meilleurs résultats s'obtiennent avec la benzine 90 de rectification et encore avec la benzine 50 de rectification qui contient à peu près 60 0/0 de benzine, 30 à 35 0/0 de toluène et 5 à 10 0/0 de xylène. La benzine s'extrait de la distillation des goudrons de gaz ; suivant les charbons la manière dont on a distillé la houille on obtient du goudron, 1 à 2 0/0 d'un mélange de benzine, toluène et xylène, dans la proportion de 6/10 pour la benzine et de 4/10 des deux autres.

Rouen, a complété l'épuration du gaz par l'emploi d'alcool à haut degré. Cet alcool se charge de toute la naphtaline et de tous les hydrocarbures instables du gaz d'éclairage ; non seulement c'est un bon moyen d'épuration du gaz mais encore c'est un procédé excellent et absolument gratuit de dénaturation de l'alcool.

Cet alcool peut être employé pour l'éclairage par l'incandescence ou la force motrice.

Ne serait-ce que par l'allumage des becs à incandescence que le gaz d'éclairage aurait fait consommer une quantité intéressante d'alcool ; personne dans cette voie n'a été plus loin que la Compagnie Parisienne du Gaz qui allume à l'Exposition Universelle les becs sans verre des jardins, par une projection d'alcool enflammé suivant un dispositif primitivement imaginé pour le bec Delmas.

A cet effet un petit réservoir d'alcool dénaturé est placé dans le haut de la perche, au-dessous de la lampe d'allumage ; un tube de caoutchouc amène à un pulvérisateur plongé dans l'alcool l'air fourni par une petite poire de caoutchouc : quand la perche est introduite dans la lanterne une fois le robinet ouvert, il suffit d'une pression de la main sur la poire pour que l'alcool pulvérisé sorte enflammé de la lampe et allume le bec.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les fours à coke sont aussi de très gros producteurs de benzols; la proportion de produits obtenus est un peu plus forte que pour le goudron de gaz parce que dans ces exploitations on lave le gaz de manière à en tirer le maximum de produits volatils sans se préoccuper du pouvoir éclairant; suivant la qualité des houilles la quantité de benzine 50 de rectification varie de kg 4 à 6, c'est-à-dire de l 4,7 à l 7 par t de houille distillée.

Il y a une bien plus grande proportion d'huiles miscibles dans l'alcool, mais ces huiles, passant dans la distillation du goudron à une trop haute température, se vaporisent mal dans les canaux des lampes et amènent des obstructions.

Étude des combustibles liquides.

Le tableau suivant résume les propriétés physiques des trois corps que nous venons d'étudier; j'ai joint à ce tableau une colonne qui donne le point d'éclair des vapeurs; les chiffres consignés dans ce tableau ont été obtenus au moyen du naphtomètre de Parich, qui est un appareil très commode à manœuvrer et très précis dans ses résultats, l'erreur totale dans une série d'expériences ne dépassant jamais 1° et l'erreur moyenne est en général de 1/2 degré.

LIQUIDE COMBUSTIBLE	DENSITÉ à 15°	POINT D'ÉCLAIR	TEMPERATURE D'ÉBULLITION	CHALEUR TOTALE de vaporisation calories
Alcool éthylique 100°.....	793	+ 14°	78°,4	261
Alcool éthylique dénaturé 90°.	834	+ 18°	77°,5	301
Benzine de goudron.....	885	— 15°	82°,0	132
Essence minérale.....	680	— 17°	70°,0	153

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les produits passant après la benzine ($C^6 H^6$) soit le toluène ($C^7 H^8$), et le xylène ($C^8 H^{10}$), qui en diffèrent très peu comme puissance calorifique, ont une température d'ébullition et un point d'éclair plus élevé; par contre leur chaleur totale de vaporisation est un peu plus faible.

Dans le tableau qui suit, j'ai donné la composition centésimale d'un certain nombre de combustibles liquides ainsi que leur puissance calorifique, calculée de deux façons différentes : d'abord en supposant que tous les produits de la combustion sont refroidis à 0° et ont, par conséquent, abandonné toute leur chaleur; dans le second calcul, les produits de la combustion s'échappent à 100°, la vapeur d'eau n'étant pas condensée.

Chaleur développée en grandes calories par gramme de combustible.

1 gramme de	C	à l'état de	CO^2	à 0°	Cl	8,080
1 —	C	—	CO^2	à 100°	Cl	7,992
1 —	H	—	H^2O	(liquide à 0°)	Cl	34,180
1 —	H	—	H^2O	(vapeur à 100°)	Cl	28,474

Pour ce dernier nombre on doit tenir compte que 1 gramme de H^2O à l'état de vapeur à 100°, contient à l'état de chaleur latente et sensible 0,634 calories; 2 grammes de H donnant 18 grammes de H^2O, 1 gramme de H à l'état de vapeur à 100° emportera :

$$0{,}634 \times 9 = \text{Cl } 5{,}706$$

et la chaleur totale fournie par 1 gramme de H à l'état de H^2O, vapeur à 100° sera

$$34{,}180 - 5{,}706 = \text{Cl } 28{,}474$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIQUIDE COMBUSTIBLE	C grammes	H grammes	O grammes	DENSITÉ	CALORIES totales au kil. Les produits de la combustion à 0°	CALORIES totales au kil. Les produits de la combustion à 100°	CALORIES totales au litre Les produits de la combustion à 0°	CALORIES totales au litre Les produits de la combustion à 100°	RAPPORT à 100° / à 0°
Essence de pétrole	843	157	»	0.680	12168	11210	8260	7620	0.921
Benzine (C^6 H^6)...	923	77	»	0.885	10090	9565	8930	8460	0.948
Toluène (C^7 H^8)..	913	87	»	0.875	10350	9775	9060	8550	0.944
Xylène (C^8 H^{10})...	906	94	»	0.865	10540	9915	9130	8580	0.940
Alcool Ethylique 100°.....	522	130	348	0.793	7170	6372	5690	5060	0.905
Alcool Ethylique 90°.....	470	128.1	401.9	0.833	6170	5381	5140	4480	0.871
Alcool dénaturé 90°	415	130	455	0.830	5850	5079	4850	4215	0.868
Gaz d'éclairage type de Paris D=0,40; 100 gr. d'Az au kilogr. d'après M. A. Witz.....	568.5	246	85.5	0.40	12640	11177	6577 mètre cube	5789 mètre cube	0.882

Ce tableau nous permettra de calculer le pouvoir calorifique des liquides examinés par la suite, mais j'appelle tout de suite l'attention sur une particularité qui m'a fait donner la valeur de la chaleur utilisable de ces combustibles en admettant que les produits de la combustion s'échappent à 100°.

Il est bien évident que, dans la combustion de tous ces liquides, les produits de la combustion s'échappent à plus de 100° et on utilise généralement dans l'éclairage assez peu la puissance calorifique des liquides et des gaz ; dans l'incandescence par exemple, les produits de la combustion ne font plus d'effet sur le manchon à partir de 1.300° ; c'est la température qu'on constate immédiatement au-dessus du manchon ; en fait, dans l'incandescence, on n'utilise guère plus de 11 à 12 0/0 de la chaleur développée. (Le gaz brûlant sans manchon n'utilise que 1 à 2 0/0.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Or, dans la combustion d'un hydrocarbure, on voit que la différence dans la chaleur utilisable à 0° ou à 100° dépend du poids des gaz inertes présents à la combustion et aussi de la vapeur d'eau dont la chaleur spécifique est assez élevée; cette colonne de la chaleur disponible, les produits de la combustion n'étant pas condensés, a en outre l'avantage de se rapprocher beaucoup des résultats obtenus pratiquement par divers opérateurs.

Nous en donnons un exemple dans le tableau ci-dessous :

COMBUSTIBLE	CALORIES totales au kilog — Les produits de la combustion à 0°	CALORIES totales au kilog — Les produits de la combustion à 100°	TROUVÉ par expérience	NOM de l'opérateur	RAPPORT entre les colonnes col. 3 / col. 2
	1	2	3	4	
Pétrole d'Amérique	12.060	11.104	11.040	Mahler	0,990
Essence de pétrole.	12.168	11.210	11.086	id.	0,988
Gaz de Paris..... 1 m³ à 0° et 760 mm.	6.577	5.789	5.520	A. Witz	0,955

Si des expériences plus nombreuses établissaient d'une manière bien exacte le fait que je me suis efforcé de mettre en lumière, et toutes les expériences de Mahler sur les pétroles et sur les naphtes donnent le même rapport de 0,98 à 0,99 on voit qu'il suffira pour avoir ce que j'appellerai la chaleur utile d'un combustible, de calculer sa puissance calorifique, les produits de la combustion s'échappant à 100°, la vapeur d'eau non condensée.

Je dois encore avant de quitter ces préliminaires appeler l'attention sur la composition des liquides combustibles de la page 10.

Par exemple l'alcool éthylique à 100° dont la formule est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C^2 H^6 O et le gaz d'éclairage ont tous les deux à peu près la même quantité de carbone, tous deux de l'hydrogène, tous deux de l'oxygène et cependant vous savez que si la flamme du gaz éclaire celle de l'alcool n'éclaire pas.

Il faut d'abord remarquer que l'oxygène n'a pas le même état dans les deux combustibles, dans le gaz d'éclairage il est à l'état d'oxyde de carbone c'est-à-dire à l'état de combinaison encore active, le carbone n'étant qu'à son premier degré de combustion, dans l'alcool au contraire l'oxygène est combiné avec l'hydrogène, et l'eau, résultat de la combinaison, n'agira plus que pour refroidir la flamme et abaisser le titre calorifique du combustible.

L'alcool, suivant la définition si élégante de Gay-Lussac, est un hydrate d'hydrogène bicarboné; c'est de l'eau dans laquelle on a fait dissoudre du charbon; au point de vue atomique c'est le résultat de la combinaison d'un volume d'éthylène avec un volume de vapeur d'eau.

On comprend maintenant pourquoi l'alcool n'éclaire pas, c'est parce que la température développée par la flamme n'est pas suffisante pour provoquer la formation de l'acétylène dans l'intérieur de la flamme d'alcool, et le professeur Vivian B. Lewes le démontre par l'expérience suivante :

De l'alcool est enflammé, il brûle sans émettre de lumière; on met un morceau de porcelaine dans la flamme et on voit ce morceau de porcelaine condenser seulement la vapeur d'eau, mais sans se recouvrir par du noir de fumée.

Dans l'alcool enflammé, on introduit de l'oxygène et immédiatement, la température de combustion étant accrue, la flamme de l'alcool devient éclairante; si on écrase la flamme avec le morceau de porcelaine, il se produit un abondant dépôt de noir de fumée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Inversement, si on introduit de la vapeur d'eau dans le gaz et qu'on fasse brûler ce mélange de vapeur d'eau et de gaz dans un papillon, la flamme devient pourpre et n'éclaire plus.

J'ai cité ces expériences parce qu'elles donnent l'explication de toute une série de phénomènes dont nous aurons à nous entretenir par la suite et qui trouvent leur explication dans cette expérience ; la théorie du professeur Lewes que le pouvoir éclairant des flammes est proportionnel à la quantité d'acétylène combiné ou mis en liberté à l'intérieur d'une flamme ; cette quantité d'acétylène dépendant de la combinaison carburée présente dans la flamme et principalement de la température, nous permettra de discuter utilement les systèmes que nous allons examiner.

Différentes sortes d'éclairage.

Pour l'utilisation de tous ces liquides et leur application, il faut leur faire subir une opération les transformant en vapeur avant leur entrée dans la flamme. Avec le gaz d'éclairage l'opération est toute faite et le gaz pénètre dans la flamme au fur et à mesure de la combustion ; dans la bougie c'est la chaleur développée par la combustion de la flamme qui transforme l'acide stéarique solide en un liquide ; ce liquide à son tour se vaporise dans la mèche, enfin la flamme décompose cette vapeur en gaz éclairants qui entretiennent la combustion. Donc quelle que soit notre manière d'opérer nous serons toujours forcés d'alimenter la flamme avec un combustible à l'état de vapeur.

Les principaux procédés sont :

Évaporation à froid du liquide combustible par barbotage d'air atmosphérique dans le liquide ou encore par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

passage de l'air entre des surfaces mouillées par le liquide à évaporer.

C'est cette dernière méthode qui est utilisée par la Compagnie Française du gaz Aérogène (système Van Vriesland).

Auto-évaporation à froid du liquide combustible par siphonnage du mélange d'air et de vapeurs à la température ambiante. C'est le système adopté par la Compagnie Parisienne des Fontaines à Gaz. Ce dernier système est fixe ou semi-mobile ; le système précédent exige une installation fixe.

Vaporisation à chaud du liquide combustible. Dans ce système le liquide amené par capillarité, gravité ou pression, est transformé en vapeurs surchauffées avant son entrée dans la flamme; ces vapeurs sous pression peuvent entraîner de l'air et permettent d'obtenir des flammes identiques à celles du gaz d'éclairage.

C'est le système des becs à alcool ; ce système est mobile ou fixe suivant le cas.

Évaporation à froid.

C'est à 1840 que remonte la première application de l'air carburé ; rien ne pouvait en effet être plus séduisant que ce système d'éclairage permettant à tout le monde de jouir des avantages de l'éclairage par le gaz.

Il existe en effet des milliers de villes et de communes qui ne possèdent pas le gaz, des villas, des châteaux, des domaines princiers, des usines n'ayant pas de force motrice, des fermes pour lesquelles une installation d'éclairage serait un véritable bienfait à condition seulement d'être plus simple et moins coûteux que l'électricité, par conséquent, de ne pas demander de force motrice; (comme force motrice nous n'entendons pas parler des petits moteurs à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

air chaud ou des moteurs à poids qui ne demandent pas de surveillance), et enfin de donner un éclairage puissant, hygiénique et surtout économique.

En un mot le gaz d'air carburé idéal remplirait absolument le but que s'était proposé Philippe Lebon quand, dans un éclair de génie, il inventa le thermo-lampe.

A son origine également le gaz fonctionna par installations isolées; on se souvient que, dans ses premières applications, il fut même installé à bord des transatlantiques pour l'éclairage.

Examinons donc de quelle manière s'opère l'évaporation d'un hydrocarbure. Il est d'abord nécessaire de se procurer l'air sous pression; pour cet objet on n'a que l'embarras du choix et on pourra utilement se reporter à ma communication au Congrès de 1899 pour avoir tous les renseignements nécessaires, car il est bien évident que remonter la pression du gaz de cm 15 d'eau, ou fournir de l'air à la pression de cm 15 à 10 d'eau, c'est au point de vue du résultat une seule et même chose.

L'air sous pression peut se carburer de façons différentes: en barbotant dans le liquide; dans ce cas, on absorbera une pression égale à la hauteur du liquide se trouvant sur les orifices de sortie de l'air, et on devra s'arranger pour que l'air sorte par une grande quantité de petits trous afin de ne pas donner naissance à de grosses bulles qui ne seraient carburées qu'à la périphérie.

Ou encore par le passage de l'air au travers de substances absorbantes : feutres, éponges, mèches, ou tout simplement de surfaces métalliques mouillées par l'hydrocarbure à évaporer.

Tous ces systèmes donneront d'aussi bons résultats ; les échecs subis dans la carburation de l'air ne tiennent pas aux appareils mais à d'autres causes, au principe même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'évaporation des liquides, ce que nous allons démontrer.

Le système Van Vriesland consiste en une cagnardelle à quatre filets; à chaque révolution les quatre pas de vis sortent de l'eau et emprisonnent un volume d'air qui courra jusqu'à l'autre extrémité de la vis en contact continuel avec des parois mouillées.

Cet air se mélangera intimement avec un volume d'hydrocarbure qui dépendra :

De la tension de vapeur propre à l'hydrocarbure ;

De la température de l'air entrant;

De la température extérieure ;

De la température du liquide ;

Du volume et de la constitution chimique du liquide ;

Du volume d'air carburé produit par heure.

Si toutes ces diverses conditions sont maintenues constantes, la composition de l'air carburé ne variera pas, il se comportera comme un gaz parfait; il n'y aura plus qu'un seul élément qui puisse agir sur lui, c'est la température extérieure et seulement dans le cas où la canalisation viendrait à traverser un endroit où la température extérieure serait au-dessous de celle du liquide qui a servi à la constitution du gaz.

Auto-évaporation à froid.

Le premier appareil de ce genre fut le gazo-lampe de Mille. Cet appareil consistait en un vase métallique rectangulaire et cylindrique, à l'intérieur duquel on plaçait un deuxième récipient en toile métallique rempli d'éponges, de pierre ponce, de morceaux de coke, de coton ou de toute autre substance absorbante non tassée; on remplit le vase avec de l'essence de pétrole légère de manière que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

substance absorbante soit bien imprégnée de liquide mais qu'il ne reste pas de liquide non absorbé dans l'appareil.

Comme disait l'abbé Moigno en 1864, « l'air atmosphérique, par sa simple pression et son pouvoir naturel de diffusion entre par l'ouverture O dans le récipient intérieur, le lèche sur sa surface, traverse aussi la matière spongieuse, se charge de vapeurs d'hydrocarbure, se transforme en gaz plus lourd que l'air, descend au fond du récipient, sort par l'orifice O', et entre dans le tube en caoutchouc ou en métal qui le conduit au bec, où il brûle avec une flamme très douce et très blanche ».

J'avais bien raison de vous dire au début de cette note que tous les systèmes que nous allions étudier étaient du vieux neuf ayant une cinquantaine d'années d'existence, et il en sera encore de même quand nous passerons à l'éclairage par l'alcool.

Cependant si le principe de ce genre d'éclairage remonte assez loin, il en est pour la Compagnie Parisienne des Fontaines à Gaz comme pour le gaz aérogène; tous deux ont considérablement perfectionné le procédé primitif et nous autres gaziers ne pouvons que leur souhaiter le plus grand développement, car ils seront les précurseurs et les promoteurs d'un grand nombre d'usines à gaz. Ce sont des coureurs d'avant-garde, créant partout le besoin de lumière, et les installations qu'ils auront créées, le jour où elles s'agrandiront, se transformeront en véritables usines à gaz de houille.

L'appareil primitivement créé par la Compagnie Parisienne des Fontaines à Gaz différait très peu du gazo-lampe de Mille.

C'était un bidon rectangulaire de 1 10 de capacité rempli suivant le cas avec du papier mâché ou avec de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pulpe de bois; le principe du fonctionnement est le même que celui indiqué par l'abbé Moigno.

Ces temps derniers, la Compagnie Parisienne a créé un appareil infiniment supérieur et qui réalise, à mon avis, un véritable progrès, c'est le bidon dit « à sondage ».

Comme le primitif, ce bidon est garni de pulpe absorbante, sa capacité peut atteindre l 100 et plus si on veut; il est caractérisé par un tube central par lequel on capte le gaz et qui peut s'enfoncer dans l'intérieur du bidon.

L'entrée de l'air se faisant à la partie supérieure du bidon, on comprend qu'au fur et à mesure de l'épuisement, on descend un petit peu la sonde et on capte le gaz dans une couche neuve; l'air est forcé de traverser les anciennes couches pour les épuiser avant d'arriver à la couche fraîche, d'entrer dans la sonde et de se rendre dans la canalisation.

Si on envoie de l'air sous pression dans cet appareil, on obtient un gaz qui peut alimenter des becs à manchon, mais alors l'appareil se trouve rigoureusement soumis aux conditions de fonctionnement que j'ai énoncées plus haut pour l'appareil Van Vriesland; si l'appareil alimente seulement des becs à verre, il est alors placé dans la même salle que le bec et alors son épuisement se produit d'une façon très normale et tout à fait automatique; il n'en peut être autrement puisqu'il n'existe pas de soufflerie.

Les becs alimentés de cette façon sautaient à chaque ébranlement de l'air dans la pièce, une disposition spéciale avec boîte à dilatation a évité cet inconvénient.

Ce système exige de très grosses canalisations, car la pression de ce gaz est très faible, environ mm 2 pour m 3 de hauteur.

Avant de calculer le prix de revient de la lumière par ces systèmes, nous allons examiner toute une série d'expé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

riences que j'ai faites exclusivement dans ce but et qui nous donnera tous les renseignements nécessaires pour pousser plus loin notre étude.

Expériences sur l'évaporation à froi des hydrocarbures combustibles.

On a beaucoup écrit sur l'air carburé ; on a décrit avec force détails les appareils utilisés tous plus ingénieux les uns que les autres et tous réalisant, ou devant réaliser, malgré toutes les lois de la physique, un mélange stable de vapeur et d'air malgré les conditions variables de température et de lieux.

Je m'en voudrais de vous priver d'un tout petit morceau de cette littérature que j'extrais du Bulletin d'avril (1re quinzaine) de la Société des Ingénieurs civils de France. Il s'agissait de présenter un appareil pour la fabrication de l'air carburé ; cet appareil était composé d'un récipient cylindrique à l'intérieur duquel on plaçait un énorme bonnet de coton plongeant dans l'hydrocarbure. L'air arrivait au centre du bonnet, traversait le bonnet imrégné d'essence par capillarité et se chargeait de vapeur.

L'orateur, en présentant son appareil, prétendait qu'il avait l'avantage de ne pas se refroidir par évaporation du liquide ! tandis que l'appareil Van Vriesland avait besoin d'être maintenu à une température constante (ce qui est d'ailleurs normal, il faut bien que l'appareil récupère la quantité de chaleur enlevée par l'évaporation du liquide).

En terminant, l'orateur disait en propres termes :

« L'appareil sur lequel je désire appeler l'attention repose sur un tout autre principe, et la preuve c'est que, dans de nombreuses expériences, nous n'avons jamais pu

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

constater de refroidissements. Il n'y a donc pas évaporation à la surface de l'hydrocarbure.

« ... De nombreuses expériences ont prouvé :

« 1° Qu'il n'y a pas de refroidissement ; de plus, les canalisations ont pu, sans entraver la marche de l'appareil, traverser une atmosphère maintenue à la température de 0° ;

« 2° Qu'il ne reste plus d'humidité ! puisque les conduites n'ont jamais fourni de traces de condensation ;

« 3° Qu'il ne se produit aucun encrassement. »

J'arrête là la citation, mais ce simple extrait vous démontre comment, avec la meilleure foi du monde, on peut s'abuser soi-même sur le mérite d'un appareil, en lui prêtant les qualités les plus extraordinaires, comme de ne pas se refroidir malgré l'absorption de chaleur causée par la vaporisation d'un liquide.

Ce que l'on n'a pas fait, j'ai cherché à le faire ; ces expériences ne sont peut-être pas très complètes ni très étendues, mais je reviendrai sur la question, trop heureux si j'ai pu donner le goût de la recherche sur le même sujet à d'autres qui viendront grossir notre faisceau d'informations.

Pour me rapprocher autant que possible des conditions de la pratique, j'ai utilisé le dispositif suivant :

Un exhausteur à eau système Lecomte me fournissait d'une façon constante l'air à la pression de m 0,20 ; l'air était contrôlé par un compteur d'expériences ; au sortir du compteur, l'air passait dans un flacon de verre à trois tubulures, celle du milieu était fermée par un bouchon de caoutchouc maintenant un thermomètre sur le trajet de l'air afin d'indiquer sa température.

Au sortir du flacon, l'air pénétrait dans un carburateur à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

barbotage construit de la façon suivante : une boîte en fer-blanc mince, sans peinture ni vernis ayant un volume de 11,6 et une surface extérieure totale de dm^2 8,8 ; la surface libre du liquide de $dm^2$2. Le tuyau d'entrée d'air est constitué par un tube horizontal fermé à un bout, plongé dans le liquide et percé d'une grande quantité de trous sur les deux côtés ; l'air en s'échappant par ces trous en myriades de petites bulles remue constamment le liquide, ce qui l'empêche de se stratifier par couches de densités différentes, et ces petites bulles d'air ayant de nombreux points de contact avec le liquide, on obtient de la sorte une excellente carburation.

Deux thermomètres sont plongés dans le carburateur, l'un dans le liquide, l'autre au-dessus donnant la température du mélange d'air et de vapeurs.

Comme je l'ai dit, l'entrée du carburateur était réunie au flacon à trois tubulures et la sortie à une rampe de quatre brûleurs à verres dans lesquels s'opérait la combustion des gaz en expérience.

Le carburateur était posé sur une balance très sensible et on notait avec le plus grand soin la température, le temps et le volume d'air passé.

On laissait fonctionner le système jusqu'à ce que les gaz obtenus soient si pauvres qu'ils ne puissent plus brûler, on notait soigneusement la densité prise à 15° du liquide avant et après l'expérience.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIQUIDE	Densité à 15°	Temps écoulé minutes	Litres d'air écoulés	Poids emporté	Poids emporté par m c	Température de l'air à l'entrée	Température du liquide	Température de l'air à la sortie	0/0 total du liquide évaporé	Puissance calorifique à 100° du m c d'air
						Degrés	Degrés	Degrés		
Essence	682	0	0	0	0	21	19	19,5	»	»
de		11	94	80	850	21	9	10	19,1	9,523
pétrole		15	125	50	400	22	8	9	31	4,480
		7	62	20	320	22	8	9	35,7	3,
		13	119	30	250	21,5	8,5	9,5	43,0	2,800
		12	126	30	238	21,5	9,0	9,5	50,0	2,670
		14	133	30	222	21	9,0	10	57,0	2,485
		15	149	30	201	21	9,5	10,5	64,2	2,250
	702	17	177	30	169	21	9,5	10,5	71,3	1,895
Benzine	872	0	0	0	0	20	19,5	20	»	»
de goudron		6,0	53	10	189	20	16	16	2,5	1,808
Type 90		6,0	54	10	185	20	14	14	5,0	1,770
de		5,5	54	10	185	20	12,5	12,5	7,5	1,770
rectification		6,0	55	10	182	20,5	11,5	11,5	10,0	1,740
		6,0	57	10	175	20,5	11,5	11,5	12.5	1,672
		6,5	61	10	164	21	10,5	10,5	15,0	1,568
		7,0	61	10	164	21	10	10	17,5	1,568
		7,5	67	10	149	21	10	10	20,0	1,425
		7,0	69	10	145	21	10	10	22,5	1,385
		14,0	139	20	144	21	10	10	27,5	1,375
		14,0	141	20	141	21	10	10	32.5	1,350
		20,0	218	30	137,5	21	10	10	40,0	1,315
	874	22,0	222	30	135	21	10	10	47,5	1,290
Alcool 90°	829	0	0	0	0	20	21	21	»	»
dénaturé		15	164	10	66,6	20	16	16,5	2	337
		20	193	10	52	19	15	15	4	264
		21	228	10	43,7	19	14	14,5	6	222
		49	458	20	43,6	19	13,5	14	10	221
		49	462	20	43,2	19	13	13,5	14	219
		50,5	462	20	43,2	19	13,5	13,5	18	219
	838	50	464	20	43,1	19	13,5	14	22	218
50 vol. alcool	847	0	0	0	0	16	12,5	15	»	»
90° dénaturé		6	52	10	192	16	10,5	11	2	1,200
50 vol.		6	52	10	192	16	8,5	9,5	4	1,200
benzine		6	53	10	188	16	7,75	8,75	6	1,175
		6,5	61	10	164	16	7,00	7,5	8	1,025
		6,5	67	10	149	16	6,50	7,2	10	930
		12,5	136	20	147	16	6,00	7,2	14	920
		13	138	20	145	16	6,00	7,0	18	910
		13	138	20	145	16	6,00	7,0	22	910
		12,5	138	20	145	16	5,50	7,0	26	910

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIQUIDE	Densité à 15°	Temps écoulé minutes	Litres d'air écoulés	Poids emporté	Poids emporté par m c	Température de l'air à l'entrée	Température du liquide	Température de l'air à la sortie	0/0 total du liquide évaporé	Puissance calorifique à 100° du m c d'air
						Degres	Degrés	Degrés		
		13	140	20	143	16	5,5	7,0	30	895
		19,5	209	30	143,5	16	5,5	7,0	36	895
	851	20	211	30	142	16	5,5	7,0	42	890
50 vol. essence	775	0	0	0	0	16	15	15	»	»
50 vol.		4	32	15	468	16	9	10	3,2	3,720
benzine		3,5	34	10	294	16	8	10	5,3	2,350
		3,5	36	10	277	16	6,5	8	7,4	2,200
		4	41	10	244	16	5	7	8,5	1,950
		10	89	20	225	16	4	6	13,8	1,790
		10	100	20	200	16	3,5	5	18,0	1.595
		10	103	20	194	16	3,5	5	22,5	1,540
		10,5	102	20	196	16	3,7	5,5	26,5	1,560
		10,5	106	20	189	16	4	5,5	31,0	1,500
		11	111	20	180	16	4	5,5	35,0	1,435
		16,5	170	30	176,5	16	4	5,5	41,5	1,400
		16,5	172	30	174,5	16	4,5	5.5	47,8	1,390
		16,5	177	30	170,0	16	5	6	54,2	1,355
	800	17	183	30	164	16	5	6,2	60,5	1,300

Ces tableaux permettent de calculer la quantité de chaleur fournie par heure pour l'évaporation d'un poids déterminé de liquide; comme j'ai donné plus haut les dimensions de l'appareil d'essai, on peut décomposer la chaleur de vaporisation en trois parties : 1° la chaleur fournie par le liquide lui-même qui se refroidit; en général au bout de très peu de temps cette chaleur est épuisée, c'est ce que démontrent les courbes d'évaporation de l'essence et du mélange d'essence et de benzine; 2° la chaleur apportée par l'air; 3° la chaleur puisée dans l'atmosphère extérieure et transmise au liquide par les parois du récipient.

Des trois sources de chaleur que nous venons d'énoncer, cette dernière est de beaucoup la plus considérable et d'autant plus que la différence est plus grande entre la tempé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rature du liquide et celle de l'air extérieur, il se produit automatiquement un courant descendant d'air autour de l'appareil, et la température du récipient étant au-dessous du point de rosée pour l'air ambiant, il se produit une condensation d'eau analogue à celle qui se produit en été dans les appartements sur les carafes d'eau fraîches, et cette vapeur d'eau en revenant à l'état liquide abandonne une quantité très grande de chaleur aux parois du vase.

Avec plus de temps que celui dont j'ai disposé, on aurait pu pousser bien plus loin l'évaporation des liquides, mais cela n'avait plus d'intérêt pratique au point de vue de la thèse que je développe; j'ai arrêté l'essai quand il était devenu impossible de faire brûler les becs.

Le tableau suivant donne un exemple de calculs que l'on peut faire, c'est la répartition de la chaleur totale de vaporisation pour les cinq premières expériences du tableau d'évaporation de l'essence minérale. La chaleur totale de vaporisation de l'essence minérale est de Cl153 par kg.

TEMPS	Litres d'air par heure	Poids du liquide évaporé par heure	Poids du liquide évaporé par dmq de surface extérieure	Calories par heure				
				Totales fournies	par le liquide	par l'air à carburer	par la surface extérieure	fournies par dmq de la surface extérieure.
minutes		grammes						
11	512	436	49,5	66,5	9,4	' 42	56	5,36
15	500	200	22,7	30,25	0,52	1,88	27,95	3,16
7	530	172	19,5	26,2	0	1,97	24,23	2,76
13	550	138	15,7	21,2	0	1,89	19,31	2,16
12	625	150	17,0	22,95	0	2,00	20,95	2,38

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On voit que l'échange de température par les parois est relativement énorme ; il faut se rappeler que le récipient était en fer-blanc de mm 0,3 d'épaisseur, mais c'est principalement à l'eau condensée que j'attribue le principal effet.

Courbes d'évaporation des hydrocarbures.

Avec les tableaux d'expériences cités plus haut on peut faire plusieurs représentations graphiques; la plus importante est la suivante qui reproduit fidèlement la marche de l'expérience et démontre l'affaiblissement progressif de la carburation dans un carburateur fonctionnant d'une façon continue, sans réchauffement.

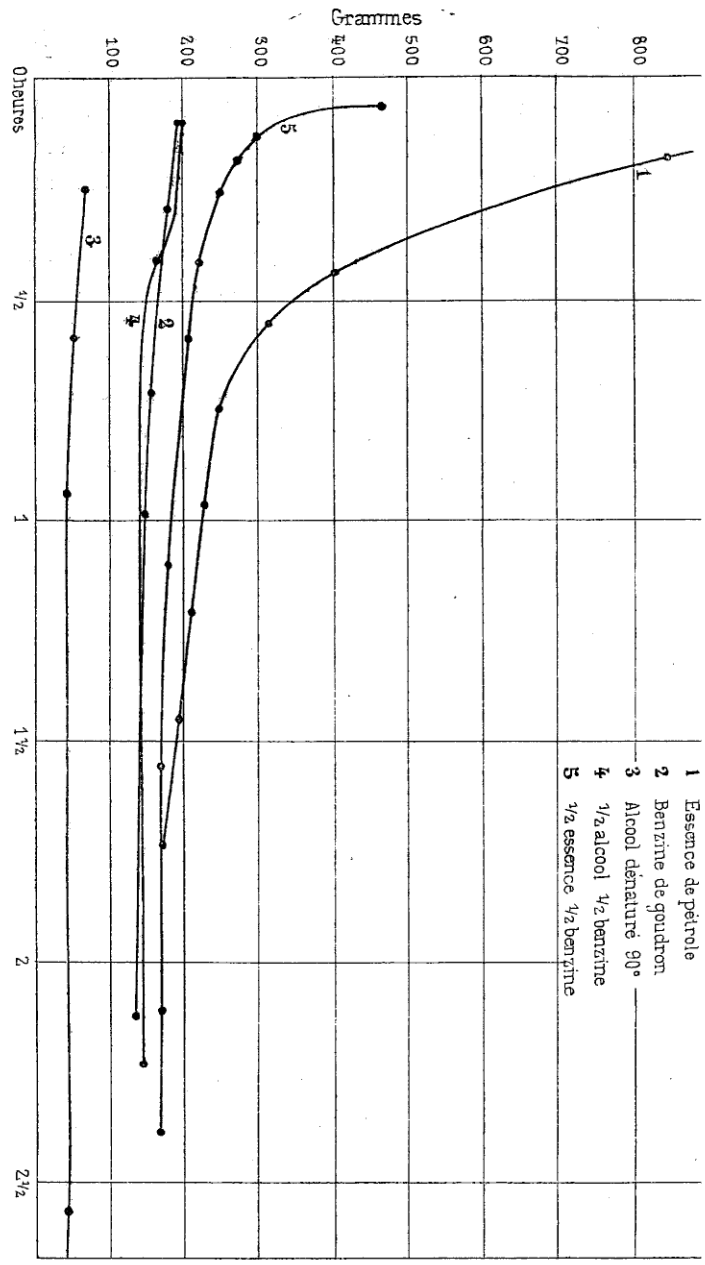
Le temps est porté en asymptotes et les poids évaporés en ordonnées.

A première vue, on remarque que la courbe de l'essence de pétrole est celle dont la pente est la plus rapide; au contraire, la benzine de goudron donne presque une droite, et si on mélange la benzine et l'essence on obtient une courbe qui passe au-dessous de celle de l'essence au commencement, mais qui devient par la suite absolument régulière et presque horizontale.

Il résulte de ces deux courbes que l'évaporation de l'essence pourrait être régularisée et améliorée par une légère addition de benzine dans une proportion à déterminer par l'examen de courbes semblables à celles-ci.

La courbe d'évaporation de l'alcool est très régulière, mais très faible, ce qui est, par contre, très curieux, c'est qu'un mélange d'alcool et de benzine se conduise absolument comme la benzine elle-même : cette propriété est mise à profit pour l'obtention de la force motrice dans les automobiles par un mélange d'alcool et de benzine.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Je tiens à appeler l'attention sur cette propriété des mélanges d'alcool et de benzine parce qu'elle pourra être utilisée dans l'enrichissement du gaz par un mélange de benzine et d'une faible proportion d'alcool, la benzine pour le pouvoir éclairant et la vapeur d'alcool contre la naphtaline.

Examen critique des appareils à gaz d'air.

Nous possédons maintenant des documents suffisants pour aborder l'étude des appareils à gaz d'air sans aucun parti pris, puisque je répète que j'espère, au contraire, que cette note pourra servir à leur perfectionnement.

Nous avons vu que la qualité du gaz d'essence est plus que variable, qu'elle dépend d'un très grand nombre de conditions dont la température est la principale.

Mais, même en supposant une température constante, les carburateurs à évaporation ne peuvent jamais donner un gaz constant parce que, même à température égale, la densité du liquide s'alourdit; même au cas où l'on aurait un liquide absolument homogène, il y aurait quand même des queues de liquide, suivant le terme consacré, et cet effet provient de la vapeur d'eau de l'atmosphère qui se dissout dans le liquide.

J'en puis donner un exemple : dans le tableau de la benzine on voit que la densité au début était de 872 à 15° et qu'à la fin de l'essai elle était devenue 874. Frappé de ce fait et croyant à une erreur, j'ai vérifié avec soin, et mes mesures étaient bien exactes. On ne pouvait pas dire que les essences légères étaient parties les premières, comme pour l'essence minérale, par exemple, car sur ce point il n'y a aucune analogie entre la benzine de pétrole et celle de goudron; plus le pétrole distille à haute température et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus la densité du produit distillé est forte ; au contraire, la benzine qui distille à 80° est plus lourde que le toluène qui distille à 110° ; et ce dernier, plus lourd que le xylène qui passe à 140°, par conséquent dans l'évaporation de la benzine le produit qui restait devait être plus léger, si les produits les plus lourds et, par contre, les plus volatils, étaient partis les premiers ; c'est donc bien la vapeur d'eau dissoute par la benzine qui était la cause de cette augmentation de densité.

Il ne faut pas croire que l'eau va tout de suite au fond du récipient, elle reste en suspension et, pour terminer ce sujet, je citerai encore ce fait que j'ai recueilli l'hiver par + 10 ou 12°, sur des fûts de bois contenant de l'huile minérale de densité 700 environ, une sorte de givre analogue à du sel ammoniac ; ce givre, mis dans une éprouvette, fondait à la chaleur et donnait de l'eau et de l'essence minérale qui venait surnager au-dessus, il y avait à peu près 4/5 d'eau et 1/5 d'essence.

Si j'ai insisté sur la vapeur d'eau apportée par l'air dans l'hydrocarbure, c'est parce que la vapeur d'eau change les conditions d'évaporation du liquide et qu'il faut en tenir compte.

Les expériences de laboratoire que j'ai citées reproduisent-elles les résultats obtenus dans la pratique? Pour répondre à cette question je me reporterai à la communication de MM. de Perrodil et de Morsier sur le gaz aérogène à la Société des Ingénieurs civils (Bulletin d'avril), où ils indiquent les résultats suivants :

« Si l'on supposait, pour la carburation de l'air, que le carburateur soit à la température de 5°, la dilution serait de l 5.640 d'air ; pour l l de gazoline à 10° ce chiffre tombe à l 4.230 et à 15° à l 3.280. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si nous mettons ces nombres sous forme de tableau nous obtenons :

Température	Poids d'essence évaporé par mètre cube d'air	Pouvoir calorifique à 100° du mètre cube d'air
5°	115	1290
10°	153	1505
15°	198	2400

L'essence pesait g 650 au litre, la comparaison de ce tableau avec le tableau obtenu par nous tendrait à démontrer que la carburation par barbotage est bien plus active que la carburation par surface puisque nos chiffres sont plus élevés quoique notre essence soit plus lourde.

Dans tous les cas, ces expériences ne confirment pas l'opinion de MM. de Perrodil et de Morsier que :

« Le gaz de houille se trouve ainsi, pour le chauffage « du manchon Auer, dans des conditions d'infériorité très « grandes vis-à-vis des pétroles, en raison de la grande « quantité d'hydrogène qu'il contient, lequel, en se combi- « nant avec l'oxygène, *absorbe* une notable quantité de « chaleur pour former de l'eau. »

Il y a là une opinion erronée et qui est assez répandue ; d'abord l'hydrogène n'absorbe pas de chaleur dans sa combinaison avec l'oxygène, mais il en développe et beaucoup ; en outre, le gaz d'air possède rarement, et nous pensons l'avoir démontré, la puissance calorifique du gaz de houille ; il lui est inférieur sous tous les autres rapports ;

Il coûte plus cher à égalité de pouvoir éclairant et de calories ;

Il chauffe moins ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est toujours instable dans sa composition.

Le gaz d'air, par contre, est le seul qui ne soit pas plus dangereux que le gaz de houille ; de plus, il permet de faire des installations offrant tous les avantages du gaz de houille au point de vue de la facilité d'emploi, je veux dire par là qu'il suffit de tourner un robinet et d'allumer pour avoir de la lumière ; il n'en est pas de même, nous le verrons plus loin, avec les lampes à hydrocarbures liquides, qu'il faut chauffer avant d'allumer, mais qui, autrement, sont plus économiques.

Essais photométriques du gaz d'air.

Il était intéressant de voir quels sont les résultats économiques de l'air carburé dont nous avons longuement étudié la fabrication ; j'ai condensé dans le tableau qui suit toute une série d'expériences faites non seulement en évaporant de l'essence ou de la benzine dans l'air, mais encore dans de l'hydrogène pur obtenu par la décomposition du zinc, enfin dans le gaz d'éclairage.

A la fin du tableau, la dernière ligne a été complètement calculée en se basant sur ce fait qu'il faut environ g 90 de benzine par mc de gaz d'eau contenant en volumes 40,4 0/0 de CO et 51 0/0 de H, suivant le procédé Dellwik Fleischer.

L'appareil qui a servi est le carburateur à barbotage déjà décrit, la température a été maintenue constante à 20° pendant toute l'expérience. Chaque essai a duré une heure, le liquide n'étant pas épuisé on comprend pourquoi les quantités évaporées par mc ont été très grandes.

L'essai était d'abord effectué avec le bengel, ensuite avec un bec à manchon monté sur bunsen Lecomte à double réglage spécial pour gaz d'air, ensuite avec des becs papillons.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'air carburé brûle bien sous les manchons et aussi avec le bec bengel, mais avec les becs papillons la flamme brûle au-dessus du bec et au moindre ébranlement de l'air elle s'éteint. L'hydrogène et le gaz carburé brûlent au contraire très bien dans les papillons; la pression était de mm 20 à 35 et la lumière, avec la benzine, ressemblait à s'y méprendre à celle de l'acétylène.

Le gaz d'eau, appelé aussi gaz hydrogéné, se comporte absolument comme le gaz de houille : il brûle dans les papillons ou les becs à verre, il développe à volume égal à peu près la même quantité de chaleur ; par contre il pèse beaucoup plus lourd, sa densité est 0,55 à 0° et mm 760.

La première chose qui frappe l'attention à l'examen de ce tableau, c'est que les quantités d'hydrocarbures véhiculées sont d'autant plus grandes que la puissance calorifique du gaz est plus élevée ; ainsi à la même température, dans les mêmes conditions on obtient la série suivante.

	essence	benzine
Air.	g 665	g 465
Hydrogène	— 850	— 517
Gaz	— 1.100	— 640

Par rapport à la vapeur d'hydrocarbure, le gaz joue le rôle de diluant, et on voit tout de suite que le choix de ce diluant ne peut pas être indifférent.

Pour l'incandescence par exemple, on voit qu'il faut g 9 d'essence par carcel-heure et Cl 101 ; g 12,3 de benzine et Cl 117, tandis que le même bec n'a utilisé que Cl 55 à 60 avec l'hydrogène. Les essais effectués sur l'essence minérale seule dans une lampe Lecomte au laboratoire du chemin de fer P.-L.-M. ont donné moins de g 7 par carcel-heure ; le fait est assez curieux et peu explicable puisque dans ce genre de bec on doit mélanger l'air au com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DILUANT	COMBUSTIBLE	QUANTITÉ absorbée par mètre cube	CALORIES PAR MÈTRE CUBE (vapeur non condensée à 100°)	COMPOSITION centésimale du mètre cube GRAMMES C	H	O	Az	BEC	CARCELS	LITRES par heure	LITRES par carcel-heure	GRAMMES D'HYDROCARBURE par carcel-heure	CALORIES par carcel-heure	GRAMMES DE CARBONE par carcel-heure
Air	Essence	765	8570	648	117	244	956	Bengel	1	51	51	39	436	33
—	—	»	»	»	»	»	»	Bunsen Lecomte N° 2	7,8	92	11,8	9	101	7,65
—	Benzine	465	4440	430	35	244	956	Bengel	1	88	88	41	392	38
—	—	»	»	»	»	»	»	Bunsen Lecomte N° 2	6,6	175	26,6	12,3	117	11,4
Hydrogène	néant	néant	2380	0	83,7	0	0	— — —	6,8	158	23,2	0	55,2	0
—	—	»	»	»	»	»	»	— — —	8,4	210	25,0	0	59,5	0
—	—	»	»	»	»	»	»	— — —	10,0	300	30,0	0	71,5	0
—	Essence	850	11880	718	215,7	0	0	Bec Bray's 000	1,2	39	32,5	27,6	387,5	23,3
—	—	»	»	»	»	»	»	— — 1	1,9	52	27,4	23,2	325,1	19,6
—	—	»	»	»	»	»	»	Manchester stéatite 2 traits	3,15	82	25,6	21,7	305	18,4
—	Benzine	517	7330	478	122,7	0	0	Bec Bray's 000	1,0	44	44,0	22,7	360	21,0
—	—	»	»	»	»	»	»	— — 1	2,5	100	40,0	20,7	327,5	19,2
—	—	»	»	»	»	»	»	Manchester stéatite 2 traits	1,6	63	39,4	20,4	323	18,8
Gaz	Essence	1100	17670	1203	291	41	48	Bec Bray's 000	1,4	45	32,1	35,3	560	38,3
—	—	»	»	»	»	»	»	— — 1	3,8	102	28,8	31,7	509	34,3
—	—	»	»	»	»	»	»	Manchester stéatite 2 traits	4,5	140	31,0	34,1	548	36,9
—	Benzine	640	11490	864	167	41	48	Bec Bray's 000	1,6	70	43,7	28,0	503	37,6
—	—	»	»	»	»	»	»	— — 1	5,0	158	31,5	20,4	364	27,1
—	—	»	»	»	»	»	»	Manchester stéatite 2 traits	2,3	102	44,4	28,4	510	38,5
Gaz d'eau	Benzine	90	3175	301	62,7	289	56	Bengel	1,0	105	105	9,45	333	31,6

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bustible avant son entrée dans la flamme, et cependant il n'y a pas d'erreur possible : l'exemple est frappant pour le cas de l'air carburé à la benzine. Pour une intensité de lumière à peu près égale, comme il a fallu consommer plus d'air pour transporter le poids nécessaire de combustible soit l 26 d'air au lieu de l 12 par carcel, le nombre de Cl s'est élevé à 117 au lieu de 101.

Dans l'examen des flammes c'est encore la même chose, mais ici cela se comprend mieux ; ainsi il a fallu g 41 de benzine au lieu de g 39 d'essence et pourtant la benzine est beaucoup plus riche en carbone.

Avec les Fontaines à gaz, j'ai trouvé un poids un peu plus faible, mais cela doit tenir, à mon avis, au bec qui est bien plus parfait que le bec bengel ; une série d'essais m'a donné g 36 par carcel et par heure ; avec les mêmes fontaines alimentant un bec cromartie, la carcel-heure tombe à gr 17, ce qui est remarquable.

L'essence minérale brûlée seule dans une lampe appropriée comme s'il s'agissait d'huile ou de pétrole donne la carcel-heure pour g 28.

Si, au lieu d'employer un diluant n'apportant pas de chaleur à la flamme mais au contraire activant outre mesure la combustion, on utilise l'hydrogène qui n'est pas éclairant par lui-même mais développe beaucoup de chaleur, on voit immédiatement la quantité d'hydrocarbure s'abaisser à moitié par carcel-heure, et cependant le bec comparé est le papillon, c'est-à-dire un bec moins parfait que le bec à verre. La lumière produite est admirablement jolie et, comme nous l'avons dit plus haut, rappelle absolument celle de l'acétylène mais avec plus de douceur.

Enfin si on va encore plus loin et que le diluant devienne le gaz d'éclairage, les résultats diminuent, la lumière est toujours très jolie, mais le nombre de Cl utilisées est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus élevé que pour l'air carburé, le poids de carbone comburé étant le même, on a été trop loin, on a passé le meilleur point de la courbe.

Si on veut une simple explication du phénomène, on peut le trouver dans une comparaison avec le manchon incandescent.

Dans le premier cas, il n'y a pas tout à fait assez de cérium, 1 0/0 par exemple.

Dans le second cas, il y en a juste 1 1/4 0/0 ; on obtient le meilleur résultat et on peut diminuer la quantité de gaz brûlé ; dans le dernier cas, il y en a trop, 1 1/2, et on est forcé de rouvrir le robinet de gaz pour amener à l'incandescence, cette quantité supplémentaire.

Nous avons maintenant l'explication de ce fait extraordinaire au premier abord que g 90 de benzol donnent au gaz d'eau le même pouvoir éclairant que le gaz de houille.

Il faut nous rappeler les expériences que je citais au début de cette étude, par lesquelles le professeur V. B. Lewes démontrait que l'alcool, qui contient un grand poids de carbone, devient éclairant quand, brûlé avec un courant d'oxygène, la température de sa flamme devient suffisamment élevée pour amener une production d'acétylène dans la flamme par décomposition des produits de la combustion.

C'est un phénomène analogue qui se passe avec le gaz d'eau et, en se reportant au tableau on voit que, si la quantité de benzine consommée par carcel-heure n'est que de g 9,45, la quantité totale de carbone en présence dans la flamme est de g 31,6 soit 60 0/0 de plus qu'avec l'hydrogène carburé.

D'autre part, la quantité de chaleur dégagée est à peu près la même que pour l'hydrogène carburé ; et on peut raisonnablement admettre que CO, qui absorbe relativement peu de chaleur pour sa décomposition, se dissocie au sein de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

flamme en carbone et oxygène, le carbone donne à son tour de l'acétylène qui brûle et produit la lumière.

Conclusion sur les éclairages par évaporation à froid d'hydrocarbures.

A toute étude il faut une conclusion, et celle qui s'impose c'est que dans les systèmes d'éclairage basés sur la dilution de vapeurs d'hydrocarbures dans l'air atmosphérique, il est nécessaire de modifier considérablement le système employé.

Ce n'est pas dans l'ingéniosité du carburateur qu'il faut chercher, tous se valent et tous ont le même défaut, qui est de laisser l'air se charger de toute la quantité d'hydrocarbure qu'il peut emporter.

Evidemment, comme nos expériences l'ont prouvé, cette quantité est éminemment variable et il ne peut en être autrement.

La carburation de l'air devrait s'opérer de la même manière que l'enrichissement du gaz. Dans les usines, on ne laisse pas le gaz passer sur la benzine, mais au contraire on fait pénétrer goutte à goutte l'hydrocarbure dans le gaz et on proportionne le débit de benzine au débit de gaz.

C'est ce qu'on fait pour les moteurs d'automobiles, où tous les carburateurs par léchage et barbotage ont été remplacés par des carburateurs compte-gouttes dans lesquels l'essence est pulvérisée à chaque aspiration d'air.

Déjà, en 1872, M. Mallet, ingénieur du service des produits chimiques de la Compagnie Parisienne du Gaz, disait :

« Il faudrait que l'essence carburante ne fût introduite que peu à peu dans le carburateur de manière qu'elle pût se volatiliser entièrement, pour ainsi dire, au fur et à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mesure de son introduction dans le carburateur soumis d'ailleurs à une température telle que la volatilisation de toute l'essence introduite pût avoir lieu ; l'alimentation serait continue ainsi que la volatilisation complète. »

Il n'y a rien à ajouter à cet énoncé du problème de la carburation, qui est absolument complet et qui n'a, à mon avis, encore jamais été réalisé.

Avant de clore ce chapitre, je voudrais dire un mot touchant plus directement l'industrie du gaz de houille.

Il est impossible de ne pas être frappé des phénomènes que nous voyons se produire sous nos yeux et que nous utilisons sans d'ailleurs en bien connaître les causes.

Le gaz de houille a débuté avec le bec papillon à « crête de coq » donnant pompeusement la carcel-heure pour 1 200, après Dumas et Regnault, Audoin et Bérart, le papillon est tombé à 1 127, le bengel à 1 105, puis arrivent les grandes chutes de consommation, Siemens, 1 40, voire même 1 20, Cromartie 6 carcels pour 1 200 et même avec un simple bec à double verre suivant le dispositif génial de Chaussenot, j'obtenais en 1898 la carcel-heure à 1 44 au laboratoire de la Ville de Paris.

L'acétylène, qui a la même composition centésimale que la benzine, mais qui en diffère seulement par le groupement moléculaire, arrive et fait tomber la carcel-heure à 1 6 et avec le brûleur le plus simple du monde, le papillon.

Peut-être dira-t-on que j'émets un paradoxe, mais maintenant que nous avons bien travaillé l'incandescence par le gaz, je déclare que le progrès sera pour celui qui trouvera le moyen, par une carburation bien comprise de donner au gaz les mêmes qualités que l'acétylène avec un prix de revient plus faible et sans dangers.

Et pour cela il suffit de donner au gaz une composition se rapprochant de celle de l'acétylène, ce qui se peut, la benzine étant là.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les expériences que j'ai faites et résumées dans le tableau sont également bien suggestives à cet égard.

Au point de vue économique de la question, il est bien indifférent à une usine à gaz qu'un bec de l 120 donne 6 carcels avec manchon ou sans manchon, au point de vue de la sécurité de l'éclairage c'est la deuxième solution qui est préférable.

Citerai-je encore M. Bouvier qui, au Congrès de 1898, dans une magistrale étude sur l'acétylène, disait :

« Signalons en passant, l'intérêt qu'il y aurait, si le carbure de calcium venait à baisser de prix, à enrichir avec 7 à 10 0/00 d'acétylène (1 0/0 au maximum) du gaz de houille relativement pauvre, obtenu en grande quantité et avec un moindre pouvoir éclairant, par le fait d'un rendement exagéré à dessein, de houilles à gaz ordinaires « surdistillées. »

1 0/0 d'acétylène, c'est l 10 de gaz, soit g 11,7. Or ce poids diminue la consommation de gaz de 20 0/0 à égalité de lumière (1).

Or si nous mettions g 11,7 de benzine dans le gaz nous augmenterions son pouvoir de $\frac{11,7}{5}$ hfl $= 2,35$ d'après J.

(1) Le gaz dont parlait M. Bouvier était du gaz de bd 24,5, par conséquent du gaz d'eau; pour du gaz de houille la valeur enrichissante de l'acétylène n'est pas la même.

Les essais de M. Vautier en 1896 démontrent, que sur un bec papillon et du gaz de houille au titre normal, 1/2 0/0 d'acétylène diminue la consommation de 5 0/0; 1 0/0 diminue de 11 0/0 et 2 0/0 de 30 0/0.

Sur du gaz de houille pauvre (essais de M. Vautier, 1897), l'enrichissement est moins prononcé; on peut le mesurer au bec Bengel, avec du gaz de houille pauvre, au titre de 115,9; 2 0/0 d'acétylène sont nécessaires pour diminuer la consommation du Bengel de 11 0/0. Une fois le titre normal atteint, la valeur enrichissante augmente très vite.

Nous rappelons ces chiffres parce qu'ils viennent à l'appui de nos observations sur l'influence du diluant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Schilling soit $2,35 \times 0,105 = Ca\ 0,247$, soit à bien peu de chose près le même résultat.

Seulement kg 1 d'acétylène, soit l 850, coûte entre fr 1,15 à 1,25 tandis que le kg de benzine vaut fr 0,30.

Mais l'analogie jusqu'à présent s'arrête là, pour un petit enrichissement l'acétylène et la benzine se valent ; si on augmente la proportion, on l'a vu par mes essais, la consommation de benzine, même dans le cas le plus favorable est trois fois plus forte, à égalité de lumière, que celle de l'acétylène. Quoique je sois un peu sorti du cadre de mon étude sur le gaz d'air je ne pouvais laisser passer ces faits sans les mettre en lumière, et je suis convaincu qu'on arrivera à établir la vraie théorie des flammes et la composition des gaz devant donner par eux-mêmes le maximum de lumière.

Éclairage par vaporisation des hydrocarbures liquides.

Pas plus que le gaz d'air, l'éclairage aux hydrocarbures liquides ne peut être un concurrent sérieux du gaz.

Si le gaz d'air carburé se rapprochait beaucoup du gaz de houille quant à sa distribution et à son allumage, il en est tout autrement pour l'éclairage par l'alcool qui, s'il peut arriver à se rapprocher du prix du gaz, sera toujours inférieur à ce dernier au point de vue de la facilité d'emploi et surtout au point de vue de l'allumage.

Flammes libres, alcool et benzine.

Il y a soixante ans que l'alcool a été utilisé pour l'éclairage en connexion avec les benzines tirées de la distillation des schistes d'Autun ; il y a à peu près trente ans que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

benzine de goudron est mélangée à l'alcool pour former un liquide d'éclairage nommé gazogène.

Je rappellerai qu'au Congrès de 1899, M. Vautier, notre Président, nous présentait l'étalon Blondel à alcohobenzol, basé sur le même principe.

La combustion de l'alcool carburé avec de la benzine de gaz s'opère très bien dans des becs analogues à ceux utilisés pour le pétrole, mais en ayant le plus grand soin que les trous d'aération soient obturés par de la soudure.

La flamme est bien blanche, mais le bec a le désagrément de ne pas donner de lumière tout de suite; en effet, pendant la période où la lampe ne fonctionne pas, la mèche s'hydrate et elle crépite désagréablement quand on l'allume.

Voici les résultats d'un essai; comme dans les précédents, l'étalon était la lampe carcel bien réglée à g 42 d'huile :

BEC	LIQUIDE	CARCELS	POIDS consommé par heure.	POIDS par carcel-heure. grammes.
Kosmos 14‴..	Alcool dénaturé 90° 75 0/0, benzine 25 0/0.....	1,03	82,5	80
	Alcool dénaturé 90° 65 0/0, benzine 35 0/0.....	1,25	57,5	46
	Alcool 50 0/0, benzine 25 0/0, essence 25 0/0.....	1,40	58,5	42

L'influence du diluant apparaît très nettement dans cet essai. Le mélange à 25 0/0 donne un mauvais résultat quoique g 20 de benzine soient brûlés par carcel et par heure ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le mélange à 35 0/0 est bien plus favorable puisque 16 parties font le même effet que 20.

On ne peut pas brûler moitié alcool et moitié benzine, le mélange fume ; mais si on coupe par moitié la benzine par l'essence de pétrole, le mélange brûle alors très bien et, chose curieuse, la consommation est la même que pour la lampe carcel.

Donc les lampes à alcool carburé et à flammes libres ne seront jamais des concurrentes du gaz d'éclairage ; elles sont sous ce rapport moins dangereuses que le pétrole.

Mais avant de quitter ce sujet je voudrais dire un mot

De l'alcool carburé appliqué à la force motrice.

Là non plus l'alcool ne sera pas un concurrent du gaz, mais il sera intéressant et même un peu piquant d'expliquer que, grâce à l'alcool, on peut faire faire du kilomètre sur route aux sous-produits des usines à gaz.

Si vous remplacez dans un carburateur d'automobile l'essence par de l'alcool, et que vous cherchiez à mettre en route, vous ne partirez que si le moteur est déjà chaud, c'est-à-dire si vous l'avez amorcé avec de l'essence.

Pourquoi? tout simplement parce que l'alcool est moins dangereux que l'essence, qu'il n'émet des vapeurs inflammables qu'à 18° au-dessus de 0 ; pour que le moteur parte, il suffit que le point d'inflammation de l'alcool tombe aux environs de 0°, c'est encore à cette merveilleuse benzine de goudron qu'il faudra s'adresser.

En effet, le mélange de l'acool avec la benzine de goudron abaisse considérablement le point d'éclair de l'alcool ainsi qu'on en pourra juger par le tableau suivant dans lequel j'ai résumé toute une série d'essais effectués avec le naphtomètre de Parich que j'ai déjà cité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Alcool dénaturé 95°				+ 17°
»	»	»	+ 5 0/0 benzine	+ 7,3
»	»	»	+ 10 0/0 »	+ 6,1
»	»	»	+ 20 0/0 »	+ 3,5

Enfin pour terminer je citerai les essais du professeur Goslisch sur un moteur Koerting installé à la distillerie expérimentale de Berlin et qui a obtenu cv 8,938 à t 228 avec un poids de g 370 d'alcool carburé à 20 0/0 par cheval et par heure.

J'ai d'ailleurs fait des essais sur des moteurs Panhard, Dietrich, Durand et d'autres, et les diagrammes que j'ai tirés sont absolument identiques à ceux obtenus avec l'essence minérale.

L'automobilisme par l'alcool carburé ne revient pas plus cher qu'à l'essence et il ne produit aucune mauvaise odeur; enfin, grâce aux immenses ressources de benzine que nous possédons, l'alcool carburé pourrait rendre des services dans le cas d'une disette d'essence minérale.

Éclairage à incandescence par les hydrocarbures liquides.

Dès le début de l'incandescence par le gaz, on a cherché à étendre aux liquides les bienfaits de cette lumière beaucoup plus puissante et surtout plus économique; mais, ce qui est curieux à rappeler c'est que le premier bec à incandescence fut en même temps un bec à incandescence par l'alcool; car c'est sur un bec de lampe alimenté d'alcool que Frankenstein de Gratz posa, en 1848, le premier manchon incandescent.

Tous les liquides ont été utilisés pour l'incandescence et les essais ont porté sur le pétrole, l'essence de pétrole et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'alcool ; de ces trois liquides, le pétrole semble réservé pour l'éclairage des grands espaces et l'essence et l'alcool pour l'éclairage domestique.

Avant de donner une description succincte des différents systèmes de lampes employés, je crois nécessaire d'établir ici la théorie de l'incandescence par hydrocarbures liquides.

Comme exemple, prenons l'alcool.

Tous ceux qui ont allumé leurs becs à manchons avec une topette d'alcool ont fait de l'incandescence par l'alcool, mais ils ont bien vite remarqué que l'incandescence du manchon, obtenue dans ces conditions, était extrêmement faible, sans aucune comparaison avec l'incandescence obtenue par le gaz.

Il y a donc des conditions à réaliser pour que le même alcool donne des flammes qui fassent éclairer le manchon tandis que sa flamme ordinaire ne le peut pas.

Une expérience très simple, facilement réalisable avec un manchon incandescent, une lampe à alcool de laboratoire et un chalumeau de minéralogiste, donne la clef du problème.

La lampe à alcool étant allumée, on remarquera que la flamme est molle est volumineuse ; si vous placez le manchon incandescent sur la flamme, vous verrez qu'il est rougi sur quelques points seulement, et rougi d'une si faible façon qu'il n'émet pas de lumière utilisable.

Si, retirant le manchon, on insuffle de l'air dans la flamme avec le chalumeau et qu'on dirige le dard de la flamme ainsi obtenue sur le manchon, on remarquera que la paroi du manchon frappée par le dard de la flamme émet une lumière tellement vive que l'œil a de la peine à la supporter.

Tout le problème de l'incandescence par l'alcool est dans cette simple expérience ; il faut mélanger de l'air à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur d'alcool avant son entrée dans la flamme, de manière à obtenir une flamme très chaude sous le plus petit volume possible.

Cette phrase m'amène à donner encore un mot d'explication avant d'entrer dans la technique de l'éclairage par l'alcool.

Il faut bien s'entendre quand on parle de chaleur, de flamme chaude, de température, etc.; il faut bien se rappeler qu'un litre d'alcool dénaturé capable de développer Cl 4.215 par litre, c'est-à-dire la quantité de chaleur théorique nécessaire pour élever l 42 d'eau de 0° à 100°, les développera toujours quelles que soient les conditions dans lesquelles l'alcool sera brûlé, mais que toutes les conditions ne seront pas aussi favorables pour la bonne utilisation de cette chaleur.

Nous ne pouvons mieux faire que de reprendre notre exemple de tout à l'heure : la flamme molle de la lampe à alcool ne produisait aucun effet sur le manchon parce qu'elle était trop étendue, trop refroidie par l'air extérieur, qu'elle n'était pas complètement maintenue à l'intérieur du manchon ; au contraire la même flamme avec insufflation d'air, courte et de petit volume et ayant la plus petite surface de contact possible avec l'atmosphère, produisait un excellent effet éclairant sur le manchon.

Tous les becs à incandescence par l'alcool sont donc établis dans le but de transformer l'alcool en vapeur, en gaz, et de mélanger ce gaz avec une forte proportion d'air avant son entrée dans la flamme.

Rappelons que l'alcool, dont la vapeur a une densité de 1,6, fournit un gaz extrêmement riche (le mètre cube de vapeur d'alcool dénaturé à 90° pèse kg 2,070) développe Cl 12,100 et nécessite l 11,800 d'air pour sa combustion. On peut rapprocher ces chiffres du gaz d'éclairage pesant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gr 540 au mètre cube, developpant Cl 5,300 et nécessitant mc 5,6 d'air pour sa combustion.

Ces chiffres font comprendre la nécessité de surchauffer fortement la vapeur d'alcool et de lui communiquer une pression suffisante, pour qu'en sortant de l'éjecteur la vapeur d'alcool puisse entraîner 11 volumes d'air et arriver dans la flamme encore à l'état de vapeur, malgré son mélange avec un poids considérable d'air.

D'après les expériences que j'ai faites, on peut admettre que la température de la vapeur combustible, au sortir de l'éjecteur, doit être à peu près le double de la température de formation des vapeurs; soit environ 160° pour l'alcool, l'alcool mélangé de benzine et l'essence minérale.

Nous avons maintenant la raison pour laquelle il est si difficile de faire de l'incandescence avec le pétrole lampant.

Je ne parle pas bien entendu des lampes basées sur le système Ditmar: ces lampes sont merveilleuses de simplicité, seulement leur réglage est à peu près impossible à effectuer.

Il est nécessaire que la mèche soit bien ronde pour que la flamme ne fasse pas de cornes; enfin la lumière oscille toujours entre un maximum où le manchon noircit, et un minimum où le bec ronfle.

Mais si on vaporise le pétrole pour le transformer en gaz avant son entrée dans la flamme, on est alors obligé, suivant que je l'ai indiqué auparavant, de surchauffer sa vapeur, et cela d'autant plus fortement qu'il faut kg 15 d'air pour la combustion complète d'un kg de vapeur de pétrole.

La température de distillation du pétrole lampant étant en moyenne de 180 à 200°, la vapeur devra avoir une température d'au moins 400° avant son mélange avec l'air.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Or, cette condition est impossible à réaliser parce que, à cette température, le pétrole subit une décomposition que les distillateurs nomment « cracking ».

Par le cracking, une partie des carbures supérieurs se transforme en carbures plus hydrogénés de la série inférieure en abandonnant du carbone. Ce carbone ou graphite obstrue très rapidement les vaporisateurs des lampes.

On a tourné la difficulté en vaporisant seulement à 200 ou 250° mais en donnant à la vapeur une pression énorme, obtenue en comprimant le pétrole à 4 ou 5 atmosphères.

Les éclairages Washington, Kiston, etc., sont basés sur ce principe ; ils ne peuvent servir que dehors, pour de très gros foyers ; nous ne les étudierons pas autrement parce qu'ils sortent du cadre de cette étude.

Mais il en est absolument de même pour l'alcool et l'essence ; l'alcool commence à se décomposer vers 300°, l'éthylène (C^2H^4) devient du méthane ou gaz des marais (CH^4), avec abandon d'un atome de carbone, lequel bouche le vaporisateur ; c'est pour cette raison qu'on a abandonné les appareils à vaporisation du liquide dans la flamme.

Lampe à mèche avec flamme de vaporisation.

La figure 1 représente le schéma du système Schlesinger qui a été repris ensuite par beaucoup d'autres ; il se compose en principe d'une petite chaudière A, bourrée d'ouate dans laquelle aboutissent 3 ou 4 tubes B, remplis par une mèche de coton qui plonge dans le liquide ; une bague filetée G, qui permet de visser le bec sur les lampes, porte un petit brûleur D, avec une mèche qu'on peut monter ou descendre à volonté, de manière à régler la vaporisation.

Au-dessus de la petite chaudière, on visse un brûleur à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

incandescence du même modèle que ceux utilisés pour le gaz. L'allumage demande environ 2 minutes ; pour l'extinction il suffit de souffler la veilleuse qui est protégée des courants d'air par une petite cage perforée.

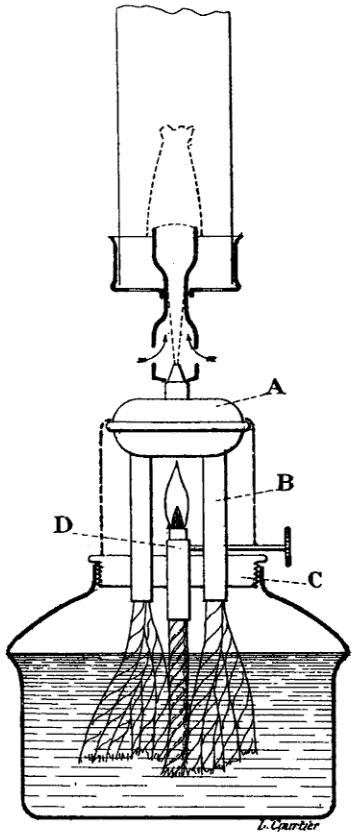


Fig. 1.

Ce bec marche à l'alcool ou à l'essence, c'est le plus simple de tous les becs à hydrocarbures liquides, mais c'est aussi le plus mauvais ; sa consommation d'alcool atteint g 30 par carcel et par heure et g 20 à 22 d'essence minérale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les causes de ce mauvais rendement sont multiples : la vapeur n'est pas assez surchauffée, la veilleuse est une dépense accessoire importante, enfin la pression de la vapeur est très faible.

En effet, cette pression est fonction du bourrage des mèches de coton dans les tubes, et ce qui est curieux à constater c'est que cette pression n'empêche pas le liquide de monter par capillarité ; on peut en faire l'expérience en dévissant le bec du corps de lampe et le bec continue de brûler en consommant le liquide qui reste dans les mèches.

Lampe sans mèche à vaporisation dans la flamme.

Ce bec, représenté par la figure 2, dû en premier lieu à Meyenberg en 1894, a donné naissance à un très grand nombre de modèles; mais, pour les raisons développées plus haut, il tend à être abandonné parce qu'il se bouche par des dépôts de carbone.

Ce bec se compose en principe d'un tube Field renversé et placé dans la flamme. Le liquide arrive par le gros tube A, fermé dans le haut; un petit tube B, part du haut et est fermé à l'autre extrémité par l'éjecteur C ; le tout est recouvert par une galerie D, portant le manchon E, et le verre F.

Pour que la vaporisation soit plus régulière, on place dans le grand tube A, un faisceau de fils métalliques; ce gros tube lui-même est vissé par un raccord trois pièces sur le récipient du liquide.

Le liquide est admis au bec de plusieurs façons, soit que le liquide soit placé à un niveau plus élevé, soit qu'on le fasse monter par une pression d'air.

L'allumage est très rapide et ne demande qu'une trentaine de secondes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Bien réglé, ce bec doit donner de bons résultats, les essais effectués par C. Couderchon et par M. Ringelmann font

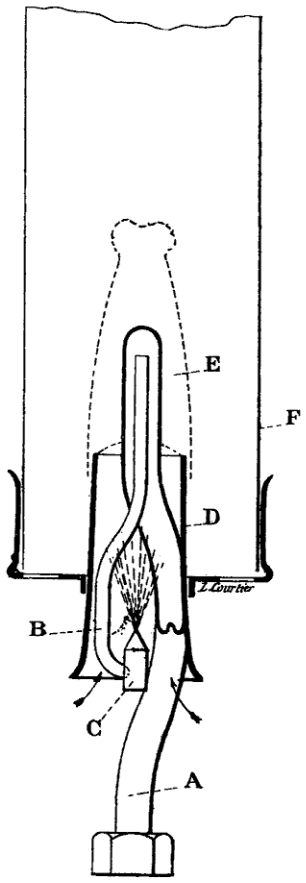


Fig. 2.

sortir la carcel-heure à gr 14 et 22, et dans les gr 10 pour l'essence de pétrole.

Mais le défaut capital de ce genre de bec, c'est de se boucher par la décomposition de la vapeur combustible.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lampe à mèche à vaporisation par conduite de chaleur.

La figure 3 représente schématiquement la lampe de la

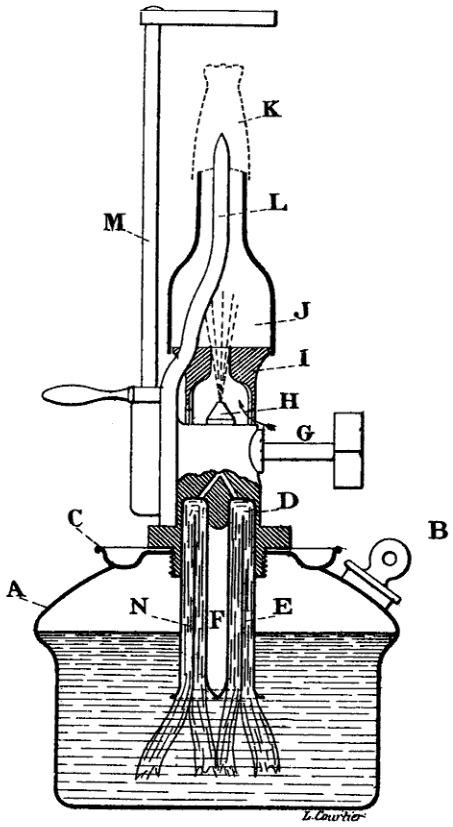


Fig. 3.

Société d'Éclairage, de Chauffage et de Force motrice par l'alcool.

Les principes utilisés dans ce bec se retrouvent également dans les becs Marcus, Doudard de la Grée, Seegrunn,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Deselle, etc., qui tous transportent une partie de la chaleur de la flamme pour servir à la vaporisation.

Quoiqu'il y ait des mèches, comme dans le bec Phœbus, le rendement de cette lampe est bien supérieur parce que la vapeur combustible est utilisée sous pression; les mèches ne servent plus à conduire le liquide par capillarité, mais à répartir le liquide sur une très grande surface de manière à ce qu'il se vaporise bien régulièrement.

La lampe se compose d'un récipient A, hermétiquement fermé avec bouchon de remplissage B; sur le dessus du récipient, une cuvette C sert à l'allumage ; le vaporisateur se compose d'une pièce en métal D, prolongée par un tube E, avec au centre une tige de métal F; cette cavité, dans laquelle le liquide se vaporise, est percée au fond d'orifices conduisant la vapeur au robinet G, au-dessus du robinet, l'éjecteur H ; le bunsen I; la chambre de mélange J, dont la tête porte le manchon K.

Le conducteur de chaleur est double; il se compose en premier lieu d'une tige de métal bon conducteur de la chaleur L, placée au centre de la flamme et conduisant la chaleur au vaporisateur D, et en second lieu, d'une tige M, surmontée d'une raquette massive captant les chaleurs perdues de la flamme, comme dans la lampe Helft, mais conduisant cette chaleur au vaporisateur D.

Le dispositif pour le placement de la mèche est ingénieux; il consiste en un bout de tube de cuivre N, autour duquel on enfile les mèches et qu'on enfonce une fois garni dans le vaporisateur.

Une fois la lampe garnie d'un mélange de 2/3 en volume de benzine pour 1/3 d'alcool dénaturé, le bouchon bien vissé, on verse de l'alcool non carburé dans la coupelle et on l'allume; une fois que l'alcool a fini de brûler on tourne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le robinet et on allume le manchon; on règle la lumière par le robinet et par la bague d'air du bunsen.

Voici de quelle manière la pression s'est faite dans l'appareil :

A l'allumage du bec, toute la partie métallique du bec et le haut du récipient ont chauffé et ont communiqué leur chaleur à la couche d'air et de vapeur qui surmonte le liquide. La température prise par l'air atteint facilement 30° au-dessus de la température ambiante et la pression qui en résulte est de $\frac{273}{30} = 0{,}091$ atmosphère soit une pression de c m 94 d'eau.

Dans une certaine mesure, on peut faire varier la quantité de chaleur transportée en faisant plus ou moins tourner la tige M; en hiver, par exemple, la raquette devra être en plein sur la flamme.

La petite lampe de 2,5 carcel demande 6 minutes pour son allumage; elle consomme gr 10 d'alcool et de benzine par carcel-heure. On fait des modèles produisant jusqu'à 30 carcels par manchon; pour ces gros modèles, la lampe étant bien réglée et le manchon neuf, la consommation d'alcool carburé descend à gr 7 par carcel-heure.

Ces lampes demandent à être allumées et à fonctionner dans la même pièce à une température assez constante; il ne faut pas les porter brusquement d'une pièce chaude dans une pièce froide, cela se comprend puisque 1° en plus ou en moins dans la température du corps de la lampe, fait varier la pression de mm 37 d'eau. C'est ce qu'on avait d'ailleurs remarqué sur les lampes de Meyenberg et Marcus de Vienne, mais cela ne touche pas à la valeur du bec qui ne varie plus dans son éclat s'il est alimenté par du liquide sous pression constante.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lampe sans mèche à vaporisation par captation de chaleur dans la flamme.

La figure 4 représente le bec Lecomte pour combustibles liquides. Ce bec ne peut avoir de remarquable que sa très grande simplicité ; il a été conçu dans l'idée de se rapprocher autant que possible du bec à gaz, il peut d'ailleurs, sans aucun changement, être utilisé pour du gaz d'éclairage.

Dans ses applications, il se monte comme un bec de gaz et sur le même appareillage, lyres, appliques, lustres, suspensions, etc.; la seule modification que subisse l'appareillage, c'est de recevoir un récipient donnant au liquide une charge de cm 20 de hauteur, cette pression étant suffisante pour la vapeur combustible, laquelle est fortement surchauffée.

Le bec Lecomte se compose des pièces suivantes : A, robinet qui se visse sur le tuyau amenant le liquide ; B, écrou de serrage du presse-étoupe; C, bouton moleté formant tête de la vis pointeau du robinet; E., cuvette d'allumage; F, corps du bec percé pour le vaporisateur; G, vaporisateur rotatif constitué par une torsade métallique; H, éjecteur; I, tube de Bunsen qui se visse sur le corps du bec; J, galerie portant le manchon M; N, galerie porte-verre; O, cheminée de cristal; P, toile métallique de la tête; Q, tige métallique à deux branches soudées dans le corps F; cette tige capte la chaleur dans la flamme et la transporte au corps F et au vaporisateur G, où elle est utilisée pour la vaporisation du liquide.

En résumé le bec Lecomte est un bec à gaz; mais, dans le tuyau d'arrivée du gaz, on a placé un vaporisateur qui, suivant les liquides, est une torsade ou une hélice métallique,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ramenant le liquide à un volume trop petit pour que le

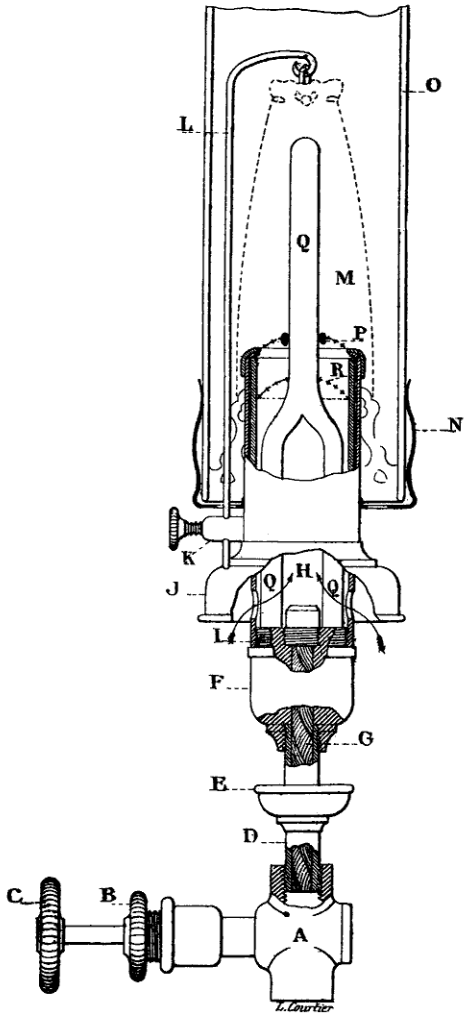


Fig. 4.

phénomène de la caléfaction puisse se produire, et, d'autre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

part, ralentissant suffisamment le passage de la vapeur pour qu'elle se surchauffe au degré déterminé.

Le bec Lecomte fonctionne avec de l'alcool, de l'alcool carburé de benzine ou encore de l'essence minérale.

L'allumage s'opère en versant cm^3 2 d'alcool dans la cuvette ; au bout de 60 secondes, quand l'alcool est brûlé, on tourne le robinet et on allume le bec au-dessus comme pour un bec à gaz.

C'est avec ce bec qu'ont été faites les expériences que nous résumons plus loin, par la Commission nommée par le Ministre du Commerce pour rechercher les emplois industriels de l'alcool.

La première application de ce bec a été faite au *Grand Hôtel Central* à Panama. Dans ce pays, il n'y a pas d'usine à gaz et on a de l'essence de pétrole, mais pas d'alcool.

A Guayaquil, dans les haciendas environnantes, on en fait emploi avec de l'alcool pur ; on utilise les mauvais goûts de tête et de queue qui, n'ayant pas de valeur, étaient autrefois jetés à la rivière ainsi d'ailleurs que les mélasses. Dans la province de Guayaquil, le pétrole est excessivement cher.

Dans l'Uruguay, la lampe Lecomte est également utilisée pour l'alcool dénaturé avec 3/1000 de terpinoline. L'alcool vaut fr 0,30 le litre et le pétrole fr 0,60.

Cette nomenclature simplement à titre d'indication pour montrer que le même appareil doit pouvoir changer de nature de combustibles suivant les conditions fiscales et économiques des pays où on l'utilise.

En France, il est nécessaire que l'alcool soit, comme je le disais au début de cette note, dénaturé d'une façon qui en permette l'emploi, d'autant qu'on verra par le tableau qui suit que l'alcool mélangé de benzine peut rendre de réels services.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La première application à un service public du bec Lecomte à combustible liquide a été l'éclairage de la gare de Thomery sur le chemin de fer P.-L.-M.

Résumé des essais photométriques effectués sur des lampes à hydrocarbures liquides.

Le tableau suivant est dressé d'après des essais authentiques effectués dans plusieurs laboratoires par divers opérateurs.

Pour le prix de comparaison, le gaz a été supposé à fr 0,30 le m c ; l'alcool dénaturé à fr 0,65 le litre, soit fr 0,78 le kg ; l'alcool carburé à fr 0,65 le litre, soit fr 0,76 le kg ; l'essence minérale densité, 0,680 à fr 0,45 le litre, soit fr 0,66 le kg.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BEC	COMBUSTIBLE	ESSAIS de MM.	INTENSITÉ en Carcels	DÉPENSE par heure	PRIX par heure	DÉPENSE par carcel-heure	PRIX par carcel-heure
				litres	centimes	litres	centimes
Bunsen Lecomte	Gaz	Vautier	8.44	115	3.45	12.00	0.36
Bec Auer n° 3	Gaz	—	12.27	152	4.56	12.40	0.37
Bec Lecomte	Gaz sous pression 175 m/m	Ville de Paris	36.00	315	9.45	8.75	0.26
				grammes		grammes	
Schlesinger	Alcool dén. 90° (fig. 1)	Lecomte	2.2	66	5.15	30.00	2.34
—	—	Ringelmann	3.1	121	9.45	39.00	3.05
—	Essence minérale (fig. 1)	Lecomte	3.2	61	4.04	19.00	1.25
Phœbus	Alcool dén. 90°	Sorel	3.61	98	7.65	27.10	2.12
Continentale	— (fig. 2)	Ville de Paris	6.80	95	7.41	14.00	1.09
—	— —	Ringelmann	4.90	108	8.42	22.00	1.72
O. Helft.	—	Hayduck	6.5	115	9.00	17.70	1.38
Schwertlampe	—	—	6.56	115	9.00	17.50	1.37
Denayrouze	—	Denayrouze	»	»	»	14.00	1.09
—	Alcool 1/3 benzine 2/3	Ringelmann	2.5	25	1.90	10.00	0.76
Lecomte	Alcool 66 benzine 20 toluène 14 0/0	Sorel	5.20	51	3.88	9.8	0.75
—	Alcool 62,5 benzine 37,5 0/0	—	6.45	65.6	5.00	10.15	0.78
—	Alcool 95° + 2 0/0 benzine lourde	—	6.26	75.0	5.86	12	0.94
—	Alcool dénaturé 90°	—	5.45	79	6.18	14.5	1.13
—	Essence minérale	Ch[in] fer P.-L.-M.	4.30	30	1.98	6.95	0.46

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce tableau démontre que le choix du bec n'est pas indifférent puisque, suivant le bec, le même liquide donne la carcel-heure pour ct 1,1 ou ct 2,3, et même l'alcool carburé, dans les meilleurs becs, coûte encore deux fois autant que le gaz ; seule l'essence minérale, hors Paris, coûte seument 30 0/0 de plus que le gaz ; on remarquera également que le rendement de l'essence, directement utilisée à l'état de vapeur ; est supérieur à celui de l'essence en dilution dans l'air.

Conclusion.

Je termine là cette étude qui est un peu longue pour le cadre ordinaire de nos communications et pourtant je n'ai fait que d'effleurer chaque sujet de la façon la plus concise. Dans l'état actuel de la science je ne vois pas le système qui puisse primer notre vieux gaz d'éclairage ; et cela d'autant mieux que j'ai la ferme conviction qu'il est encore perfectible.

L'incandescence par le gaz a réalisé un progrès formidable, mais il est permis de penser qu'on peut trouver une combinaison gazeuse, moins coûteuse que l'acétylène, et donnant du premier coup, dans la flamme même, sans l'intermédiaire d'un corps réfractaire, une flamme aussi économique et plus belle que celle que nous avons actuellement avec l'incandescence.

Ce sera le travail du siècle qui va commencer et l'étude que nous venons de faire démontre que le gaz n'a rien à craindre de ses concurrents, que ce soit l'électricité ou les hydrocarbures gazeux ou liquides.

Les gaziers ne peuvent voir que d'un œil favorable toutes les recherches qui se font dans l'art de l'éclairage ; plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nous donnerons le goût de la lumière et plus on montera d'usines à gaz et plus on aura d'abonnés.

Pour la même raison, plus on montera d'usines et plus nous devrons chercher les moyens de tirer le meilleur parti possible du charbon, ce pain de l'industrie, dont nous tirons la lumière, ce pain des yeux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Historique, caractère et résultats de l'Institution « *Educational Fund* », créée par « *American Gas Light Association* », pour l'instruction professionnelle des employés du gaz.

Par M. Alfred E. FORSTALL

(DE NEW-YORK).

La première idée de la création de l'Institution *Educational Fund* est due à M. Walton Clark et fut signalée à l'attention de l'*American Gas Light Association*, dans le discours qu'il prononça en qualité de Président au Congrès de 1895. Dans ce discours, M. Clark constata que le but principal de l'Association était l'éducation de ses membres et que ce but était atteint surtout par la lecture et la discussion des communications présentées aux Congrès annuels. Mais il y avait en plus nécessité d'organiser un système d'instruction complémentaire pour les nombreux jeunes gens et hommes faits, qui sans avoir l'avantage d'une éducation bien avancée, lorsqu'ils occupent des emplois subalternes dans les usines à gaz, s'efforcent de se mettre en état d'occuper des postes où il y a plus de responsabilité. A cet égard, l'Association ne faisait rien. M. Clark ajouta : « Je suis respectueusement d'avis que l'Association manque à son devoir à cet égard. Il n'y a pas de manuels de gaz. Autant que j'en ai connaissance, la seule autorité qui essaye de poser des problèmes pour se rendre compte du mérite des élèves gaziers est *The City and Guilds*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

of London Institute. Son œuvre est admirable, mais ne suffit pas aux besoins industriels. Le champ est vaste, l'œuvre digne de tous les efforts de l'Association; la dépense en argent serait faible; les services qu'elle rendrait à l'industrie du gaz et aux jeunes gens qui s'y engagent peuvent être appréciés surtout par ceux de nous qui se sont élevés eux-mêmes, sans avoir l'avantage d'une instruction préalable. Je vous recommande la formation d'un comité permanent de l'éducation. »

Cette proposition fut adoptée, un Comité formé et le travail entrepris sous la direction de M. Clark comme président. L'extrait suivant d'une circulaire publiée en février 1896 indique les principes de la méthode par laquelle il proposait d'accomplir l'œuvre qui lui avait été confiée.

« On propose de former une classe d'hommes et de jeunes gens occupant des positions subalternes dans les usines à gaz, ou servant comme contremaîtres dans les petites usines, à qui seront expédiés, à des intervalles dont la durée sera déterminée plus tard, des problèmes sur la fabrication et la distribution de gaz et des questions sur les sciences qui ont rapport à ces sujets, en même temps que des conseils sur les sources de renseignements à consulter pour l'étude de ces problèmes et questions.

« On propose de commencer le travail avec une seule classe d'élèves, en leur donnant des problèmes et des questions très simples et de déterminer, d'après les résultats obtenus, le développement du programme.

« Le Comité espère qu'on témoignera assez d'intérêt à cette œuvre, pour justifier la formation de deux classes d'élèves et l'attribution de certificats d'excellence après deux années passées dans l'une ou l'autre classe.

« On ne désire pas que des élèves qui ont eu l'avantage d'une éducation soignée ou technique, ou ceux qui ont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

acquis une longue expérience dans les usines à gaz, soient admis dans la classe qui sera formée. On se propose d'organiser un système d'assistance pour les nombreux jeunes gens et hommes faits, qui, sans l'avantage d'une éducation bien avancée, font, lorsqu'ils occupent des positions subalternes dans les usines à gaz, de grands efforts pour se préparer à remplir des postes où il y a plus de responsabilité. Pour stimuler leur ardeur au travail, trois prix de nature et de valeur convenables, seront décernés aux trois meilleures réponses faites aux questions d'examen à l'époque fixée par le Comité. Ces prix consisteront en livres, instruments de dessin, ou appareils de chimie.

Une classe de 76 élèves fut formée suivant ces idées en mars 1896. Ce nombre se réduisit à 44 en octobre, parce que 32 des élèves n'ont pas pu fournir de réponses aux questions qu'ils recevaient. Par l'expérience acquise dans l'application actuelle de son programme, le Comité fut appelé à faire un rapport à l'Association en octobre dans les termes suivants.

« Le travail jusqu'à présent a été expérimental et préparatoire. A partir du 1er décembre prochain, le travail régulier de la classe sera commencé. On propose de distribuer quatre séries de questions par an, et d'embrasser dans ces questions toute l'étendue des connaissances professionnelles d'un directeur d'usine à gaz. Le Comité croit que les avantages retirés par les élèves de la réception des réponses du Comité aux questions proposées, sont de très peu d'importance en comparaison des grands avantages résultant de la connaissance des ouvrages et de l'entraînement intellectuel nécessaire pour préparer les réponses. Pour un grand nombre, le plus grand avantage sera, sans doute, la netteté des idées qui résulte de leur exacte expression en des mots écrits

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Dans une de ses circulaires, le Comité est revenu sur la question des prix. Toute réflexion faite, il est arrivé à cette conclusion qu'il vaudrait mieux dépenser tout l'argent qui serait à sa disposition de manière à en faire profiter toute la classe et ne pas acheter des prix qui ne seraient utiles qu'à un petit nombre et très probablement à ceux qui ont le moins besoin d'assistance. Le Comité abandonnera donc, avec votre approbation, l'intention de décerner des prix, et emploiera l'argent qu'il obtiendra pour faire circuler parmi les membres de la classe tels ouvrages qu'il pourra trouver et croira de valeur. »

Entre décembre 1896 et janvier 1898, le travail du Comité se continua régulièrement, le nombre d'élèves variant entre cinquante et soixante. Dans cet intervalle, cinq séries de questions furent traitées. Tout le travail qui se rattachait à la préparation des questions et aux réponses à leur donner, à la réception, à l'examen et à la correction des réponses faites par les élèves, à l'envoi des questions, des réponses et des corrections fut exécuté en réalité par M. Clark, qui, bien qu'il fût déjà très occupé, donnait de bon cœur son temps et son attention personnelle, indépendamment du concours des employés de son bureau. Mais, quoiqu'il s'intéressât encore vivement au succès des élèves et de l'Association, il se trouva incapable de continuer son travail après janvier 1898, et, en conséquence, la classe fut interrompue, en attendant le résultat de l'effort que faisait un Comité du Conseil de l'Association pour l'organiser d'une manière définitive.

La tâche que ce Comité s'imposait, était d'obtenir, soit des Compagnies de gaz, soit des membres isolés de l'Association et d'autres personnes intéressées ou liées à l'industrie du gaz, des souscriptions pour une durée de cinq ans, s'élevant à une somme assez forte pour permettre le paye-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment d'une rémunération convenable à une personne compétente qui consacrerait une bonne partie de son temps au travail de la classe. Le capital ainsi trouvé devait être employé sous le contrôle d'un conseil d'administration nommé dans le principe par l'*American Gas Light Association*, mais ayant après son établissement, le droit de nommer des remplaçants s'il se produisait des vacances dans ses rangs. Le président et le *Junior Past President* de l'Association devaient être cependant des membres de droit de ce conseil. Le conseil ainsi constitué devait être muni de pleins pouvoirs pour le choix de la personne qui aurait la direction de la classe et pour l'emploi des fonds.

Les travaux du Comité furent couronnés de succès. Il était en état d'annoncer au Conseil, à l'occasion de sa réunion d'octobre 1898, qu'il avait obtenu des souscriptions qui engageaient le payement, durant cinq ans, de sommes montant à $ 3,193 par an (portées depuis à $ 4,170 par an) et que ces souscriptions autorisaient à proposer la nomination de suite d'un conseil d'administration qui serait composé de cinq personnes, dont trois seraient des membres permanents et deux des membres de droit. Le Conseil de l'Association approuva la proposition de son Comité, et fit un rapport à l'Association, qui en conséquence la confirma définitivement en nommant le Conseil d'administration et en le chargeant de l'exécution du programme, votant en même temps une subvention de $ 250 par an à l'*Educational Fund*.

Le conseil d'administration ainsi nommé se constitua en janvier 1899, sous le titre *Trustees Gas Educational Fund*, et le système d'éducation fut repris en février de la même année. L'enseignement se fait au moyen d'une classe de correspondance. La qualité d'élève est restreinte aux employés des Compagnies de gaz qui peuvent faire patroner

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

leurs demandes d'admission par un membre de l'*American Gas Light Association* ou par un souscripteur. L'instruction est gratuite. La durée du cours d'instruction est fixée à trois ans, les questions et les problèmes posés devenant de plus en plus difficiles à partir du commencement jusqu'à la fin du cours. Une nouvelle section de la classe est formée chaque année, et chacune des sections reçoit à peu près la même instruction. La méthode d'enseignement est la suivante :

Une série de douze questions est envoyée à tous les membres d'une section le 1er janvier, par exemple. Dans la préparation des réponses à ces questions, l'élève est libre d'employer tous les moyens pour obtenir des renseignements qu'il juge utiles et, de plus, il est invité à s'adresser au secrétaire à propos des questions qu'il ne comprend pas ou sur lesquelles il ne peut pas obtenir de renseignements. Il faut que ces réponses soient envoyées au secrétaire des *Trustees*, qui a soin de la classe, avant le 1er mars. Après un examen soigneux de chaque série de réponses, le secrétaire fait la critique qu'il croit nécessaire dans une lettre personnelle adressée à l'élève, et cette lettre, avec les réponses aux questions préparées par les *Trustees* et une autre série de questions, est expédiée le 1er avril. Les critiques générales ayant rapport à toute une partie de la classe sont l'objet de lettres circulaires. De cette façon quatre séries de questions sont reçues par l'élève qui y répond, et les réponses sont analysées par le secrétaire.

Les élèves étant tous employés de Compagnies de gaz, tout le travail fait par la classe est nécessairement fait en dehors des heures de service : il est impossible de préparer une série de réponses en moins de deux mois. A cause du nombre d'élèves de la classe, il est également impossible au secrétaire d'étudier les réponses en moins d'un mois et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi le nombre des séries de questions se limite à une par trimestre.

Les questions sont posées sur des problèmes pratiques et sur des sujets théoriques dont il faut avoir connaissance pour être en position de bien comprendre et de résoudre correctement les difficultés qui s'offrent continuellement dans les usines à gaz. Il va sans dire qu'on ne peut pas avec cent quarante-quatre questions et problèmes, parcourir dans toute son étendue le champ de l'instruction d'un ingénieur gazier, mais on espère que les trois ans donnés au travail de la classe feront prendre aux élèves le goût de l'étude, et qu'ils seront ainsi portés à continuer eux-mêmes ce travail en se servant de la connaissance des sources d'information acquises en même temps. Comme on donne une attention particulière à ce que l'élève exprime exactement ses idées, ce genre d'exercice sera aussi de grande valeur. En effet, ainsi que le dit le premier rapport du *Committee of Education*, l'entraînement intellectuel résultant de ce travail aura sans doute beaucoup plus de valeur que les connaissances acquises par les réponses aux questions. On espère que ces réponses formeront avec le temps un catéchisme à l'usage de l'élève-ingénieur gazier. Une collection complète des questions et des réponses envoyées à la classe depuis l'institution des *Trustees Gas Educational Fund* est jointe au présent rapport.

Comme il n'y a aucune cause d'émulation entre les élèves sous forme de prix ou de classement entre eux et comme on ne peut conserver sa qualité d'élève qu'en consacrant une bonne part de ses loisirs au travail de la classe, il est permis de croire que tous les élèves ont un vif désir d'augmenter leurs connaissances professionnelles. L'histoire de la classe, qui, dès le début, a toujours contenu plus de quarante membres, nombre qui s'est élevé à cent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

depuis l'institution des Trustees, fait voir que ce désir est répandu largement parmi les employés des Compagnies de gaz. Cette ardeur de s'instruire et le cas que les élèves font des moyens qui leur sont ainsi donnés de la satisfaire ont surpris même les personnes qui ont créé cet enseignement. Il est plus difficile de communiquer l'instruction par correspondance, et cette instruction, dans les meilleures conditions, est encore moins complète que celle d'un professeur en contact personnel avec ses écoliers, mais c'est le seul moyen que l'on puisse employer, lorsque les cent membres de la classe sont distribués sur une étendue de 2.000.000 milles carrés.

Il vaudrait aussi mieux que les « Trustees » eussent à leur disposition assez d'argent pour employer plus d'un professeur, parce qu'alors plus de temps pourrait être consacré à l'examen de ce qui convient à chaque élève et le travail serait plus fructueux. Mais telle qu'elle est, cette institution des « Trustees » a fait la preuve de sa valeur, à en juger par le travail de la section qui a fini son cours le 1er janvier 1900. Plus cette valeur sera reconnue, plus le montant du *Educational Fund* s'accroîtra et les résultats s'amélioreront.

Dans ce qui précède, il n'a été parlé que des avantages offerts par la classe aux élèves et peut-être quelques personnes pourraient croire que les Compagnies de gaz qui font des payements à l'*Educational Fund* dépensent par philanthropie de l'argent sans idée de retour. Il n'est pas nécessaire de se lancer dans un grand discours pour montrer que tout ce qui accroît la capacité de travail du collaborateur d'une industrie a une grande et immédiate valeur pour l'industrie elle-même, et, par conséquent, tout ce qui contribue à augmenter la connaissance de l'art de la fabrication du gaz parmi les contremaîtres et les directeurs

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

futurs doit rendre aux Compagnie de gaz des bénéfices bien supérieurs aux petites sommes demandées à chacune d'elles pour assurer le parfait fonctionnement de ce système d'instruction. Cette vérité de mieux en mieux reconnue décidera sans doute la Compagnie à s'intéresser de plus en plus à l'œuvre des Trustees et à augmenter les ressources financières de l'*Educational Fund*.

Quoi qu'il en soit, incomplètement renseigné sur ce qui se passe dans les pays étrangers, l'auteur croit que l'enseignement organisé comme il l'a décrit est le seul exemple d'une tentative méthodique d'assistance et de direction des élèves gaziers dans l'acquisition des connaissances professionnelles, sans être forcés d'abandonner leur position et de se rendre dans une ville déterminée. Des cours semblables à ceux de Carlsruhe, ou de la *German Continental Gaz Company*, à Dessau, ne répondent pas aux besoins de la majorité des employés des Compagnies de gaz qui, malgré leur désir de s'instruire, sont obligés de compléter leur éducation du mieux qu'ils peuvent pendant leurs loisirs en dehors des heures de travail. C'est à ce besoin que les *Trustees Gas Educational Fund* essayent de satisfaire par la « Classe Pratique », la *Practical Class*, avec un succès déjà encourageant, dont le temps seul permettra d'apprécier la grandeur. N'est-ce pas un exemple digne de l'étude de toutes les Associations gazières et capable de provoquer le perfectionnement des méthodes en attendant leur adoption générale ?

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

The History, Character and Results of the Educational Work Carried on by the Trustees Gas Educational Fund.

By Alfred E. FORSTALL.

(NEW-YORK)

The idea which finally resulted in the formation of the Gas Educational Fund originated in the mind of Mr. Walton Clark, and was brought to the attention of the American Gas Light Association in the Presidential Address delivered by him at the meeting of the Association held in 1895. In this address, Mr. Clark stated that the chief function of the Association was educational, and was carried out principally through the medium of the formal papers and discussions forming the greater part of the programme of the annual meetings. But in addition to this education of the members themselves there was a need of « giving systematic aid to the many boys, and men, who without the advantage of advanced education are struggling to fit themselves for positions of responsibility, while filling subordinate positions in our gas works », and in this direction the Association was doing nothing. He continued « I respectfully submit that the Association is failing of its duty in this matter. There are no gas text books. As far as I am

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aware the only authority attempting the work of setting problems to tax the ingenuity of the gas student is the City and Guilds of London Institute. Its work while admirable is insufficient to meet the occasion. The field is broad, the work worthy the best effort of the Association. Its cost in money would be small. Its value to the industry and to the youth engaged in it may best be estimated by those of us who have worked our way up from the ditch, or the bench without the advantage of a previously obtained education. I recommend to you a standing committee on education ».

This recommendation was adopted. A Committee was appointed and the work was taken up by it under the active direction of Mr. Clark, who was made Chairman. The following extract from a circular issued in February 1896 gives the outline of the method by which it proposed to accomplish the work committed to it.

« It is proposed to form a class of men and youths occupying subordinate positions in gas works, or employed as superintendents of small gas works, to whom shall be mailed, at intervals to be determined later, problems in gas manufacturing and distribution, and questions upon the sciences concerned with the manufacture and distribution of gas, together with suggestions as to the sources of information to be examined in studying the questions involved.

« It is proposed to begin the work with but one grade of students, submitting problems and questions of the simplest character, and looking for the success attained to determine the future development of the plan.

« The Committee hope that there will be enough of interest manifested to justify an extension of its work to the formation of classes of two grades, and the awarding of cer-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tificates of excellency at the termination of a two years' course in either grade.

« It is not desired to include in the class now to be formed, students who have had the advantage of advanced or technical education or of considerable experience in the gas business. The work is intended to « give systematic aid to the men and boys, who without the advantage of an advanced education are struggling to fit themselves for positions of responsibility while filling subordinate positions in gas works. » To stimulate their interest in the work, certain appropriate and valuable prizes will be awarded for the first, second and third best answers to the examination questions, submitted at a time to be determined by the Committee. The prizes will consist of books, drawing implements or chemical apparatus. »

A class was started along these lines in March 1896 with a membership of 76, which had been reduced to 44 by October through the failure on the part of the other 32 to answer the questions sent out. The experience gained by the Committee in the actual working of their plan led it to report to the Association, at its meeting in October, as follows :

« The work up to this point has been experimental and preparatory. From the 1st of December next the regular work of the class begins. It is proposed to send out four lists of questions a year, and to have these questions cover the entire range of the duties of the Gas Superintendent. The Committee believe that the good that can be obtained by a member of the class from work in the class is in but small part the privilege of receiving the answers to the questions. The greater good must come from the familiarity with the books and from the mental training that he will get from working up his answers. With many of the

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

class the greatest good of all will probably be the clearing up of ideas that comes from their exact expression in writing.

« The Committee referred in one of their circulars to the matter of prizes. After serious consideration they have come to the conclusion that it will be better to expend whatever money may be at their command in such work as will benefit all of the class, rather than for the purchase of prizes which can benefit but few, and very possibly those who, all things considered, are less needful of assistance. Therefore, with your approval, the Committee will abandon the idea of giving prizes and will expend such funds as may come in their possession for the purpose in circulating among the members such literature as they may be able to command and think will be of value to the class. »

Between December 1896 and January 1898 the work of the Committee was carried on with regularity, the number of members of the class varying between fifty and sixty. During this time five sets of questions were sent out. Practically all the work of preparing the questions and the correct answers to them, receiving, examining and commenting upon the answers of the students, and sending out the questions, answers and comments was done by Mr. Clark, who, though he was already a very busy man, was willing to give to the work the time and attention it required of him personnally even with the aid he received from his office force. But even he, though still intensely interested in advancing the welfare of the students and the Association, found himself unable to continue the work after January 1898, and it was suspended pending the result of an effort to organize it upon another footing that was being made by a Committee of the Council of the Association.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

The task set for itself by this Committee was to secure from Gas Companies, individual members of the Association and other persons interested in, or connected with the gas industry subscriptions extending over a period of five years, and amounting to a sum sufficiently large to enable the payment of a salary that would compensate some competent person for devoting a large portion of his time to the work. The fund so raised was to be administered by a Board of Trustees, appointed in the first instance by the American Gas Light Association, but which after its appointment was to have the power of filling any vacancies that might occur in its membership. The President and the Junior Past-President of the Association were, however, to be ex-officio members of the Board. These Trustees were to have full power as to the selection of the person who should have charge of the work and the handling of the money subscribed to the fund.

The labor of the Committee was successful. It was able to report to the Council, at its meeting in October 1898, that it had secured subscriptions pledging the payment for five years of a sum amounting to $ 3, 193 per annum (this has since been increased to $ 4,170 per annum) and that this showing warranted it in recommending the immediate appointment of a Board of Trustees of five members, three of whom were to be permanent and two ex-officio members, as specified above. The Council endorsed the recommendations of the Committee, and so reported to the Association, which thereupon gave the final confirmation to the suggestions by appointing the Trustees and committing the work to their hands. It also voted a sum of $ 250 per annum to be paid for five years from the general fund as its subscription to the educational fund.

The Trustees so appointed effected an organization in Ja-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nuary 1899 under the name Trustees Gas Educational Fund, and the educational work was resumed in February of the same year. This work is carried on by means of a Correspondence Class, membership in which is limited to those employees of gas companies who can secure the endorsement of their applications for admission by a member of the American Gas Light Association, or a suscriber to the Fund. No tuition or any other fees are charged. The course of instruction has been made three years in length, the questions and problems set becoming more and more difficult from beginning to end of the course. A new section of the Class is formed each year, each section being given practically the same course. The method of instruction is as follows.

On the first day of January, for instance, a set of twelve questions is sent out to all the members of a section, each section receiving a different set of questions. Answers to these questions, in the preparation of which the student is at liberty to use any and all means of securing information of which he can avail himself and is encouraged to consult the Secretary upon any points which he does not understand or about which he can find no information, must be sent to the Secretary of the Trustees on or before March 1st. The Secretary, who is in charge of the works, examines each set of answers carefully and makes the necessary criticisms upon them in a personal letter to the student, which is mailed April 1st together with what are considered by the Trustees to be the correct answers to the questions and the next set of questions. Any general criticisms applying to the work of the Section as a whole are embodied in circular letters. In this way four sets of questions are received and answered by the student each year, all the answers being commented upon by the Secretary.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

All the students being, as stated, employees of gas companies, the work done in connection with the class must of necessity be done outside of working hours, and it is therefore impossible for them to answer a set of questions in a shorter time than two months. Owing to the number in the class it is also impossible for the Secretary to give the proper attention to the answers in less than a month's time, which limits the number of sets to one each three months.

The questions deal with practical subjects and with those theoretical points a knowledge of which is necessary in order that the practical problems continually arising in gas works may be fully understood and correctly solved. Il is of course impossible to cover with 144 questions all the subjects upon which a Gas Engineer should be informed. but it is hoped that the effect of the three years'work willbe to form, in the case of each student, a habit of study, which, with the knowledge of where and how to find information already obtained, will lead, and at the same time enable him to continue by himself the work begun in the Class. Special attention being paid to the exact expression by the student of the idea sought to be conveyed, the training in this direction must also be of great value. In fact as is stated in tne portion of the first report of the Committee on Education previously quoted, the mental training acquired will undoubtedly be of much greater value than the actual knowledge obtained from the answers to the questions, though it is hoped that these will form, in time, a valuable catechism for use by the student in Gas Engineering. There is appended to this paper a full set of the questions ana answers sent out to the Class since the work has been taken up by the Trustees.

There being no inducement for membership in the shape

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

of prizes or the element of competition and as membership cannot be maintained unless the student is willing to devote no small amount of his leisure time to the work, it is safe to assume that the great majority, if not all, of the members of the Class possess an earnest desire to increase their knowledge of the business in which they are engaged. The fact that since its inception the number in the Class has never fallen below 40 and that since the organization of the Trustees it has averaged 100, shows that this desire for increased knowledge is wide spread among the employees of gas companies. The extent of this eagerness to learn and the value placed by the students upon the means afforded to gratify it, as shown by the painstaking labor devoted to the work, has surprised even those with whom the idea at first originated. Instruction given by correspondence is necessarily more difficult to impart and at best less complete than instruction given by an instructor in personal contact with his pupils, but it is the only possible method of supplying the demand, when as in this case the hundred members of the Class are scattered over an area of some 2,000,000 square miles.

It would also be better if the money at the disposal of the Trustees would permit the employment of more than one instructor, since more time could then be devoted to a study of the needs of each student and the efficiency of the work correspondingly increased. But even as it is, the work of the Trustees has proved of great value, as is shown by the record of the section of the Class which completed its course January 1st, 1900, and as this value is recognized the size of the educational fund will increase and still better results will be obtained.

We have so far dealt only with the advantages conferred by the Class upon the students and it may be thought by

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

some that the gas companies which subscribe to the educational fund are philanthropically spending money for which no return is to be received. It is, however, hardly necessary at this day to enter into any elaborate argument to prove that anything that increases the efficiency of the workers in any industry must of necessity prove of immediate and great value to the industry itself, and that therefore anything that helps to increase the amount of knowledge of the art of gas making possessed by the foremen and superintendents of gas works and by the subordinates from whose ranks future foremen and superintendents must be drawn, cannot fail to return to gas companies increased profits, many times greater than the small amounts required from each company to afford sufficient revenue to carry on the educational work in the most efficient manner. The more extended recognition of this truth will doubtless lead to a continual increase in the interest taken by the companies in the work of the Trustees and to a corresponding increase in the amount of money at their disposal.

Although his knowledge of what is being done in other countries is necessarily incomplete the writer is under the impression that the Class carried on as described in this paper affords the only instance of organized effort to help and direct students of gas manufacture in their endeavors to acquire the increased knowledge necessary for their advancement in their chosen profession without compelling them to leave their work and gather at some one place to receive the desired instruction. Such a course as that given at Carlsruhe or by the German Continental Gas Company at Dessau does not provide for the great majority of the employees of gas companies, who though anxious to learn, must acquire their education as best they can in the leisure time at their disposal outside of working hours.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

It is the need of these men that the Trustees of the Gas Educational Fund are endeavoring to supply by the Practical Class, with a success that is already encouraging but the true extent of which time alone can reveal. Is not the example worthy the study of all Associations of gas men with a view to its possible improvement and adoption ?

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Des moyens d'intéresser les chauffeurs au travail des fours.

Par M. I. HEDDE.
(DE PARIS)

L'objet de cette communication est d'étudier la question qui figure dans le programme proposé par la Commission d'organisation du Congrès sous l'énoncé suivant :

« Indication des systèmes employés pour intéresser les chauffeurs au rendement en gaz et à l'économie du chauffage des fours. »

L'importance de cette question a été proclamée depuis longtemps déjà par la Société technique du gaz lorsque, dès l'année 1877, elle instituait, à son grand honneur, les prix pour les contremaîtres et ouvriers, ayant les plus longs et les meilleurs services dans une même usine à gaz; et que plus tard, dans cette même pensée, elle obtenait du Gouvernement les médailles d'honneur à décerner à ses plus dignes et plus fidèles serviteurs.

Dans ce but, je me suis adressé à mes collègues de la Société technique, dont un certain nombre d'administrateurs de groupes et directeurs d'usines à gaz ont bien voulu me communiquer les moyens employés à cet effet dans leurs usines.

Je me fais un devoir, tout d'abord, de les remercier cordialement des précieux renseignements qu'ils ont fournis à cette enquête, faite en vue de l'amélioration de la situation des chauffeurs, et de leur travail dans les usines.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette étude a été divisée en trois parties :

1° L'exposé des moyens techniques d'intéresser les chauffeurs et consistant en primes de fabrication, allouées sur le rendement de gaz et l'économie de combustible. Pour éviter les redites et longueurs, je ne reproduirai qu'une seule des réponses reçues, parmi celles qui donnent les mêmes moyens ;

2° Les moyens généraux d'intéresser les chauffeurs à la bonne façon de leur travail et à la prospérité de l'usine, par la création d'institutions étendues à tout le personnel classé de l'usine ;

3° Discussion de ces moyens et solution proposée. J'ajouterai immédiatement que cette étude n'a pas la prétention de proposer une solution, applicable dans tous les cas, et qui n'existe pas, puisqu'elle varie avec les conditions particulières de chaque usine ; mais qu'elle a seulement le but de fournir l'indication des moyens employés et les principes généraux de leur application.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

I. — DES MOYENS TECHNIQUES D'INTÉRESSER LES CHAUFFEURS AU TRAVAIL DES FOURS.

1° Salaire des chauffeurs. — Le travail des chauffeurs peut être rémunéré comme suit :

A) Le salaire fixe ;

B) La prime de fabrication, donnée pour assiduité ou pour bonne façon du travail ;

C) Le salaire réservé pour les institutions de prévoyance, telles que le secours contre la maladie et la retraite.

A) Salaire fixe

Le salaire fixe est généralement au mois pour les petites usines, à la journée pour les moyennes usines, à la tâche pour les grandes usines.

Il y aurait avantage à payer le salaire fixe à intervalles aussi rapprochés que possible, par exemple par semaine, parce qu'il doit satisfaire aux besoins courants de l'existence ; mais ce mode de payement a l'inconvénient d'augmenter le travail de la feuille de paye, et de régler les ouvriers toujours le même jour, le lundi ou le samedi, ce qui peut leur donner ce jour-là l'habitude de dissiper leur argent.

Le règlement par quinzaine est le plus recommandable et le plus généralement pratiqué, aux dates du 1er ou du 16.

Le règlement par mois a une durée trop longue. L'ouvrier prend l'habitude de solliciter des acomptes, ou d'acheter à crédit aux fournisseurs et de s'endetter.

On reconnaît généralement avantageux de différer le règlement d'une partie du salaire fixe ou des primes de fabrication à des périodes de temps variables, suivant les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

usages des pays, pour permettre à l'ouvrier de parer à des dépenses à échéances fixes, telles que le loyer, les impôts, le renouvellement du linge et des vêtements, etc. Le règlement différé est généralement appliqué au payement des primes de fabrication, par trimestre, par semestre ou par an.

B) **Primes de fabrication**

La prime de fabrication est une majoration de salaire, donnée aux contremaîtres, surveillants de fours et chauffeurs, soit pour stimuler leur zèle à produire davantage, dans les conditions déterminées par le règlement, et les indemniser de leur surcroît de peines et soins, soit pour récompenser la régularité et l'assiduité de leur service.

Elle a pour contre-partie l'amende, pénalité de la malfaçon du travail, dont le montant est retenu à l'ouvrier, et généralement versé, soit à la masse des primes de fabrication, soit dans les caisses de prévoyance de secours contre la maladie ou de retraite, dans les usines qui en sont pourvues.

Les primes de fabrication peuvent être soit individuelles, soit globales, suivant qu'elles s'appliquent à chaque individu, ou à l'ensemble des chauffeurs entre lesquels elles sont divisées.

Nous donnons ci-dessous les réponses reçues de nos collègues se rapportant aux différents types de primes de fabrication, en désignant les usines par des lettres, la plupart ayant été données à titre confidentiel.

Usine **A.** — « Pour intéresser les chauffeurs à leur travail des fours, je leur accorde une gratification de 5 fr par mois. Quand le service est défectueux, je retiens sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cette gratification 1 fr, 2 fr et plus suivant l'importance du délit. »

Usine **B**. — « Le prix de la journée du chauffeur se compose comme il suit :

« 1° Une somme fixe de 4 fr ;

« 2° Une prime de travail de fr 0,50 ;

« 3° Une prime de présence de 5 fr par quinzaine, qui n'est due que si l'ouvrier a été présent toute cette quinzaine.

« Enfin une prime de fr 0,50 par jour est en outre donnée au premier chauffeur de chaque équipe.

« La prime de travail était donnée avant mon arrivée lorsque la production atteignait 200 mc par cornue et par 24 heures. Cette production étant toujours atteinte depuis quelques années, j'ai supprimé cette condition de production ; la prime est laissée à l'entière latitude du directeur qui la supprime, s'il juge que les ouvriers n'ont pas fait ce qu'ils devaient. Ainsi cette quinzaine, malgré une fabrication moyenne de 240 mc par cornue, les primes sont supprimées pendant 5 jours, deux chauffeurs ont, en outre, une amende supplémentaire de 1 fr et le coke auquel ils ont droit leur a été supprimé pendant 6 mois, le tout pour mauvaise fabrication. C'est vous dire qu'ici les chauffeurs ne marchent que par amendes, et le rendement en gaz est le moindre de leurs soucis. »

Usine **C**. — « Nos chauffeurs reçoivent d'abord un salaire fixe, variable suivant le rang des chauffeurs, leur temps de service, etc.

« En second lieu, ils ont par jour fr 0,50 à titre de prime d'assiduité ; cette prime leur est payée deux fois par an, au mois de mai et au mois de septembre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Lorsqu'un chauffeur quitte l'usine pour une cause quelconque, il lui est tenu compte de cette prime. Enfin le prix de la journée fixe s'applique à une quantité de 4.000 kg de charbon distillé par four en 24 heures.

« Les chauffeurs reçoivent fr 0,15 par 100 kg de charbon distillé en sus de ces 4.000 kg. Mais le poids du charbon à distiller est déterminé par le contremaître, qui l'inscrit chaque jour sur le tableau placé devant la bascule.

« Lorsque les fours ne sont pas chauds, on réduit le poids du charbon à distiller, on l'augmente quand la chaleur des fours le permet. Les chauffeurs sont donc indirectement intéressés à maintenir leur four en bonne allure. »

Usine **D**. — « Les chauffeurs ont comme salaire :

« 1° Une journée fixe de fr 3,75 ;

« 2° Un sursalaire de fr 0,25 par jour, payé au bout de 90 jours de travail échus ;

« 3° Une prime sur le charbon de fr 0,125 pour 100 kg. d'augmentation de la charge du four, pour la charge en 6 heures, à partir de 1.000 kg pour le four à grille et de 1.200 kg pour le four à gazogène.

« Une amende de 0,25 est appliquée au chauffeur quand la charge est mal cuite. »

Usine **E**. — « La prime basée sur la quantité de houille distillée était ici pratiquée depuis longtemps. Elle avait pour moi un très grave inconvénient, celui d'accroître la récompense proportionnellement au mauvais travail des fours. Le chauffeur était intéressé à passer le plus de tonnes possible de charbon dans les cornues sans se préoccuper du rendement.

« J'ai conservé une prime, mais calculée sur le rendement de 300 m c, production normale d'une tonne de charbon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

anglais; et nous allouons une prime de fr 0,50 par 300 m c de gaz, qui est répartie entre tous les hommes des fours, y compris le mécanicien de l'extracteur, au prorata du nombre d'heures de présence de chaque homme.

« Cette prime est arrêtée chaque mois, et payable les 20 juin et 20 décembre, c'est-à-dire à l'époque du payement des loyers (Saint-Jean et Noël).

« Elle représente de fr 0,85 à fr 1 par jour, suivant le nombre des chauffeurs, et des cornues en feu. »

Usine **F**. — Les chauffeurs touchent actuellement un salaire fixe de fr 4,15 par jour et fr 4,65 par nuit, et ont, en outre, une gratification de fr 15 par mois, soit de fr 0,50 par jour.

« Ce système va être remplacé par le suivant :

« 1° Un salaire fixe de fr 4 par jour et fr 4,50 par nuit;

« 3° Une prime de fr 1 par 1.000 m c fabriqués, à répartir entre tous les chauffeurs ;

« 3° Une prime journalière de présence de :

fr 0,05	par jour	pour les	200 premiers jours,
fr 0,10	—	—	100 jours suivants,
fr 0,25	—	—	65 derniers jours de l'année.

« Cette prime d'assiduité sera payée le 1er janvier.

« Ce mode de payement tient compte :

« 1° Des frais plus considérables de l'ouvrier pour le travail de nuit que pour le travail de jour ;

« 2° Du rendement des fours (il y a un chauffeur par four), par conséquent d'une façon indirecte des prix de chauffage; ces frais diminuant d'une manière générale avec l'augmentation de la production d'un four ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« 3° De l'assiduité des chauffeurs, en augmentant la paye des chauffeurs qui ne quittent pas en été ;

« 4° Le calcul de cette paye est assez simple, pour que le contremaître puisse établir la feuille de paye, sans grande perte de temps ;

« 5° La retenue de l'allocation journalière, qui n'est payée qu'en fin d'année, encourage les hommes à rester à l'usine : ou à y entrer à l'automne, lorsqu'on doit les congédier à l'été. »

Usine **G**. — « Le salaire des ouvriers des fours est fr 3,30 par jour pour les chauffeurs, et fr 3 pour les aides.

Les chauffeurs touchent, en plus de ce traitement fixe, une prime de fr 4 par 1.000 mc sur la quantité de gaz produite par leur four, en plus de 1.000 mc en 24 heures.

« C'est-à-dire que, si un four produit 1.500 mc, les deux chauffeurs, celui de jour et celui de nuit, touchent chacun un franc.

« Cette façon de procéder procure aux chauffeurs un salaire plus élevé quand, pour les exigences de la consommation, nous leur demandons de distiller une plus grande quantité de charbon. »

Usine **H**. — « Depuis deux ans fonctionne une prime de fabrication de fr 2 par quinzaine, par chaque 50 mc produits journellement par four, au-dessus de 1.500 mc.

« Le rendement moyen annuel ainsi obtenu s'est élevé à 291 m c par t, la production journalière varie de 17 à 1.800 mc par four.

« La consommation de coke est 24 hl par four, soit 4 hl par t environ.

« Cette prime supplémentaire donne aux chauffeurs de fr 8 à fr 12 par quinzaine.

« Les charges doivent être bien distillées, et comme au-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cune amende n'est infligée, le chauffeur dont les charges flambent est mis à pied pour quelques jours, et renvoyé s'il récidive.

« Il n'y a pas de prime pour l'économie du coke de chauffage, qui doit résulter surtout de la surveillance active, et de l'entretien continuel des foyers. »

Usine **K**. — « Les usines où le personnel est intéressé, donnent les meilleurs résultats. Si l'ouvrier n'a pas un intérêt direct et immédiat, il ne s'appliquera pas à mettre dans la cornue, par un chargement bien compris, le maximum de charbon utilisable, il n'apportera pas dans la charge la rapidité, qui est un des éléments d'un bon rendement, et ne surveillera pas son four, avec autant de soin.

« Il y a deux cas à considérer :

« Dans les grandes usines, l'application d'une prime, basée sur le rendement, serait délicate; parce que, n'ayant pas un compteur de fabrication par batterie, on ne peut rendre l'équipe d'une batterie solidaire de l'infériorité de la voisine. D'autre part le travail est réparti entre les rentreurs de charbon, chargeurs, déluteurs et chauffeurs; et il n'y a pas, entre les trois premières catégories d'ouvriers et les chauffeurs, la solidarité nécessaire, pour établir une prime sur le rendement en gaz.

« Dans les moyennes et petites usines, au contraire, les ouvriers sont constitués en équipes indivises pour l'ensemble du travail; et je préfère cette organisation de service, parce qu'un homme qui fait toujours le même travail, soit de transport, soit de charge, soit de chauffe, sera bien plus fatigué à la fin de sa journée, et plus rapidement usé, que celui qui, par une division rationnelle du travail total, aura passé d'une opération à l'autre plusieurs fois dans le courant de la journée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« La diversité des occupations manuelles ou intellectuelles crée un repos, non seulement relatif, mais réel.

« Aussi ai-je toujours constitué mon personnel de fours, par équipe d'ensemble, travaillant alternativement aux diverses opérations du travail, et il y a alors solidarité réelle dans l'effort produit, et par conséquent dans le résultat obtenu, et l'on peut alors intéresser toute l'équipe au bénéfice d'un excédent de production.

« C'est ce que j'avais fait dans l'usine de X, où au-dessus de 10 m c de gaz, produit par heure, et par cornue, j'allouais par poste :

« fr 0,50 au premier chauffeur;

« fr 0,35 aux autres chauffeurs;

« fr 0,25 aux aides-chauffeurs.

« J'avais en hiver 4 fours ordinaires à neuf cornues de m 2,90 de longueur, chaque four avait son chauffeur, avec deux aides par poste, à raison d'un aide par deux fours. Nous avions donc trois hommes pour deux fours, et par douze heures.

« Dans chaque poste, l'un des chauffeurs avait autorité sur l'équipe entière, et avait un supplément de solde de 0,25.

« Le travail de distillation comportait ainsi pour vingt-quatre heures :

2	chauffeurs à fr 5,25.....	10	50
6	» 5 »	30	»
4	» 4,50.....	18	»
12	hommes, coûtant fr.....	58	50

« Le charbon était pris, en magasin, et le coke éteint conduit devant le casse-coke.

« La quantité totale de charbon distillé était à raison de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5 charges par vingt-quatre heures et 155 kg par cornue 27,900 kg.

« Soit une journée-kilogramme moyenne de 2.325 kg.

« Mais si cette moyenne était satisfaisante, le rendement par contre n'excédait pas 28 mc 0/0 soit une production par vingt-quatre heures de 7.800 mc qui coûtaient de main-d'œuvre fr. 58,50 soit fr 7,50 par 1.000 m c.

« Non seulement le rendement pouvait être amélioré, mais certains jours, principalement le samedi, il y avait intérêt majeur à augmenter la production, la consommation étant supérieure à 8.000 m c.

« C'est alors que j'appliquai le système des primes, qui me donna d'excellents résultats, donna satisfaction aux hommes, et m'évita l'allumage intermittent d'un cinquième four.

« Je donnai la prime ci-dessus, lorsque la production atteindrait 10 m c par heure et par cornue, soit :

2 chefs chauffeurs à.....	0.50 =	1 »
6 chauffeurs.....	0.35 =	2 10
4 aides.....	0.25 =	1 »
Ensemble.....		4 10

et la production monta, de 7.800 à 8.640 m c la charge étant conservée en 4 heures 48 et sans avoir à allumer un four supplémentaire.

« Les 850 m c d'excédent de production coûtaient fr 4,10 soit fr 4,76 les 1,000 m c au lieu de fr 7,50.

« J'ai reconnu depuis qu'il était possible de donner à ces primes plus d'extension, en les réglementant par une échelle d'application facile.

« Dans les usines Y et Z, la journée-kilogramme a été poussée à 2.640 kg avec une production horaire par cornue

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 11 m c, et un rendement de 30 mc 0/0. L'excédent de production au-dessus de 10 m c par heure et par cornue était payé par une surprime de fr 5 par 1,000 m c, dans la pratique, à raison de 0,05 par 10 m c produits en excédent.

« Si nous faisons le décompte d'une journée-complète avec la production horaire par cornue de 11 m c on trouve que la production a augmenté de :
9.504 m c — 8.640 m c à fr 5 les 1,000 m c soit fr 4,32 ce qui donnait à chaque homme un supplément de fr 0,36.

« Le salaire total des hommes se trouvait ainsi établi comme suit :

	SALAIRE initial	PRIME pour production de 10 m³	SURPRIME pour production de 11 m³	SALAIRE total
Chef chauffeur	5.25	0.50	0.36	6.06
Chauffeurs	5. »	0.35	0.36	5.71
Aide-chauffeurs	4.50	0.25	0.36	5.11

« Dans sa déposition devant la Commission quinquennale de 1890, M. Melon a donné les prix de revient suivants, pour 1,000 m c de gaz :

Main d'œuvre de distillation	fr	6,34
Frais accessoires	»	1,38
Total	fr	7,72

« Les résultats ci-dessus sont inférieurs à cette évaluation.

« Si les magasins à charbon et la cour d'extinction de coke ne sont pas trop éloignés de la salle des fours, il y aurait avantage à passer de la distillation en 4 heures 48 à celle en 5 heures en réduisant la charge de la cornue.

« C'est ainsi qu'à l'usine Z, avec des fours neufs à 7 cor-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nues, j'ai obtenu jusqu'à 300 m c par cornue et par vingt-quatre heures, en distillant en quatre heures.

« Je signale cette particularité locale qu'on obtint à Y, comme manutention de coke et de charbon, des rendements kg-homme supérieurs à ceux de Z, (à Y les hommes boivent du vin, à Z de la bière) ; tandis que le rendement kg-chauffeur était supérieur à Z, située dans une région métallurgique, où on trouve plus facilement des chauffeurs habitués à travailler devant le feu.

« Le règlement des primes se faisait ainsi : à la descente de chaque poste, le mécanicien ou le contremaître relevait le compteur de fabrication ; et la prime était établie au bureau, pour chaque équipe et pour chaque jour, sans compensation entre les productions des jours précédents ou suivants.

« En outre, le relevé du compteur n'avait lieu que deux heures après la descente du poste pour éviter que l'équipe descendante ne se livrât par jalousie à une négligence du four ou à des fraudes qui puissent influer sur les deux premières heures de travail de l'équipe suivante et parmi lesquelles nous citerons celle communément appelée le rhabillage de la cornue consistant à recouvrir de charbon la charge non délutée.

« Il est à remarquer que lorsque les chauffeurs sont intéressés à la distillation, la quantité de charbon chargée par cornue étant plus grande et mieux répartie, le rendement en gaz augmente, les hommes tiennent mieux leurs fours, les surveillent davantage ; et par conséquent la proportion de combustible, employée pour produire m c 1.000 de gaz, devient moins forte. On pourrait aussi donner une prime directe pour l'utilisation aussi complète que possible du combustible sur la proportion minimum de coke, dit « marron » trié dans les cendres du chauffage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« La prime sur la production du gaz est excellente pour l'usine et pour l'ouvrier, dont elle élève le salaire non pas seulement pour l'indemniser de l'excédent de force, de nourriture qu'il a justement dépensé, en travaillant davantage ; mais encore pour lui laisser un boni qui accroît ses ressources. »

Usine **L.** — « Les chargeurs (deux hommes par 4 fours de 7 cornues et par douze heures) reçoivent une gratification journalière, variable suivant la production du gaz par cornue.

« Cette gratification nulle pour une production de m c 190 de gaz par cornue et par vingt-quatre heures, est de ct 1 pour chaque m c de gaz produit en plus : de sorte que, si la production de gaz par cornue est de m c 200 dans une journée, chacun des 4 chargeurs reçoit une gratification de fr 0,10 si la production est de m c 220, la gratification correspondante de fr 0,30, etc.

« Ce système n'a pas produit les résultats que l'on était en droit d'en attendre ; mais cela doit tenir au caractère de l'ouvrier (Italie méridionale) qui se contente aisément de son salaire fixe, et se soucie peu des primes variables qu'il ne peut avoir qu'au prix d'un supplément de travail. »

Usine **M.** — « 1° Rendement en gaz. Nous n'intéressons pas les chauffeurs au rendement en gaz, à proprement parler, mais à distiller aussi parfaitement que possible la houille, dans chaque cornue : et nous employons à cet effet le système de primes et d'amendes suivant :

« Une prime mensuelle de fr 50 est distribuée à la fin de chaque mois entre tous les chauffeurs et chargeurs qui n'ont pas eu de cornues bouchées pendant le mois, et par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contre une amende fr 0,10 par cornue bouchée est retenue au chauffeur et au chargeur de la cornue.

« Nous appelons « cornue bouchée » celle qui au bout de six heures, durée de la distillation, n'a pas sa charge de charbon suffisamment distillé par manque de chaleur du four ou par mauvaise répartition du charbon. Dans ce cas, le coke n'est pas extrait de la cornue, et reste soumis à la distillation, pendant une seconde période de six heures.

« 2° Economie dans le chauffage des fours.

« Nous avons essayé d'intéresser les ouvriers à l'économie du combustible qui est la houille ; mais nous avons dû y renoncer en raison de la facilité des fraudes possibles : L'ouvrier ajoutait en effet au charbon destiné au foyer, soit du coke tombant des cornues, soit du charbon de la charge à distiller.

« Nous croyons d'ailleurs que l'économie de combustible ne dépend pas du chauffeur. C'est à l'ingénieur ou au directeur à déterminer quelle est la quantité minima d'un combustible donné à employer, pour obtenir dans le four la distillation de la charge dans un temps fixé.

« Il remet cette quantité déterminée de combustible au chauffeur, qui doit obtenir le résultat cherché, et ne doit pas pouvoir l'obtenir avec moins. Car le chauffeur n'a que la conduite matérielle du four, c'est-à-dire le piquage et le décrassage, et ne doit pas toucher aux registres de tirage, dont l'ouverture est modifiée par l'ingénieur seul. »

Usine **N**. — « Les chauffeurs ont un salaire fixe de fr 3 par jour, et touchent en plus des primes d'ancienneté comme suit : au bout de six mois fr 0,20 par jour, d'un an fr. 0,40, de quinze mois fr 0,50 et de dix-huit mois fr 0,75. Cette prime journalière n'est due que lorsqu'ils chauffent;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais quand ils sont dans la cour ou en ville, ils ne touchent que leur journée ordinaire.

« Elle est payable trimestriellement, mais avec la réserve qu'en cas de mauvais services, je puis leur retenir une partie de cette prime sous forme d'amende.

« Ils touchent, en outre, les primes suivantes de rendement :

fr 5 par mois et par chauffeur pour un rendement moyen de 29 mc à 29 mc,50 par 100 kg de houille distillée.

fr 10 pour un rendement de 29 mc, 50 à 30,00.

fr 15 — 30, à 30,50.

« Je dois dire que mon résultat, comme rendement, ne s'est nullement amélioré, les chauffeurs s'en désintéressent.

« Est-ce le climat ? Je constate seulement que mes chauffeurs cherchent à travailler le moins possible. »

Usine **O**. — « Les chauffeurs ont, en plus de leur salaire fixe de fr 3,50, une prime d'ancienneté de fr 0,25 au bout d'un an de chauffe, et portée à fr 0,50 au bout de cinq ans.

« Chaque équipe de jour et de nuit est sous la surveillance d'un chauffeur, chef de poste, qui a un sursalaire de fr 0,25 par jour.

« Chaque charge est pesée par le mécanicien de l'extracteur. Les chauffeurs ont une prime de fr 0,10 par 100 kg distillés en plus de la charge minima de 100 kg. Cette prime est supprimée, si le rendement descend au-dessous de 29 m c 0/0 Sauf cas accidentels jugés indépendants des chauffeurs, par le contremaître, qui peut infliger en outre une amende de fr 0,10 par cornues incuites.

« Si le rendement dépasse 30 mc 0/0, la prime est portée à fr 0,15. Le mécanicien chargé de la conduite de l'extrac-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

teur a une prime de fr 0,25 quand le rendement est au-dessus de 29 m c 0/0 et de fr 0,50, quand il est au-dessus de 30 m c 0/0. Il a une amende de fr 5 dans le cas où par excès d'aspiration le pouvoir éclairant ne serait pas réglementaire.

« Les deux mécaniciens relèvent ensemble au changement de poste le chiffre du compteur, pour avoir la fabrication séparée des deux équipes, qui changent de service de jour et de nuit tous les huit jours ; et une surprime mensuelle de fr. 0,10 par homme et par jour est attribuée à l'équipe qui a fabriqué le plus de gaz dans la quinzaine.

« Ce système de primes qui a fonctionné quand l'usine n'avait que des fours à grille, a été abandonné partiellement, lorsqu'il a été établi des fours à récupération, et en raison de la complication de la feuille de paye, et il n'a été conservé que la prime sur le charbon. L'établissement des fours à récupérateurs a permis d'obtenir les mêmes résultats de rendement qu'avec les primes, qui ont été remplacées par une augmentation du salaire fixe. »

Usine **P**. — « Les chauffeurs et les surveillants sont intéressés sur le rendement en gaz.

« En outre du taux fixe de leur journée, les premiers touchent une prime de fr 0,25 par jour, si leur service a été bien exécuté, et par conséquent si le rendement est bon.

« Il est alloué aux surveillants des fours une prime, variant entre fr 0,05 et fr 0,10 par 1000 m c fabriqués, si le rendement ne dépasse pas les limites de 290 à 302 m c par tonne de houille distillée.

« Il leur est aussi infligé une amende de 1 à 5 par 1000 m c, si le rendement est inférieur ou supérieur aux limites ci-dessus. »

Usine **Q**. — « Nos chauffeurs sont intéressés au rende-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment par une gratification mensuelle de fr 20, quand le rendement moyen du mois a été de 29 à 30 m c 0/0.

« Si ce rendement est dépassé, comme s'il n'est pas atteint, la gratification est supprimée.

« Ce moyen très simple, dont nous n'avons qu'à nous féliciter, est pratiqué depuis de longues années dans les sept usines de la Compagnie. Les chauffeurs, pour atteindre ce résultat, veillent à ne pas surchauffer inutilement, et sont intéressés à soigner les cornues. »

Usine **R**. — « L'application d'un système de primes de fabrication existe depuis dix ans dans nos usines ; le principe en est d'encourager le personnel à une amélioration des rendements en gaz, ainsi qu'à une économie de chauffage ; par suite aussi à une économie de la main-d'œuvre générale de fabrication proprement dite.

« L'application de ces primes est faite d'après un règlement dont voici les principaux articles :

« I. *Base, nature et importance des primes.* —L'établissement des primes devant avoir pour bases les résultats effectifs obtenus pendant l'exercice, les coefficients unitaires qui doivent servir aux calculs des primes ne peuvent être définitivement fixés que six mois après la clôture de l'exercice considéré, soit au mois de janvier de chaque année. A cette date, le Conseil d'Administration de la Compagnie fera connaître le taux de ces coefficients de primes, qu'il aura établi, en tenant compte de tous les éléments du prix de revient et notamment :

« 1° De la durée des cornues et des fours ;

« 2° De la quantité de coke employée au chauffage des fours ;

« 3° Du pouvoir éclairant du gaz produit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Chacun de ces trois éléments ayant une influence prépondérante sur la bonne marche de l'exploitation un déficit quelconque sur chacun d'eux entraînerait respectivement la suppression d'un sixième de la prime. Pour faciliter l'application et la répartition des primes, celles-ci seront de deux sortes : 1° une prime de travail, proportionnelle à la quantité totale de charbon distillé dans les cornues ; 2° une prime de rendement proportionnelle au rendement en gaz, au delà du rendement normal de 29 m c 0/0 kg, pris comme base et comme minimum de production.

« II. *Mode et calcul des primes.* — Chacune de ces deux sortes de primes sera établie mensuellement d'après les chiffres du livre de fabrication et sur les données suivantes : 1° pour la prime de travail, d'après les indications des bascules de sortie du magasin à charbons ; 2° pour la prime de rendement, d'après les index, relevés sur les compteurs de fabrication soumis aux rectifications d'usage.

« Dans la première quinzaine de chaque mois, un avis affiché fera connaître au personnel l'importance des quantités de charbon distillé et de gaz produit, pendant le mois écoulé ; et une Commission, composée à raison d'un délégué par chaque catégorie d'intéressés, sera appelée à vérifier l'exactitude des états dressés par les soins du sous-directeur de chaque usine.

« Toutefois, ces primes ne devant pas être obtenues au détriment de la marche normale de l'usine, sont subordonnées aux trois éléments du prix de revient cotés dans l'article 1er.

« Toute infraction à ces limites donnera lieu à une réduction sur les primes totales de l'année d'un sixième pour chacun de ces trois éléments.

« III. *Répartition des primes.* — La répartition des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

primes aura lieu pour les chauffeurs *au prorata* du nombre des journées de chacun d'eux; pour les contremaîtres et surveillants la prime sera calculée sur leur nombre de journées majoré de 50 0/0.

« IV. *Pénalités et déchéances.* — Toute infraction aux règlements intérieurs de l'usine, tout manquement à la discipline, toute faute ou maladresse grave commise dans le travail ou dans le service, entraînera la suppression de la prime pour le délinquant. Il en serait de même pour les ouvriers qui auraient provoqué du désordre ou excité leurs camarades à l'indiscipline et aussi pour ceux qui abandonneraient l'usine sans motif plausible et sans autorisation, ou qui auraient méchamment détérioré le matériel de la Compagnie...

« En ce qui concerne les primes et au point de vue pratique, nous devons déclarer que, si dans une certaine mesure nous avons obtenu, en effet, une amélioration dans le rendement en gaz, ainsi que dans l'intensité du chargement des cornues; par contre, et pour diverses causes les frais de main-d'œuvre de fabrication se sont sensiblement et successivement élevés depuis dix ans, en sorte que les économies d'entretien et autres s'en sont trouvées notablement atteintes.

« L'allocation annuelle totale des primes atteint en moyenne une somme de fr 20.000 qui correspond à une majoration des salaires de fr 0,35 environ par journée de travail des chauffeurs.

« En résumé, l'application du système, dont le règlement ci-joint énonce les principes, n'a pas produit tous les avantages sur lesquels il était permis de compter, tout en donnant cependant satisfaction au personnel des chauffeurs et assimilés. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Usine **S**. — « Lorsque vous avez donné au chauffeur les moyens de vivre, de se loger, d'avoir son pain assuré pour ses vieux jours, vous le trouverez dans un état d'esprit prêt au dévouement à son travail. Vous pourrez alors organiser pour lui des primes variables dans chaque usine, mais toujours affectées, soit à l'amortissement de la maison, soit à l'indemnité de maladie, soit en versements au livret de la Caisse des retraites de la vieillesse.

« Le chauffeur peut, par des soins assidus, améliorer le rendement et faire des économies de combustible, mais il doit y être poussé par la part qu'il doit avoir du résultat meilleur, les primes. J'estime que l'ensemble des primes pour qu'elles soient efficaces devrait atteindre environ 20 0/0 du salaire moyen et de l'économie réalisée. »

Usine **T**. — « Les chauffeurs ont besoin d'être très surveillés, et c'est la crainte de perdre leur emploi qui les guide, j'estime que c'est là le facteur le plus important pour les résultats à obtenir.

« Le logement de l'ouvrier à l'usine qui lui permet de frayer davantage avec son patron, de s'attacher à lui si celui-ci lui porte intérêt, le rend stable et dévoué. S'il a le moyen de vivre heureux en famille, il sera un serviteur laborieux, discipliné, régulier dans son service. Les gratifications seront dans ce cas utiles, parce qu'elles iront à la famille, tandis qu'elles sont nuisibles quand elles conduisent l'ouvrier au cabaret. En améliorant ainsi son sort, on peut obtenir des résultats plus sûrs, que par d'autres systèmes de parts de bénéfices d'une application autrement compliquée, et difficiles à appliquer. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C) Institutions de prévoyance.

Cette enquête montre combien sont différents les moyens employés et les résultats obtenus suivant les conditions spéciales de chaque usine. Elle permet cependant d'en dégager quelques principes généraux, des indications et des chiffres utiles dans les divers cas.

Les deux dernières réponses citées émettent l'opinion que pour faire du bon travail, il faut un bon ouvrier, que pour avoir celui-ci il faut aider sa faiblesse par des institutions de prévoyance, destinées à améliorer sa condition physique et morale, en l'encourageant par certains avantages à être stable, économe et laborieux.

Les primes de fabrication ont certainement pour résultat de stimuler l'ouvrier au travail; et nous avons vu à l'enquête que leur payement est souvent différé à échéances éloignées pour l'obliger à économiser.

Mais ce moyen est forcément imparfait; et l'ouvrier entraîné à la tentation, si dangereuse en raison de son imprévoyance, de dépenser son argent quand il le touche, et si souvent d'une façon nuisible pour lui-même, quand il est malheureux surtout et qu'il veut oublier un instant sa misère, reste sans défense contre les risques de la vie, la maladie et la vieillesse. Nous allons, dans la seconde partie de ce travail, étudier brièvement les moyens employés pour parer à ces risques par les institutions de prévoyance.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

II. — INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE

Il est incontestable pour tout homme, qui a dirigé longtemps des ouvriers, que le chemineau, vivant au jour le jour, passant et ne s'arrêtant que pour se procurer, comme il le peut, son pain quotidien, fournira un travail bien inférieur à celui que l'aide prévoyante du patron a rendu stable et économe.

Le premier n'a en vue que le salaire immédiat, qui lui permet de subvenir aux besoins de l'existence du jour, et ne s'intéresse nullement à la bonne façon du travail et à la prospérité de l'usine. Il est généralement malheureux, et la misère étant mauvaise conseillère, il est presque toujours hostile au patron, avec lequel il n'a jamais eu d'autre relation que l'échange d'un salaire contre la marchandise travail, dont le règlement les rend quitte l'un vis-à-vis de l'autre, non, sans que presque toujours il ne le qualifie d'exploiteur.

Au contraire, l'ouvrier stable et économe, par cela même tempérant, conserve mieux ses forces physiques, s'attache au patron qui s'intéresse à lui, et s'efforce de faire au mieux son travail pour le satisfaire.

Par l'épargne, il voit son sort s'améliorer, et encouragé par la certitude du pain pour le lendemain, fera son ouvrage avec d'autant plus d'entrain et de vaillance.

Ce n'est donc pas à un point de vue purement sentimental et philanthropique, que doivent être considérées les institutions de prévoyance, mais encore comme le moyen le plus sûr de créer à l'usine un personnel dévoué et capable.

Parmi ces institutions de prévoyance, nous citerons seulement celles : du logement gratuit ou à bon marché, des caisses d'économies, de secours contre la maladie et de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

retraites, la prévoyance des accidents ayant été réglée par la loi du 9 avril 1898. Mais si on est généralement d'accord sur les avantages des institutions de prévoyance, les opinions sont très partagées sur la possibilité pour toutes les usines, de les appliquer, et les meilleurs moyens à employer.

Nous commencerons, complétant ainsi l'enquête ci-dessus par rappeler celles établies par deux compagnies, dont nous pouvons citer les noms, les documents fournis ayant été publiés : la Compagnie Parisienne du gaz et la Compagnie du gaz du Mans.

Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz.

Renseignements sur les salaires des chauffeurs de la Compagnie, et sur les avantages dont ils bénéficient.

1° Les ouvriers chargés du service des fours (chauffeurs, déluteurs, chargeurs) sont payés à la tâche, à raison de fr 3,30 par kg 1000 de charbon distillé. (La charge est plus ou moins forte, suivant que les fours sont plus ou moins chauds.)

Les trois chargeurs touchent, en outre, une prime qui est fixée à fr 0,50 pour le porte-queue de la cuillère, et à fr 0,25 pour les deux autres.

Les ouvriers qui apportent le charbon et le combustible, ne font pas partie du personnel des fours, et ont un salaire fixe ;

2° Tous les ouvriers touchent, en dehors de leur salaire, une prime en nature consistant en :

4 hectolitres de coke par mois en hiver ;

2 hectolitres de coke par mois en été ;

3° Tous les ouvriers reçoivent encore à la fin de chaque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

exercice, une part des bénéfices de la Compagnie, qui représente plus de fr 0,30 par jour de travail;

4° Les ouvriers du service des fours versent à la Caisse de prévoyance fr 0,07 par jour, et ils reçoivent, en cas de maladie, une indemnité journalière de fr 3,50, ainsi que les soins médicaux et pharmaceutiques;

5° Pour les ouvriers qui se recommandent par leur situation de famille, et par la durée ainsi que par la nature de leurs services, la Compagnie donne une allocation supplémentaire, égale à l'indemnité allouée par la Caisse de prévoyance;

6° Les ouvriers ont la faculté de placer leurs économies, jusqu'à concurrence de fr 500 à la Caisse d'économie, qui leur sert un intérêt de 5 0/0;

7° La Compagnie, sans faire aucune retenue, accorde à ses ouvriers des pensions de retraite de 600, 700 et fr 800 après vingt-cinq, trente et trente-cinq années de service, et au moins cinquante-cinq ans d'âge, sauf infirmités mettant l'ouvrier hors d'état de continuer de travailler.

Les veuves et orphelins mineurs des ouvriers déjà retraités, reçoivent le tiers de la pension, allouée à leur mari ou à leur père, pourvu que la veuve ait contracté mariage dix ans au moins, avant la cessation du travail de son mari, et que les orphelins aient perdu leur mère, ou que celle-ci soit inhabile à recevoir la pension.

Le rapport de l'exercice 1899 donne les détails suivants sur le fonctionnement de ces caisses.

Caisse de prévoyance. — Elle est alimentée par une retenue de 1 0/0 sur les jetons de présence des administrateurs sur les appointements et les salaires, et par une subvention égale de la Compagnie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les dépenses de l'exercice 1899 sont montées à fr 555.994,02

L'excédent des dépenses sur les recettes a été mis à la charge de l'exploitation.

Caisse d'économie. — Elle a pour objet de faciliter sans frais ni perte de temps le placement des économies sur les salaires, et de leur servir un intérêt de 5 0/0.

Elle avait au 31 décembre 1899 en dépôts d'employés et ouvriers, une somme de..... fr 290.486,21

Caisse des retraites des ouvriers. — Il a été payé en 1899 à la charge de l'exploitation :

1° Pour les pensions de retraite accordées depuis le 1er janvier 1893, point de départ du fonctionnement de la Caisse..... fr 112.170,96

2° Pour les secours annuels renouvelables accordés avant le 1er janvier 1893..... fr 31.371,51

Total.... fr 143.542,47

Il a été prélevé également sur les produits de l'exploitation pour la constitution du capital destiné au payement des pensions après le 31 décembre 1905 date de l'expiration de la concession ..... fr. 121.721.44

Compagnie d'éclairage par le gaz des villes du Mans et de Vendôme.

1° *Salaire.* — Les chauffeurs ont un traitement fixe, en plus duquel ceux qui sont à l'usine du Mans chargés de la conduite des fours à récupérateur, ont une prime de 0,75. Afin de rémunérer le travail résultant d'une augmentation du nombre des charges, il est alloué à chaque chauffeur une prime quotidienne variant de fr 0,25 à 0,75.

Le total des primes peut atteindre annuellement fr 273,75 pour chaque chauffeur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pendant les périodes d'instruction militaire, les chefs ouvriers touchent solde entière; les ouvriers touchent demi-solde, s'ils sont célibataires ou veufs sans enfants; enfin solde entière, s'ils sont mariés ou veufs avec enfants.

2° *Chauffage.* — Il est alloué mensuellement à chaque ouvrier :

3 hectolitres de coke, pendant les six mois de mauvaise saison;

2 hectolitres de coke, pendant le reste de l'année.

3° *Participation aux bénéfices.* — Le personnel, employés, contremaîtres et ouvriers, a une participation de 5 0/0 des bénéfices nets, déduction faite des prélèvements prescrits pour la formation des fonds de réserves, et de la somme nécessaire pour servir aux actionnaires un premier dividende de 5 0/0.

Elle est répartie entre eux, proportionnellement aux appointements et salaires de l'année, et la part revenant à chacun d'eux est versée à la Caisse d'épargne, et inscrite sur un livret individuel.

4° *Secours contre la maladie.* — L'ouvrier malade est soigné aux frais de la Compagnie. Il lui est payé la moitié de son salaire pendant toute la durée de la maladie. En cas de décès la sépulture a lieu aux frais et par les soins de la Compagnie.

5° *Assistances pour les enfants.* — En 1878, la Compagnie a remis, à chacun des enfants de ses ouvriers, un livret de la caisse de retraites pour la vieillesse, avec une inscription de fr 20. Depuis cette époque, les ouvriers versent annuellement, au profit de chacun de leurs enfants, une somme de fr 10 au minimum jusqu'à l'âge où ils sont à même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de gagner leur vie. La Compagnie fait, au profit de chaque enfant, un versement égal. Les versements sont effectués à capital réservé. Pour aider ses ouvriers qui sont chargés de famille, la Compagnie prend à sa charge la totalité du versement à partir du quatrième enfant.

6° *Retraites.* — Depuis 1899, la Compagnie a remplacé les carnets de gratifications par un système de retraites, sans aucun prélèvement sur le salaire. Le montant des sommes versées le 31 décembre 1899, pour retraites de 73 agents, s'est élevé à fr 10.426. En outre, une somme de fr 4.604,66 a été portée au crédit de trente-quatre vieux ouvriers, qui ont conservé les carnets de gratifications.

A la fin de chaque année, la Compagnie verse à la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse, sur le livret individuel de chaque agent, 8 0/0 de son salaire s'il a au moins un an de service, et 10 0/0 s'il a dix ans de service.

L'entrée en jouissance de la rente viagère est fixée à cinquante-sept ans.

Dans le cas où la Compagnie cesserait d'exploiter l'usine, elle cesserait en même temps le versement.

Ces institutions représentent pour la Compagnie une dépense de 30 0/0 environ du montant des salaires. Certains ouvriers se sont constitué un patrimoine, et il n'y a jamais eu de chômage ni de grève, l'entente étant parfaite entre l'Administration qui a donné de telles marques de sollicitude à son personnel, et l'ouvrier, qui en retour ne lui marchande pas son dévouement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

III. — DISCUSSION DES MOYENS INDIQUÉS ET SOLUTION PROPOSÉE

1° Primes de fabrication.

L'enquête qui constitue la première partie de cette étude, montre que les primes de fabrication sont pratiquées avec succès dans nombre d'usines, et que dans d'autres, au contraire, elles n'ont pas donné de résultat.

L'application du système en effet dépend d'éléments complexes dont les principaux sont :

(*a*) *L'importance de l'usine.* — Dans les grandes usines, où le travail est à la tâche, la prime individuelle sur le charbon distillé n'a pas de raison d'être, et la prime globale sur le gaz perd d'autant plus de son efficacité que le nombre de fours, desservis par un seul compteur de fabrication, est plus grand; les contremaîtres seuls ou les surveillants des fours peuvent être intéressés au rendement du gaz.

C'est dans les moyennes usines que les primes de fabrication sont le plus pratiquées; et le résultat sera d'autant meilleur que le service des fours aura été mieux organisé en vue de l'application des primes, que le directeur aura déployé plus de ténacité à en bien faire comprendre l'intérêt aux chauffeurs, et à tenir la main à ce que les primes soient justement calculées et exactement portées à la connaissance des chauffeurs.

Dans les petites usines, où le personnel de surveillance et de contrôle fait défaut et souvent même la pesée des charges, on ne peut appliquer que des primes très simples qui n'exigent pas de calculs ni d'écritures, et qui sont cependant efficaces, quand elles sont appliquées avec discernement, telle que celle de la réponse A.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(*b*) *Type des fours employés.* — Avec les fours à gazogène, la température du four, qui est le facteur le plus important du rendement en gaz, ne dépend pas du chauffeur, puisque les registres sont réglés par le chef de fabrication, qui seul peut les surveiller et les toucher. Aussi les primes sur le rendement en gaz semblent convenir plutôt aux fours ordinaires, dont la conduite du foyer exige aussi plus de soins du chauffeur que celle des générateurs des fours à gazogène.

(*c*) *Tempérament des ouvriers du pays.* — Dans certaines régions, l'ouvrier intelligent et ardent au travail sera stimulé par la prime ; dans d'autres, borné, mou, il n'en sentira pas l'aiguillon. C'est ainsi que les primes généralement donnent de bons résultats dans le Nord et l'Est. Les réponses L et N semblent indiquer qu'il n'en est pas ainsi ailleurs et les réponses K et L font bien ressortir cette différence du tempérament local. Nous pouvons faire sur les divers systèmes de primes de fabrication les observations suivantes :

1° *La prime d'assiduité* est généralement pratiquée et donne partout de bons résultats. Elle est juste parce que le chauffeur à partir de son entrée gagne de valeur, avec son temps de service ; et si plus tard cette valeur reste stationnaire et vient à diminuer, elle devient un encouragement à la stabilité, et une récompense des services rendus.

2° *La prime sur le charbon distillé*, qui n'est en réalité que le salaire d'un travail à la tâche, paye justement à l'ouvrier le surcroît de travail dépensé au-dessus du tonnage distillé, correspondant au salaire fixe. Elle a l'avantage d'être individuelle et facile à appliquer, mais elle a l'inconvénient d'intéresser le chauffeur à passer le plus possible de charbon dans son four. Il est donc nécessaire qu'elle soit appuyée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par une exacte surveillance du contremaître, pour réduire les charges suivant la température du four, et pour infliger les amendes aux cornues incuites.

3° *La prime sur le gaz produit* est appliquée soit sur la production totale, soit sur l'excédent au delà d'un quantum fixé, d'après le type de fours, la nature du charbon, etc.

Cette prime qui a l'inconvénient d'être globale, et de dépendre de la nature du charbon, est d'une application simple, et a l'avantage de porter directement sur le résultat final à obtenir, la production du gaz, et à intéresser ainsi le chauffeur à maintenir la température de son four, à soigner au mieux l'état du foyer et des cornues, à bien répartir la charge, etc.

Les réponses K et L donnent l'application de la prime à la production de gaz par cornue au delà d'une quantité déterminée, ce qui a l'avantage d'intéresser le chauffeur à augmenter la charge et par suite au nombre minimum de cornues en feu.

La réponse K fournit les détails les plus complets sur le fonctionnement de cette prime et en chiffre l'avantage d'une manière remarquablement précise.

4° La prime sur le rendement 0/0 en gaz, d'application simple, donne généralement de bons résultats. On remarquera les réponses P et Q, qui prévoient l'excès de rendement nuisible pour le pouvoir éclairant, la conservation du four et la consommation de combustible.

5° *La prime sur l'économie de combustible* n'est pas pratiquée au moins directement. La consommation du combustible dépend en effet de plusieurs facteurs : du tirage qui est indépendant du chauffeur, de la qualité du combustible qui est souvent variable de l'état des foyers, qui rongés consomment plus que neufs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Certaines des primes précédentes l'impliquent indirectement ; comme la prime sur la production de gaz par cornue, et celle sur le rendement en gaz entre des limites déterminées.

La réponse K émet l'idée d'une prime directe basée sur la proportion minima de coke « dit marron » restant dans les cendres ; mais il est à remarquer que ce coke des cendres trié est utilisé, et que la véritable perte est celui qui est brûlé inutilement par excès d'air, soit par une trop grande ouverture des registres, soit par rentrée d'air par les joints.

Il est à signaler aussi que certaines usines ont réalisé des économies de combustible en intéressant les chauffeurs, ou en chauffant par des combustibles pauvres, d'un prix peu élevé.

2° INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE.

Ainsi que le dit M. Fougerousse dans son ouvrage « Patrons et ouvriers de Paris », la base essentielle des institutions de prévoyance est : d'une part, le sacrifice pécuniaire du patron, qui prélève au profit de ses ouvriers sur les frais généraux ou les profits de son entreprise une somme en supplément de ce qu'il leur doit légalement.

D'autre part, la pratique de l'épargne par le patron pour le compte de l'ouvrier.

De ces deux forces la résultante est la possession du capital, la constitution d'un patrimoine pour l'ouvrier.

C'est ce principe qu'ont appliqué avec la plus louable générosité les deux compagnies, dont nous avons énuméré plus haut les institutions, la Compagnie Parisienne du gaz et la Compagnie du gaz du Mans.

Nous ne considérerons parmi les institutions de prévoyance que celles qui ont trait au logement, à l'épargne, au secours contre la maladie, et à la retraite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Logement. — Le logement influe beaucoup sur le moral de l'ouvrier. Le plus souvent réduisant le plus possible son loyer, il est logé dans des conditions déplorablement malsaines, d'entassement, de promiscuités, d'incommodités de toute nature, qui l'éloignent de chez lui, de la femme et des enfants et le poussent au cabaret.

Un excellent résultat, tant au point de vue moral et physique, qu'à celui du meilleur travail de l'ouvrier, est obtenu par le logement à l'usine, ou dans des maisons ouvrières à bon marché, dont le prix de location comporte un amortissement, qui permet à l'ouvrier économe de devenir propriétaire de la maison qu'il occupe, après un certain nombre d'années.

Nombre d'usines à gaz logent leurs employés et chefs ouvriers, quelques-unes leurs meilleurs chauffeurs.

L'ouvrier ainsi logé, vit chez lui, où il jouit des plaisirs sains de la vie, et devient stable. Il a des rapports plus fréquents avec le patron, avec lequel il se rencontre plus souvent, et qui peut lui témoigner plus facilement sa sollicitude, en le visitant quand il est malade, et en autres circonstances de la vie où une marque d'intérêt ou d'assistance crée souvent une reconnaissance durable.

Épargne. — Une longue habitude du travail dans les usines montre que l'épargne engendre l'ordre, la tempérance, l'assiduité, et que l'ouvrier économe est toujours laborieux et régulier dans son service. Mais la grande difficulté pour l'ouvrier à la pratique de l'épargne est de mettre le premier sou de côté. Ce n'est pas qu'il ignore les bienfaits et la nécessité de l'épargne, mais avant de commencer, il est effrayé de l'effort à produire, des privations à supporter, il se décourage, diffère et renonce.

Il a besoin qu'une administration prévoyante le protège

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contre sa faiblesse, l'incite par des avantages généreux à une première épargne si petite qu'elle soit, si c'est nécessaire l'oblige même (il sera le premier plus tard à l'en remercier) par le règlement de l'usine à réserver une minime partie de son salaire, en prévision de la maladie et de la vieillesse.

Cette première épargne amènera les autres, avec de moins en moins de difficultés; et il avancera dans la voie de l'épargne, poussé par l'habitude et la satisfaction de l'épargne accomplie vers le but, qui est la possession du capital ou de la rente qui doit assurer l'existence, pour lui et pour les siens, au jour du repos.

Caisse d'économie. — L'épargne en pleine propriété, comme elle est réalisée par la Caisse d'économie, est évidemment celle qui respecte le mieux la liberté et la dignité de l'homme; mais elle présente un danger. Dès que son capital aura atteint un certain chiffre, l'ouvrier pourra être poussé à quitter l'usine, à s'établir en risquant son épargne dans des opérations ou professions, auxquelles il est insuffisamment préparé, tandis qu'en réservant son épargne à la Caisse de prévoyance ou pour la retraite, il se garantit contre la maladie pendant qu'il travaille, et s'assure pour ses vieux jours, suivant son expression, « du pain sur la planche ».

Caisse de prévoyance. — Nous avons vu que la Compagnie du Gaz du Mans se charge elle-même des frais et allocations de maladie, sans aucune retenue, pour ses ouvriers.

Plusieurs compagnies alimentent leur Caisse de prévoyance par une retenue sur le salaire, et une subvention généralement égale de la Compagnie ; mais la plupart uniquement par la retenue sur le salaire, et le montant des amendes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ici l'auteur de cette communication s'excuse de rappeler un souvenir personnel.

Il a créé à l'usine à gaz d'Angoulême, qu'il a dirigée pendant vingt-trois ans, une caisse de secours mutuels contre la maladie alimentée par une retenue d'un franc par mois pour chaque membre et le montant des amendes. Au début, l'entrée était facultative ; il y avait peu de membres et la Caisse végétait. Voyant qu'elle ne pouvait vivre ainsi, il se décida à rendre obligatoire par le règlement de l'usine la participation à la Caisse à tout le personnel fixe de la Compagnie y compris les employés et le Directeur; ce qui eut lieu sans la moindre difficulté de la part des ouvriers dont beaucoup au contraire m'en ont remercié plus tard. La Caisse a constamment assuré les secours de médecin et de pharmacien avec des allocations journalières variant de fr 1 à fr 1,50, suivant l'état de l'encaisse. Les comptes étaient rendus aux ouvriers dans une réunion annuelle présidée par le directeur, qui ne fit que pratiquer la formule donnée par l'éminent M. Cheysson « laisser faire et guider ». D'ailleurs les ouvriers se conduisaient avec une sagesse remarquable; ne modifiant leur règlement que très prudemment, et empêchant les abus par un contrôle mutuel. Il s'agissait en effet et de leur argent et de l'existence d'une institution, dont ils avaient pu apprécier les bienfaits. Pendant de nombreuses années aucune difficulté sérieuse ne s'éleva jamais, et à son départ le directeur recevait de tous dans une dernière réunion des témoignages inoubliables d'affection et de reconnaissance.

Caisse de retraite. — La question de la Caisse de retraite a été traitée avec grande compétence aux congrès de 1880 et 1881 par M. Leclerc et à celui de 1890 par M. du Pasquier.

Les discussions auxquelles ont donné lieu ces communi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cations, et l'approbation unanime, exprimée par M. le Président Ellissen, ont montré l'intérêt extrême de cette question.

Sans revenir sur les calculs fournis, qui devraient être modifiés actuellement en raison de la baisse du taux de l'intérêt, qui n'est plus 4 mais 3,50 0/0 je rappellerai seulement les solutions indiquées.

M. Leclerc proposait la fondation d'une caisse unique de retraite pour les usines à gaz qui auraient adhéré, avec ou sans la participation du personnel.

Ses calculs établissaient qu'il suffisait de 6 0/0 des traitements annuels, pour permettre à la Caisse d'assurer à chaque agent, à l'âge de soixante ans et au bout de trente ans de services, une pension égale à la moitié de son traitement. Pour avoir la reversibilité au décès pour la veuve et les orphelins il était nécessaire, mais pendant les premières années seulement, que le prélèvement fût supérieur à 6 0/0.

M. du Pasquier, rappelant les difficultés qu'avait présentées la création de cette caisse unique, et dont la plus importante était l'engagement de la Caisse envers l'agent assuré en cas de renvoi, proposa le système de l'assurance individuelle contractée par les usines séparément, sur la tête de chaque ouvrier, avec les Compagnies d'assurances sur la vie, en faisant participer les ouvriers à la dotation de la retraite, et avec une perte de tout droit en cas de départ ou de renvoi, tout au moins pendant les dix premières années. Exception était faite pour certains cas, par exemple celui où un ouvrier ayant plus de dix ou quinze ans de services, serait obligé de quitter le service des fours, pour des raisons indépendantes de sa volonté et sans avoir démérité, dans ce cas l'ouvrier conserverait la propriété de son contrat.

Cette solution implique l'engagement de l'usine à payer,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à titre purement gracieux, la prime de l'assurance de l'agent, tant qu'il restera à son service et a l'inconvénient de faire bénéficier la Compagnie d'assurances du tout ou partie de la somme versée. Les Compagnies de gaz ont hésité à se lier ainsi, tant en raison de l'importance des sommes à consacrer chaque année et de l'incertitude de leurs ressources dans l'avenir, que de la prévision possible de difficultés litigieuses, soit avec les Compagnies d'assurances soit avec les ouvriers.

Faut-il donc renoncer aux précieux avantages de l'institution des retraites si bien indiqués par M. Leclerc? Elle a pour effet certain de retenir les agents jusqu'à l'âge du repos, car elle constitue une véritable prime à la persévérance : elle facilite le recrutement et la conservation du personnel, dont elle assure une meilleure sélection : elle attire et spécialise des agents sûrs et dévoués profitant ainsi non seulement au personnel, mais aussi aux usines à gaz dont l'exploitation serait améliorée.

Dans la discussion qui a suivi la communication de M. du Pasquier, M. Delahaye constatait avec raison que la grève existait à Lyon, bien que les ouvriers eussent encore à son début à toucher des primes, payables à l'année ; ce qui prouve que le salaire différé n'est pas suffisant pour empêcher la grève. MM. du Pasquier, Ancel et le Président Le Treust furent d'accord que le système des retraites était le meilleur moyen de s'attacher les chauffeurs.

Nous croyons qu'on peut obtenir cette permanence d'engagements, si désirable pour l'ouvrier comme pour le patron; et nous rappelons les belles paroles de Jules Simon :

« Pauvres et aigris de leur pauvreté, ignorants et honteux de leur ignorance, les ouvriers craignent toujours d'être

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trompés ou exploités. Leur erreur ne peut être dissipée par la parole, il faut agir sur eux *par la voie longue et sûre des institutions*. » (*L'Ouvrière.*)

Nous devons donc persévérer dans la recherche et le perfectionnement de ces institutions, en cherchant à dissiper autant que possible cette méfiance naturelle de l'ouvrier, et en développant dans la plus large mesure dans leur fonctionnement son initiative individuelle au moyen de ce levier merveilleux qui est *l'intérêt par l'épargne*.

M. Cheysson dit dans les Institutions patronales :

« On apprécie assez peu ce qui ne coûte aucune peine; on s'habitue à considérer les faveurs comme des droits; volontiers on s'imagine que ceux qui font le bien ne sont poussés que par l'intérêt. Il y a pis encore lorsqu'une espèce de providence pourvoit à tous ses besoins sans exiger de lui aucun effort, l'ouvrier cesse de compter sur lui-même, son initiative s'éteint, sa dignité s'amoindrit... Susciter l'initiative de l'ouvrier, l'habituer à compter plus sur lui et moins sur le patron, est préférable à cette espèce de tutelle sous laquelle on est porté, par pure bienveillance d'ailleurs, à tenir l'ouvrier. »

C'est ainsi que, dans l'exemple cité de la Caisse de secours du Gaz d'Angoulême à laquelle la Compagnie ne faisait aucune subvention, je suis convaincu que les difficultés ou les abus eussent été plus nombreux si la Compagnie avait pris la charge de tous les frais.

Conformément à ces principes, nous vous proposons la solution suivante, basée sur la coopération du salaire de l'ouvrier et d'un sacrifice pécuniaire volontaire de la Compagnie, en vue de la constitution de la retraite.

Dans notre projet l'ouvrier constitue seul en principe par son épargne le capital de sa retraite sur son livret indivi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

duel à la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse.

Ce livret est son entière propriété, et le suit partout où il va.

La Compagnie n'intervient que pour l'inciter ou l'obliger, à prendre ce livret, suivant qu'il sera d'après le règlement facultatif ou obligatoire ; en lui consentant une allocation volontaire réservée en dehors du livret, et dite « gratification pour amélioration de retraite ».

L'ouvrier devra verser chaque mois, à son livret un tant pour cent minimum ; et la Compagnie portera annuellement au compte dit « d'amélioration des retraites » une allocation volontaire fixée par le Conseil d'Administration en clôture d'exercice, en tenant compte du montant des sommes versées par les ouvriers, et des ressources de la Compagnie.

Cette allocation de la Compagnie serait répartie entre les ouvriers, en calculant leur gratification au *prorata* de leurs versements et d'après leur nombre d'enfants et d'ascendants à charge.

Cette gratification serait portée au compte d'amélioration de retraite de chaque ouvrier, et ne pourrait être touchée que dans les conditions prévues pour la retraite.

En cas de départ volontaire, renvoi pour quelque cause que ce soit, il emporterait son livret individuel formé de ses salaires ; mais serait déchu du montant de son compte d'amélioration de retraite, qui serait reversée à la masse des autres comptes ; sauf cas exceptionnels jugés par le Conseil d'Administration.

Ce système de retraite présente les avantages suivants :

1° Il sépare complètement les deux éléments de la retraite, le versement de l'ouvrier et la gratification de la Compagnie ;

2° La Compagnie ne prend aucun engagement pour l'ave-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nir, tout étant réglé chaque année ; et il ne peut y avoir de difficulté litigieuse, le règlement, en cas de renvoi et tous les autres cas, étant d'une clarté et d'une justice absolues ;

3° Il est applicable à toutes les usines quel que soit le nombre de leurs ouvriers, de la plus petite à la plus grande.

Son fonctionnement est de la plus extrême simplicité et peut être commencé progressivement, sans le moindre inconvénient avec la plus grande facilité. Chaque mois le montant total des retenues est envoyé avec les livrets et un bordereau à la Caisse nationale qui fait l'inscription et les retourne.

Ajoutons que le système du livret pour retraites a déjà de nombreuses applications, notamment à la Compagnie du chemin de fer d'Orléans et que c'est celui de la loi du 29 juin 1894 sur les caisses de secours et de retraites des ouvriers mineurs.

On peut lui objecter qu'il ne donne pas à l'ouvrier la certitude absolue d'arriver à un âge donné à une retraite déterminée ; mais on peut répondre que les considérations ci-dessus exposées démontrent que cela est préférable pour le bien du travail. L'ouvrier dont la retraite est assurée d'avance, certainement peut être reconnaissant et dévoué, mais il ne sentira pas la nécessité de l'effort, comme celui qui la constitue chaque jour par son épargne facultative ou obligatoire, et qui est poussé par l'avantage consenti par la Compagnie à travailler davantage pour l'améliorer. D'autre part, il s'intéressera d'autant plus à l'œuvre de sa retraite, qu'elle est constituée en partie par ses économies, il y portera une affection d'autant plus grande et se sentira d'autant plus entraîné à y faire de nouveaux sacrifices pour l'avoir plus élevée.

Pour fixer les idées, nous supposerons que le tant pour cent minimum sur les salaires à porter sur le livret soit de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5 0/0 sur un salaire annuel de fr 1.500, le tableau suivant donne, d'après les tarifs de la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse, les résultats des retraites à différents âges, soit à capital aliéné, soit à capital réservé.

AGE du premier VERSEMENT	RENTES VIAGÈRES âges de la jouissance					
	A CAPITAL ALIÉNÉ			A CAPITAL RÉSERVÉ		
	50 ans	55 ans	60 ans	50 ans	55 ans	60 ans
25 ans. . . .	255 fr.	405 fr.	662 fr.	160 fr.	250 fr.	400 fr.
30 ans. . . .	182 »	300 »	498 »	110 »	175 »	286 »
35 ans. . . .	123 »	213 »	366 »	71 »	120 »	199 »
40 ans. . . .	75 »	142 »	258 »	41 »	75 »	132 »

Si nous supposons l'allocation de la Compagnie égale au salaire réservé, les résultats ci-dessus des retraites seront doublés, et montrent qu'un chauffeur qui commence aux fours à 25 ans peut dans ces conditions avoir à 60 ans, une pension de fr. 800 à capital réservé. Les chauffeurs atteignant 35 ans de services sont actuellement peu nombreux, mais nous croyons que ce nombre augmentera avec la stabilité d'engagement qui doit résulter de l'application du système, et que d'autre part son épargne dépassera notablement le *quantum* porté de 5 0/0. A ce montant de la retraite viendront s'ajouter les bonifications prévues par l'article 11 de la loi du 22 juillet 1886 pour les pensions inférieures à fr 360.

L'allocation de la Compagnie au lieu d'être fixée égale au montant du salaire réservé, ou à un chiffre arbitraire pourrait être déterminée, comme il est pratiqué dans l'usine R, d'après les résultats techniques d'exploitation de l'exercice.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons adopté le système du livret individuel parce qu'il est simple, facilement compréhensible à l'ouvrier, éminemment pratique et que la retraite produite est fixée sous la garantie de l'État.

Nous devons cependant observer que nous croyons réalisable la création d'une caisse unique de retraites, proposée par M. Leclerc, mais par le moyen d'une société de secours mutuels, dont le fonds commun serait déposé à la Caisse de dépôts et consignations, dans les conditions édictées par la loi relative aux sociétés de secours mutuels du 1er avril 1898. Le montant de la retraite serait calculé conformément à l'article 9 de la loi du 20 juillet 1886 de la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse ; et la société n'aurait pas à garantir ainsi un chiffre déterminé dans un temps donné ; conformément au conseil de M. Jules Michel qui fait autorité en ce qui concerne les institutions de prévoyance, notamment pour les chemins de fer et qui dit : « Donnez des retraites, mais n'en promettez pas. »

Le fonds commun serait formé des retenues de salaire, l'allocation annuelle de la Compagnie restant en dehors, comme pour le système indiqué ci-dessus du livret individuel.

En cas de renvoi, l'ouvrier partant reste en droit toujours sociétaire ; mais en fait il est peu probable qu'il continue à payer ses primes et par suite à rester à la société. Il ne pourrait gêner d'ailleurs sérieusement une société, réunissant un grand nombre d'usines, dont le siège social serait à Paris, etc.

L'avantage de ce système sur celui du livret individuel serait d'avoir pour les dépôts un intérêt de 4,50 au lieu de 3,50, et par suite des retraites plus élevées dans la même proportion.

La société bénéficierait en outre des subventions de l'État,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

accordées aux sociétés de secours mutuels par l'article 26 de la loi du 1er avril 1898.

Cette société n'aurait plus ainsi que la responsabilité du calcul des retraites et du mouvement des fonds avec la Caisse des dépôts et consignations par l'intermédiaire des directeurs des usines, ses agents naturels.

Si le rôle de la Société technique lui interdit d'intervenir directement dans la création de cette société, il lui appartiendrait d'en vérifier la possibilité ; et le cas échéant de promouvoir cette institution en dehors, mais à côté d'elle.

En résumé le travail des chauffeurs pourrait être ainsi rémunéré :

1° Salaire fixe, payé par quinzaine, sauf retenues de 1 °/₀ pour la caisse de prévoyance, et de 5 °/₀ à porter sur le livret de retraite ;

2° Primes de fabrication payables à échéances déterminées sauf retenues de 5 °/₀ pour la caisse de prévoyance, et de 20 °/₀ pour le livret de retraite ;

3° Gratification annuelle de la Compagnie, portée tout entière au compte d'amélioration des retraites.

En achevant ce travail, je prie mes collègues de m'excuser si je me suis laissé entraîner par l'intérêt du sujet à de trop longs développements ; j'ai la conviction que le chauffeur n'est pas seulement intéressé à son travail par le salaire-argent qu'il touche immédiatement, mais encore par le sentiment d'assurer son existence pour les jours de maladie et de vieillesse ; et pour y arriver, adaptant à ma conclusion une maxime toujours vraie, et qui synthétise tout ce travail, je lui dirai en terminant : « Aide toi, le patron t'aidera. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comparaison entre les éclairages usuels, à éclairage égal, par la méthode graphique.

Par M. Ad. BOUVIER

(DE LYON).

1. *La comparaison entre les éclairages usuels* se présente si souvent, dans la pratique de notre industrie, que nous avons cru pouvoir y revenir devant le Congrès International.

Il s'agit surtout d'une comparaison *pratique*, établie entre des chiffres qu'il faut considérer eux-mêmes comme des *moyennes;* il est bien entendu que le présent travail n'a pas de prétention à l'exactitude absolue, d'ailleurs si difficile à obtenir en matière de photométrie.

Il a pour but de faciliter la comparaison entre deux entreprises d'éclairage, une distribution de gaz et une station centrale électrique, par exemple, ou *entre deux cahiers des charges* ou contrats de concession, en se plaçant *au point de vue* du consommateur, *du public*.

2. La comparaison peut et doit s'établir à deux points de vue :

a) *Au point de vue général :* Combien faut-il dépenser de litres de gaz, consommé dans un bec papillon, dans un bec Auer von Welsbach, ou en gaz forcé, etc., combien faut-il dépenser de kg de pétrole ordinaire, ou de KWH de courant électrique soit avec une lampe à arc, soit avec une lampe à incandescence, pour obtenir *un éclairage déterminé;* soit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1 carcel-heure, ou 10 bougies-heures (bougies décimales)? La réponse à cette question se résumera en un certain nombre de chiffres, qu'on peut grouper en un premier tableau (tableau N° 1).

Les chiffres du tableau N° 1, s'ils ont été exactement observés, seront vrais en tous les pays, en supposant bien entendu le pouvoir éclairant et calorique du gaz ramené à un chiffre de base commun à tous les essais, par exemple au pouvoir éclairant normal de la Ville de Paris (l 105, bec Bengel, 1 lampe Carcel de g 42 d'huile de colza épurée à l'heure; environ Cl 5.500, eau de combustion à 100°).

b) Étant donnée, pour chacun des éclairages usuels envisagés, la consommation horaire nécessaire pour obtenir l'éclairage équivalent à 1 carcel-heure, on en déduira, pour une ville donnée, la *dépense horaire en argent*.

La comparaison au point de vue *du prix de revient* s'établit à un *point de vue local*, d'après le coût spécifique de chaque éclairage dans un pays, ou mieux *dans une ville* donnée.

Pour une ville donnée, les chiffres résultant du tableau N° 1, combinés avec les coûts unitaires des éclairages dans cette ville, donneront un tableau N° 2.

Nous avons établi un tableau avec les prix usités à Lyon, France, prix comparables à ceux de beaucoup de villes françaises.

3. L'emploi des *figurations graphiques* est précieux pour toute espèce de statistique et de comparaison.

On s'en sert souvent dans notre industrie (calculs des diamètres des canalisations, développement de la vente du gaz, du nombre des abonnés, etc., etc.), et on pourrait en user davantage.

Nous avons eu l'occasion d'y recourir dans deux travaux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

présentés à la Société Technique en 1899 (dessin d'une usine à gaz en développement vertical; et comparaison des dépenses en argent et en temps avant et après l'emploi d'une voie aérienne pour les charbons); et nous nous étions réservé d'en chercher l'application à la comparaison entre les éclairages usuels.

Nous allons établir chacun des deux tableaux, puis exposer brièvement les graphiques qui les résument.

4. *Tableau N° 1.* — Le tableau N° 1 résulte des expériences et observations faites dans les principaux pays, et déjà résumées dans un travail « Comparaison entre les éclairages usuels » présenté à la Société Technique en 1898; il comprend nos propres expériences sur le « Rendement lumineux des becs de gaz usuels » (Soc. Technique 1888).

Nous ne pouvons revenir ici sur le détail des observations que nous avons résumées en 1898, on trouvera les chiffres à l'appui dans le volume de la Société Technique. Nous nous bornons à rappeler, parmi les auteurs cités, les noms suivants : MM. Audouin et Bérard de la C^ie^ Parisienne du Gaz, M. Couderchon, du Laboratoire de la Ville de Paris, MM. Blondel, Cornuault, Delahaye, Sainte-Claire-Deville, Vautier et Violle en France; les principaux constructeurs de becs à incandescence, type Auer von Welsbach; MM. les professeurs Bunte, Lummer, Wedding, MM. Joly, von Oechelhaeuser et Schilling, en Allemagne, MM. Preece, et Boverton-Redwood, en Angleterre, M. le professeur Colombo en Italie; noms auxquels il serait naturel d'ajouter ceux de MM. Hering, aux Etats-Unis, Palaz et Weber, en Suisse, etc., etc.

Les chiffres du tableau N° 1 sont généralement adoptés aujourd'hui, et ne nous paraissent pas devoir soulever de polémique, surtout si on les considère comme des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moyennes, qu'il convient de modifier au fur et à mesure que la pratique enregistre de nouveaux progrès.

Nous considérons 10 exemples, 10 cas d'éclairages usuels, à comparer entre eux.

Nous avons supposé notamment 2 cas de « clientèle moyenne » d'usine à gaz. Avant le développement du bec à incandescence, on pouvait compter dans une ville, environ :

50 0/0 de becs papillon,
30 0/0 de becs ronds, à cheminée, types Bengel, Argand, Sugg, etc.,
20 0/0 de becs à récupération, Wenham, Schülke, etc.,
100 0/0 de « becs divers » au total.

Une première clientèle sera supposée alimentée de 75 0/0 de ces « becs divers » :

37,5 0/0 papillon,
22,5 0/0 Argand,
15 0/0 Wenham,
75 0/0

et de 25 0/0 de becs Auer.
100 0/0

Il résulte des chiffres relatifs à ces divers brûleurs une consommation *moyenne* de *l 75* par carcel-heure.

Une autre clientèle, supposée « mieux éclairée »

aura 40 0/0 de « becs divers »,
60 0/0 de becs Auer.
100 0/0

Sa consommation se réduit à *l 50* en moyenne par carcel-heure.

Il est évident que ces chiffres tendent à être dépassés, surtout dans les pays où les brûleurs Auer, et le gaz, sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vendus à bon marché (1), et que bientôt, dans une grande ville, le public ne consommera pas plus de *l 25* à *30* de gaz en moyenne par carcel-heure.

Il serait facile de compléter notre graphique d'après cette hypothèse.

Nous grouperons comme suit les 10 cas envisagés :

Gaz	Bec papillon (le meilleur bec papillon).	I
—	Becs ronds à cheminée (moyenne)...	II
—	Clientèle à 75 0/0 becs divers, 25 0/0 becs Auer	III
—	Clientèle à 40 0/0 becs divers, 60 0/0 becs Auer	IV
—	Bec Auer, type France 1899	V
—	Gaz forcé avec incandescence	VI
Pétrole	Ordinaire	VII
Électricité.	Incandescence types usuels juin 1900.	VIII
—	Arc	IX
Acétylène		X

Chaque brûleur est supposé placé dans les meilleures conditions possibles, et fonctionner sous le régime « optimum », régime rappelé dans le tableau.

Les observations faites — et le tableau — se résument par un seul chiffre (A), pour chaque cas : « la quantité à consommer pour obtenir pendant une heure un éclairage égal à celui de 1 Ca ou 10 b ».

(1) M. le professeur Bunte, dans une note de mars 1899, relative au Pressgas ou gaz sous pression de As 0,2 (Pintsch), et au Kugellicht de Salzenberg ou gaz forcé à As 1,1, évalue à l 15 : Ca le rendement moyen du bec à incandescence *ordinaire*, type Auer.

M. Fr. Schäfer, de Dessau, estime (Congrès de Mayence, 1900) à environ l 14 : Ca le rendement moyen des brûleurs actuels à incandescence.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° 1.

	DÉSIGNATION DU BRULEUR ou GROUPE DE BRULEURS.		RÉGIME HORAIRE DU BRULEUR	POUR OBTENIR 1 CARCEL-HEURE IL FAUT CONSOMMER (A)
I	*Gaz*. . .	Bec papillon tête creuse (M. Bouvier, 1888).	m c 0,125	m c **0,125**
II	d°	Becs ronds à cheminée, moyenne (M. Bouvier, 1888)	» 0,192	» **0,090**
III	d°	Clientèle alimentée avec 75 0/0 de « becs divers » définis plus haut, et 25 0/0 becs à incandescence, type Auer v. Welsbach.	—	» **0,075**
IV	d°	Clientèle avec 40 0/0 de becs divers, 60 0/0 de becs à incandescence	—	» **0,050**
V	d°	Bec à incandescence, Auer ou analogue, moyenne de 1899, pression non supérieure à mm 30, cheminée (le rendement moyen, chez l'abonné, de 1 18 : Ca sera bientôt dépassé en pratique)	» 0,110	» **0,018**
VI	d°	Incandescence et gaz forcé (le rendement de 1 10 : Ca est à peu près atteint par divers brûleurs, il est même parfois dépassé : brûleur de M. Salzenberg dit Kugellicht, etc. .	—	» **0,010**
VII	*Pétrole*. .	Lampes petites et grosses, sur plusieurs heures	—	kg **0,033**
VIII	*Électricité*	Incandescence, bonnes lampes, filament au carbone dans le vide, durée moyenne (MM. Colombo, Haubtmann...) . .	KWH 0,060	KWH **0,0375**
IX	d°	Arc, sous un globe, moyenne .	A 6 à 20	» **0,010**
X	*Acétylène*.	. . . . .	m c 0,050	m c **0,0075**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En ce qui concerne le brûleur à incandescence, Auer ou analogues, il est intéressant de constater que le rendement de l 10 par carcel-heure a été obtenu récemment en Allemagne, aux pressions ordinaires, *pendant les 20 premières heures;* il s'agit de manchons des meilleures marques, et de gaz à Cl 5.400 environ par mètre cube. Le pouvoir éclairant baisse ensuite, de 20 0/0 à 25 0/0.

Le chiffre de W 3,75 par bougie, indiqué pour la lampe électrique à incandescence, se trouve confirmé par les observations produites au Congrès d'Electricité de 1900 par M. Blondel, à propos des lampes de V 100 et V 110.

Il est entendu que ces chiffres représentent les consommations horaires nécessaires « à éclairage égal ». L'économie résultant de la présente comparaison sera réduite partout où le public adoptera un nouvel éclairage pour être « mieux éclairé », c'est-à-dire, en pratique, pour consommer une quantité de lumière plus grande que celle qu'il consommait auparavant.

5. *Graphique (abaque) du tableau N° 1* (Voir Pl. XIII). — Pour faciliter une *comparaison* entre les chiffres (A) du tableau, le procédé le plus commode consiste à chercher d'autres chiffres, proportionnels à ceux-ci, mais calculés de façon à ce que *chacun des dix cas étudiés soit successivement ramené à l'unité.*

Par exemple :

kg 0,033 de pétrole équivalent à m c 0,018 de gaz brûlés au bec Auer.

kg 1 de pétrole correspond à m c X de gaz brûlés au bec Auer.

La proportion donne :

$$X = \frac{0{,}018}{0{,}033} = 0{,}545 \text{ m c}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

0,545 est l'un des « chiffres proportionnels » à trouver : on calculerait de même que m c 1 brûlé au bec Auer correspond à kg 1,83 de pétrole, etc.

Tous ces chiffres sont établis par le calcul dans notre travail de 1898-1899. — Un graphique (voir Pl. XIII, fig. 3) va nous permettre de les retrouver d'une façon beaucoup plus simple.

Figurons deux ordonnées rectangulaires; sur l'axe vertical marquons, à une échelle arbitraire, les ordonnées : Q = 0,010, Q = 0,018, Q = 0,033, etc., correspondant aux chiffres du tableau; et traçons les horizontales Q = 0,010 (qui correspond aux cas VI et IX), Q = 0,018 (cas V, bec Auer), Q = 0,033 (cas VII, pétrole).

Une ordonnée n° 1 coupera ces horizontales en des points marqués d'un double cercle.

Enfin, joignons l'origine, au point O, à chacun des points 1; nous aurons autant de lignes inclinées, ou « radiantes », dont chacune correspond à l'un des cas considérés.

Nous nous bornons à figurer les 3 radiantes correspondant au pétrole (VII), et au bec Auer (V), et au gaz forcé VI, ainsi qu'à la lampe à arc IX. Nous constatons qu'elles nous fournissent immédiatement les deux « chiffres proportionnels » 0,545 et 1,83 que nous obtenions tout à l'heure par le calcul. — Elles nous montrent de même que kg 1 de pétrole équivaut à KWH 0,30 consommés dans la lampe à arc, ou à m c 0,30 de gaz forcé; que m c 1 de gaz forcé équivaut à kg 3,3 de pétrole, etc.

Notre comparaison est donc établie.

Il suffit de compléter le graphique pour avoir tous les « chiffres proportionnels », toutes les comparaisons résultant du 1[er] tableau (voir Pl. XIII, fig. 1).

6. Ainsi que le fait remarquer M. Maurice d'Ocagne, le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

savant auteur d'un traité de *Nomographie*, le graphique ci-dessus n'est autre que l'abaque cartésien, représentant l'équation de droites passant par l'origine. Le problème qui nous occupe peut être posé comme suit :

La quantité Q d'une certaine source de lumière nécessaire pour obtenir une intensité I d'éclairement est donnée par :

$$Q = S. I$$

S étant un coefficient relatif à la source considérée.

Cette équation peut être représentée par un abaque cartésien dans lequel les horizontales correspondent à la variable Q, les verticales à la variable I, les radiantes issues de l'origine à la variable S.

7. *Comparaison au point de vue des prix (à Lyon).* — En reprenant les chiffres (A) du tableau n° 1, et en considérant que les prix sont à Lyon de

fr 0,20 par m c de gaz vendu,
» 0,75 par KWH (et même moins).
» 0,40 par kg de pétrole,
» 2 par m c de gaz acétylène, tous frais compris ;

nous obtenons le second tableau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° 2.

	COMPARAISON DES ÉCLAIRAGES A LYON (La dépense étant évaluée en centimes)		POUR OBTENIR 1 CARCEL-HEURE A LYON IL FAUT	
			CONSOMMER	PAYER
			(A)	(B)
I	*Gaz*. . .	Bec papillon.	m c 0,125	ct 2,5
II	d°	Becs ronds.	» 0,090	ct 1,8
III	d°	Clientèle à 75 0/0 becs « divers », 25 0/0 becs Auer comme indiqué plus haut	» 0,075	ct 1,5
IV	d°	Clientèle à 40 0/0 becs divers. 60 0/0 becs Auer.	» 0,050	ct 1,0
V	d°	Bec Auer, défini plus haut. . .	» 0,018	ct 0,36
VI	d°	Incandescence et gaz forcé . .	» 0.010	ct 0,2
VII	*Pétrole*. .	Voir tableau n° 1.	kg 0,033	ct 1,33
VIII	*Électricité*	Incandescence	KWH 0,0375	ct 2,8125
IX	d°	Arc.	» 0,010	ct 0,75
X	*Acétylène*.	. . . . .	m c 0,0075	ct 1,5

8. *Graphique (abaque) du tableau n° 2* (Voir Pl. XIII). — Le même raisonnement nous permet de construire le graphique n° 2, les horizontales étant placées à des hauteurs proportionnelles aux chiffres (B).

9. Le problème résolu par le tableau n° 2 peut être défini de la façon suivante :

Soit Q la quantité de lumière considérée (chiffres (A) du 1er tableau).

Soit p le prix unitaire de chaque source de lumière.

La dépense P à faire pour chaque éclairage (chiffres (B) du 2ème tableau), est donnée par l'équation $P = Q\,p$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette équation peut se représenter, si p est variable, par un abaque cartésien semblable au premier, et qui pourrait se dessiner à côté du premier, les lignes horizontales Q étant communes, les verticales P se plaçant *vers la gauche* de l'origine commune, et des lignes radiantes p partant de la même origine pour se diriger *vers la gauche* (*Traité de Nomographie* de M. M^ce^ d'Ocagne, n° 117, page 300).

Toutefois ce n'est pas le cas que nous considérons, puisque nous étudions les prix unitaires p *déterminés* (et non variables), tels qu'on les constate dans une ville déterminée, à Lyon par exemple.

10. Le même auteur établit que l'on peut prendre les logarithmes des deux équations ci-dessus :

$$\log Q = \log S + \log I$$
$$\log P = \log Q + \log p$$

et établir un abaque à double alignement (*ibid.* n° 89, page 216).

Nous nous bornons à indiquer cette solution, pour le cas où l'on voudrait faire du prix unitaire p une quantité variable. L'abaque à double alignement aurait l'apparence de la figure 6 (Voir Pl. XIII).

11. En résumé, les deux graphiques figurés d'autre part nous paraissent suffisants pour établir, comme nous nous l'étions proposé, une *comparaison entre les éclairages usuels, à éclairage égal, par la méthode graphique.*

Nous croyons devoir rappeler que les chiffres indiqués, vrais hier, peuvent n'être plus vrais demain.

L'emploi de nouvelles lampes électriques à incandescence (lampe Nernst, lampe Auer, lampe aux nitrates, etc.),

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

conduira sans doute à une consommation inférieure à 3,75 WH par b d et par heure. De même la lampe à arc, avec globe, arrivera à consommer moins de 10 W par b d, grâce à divers perfectionnements (amélioration du mécanisme régulateur, arcs en série, lampes en vase clos, lampes à haut voltage).

La lampe à pétrole devient plus économique par l'incandescence. L'incandescence par l'acétylène — à supposer que les manchons aient une durée suffisante — permettrait d'obtenir la carcel-heure avec l 3 de gaz environ, au débit de l 25 et sous mm 150 de pression. Enfin et surtout le brûleur à gaz à incandescence se perfectionne tous les jours. Les becs nombreux essayés depuis peu d'années (Auer, Bandsept, Denayrouze, Kern, Lecomte, Greyson-Somzée, Salzenberg, etc.) consomment dès aujourd'hui moins de 18 litres de gaz par carcel-heure, sans même qu'il soit nécessaire de donner au gaz une pression aussi élevée que dans les procédés au gaz forcé. Ces derniers eux-mêmes se perfectionnent (Kugellicht, Mollberg, Lucas, etc.).

Les progrès de l'incandescence, qui vont inaugurer le xx[e] siècle, sont certainement l'un des faits les plus topiques de notre industrie, ils contribueront largement à sa prospérité.

12. Les graphiques nouveaux que pourront établir les gaziers de demain ne feront qu'accentuer, nous l'espérons, ce fait, encore trop peu connu du public, que le gaz permet d'assurer, avec économie, un éclairage capable de rivaliser avec ses nombreux concurrents.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Rapport sur l'utilité de l'unification des pas de vis pour les appareils à gaz.

Par M. J. BENGEL.
(DE PARIS)

Toutes les usines à gaz, qu'elles appartiennent à des compagnies, à des sociétés locales ou à des particuliers, ont été amenées, en raison des diminutions successives qu'elles ont dû consentir sur le prix du gaz, à augmenter coûte que coûte leur production, sous peine de voir leurs bénéfices décroître rapidement.

Pour arriver à ce résultat, de tous les moyens employés, celui qui, sans conteste, a été couronné du succès le plus grand, c'est d'abord la vente et l'installation par les usines elles-mêmes, des appareils d'éclairage et de chauffage qui, jusqu'alors, étaient toujours fournis par des appareilleurs, à des conditions qui, dans bien des cas, empêchaient la propagation de l'éclairage au gaz. Puis, ce moyen ayant réussi, quelques usines d'abord, et bientôt presque toutes, firent la location d'appareils dans des conditions de bon marché telles que des quantités d'abonnés vinrent au gaz, qui n'y seraient jamais venus sans cela.

Enfin, aujourd'hui, on va plus loin, avec les appareils de chauffage donnés sans aucune location et les installations avec compteurs à payement préalable, faites à titre entièrement gratuit. On peut donc dire, d'une façon générale, qu'aujourd'hui toutes les usines à gaz font la vente et l'installation des appareils à gaz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ces conditions, on se demande comment il se fait que, dans nos congrès où chacun apporte, pour la faire connaître à ses collègues, dans l'intérêt de tous, la découverte qu'il a pu faire, les progrès qu'il a réalisés et aussi les réformes qui lui paraissent utiles, il ne se soit pas trouvé une voix autorisée pour demander à la Société technique de créer un certain nombre de pas de vis, le plus restreint possible, qui seraient rendus obligatoires dans toute la France pour les appareils à gaz.

Dans les commencements de notre industrie, Paris était seul à fabriquer des appareils à gaz; il fut alors créé deux pas de vis bien distincts : l'un dit pas de Paris, pour les plafonds ; l'autre dit pas des becs, pour les genouillères et appareils de moindre poids. Mais un jour vint où quelques villes se mirent à fabriquer un peu. Lyon fut une des premières. Les clients de ces nouveaux fabricants se contentèrent probablement de leur acheter la cuivrerie dont la fabrication est plus simple, et continuèrent à prendre à Paris les appareils plus importants ? Alors le fabricant eut une idée géniale : il créa de nouveaux pas, qu'il appela : pas des genouillères et pas des plafonds de Lyon, et toute sa cuivrerie fut vendue avec ces pas.

Quand leurs clients eurent employé beaucoup de raccords avec ces nouveaux pas, force leur fut de demander au même fabricant les appareils qui devaient se visser dessus, car ceux qu'ils recevaient d'autres fabricants ne se raccordaient plus comme pas de vis avec les raccords posés, et de là des ennuis sans nombre. Mais bientôt une seconde fabrique se monte dans la même ville, et, pour suivre le bon exemple de son concurrent, celle-ci créa à son tour un pas nouveau, différant peu de l'autre, mais pourtant assez pour qu'un appareil se vissant bien sur l'un ne puisse pas se visser sur l'autre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un jour enfin la Compagnie du gaz de Lyon, croyant qu'en fabriquant elle-même, les appareils lui reviendraient meilleur marché, monta un atelier et y fabriqua la cuivrerie et les appareils simples.

Le contremaître chargé de la fabrication pensa probablement que la Compagnie ne pouvait pas décemment prendre les mêmes pas de vis que les deux fabricants existant déjà. Il créa donc une nouvelle série de pas de vis spéciaux à la Compagnie du gaz. De la sorte, rien que dans la région lyonnaise, il existe en ce moment six pas de vis principaux différents, qui sont :

1° Le pas des genouillères et des plafonds de Lyon, maison X;

2° Le pas des genouillères et des plafonds de Lyon, maison Y;

3° Le pas de vis des genouillères et des plafonds de Lyon, Compagnie du gaz.

Là ne s'arrête pas encore malheureusement la nomenclature. Nous avons : le pas de Rouen, le pas nantais, et certainement beaucoup d'autres encore qui nous échappent.

Pour que cette réforme de l'unification des pas de vis puisse se faire, il faut qu'elle soit imposée aux fabricants par les directeurs de gaz. Il faudrait donc que la Société technique nomme une commission chargée d'étudier et d'adopter un certain nombre de pas de vis, le moins possible; que des étalons de ces différents pas soient déposés dans les archives de la Société technique comme l'étalon du mètre est déposé aux Arts et Métiers, et qu'à partir du jour où ces pas auraient été adoptés, chaque compagnie de gaz et chaque usine impose à ses fournisseurs de lui livrer la cuivrerie et les appareils avec ces seuls pas.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est bien certain que, pendant quelque temps, cela exigera, pour les anciennes installations, la dépense de quelques raccords, portant d'un côté l'ancien pas de vis et de l'autre le pas de vis de la Société technique. Mais, au bout d'un temps relativement court, on appréciera, nous en sommes certains, la commodité et l'économie des pas de vis uniformes, et la Société technique aura rendu une fois de plus un grand service à l'industrie du gaz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Résultats obtenus en Hollande avec les compteurs à payement préalable

Par M. P. BOLSIUS.
(DE BOIS-LE-DUC)

Lorsque Jean-Pierre Minckelers (1), professeur de l'Université de Louvain, enrichit en 1784 la science et l'industrie d'un nouvel « air inflammable », tiré de la houille par la distillation en vase clos, conformément au but qu'il s'était tracé il destina ce gaz, léger et de fabrication relativement peu coûteuse, au gonflement des ballons en remplacement du gaz hydrogène adopté par le physicien Charles.

Or l'habile expérimentateur s'aperçut bientôt que le gaz de houille, en dehors de son aptitude à servir l'aéronautique, pouvait rendre des services d'une utilité bien plus immédiate et plus générale. Le pouvoir éclairant de la flamme nourrie par le nouveau fluide n'échappa pas à son attention et nous savons qu'il s'est servi de celui-ci pour éclairer sa salle de cours.

Telle fut l'origine de l'éclairage au gaz. Dans les dernières années du XVIII[e] siècle les travaux de Lebon et de Murdoch donnèrent au germe de la nouvelle industrie fécondité et croissance et c'est avec respect et amour que nous plaçons les noms de Minckelers, de Lebon et de Murdoch à la tête de la phalange si puissante de savants, d'ingénieurs et de praticiens qui a conduit notre industrie à ce développement

(1) Né à Maestricht (Hollande), le 2 décembre 1748 et décédé en sa ville natale le 4 juillet 1824.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vraiment stupéfiant et grandiose, à cette perfection de procédés de fabrication et d'utilisation des produits et des sous-produits qui font l'une des gloires les plus caractéristiques et les plus réelles du siècle de la lumière.

Dans le courant des années de nouvelles inventions sont venues augmenter les moyens par lesquels le gaz peut rendre des services; après les ballons et l'éclairage nous citons maintenant le chauffage, la force motrice, l'incandescence, et nous pouvons proclamer hautement et avec fierté que la place que prend à l'heure présente notre industrie dans la technique contemporaine est aussi grande que nous pouvons le désirer et plus sûre qu'on n'ose l'avouer d'autre part.

Du concours heureux du perfectionnement incessant des procédés et de l'extension de la consommation par les divers modes d'emploi, naquit un troisième facteur qui, lui aussi, eut une large part dans la prospérité toujours grandissante de notre industrie : l'abaissement des tarifs qui s'est signalé sérieusement il y a quelque vingt ans.

A cette époque le prix du gaz était en Hollande de 12 cents (ct 24,6) en moyenne, avec des prix de faveur pour les fabriques, les ateliers, les restaurants, les grands consommateurs, les casernes, etc. Depuis lors cette moyenne est descendue à la moitié du prix nommé et, tandis qu'en général le prix du gaz en Hollande est de 6 à 7 cents (ct 12 à 14) par m^3, certaines villes n'ont pas reculé devant des conditions encore plus favorables, comme Kampen où l'on paye 5 cents par m^3 le gaz employé pour l'éclairage, et 3,5 cents (ct 7) par m^3 celui utilisé pour le chauffage ou dans les moteurs.

L'effet de la baisse des prix a été saisissant et nous savons tous qu'il n'est pas nécessaire qu'un directeur de gaz ait gagné des cheveux blancs dans le métier pour avoir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vu la production de son usine se quintupler et même croître davantage.

Cette question du prix du gaz s'est résolue tout naturellement sur le terrain même, sans avoir été beaucoup discutée dans les assemblées de nos associations où comme de juste on s'occupe de préférence à mettre en lumière et à se communiquer mutuellement les progrès techniques et scientifiques, leur application et l'expérience acquise.

Tour à tour nous avons vu introduire, après les concessions accordées à l'industrie, aux grands consommateurs, les réductions de prix pour le gaz brûlé pendant le jour, pour le gaz servant à la cuisine, au chauffage et à la force motrice, auxquelles s'est venue joindre une forme nouvelle de tarif, d'introduction relativement récente, et concernant le gaz livré par des compteurs dits à payement préalable. Or ce système, tout en suivant sa marche vers l'est, rencontre de temps en temps, avant que d'être agréé et mis en pratique, des obstacles qui semblent indiquer qu'il y a encore quelque utilité à mettre sous les yeux des collègues et de ceux qui s'intéressent à la question des renseignements pris dans les villes où le système fonctionne.

C'est pourquoi j'ai cru pouvoir soumettre à l'attention de ce premier Congrès International de l'Industrie du gaz quelques chiffres et quelques renseignements pouvant donner une idée des résultats obtenus en Hollande avec les compteurs à payement préalable.

La Hollande, où depuis cinq ans le système en question a été introduit, compte environ cent usines à gaz grandes et petites, dont 43 ont mis à la disposition de leur clientèle le compteur P.P.

Le nombre des habitants demeurant dans les villes et communes qui sont desservies par une usine à gaz de houille est, d'après les dernières données recueillies, 2.337.149 sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une population totale du pays de 5.074.632 (1897) habitants.

Ces usines produisirent l'année dernière m³ 173.675.493 de gaz et l'on peut en déduire une consommation de charbon à gaz de kg 655.000.000. Ce chiffre a une certaine valeur pour les calculs et la statistique se rattachant à la cherté des combustibles que nous traversons actuellement.

La population des 43 villes où le système des compteurs P. P. est introduit est de 1.950.829 habitants, celles des autres qui, bien que disposant d'une usine à gaz, n'usent pas de compteurs P. P., seulement 386.320.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOMS DES VILLES rangés d'après la date de l'introduction des compteurs P. P.			COMPTEURS P. P. en usage au 31 décembre				
			1895	1896	1897	1898	1899
Utrecht	Juin	1895	231	1.508	3.390	4.881	5.771
Middelburg	Juillet.	1895	3	2	1	2	22
Sliedrecht	1 Oct.	1895	15	60	90	95	100
Leiden	28 Oct.	1895	87	618	914	1.134	1.575
Doesburg	—		15	121	172	190	214
Tilburg	1 Févr.	1896	»	427	575	726	962
Rotterdam	1 Avril.	1896	»	500	2.911	5.103	8.086
Schagen	—		»	9	24	27	29
Hengelo	Mai	1896	»	»	18	18	18
Vlaardingen	1 Juin.	1896	»	69	76	82	142
Krommenie	—		»	48	96	129	146
Zwyndrecht	1 Juillet	1896	»	4	20	30	42
Oud-Beierland	—		»	?	?	?	?
Bodegraven	—		»	?	?	?	91
Bergen-op-Zoom	1 Sept.	1896	»	16	49	54	56
Dordrecht	—		»	?	253	363	470
Leeuwarden	Octobre	1896	»	24	122	150	166
Hoorn	—		»	63	218	400	484
Helmond	—		»	51	53	77	117
Arnhem	—		»	119	1.053	1.860	2.688
Zaandam	—		»	?	120	204	322
Waalwyk	—		»	6	6	6	6
Zalt-Bommel	—		»	?	?	?	50
Haarlem	—		»	68	87	94	131
Maëstricht	Janvier.	1897	»	»	101	114	129
Zutphen	—		»	»	271	454	500
Almelo	—		»	»	37	49	48
Delft	Juillet.	1897	»	»	388	323	492
Zwolle	—		»	»	180	415	535
Hilversum	—		»	»	100	346	675
Groningen	—		»	»	426	725	983
Assen	—		»	»	74	98	125
Bolsward	—		»	»	50	61	78
Zeist	Juillet.	1898	»	»	»	154	226
Kampen	—		»	»	»	?	?
Culemborg	—		»	»	»	52	52
Enkhuizen	—		»	»	»	?	61
Oss	—		»	»	»	1	1
Alkmaar	—		»	»	»	17	200
Nijmegen	Juillet.	1899	»	»	»	»	14
Schiedam	—		»	»	»	»	105
Amsterdam	—		»	»	»	»	1.873
La Haye	Juillet.	1900	»	»	»	»	»
TOTAUX			351	3.713	11.875	18.434	27.785

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme on le voit, c'est la ville d'Utrecht qui la première en Hollande a adopté les compteurs P.P. et l'honneur de l'initiative revient entièrement à notre collègue M. van der Horst, depuis chargé de la direction des usines à gaz de la ville d'Amsterdam. Lui-même a raconté dans le journal « Het

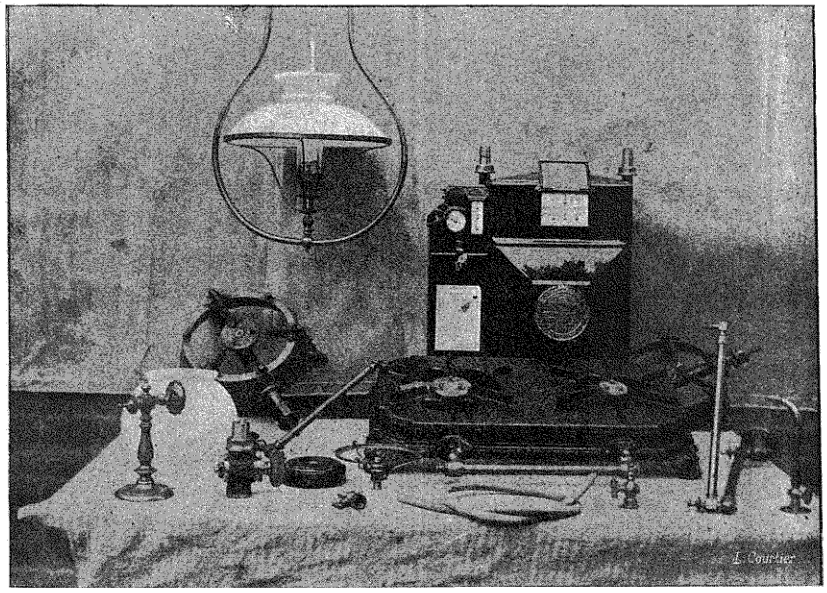


Fig. 1.

Gas » comment, en l'année 1895, il prépara avec un soin méticuleux la mise en marche du nouveau système. Pendant deux mois on fit l'essai des nouveaux compteurs fournis par la Compagnie pour la fabrication des compteurs et autres appareils (Paris-Dordrecht) et les défauts constatés alors donnèrent lieu à des améliorations sérieuses regardant surtout les compteurs secs.

En même temps on fit le choix des lampes et des réchauds (voir fig. 1.) à fournir aux futurs clients, de sorte que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lorsqu'on procéda au placement des compteurs P.P. on put faire exécuter les installations dans de bonnes conditions et par un personnel à la hauteur de sa besogne.

Depuis le nombre des clients s'est accru d'une façon vraiment imprévue ; à côté de 7.746 compteurs ordinaires Utrecht possédait le 31 décembre dernier 5.773 compteurs P. P.

A Rotterdam contre 13.840 compteurs ordinaires fonctionnent 8.086 compteurs P. P. et plusieurs autres villes, comme Arnhem, Tilbourg, Leiden, Hilversum, etc., montrent des chiffres tout aussi favorables comme l'indique le tableau suivant pour l'année 1899.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOMS DES VILLES	NOMBRE d'habitants	GAZ produit en 1899 m c	COMPTEURS placés au 31 décembre 1899			
			Compteurs P. P.			Compteurs ordinaires
			3 becs	5 becs	10 becs	
Amsterdam	523.558	34.648.350	863	1.010	»	28.237
Rotterdam	319.866	24.707.784	7.954	132	»	13.840
La Haye.....	206.000	20.304.160	»	»	»	17.275
Utrecht.....	102.041	14.342.637	5.403	370	»	7.746
Haarlem.....	65.462	±4.000.000	»	131	»	3.300
Groningen.....	63.861	6.876.833	983	»	»	5.816
Arnhem	57.257	6.616.243	2.618	68	2	3.755
Leiden.....	53.640	6.093.420	1.347	28	»	4.181
Nymegen.....	41.800	3.115.130	14	»	»	2.633
Dordrecht.....	38.459	2.896.356	470	»	»	2.065
Tilburg.....	36.500	2.418.800	945	17	»	1.137
Maëstricht	34.617	1.669.550	127	2	»	1.295
Leeuwarden....	32.203	2.292.413	172	»	»	1.636
Delft	31.508	2.168.970	492	»	»	2.083
Zwolle.....	30.846	2.361.700	521	14	»	1.965
Schiedam.....	27.025	1.485.044	105	»	»	1.293
Zaandam	20.000	1.529.622	»	322	»	1.820
Kampen	19.519	1.207.370	100	»	»	1.079
Hilversum	19.452	1.554.626	675	»	»	1.237
Middelburg	18.855	949.830	221	»	»	952
Zutphen	18.417	2.198.868	500	»	»	1.688
Alkmaar.....	18.380	1.560.190	199	1	»	1.380
Sliedrecht.....	17.051	298.760	»	100	»	353
Vlaardingen....	16.200	690.670	211	1	»	564
Hengeloo.....	15.000	± 600.000	18	»	»	?
Bergen-op-Zoom	13.662	662.153	56	»	»	643
Assen	11.328	440.462	125	»	»	513
Helmond	11.293	629.094	117	»	»	456
Hoorn.....	10.700	1.074.986	484	»	»	1.133
Almelo	9.800	915.441	48	»	»	724
Zeist	8.533	439.845	226	»	»	443
Culemborg.....	8.300	350.238	52	»	»	442
Waalwyk	6.879	139.045	6	»	»	185
Bolsward.....	6.529	346.505	78	»	»	340
Enkhuizen	6.000	433.991	10	51	»	446
Oss.....	5.500	267.195	»	1	»	164
Doesburg.....	5.000	374.268	214	»	»	406
Zwyndrecht....	4.000	± 150.000	48	»	»	± 57
Oud-Beierland..	4.000	± 150.000	»	»	»	?
Zalt-Bommel...	3.900	± 150.000	50	»	»	183
Bodegraven	3.000	248.000	90	1	»	324
Krommenie	2.688	315.021	146	»	»	264
Schagen	2.200	135.684	2	29	»	139
TOTAUX...	1.950.829	153.809.254	25.690	2.278	2	114.189

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A Amsterdam, où l'organisation et la mise en marche de l'exploitation en régie avait retardé momentanément les placements, on a repris ceux-ci avec grande énergie. Le 10 août 1898, lorsque les usines à gaz passaient de l'Imperial Continental Gas Association à la ville, il y avait 915 compteurs P. P. placés; à la fin de cette année-là il y en avait 934, chiffre qui, pendant l'année suivante, monta rapidement à 1869. L'activité avec laquelle on conduit en ce moment ce service ressort clairement quand on apprend que maintenant on achève 100 installations P. P. par semaine.

M. Geerling, ingénieur-adjoint des usines d'Amsterdam, m'envoie à ce propos quelques détails qui, de couleur locale très marquée et faisant preuve d'un grand esprit d'observation, ne laisseront pas d'intéresser nos lecteurs, détails rehaussés d'ailleurs par une photographie qui forme une excellente illustration du texte.

La figure 2 représente l'*inspection* des appareilleurs tenue tous les samedis vers trois heures de l'après-midi à l'usine « Linnaeusstraat ».

A l'heure indiquée tous les outils sont étalés sur les charrettes afin qu'on puisse contrôler le contenu de chacune d'elles avec le registre spécial qui renferme les listes complètes de l'outillage mis à la disposition des appareilleurs.

Le tableau ne manque pas de pittoresque, et l'activité qui caractérise ce moment pendant que les ouvriers sont occupés au nettoyage et que le fer étincelle joyeusement au soleil offre un beau coup d'œil. Et, chose remarquable pour notre pays brumeux, le soleil vient généralement égayer les après-midi du dernier jour de la semaine!

Le magasin n'offrant relativement que peu de place vu les grandes quantités de matériel qu'il doit garder, contient certainement ce que pratiquement on peut emmagasiner au maximum par mètre cube d'espace disponible.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 2.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Par trois guichets munis de fortes plaques de granit on passe les matériaux aux appareilleurs en annotant les quantités délivrées. Chaque guichet dessert ainsi une brigade de six appareilleurs qui doivent se présenter à tour de rôle. Ces distributions de matériel faisaient d'abord perdre beaucoup de temps; les différentes pièces, dont l'appareilleur avait fait la veille la demande par écrit, avaient été réunies le soir même dans de grands paniers. Or le matin, lorsque les ouvriers se présentaient aux guichets tout cela devait être remanié pour en contrôler le contenu en présence de l'appareilleur qui, après cela, devait le remettre une seconde fois dans les paniers.

Depuis quelque temps on a abandonné ce système et on se sert maintenant de bacs en bois dans lesquels les différentes pièces sont rangées de telle façon que la vérification avec les billets de demande peut se faire en quelques secondes; un bac spécial est réservé aux « lyres », branches, globes, becs, etc.

On procède de même pour les tuyaux en fer étiré, ceux-ci sont mesurés le soir; de sorte que le matin chaque appareilleur trouve la quantité dont il a besoin accompagnée d'un billet de contrôle pour les quantités et les mesures. L'ouvrier vérifie ces chiffres et signe un reçu dans le registre du chef du magasin.

C'est encore en vue de ne pas perdre un temps si précieux lorsque le personnel est nombreux, que le brai, les gouttières en bois de pin dans lesquelles on pose les tuyaux de service, le coke, etc., sont préparés et mis en place pendant la soirée.

Le portier de l'usine inscrit dans son livret le numéro des ouvriers et l'heure exacte du départ de l'usine. Ce livret est passé ensuite à l'inspecteur en chef, qui doit y inscrire la raison de chaque retard, et qui le dépose ensuite au bureau de l'ingénieur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Jusqu'ici le service des installations des compteurs P. P. n'a qu'une station, l'usine à gaz « Linnaeusstraat »; mais bientôt l'usine « Haarlemmerweg » en sera également pourvue. Une extension plus grande encore est déjà mise à l'étude.

Le 16 octobre 1899, le service ne comportait qu'une charrette et deux hommes, on dispose maintenant de 23 charrettes et de 46 ouvriers et ce nombre sera augmenté d'ici à peu de temps et très considérablement, car les demandes de placement montrent déjà le chiffre très respectable de 6.000. On pense que ce mouvement ne diminuera que lorsqu'on aura installé environ 30.000 compteurs P. P.

Au mois de mai on achevait environ 65 installations (on en place maintenant une centaine) par semaine. Vu le nombre d'ouvriers, 65 installations n'est pas un résultat énorme, mais plusieurs raisons ont empêché de faire mieux.

D'abord le personnel recruté un peu partout n'est pas composé entièrement d'appareilleurs connaissant le métier, il y en a qui n'en sont encore qu'aux 3/4 ou à la moitié de ce que raisonnablement l'on peut exiger. D'autres ne sont pas encore au fait de la partie « administrative » de la besogne et il leur en coûte trop de temps pour préparer les rapports concernant le matériel employé et les heures de travail, données dont on ne peut se passer pour le contrôle et l'inscription dans les livres. D'aucuns ne sont pas habitués à faire des installations exclusivement en fer étiré — les tuyaux de plomb n'entrent pas dans les magasins de l'usine! Puis il y a le forage des grandes conduites, mesurant jusqu'à cm. 75 de diamètre, les tuyaux de service de mm. 50 à 25, la pose des gouttières à brai avec lesquelles on protège ici les branchements, les colonnes montantes passant à travers tous les étages, les promenades fatigantes et interminables dans les escaliers, l'essai des conduites avec la pompe à air, etc., etc., — à tout cela la plupart de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nos nouvelles recrues doivent s'habituer et naturellement la marche des travaux s'en est ressentie.

Puis le temps de travail est relativement court. Il n'y a pour ainsi dire que cinq jours ouvrables par semaine, car le service cesse le samedi à 3 h. 15. Il est clair que, en comptant les longs trajets que les charrettes ont à parcourir pour l'aller et le retour, le nettoyage des outils, l'inspection, etc., ce jour-là le véritable travail en ville est, en réalité, peu de chose.

Une autre difficulté consiste dans la disposition et la construction des maisons occupées par la clientèle des compteurs P. P. Il paraît qu'à Amsterdam, dans ces quartiers, les murs ne souffrent pas qu'on y attache un simple bout de tuyau, que les plafonds tombent dès qu'on y touche, etc.

Bien que l'usine se charge des réparations nécessaires, les plaintes ne cessent de pleuvoir. Ainsi un bourgeois se présente et demande qu'on lui restitue la valeur de 4 bouteilles de vin et de 30 kilos de riz; chez son voisin on vient de faire une installation de compteur P. P. et voilà qu'en fixant la colonne montante contre le mur de séparation, les quatre bouteilles ont dégringolé dans une provision de riz. Il y en a dont les réclamations dépassent tout ce que l'on peut s'imaginer, allant même jusqu'à exiger qu'on leur remette à neuf tous les plafonds de leur appartement avec renouvellement entier des tapisseries.

Mais les appareilleurs souffrent surtout de la malpropreté indescriptible et du peu de respect du 7e commandement qui règnent dans certaines parties de la ville. Il y a des quartiers où la saleté, vraiment repoussante, fait perdre l'appétit aux ouvriers qui y travaillent; il leur est impossible de prendre dans ce milieu la moindre nourriture et ils y passent la journée entière sans manger, forcés d'attendre le repas du soir qui leur sera servi chez eux à la rentrée de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'usine. Et malheur à l'ouvrier qui, dans une de ces rues à la population dense et grouillante, perd de vue un de ses outils, ne fût-ce qu'un instant : jamais il ne le reverra ! On a volé jusqu'aux esses que portent les essieux des charrettes.

Malgré ce revers de la médaille, le personnel n'accuse que fort peu de changements. Il est vrai qu'on a eu des ouvriers qui ne voulaient pas se soumettre à cette règle, que la valeur de tout objet perdu est retenue sur le montant du salaire; d'autres ne pouvaient se passer d'entrer au cabaret pendant les heures de service; un autre encore, venu du fond de la Frise et portant encore la chevelure inculte et rousse qui depuis quelques dizaines de siècles est passée de mode, tombait, malgré tous nos avertissements, aux mains de mauvais drôles qui lui enlevaient tout son argent et même le porte-monnaie tout neuf que sa mère lui avait remis au départ. Ce dernier, après cette aventure, se hâta de reprendre dès le lendemain le chemin du village natal.

Tous ceux-là s'en sont allés, mais les autres sont restés, fort contents, d'ailleurs, de la position qui leur est faite.

Pour ce qui regarde le personnel préposé au service du magasin, il est également fort nombreux, mais on le recrute avec moins de difficulté, il est plus facile à dresser et ne donne pas lieu aux ennuis qu'ont causés les appareilleurs.

On s'occupe maintenant à choisir des apprentis appareilleurs parmi les élèves de ces écoles spéciales où l'on s'applique à former de jeunes ouvriers bien instruits; la direction espère que, grâce au concours bienveillant des professeurs de ces écoles, elle réussira à former un corps d'appareilleurs répondant à toutes les exigences auxquelles nous force l'énorme extension que prendra d'ici peu le service des compteurs P. P.

D'un bien grand intérêt est la consommation moyenne annuelle par compteur. Les premières prévisions semblaient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

devoir s'arrêter pour la Hollande au chiffre de m c 300; mais ici encore les résultats sont meilleurs qu'on ne s'y attendait et le tableau ci-après avec un maximum de m c 640 et un minimum de m c 190 est fort rassurant à ce sujet et porte la moyenne à m c 400 sinon au-dessus.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOMS DES VILLES	CONSOMMATION moyenne par Compteur P. P. M³	CONSOMMATION moyenne par Compteur ordinaire M³	PRIX DU GAZ (monnaie hollandaise) éclairage cents	cuisine et moteurs cents	compteurs P.P. cents	Compteurs P. P. Surtaxe sur le prix général du gaz
Oss	640	908	9	7	9	0
Schagen	540	570	11	7	8	—
Amsterdam	512	1054	7	7	7 1/2	1/2
Hilversum	510	812	6	5	6	0
Utrecht	498	1279	5	5	6	1
Tilburg	497	1380	5	5	6	1
Maëstricht	493	794	7	6	7 1/2	1/2
Almelo	490	995	5	5	6 1/2	1 1/2
Zeist	475	597	8	6	7	—
Delft	470	847	7	5	7 1/2	1/2
Arnhem	443	1208	6	6	6	0
Enkhuizen	437	570	7 1/2	6	8	1/2
Hengelo	416	?	7	5	7	0
Dordrecht	410	970	7	5	7 1/2	1/2
Zwolle	408	853	6	4 1/2	7	1
Leiden	406	1130	5	5	6	1
Culemborg	401	545	7	5	7	0
Bergen-op-Zoom	400	864	7	6	8 1/2	1 1/2
Bodegraven	399	562	8	6	7	—
Doesburg	360	?	8	5	7	—
Swijndrecht	357	?	10	7	11	1
Soorn	352	659	7	5	7	0
Krommenie	344	814	7	6	7 1/2	1/2
Rotterdam	336	1140	7	7	7 1/2	1/2
Schiedam	330	737	8	6	8	0
Zliedrecht	326	457	8	6	7	—
Assen	305	589	7	5	7 1/2	1/2
Zutphen	301	983	5	5	6	1
Zalt-Bommel	300	?	8	5	8	0
Groningen	283	?	5	5	6	1
Leeuwarden	283	969	6	6	7	1
Vlaardingen	279	547	7	5	7 1/2	1/2
Helmond	265	1050	6	5	7	1
Haarlem	254	972	9	7	10	1
Waalwijk	234	424	8	8	9	1
Bolsward	217	712	7	7	8	1
Middelburg	190	684	8 1/2	8 1/2	10	1 1/2
La Haye	—	998	6	6	7 1/2	1 1/2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous arrivons maintenant à l'un des points les plus importants, celui de la surtaxe et des conditions imposées à la clientèle qui est servie par les compteurs P. P.

Bien que les conduites et les appareils de gaz, lampes et réchauds, mis à la disposition des consommateurs soient à peu de chose près égaux en valeur et en quantité dans toutes les villes où le système fonctionne, les vues sont différentes sur le chapitre de l'amortissement qu'exige le capital employé pour les installations et l'organisation du nouveau service.

Les chiffres de la dernière colonne du tableau ci-dessus appuient cette appréciation d'une façon irrécusable et démontrent clairement que d'un côté une certaine prudence. d'autre part un optimisme apparent ont influencé les divers tarifs adoptés.

Nous trouvons ainsi que la surtaxe varie de 1 1/2 cents (et 3) à zéro par rapport au prix général du gaz; en certains cas, on constate même des prix de faveur !

Dans les renseignements mis à ma disposition j'ai pu remarquer que d'aucuns de mes collègues, sont toujours encore d'avis que le système des compteurs P. P., considéré au point de vue commercial et financier, peut être accepté et introduit avec tel prix du gaz qui — après soustraction faite des frais d'amortissement et d'intérêts sur le montant des conduites, compteurs, lampes, réchauds, etc., et des frais extraordinaires attachés à la recette — assure encore un certain bénéfice sur le *prix coûtant du gaz*.

Or, je n'ai jamais pu me rallier à ces raisonnements-là, et je reste convaincu que c'est la *surtaxe sur le prix général* qui, du moins pour la plus grande partie, doit suffire à couvrir et l'amortissement et les frais extraordinaires. Le président de la « South Metropolitan Gas company » de Londres, M. George Livesey, qui a eu l'obligeance de me faire con-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

naître son opinion sur cette matière, veut retrouver dans la *surtaxe* la compensation des frais énoncés ci-dessus.

Il est inutile d'insister en cette assemblée sur la haute compétence de M. Livesey dans le cas spécial qui nous occupe. Lui aussi est épris du système P. P. et m'assure qu'en ce moment la grande compagnie qu'il dirige possède exactement autant de consommateurs des deux systèmes (P. P. et ordinaires) soit 100.000 pour chaque catégorie. Il ajoute que la Compagnie a mis quatre-vingts ans à recruter ce grand nombre de consommateurs ordinaires et n'a mis que huit ans à placer les 100.000 compteurs P. P. Il trouve ensuite qu'on ne doit pas commettre d'injustice envers les anciens clients et que tous les consommateurs doivent être traités de la même façon sans accorder des faveurs extraordinaires à l'une des catégories.

A Londres une installation P. P. coûte tout compris fl 74,35 (± fr 150) et nécessite, d'après M. Livesey, un amortissement de 10 0/0 pour intérêts, entretien, etc. Les frais extraordinaires d'inspection, d'administration et d'encaissement sont taxés à fl 1.60 (± fr 3.30) par an ; de sorte que, la consommmation moyenne étant à Londres de m c 510 par an, la surtaxe devait être 1,77 cents (ct 3,60) par mètre cube. Or, la surtaxe exigée revient à 9 pence par 1000 pieds cubes, soit 1,59 cent (ct 3,26) par mètre cube.

Les frais généraux et les intallations sont en moyenne plus coûteuses à Londres que dans une ville de province, où celles-ci varient de fl 40 à fl 70, (fr 80 à 140), mais partout on agira prudemment en ne se contentant pas d'amortissements de 3 1/2 0/0 etc., calculs qui, pour être théoriques, ne comportent pas les frais d'entretien, de renouvellement, des déménagements et des changements incessants, auxquels nous force une clientèle aussi remuante et aussi peu stable

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que cette partie de la population qui fournit les consommateurs P. P.

Il serait injuste de ne pas mettre en relief la grande influence qu'ont les compteurs P. P. sur l'augmentation de la consommation du gaz en général. Tous mes collègues hollandais sont d'accord que les compteurs P. P. sont le meilleur moyen pour rendre populaire, dans tout le sens du mot, l'emploi du gaz, surtout pour ce qui regarde la cuisine, et que le système P. P., là où il est adopté, forme pour l'usine à gaz une réclame des plus efficaces.

C'est pour cette raison qu'on ne doit pas forcer la surtaxe; mais, d'autre part, vu la grande étendue que peut prendre la nouvelle clientèle et le montant du capital absorbé, il est d'une imprudence indéfendable de se contenter d'une trop faible majoration du prix. Ne pas exiger de surtaxe, ou même accorder un prix de faveur — comme on en trouve des exemples dans les statistiques communiquées ci-dessus — se condamne tout seul; il ne peut être question dans la direction d'une affaire industrielle (qu'elle regarde une municipalité ou une compagnie) de se charger de fonctions qui plus naturellement incombent à l'assistance publique et aux bureaux de bienfaisance.

C'est pourquoi la surtaxe devra être de 1 à 1 1/2 cents (ct 2 à 3), par m c. Almelo, avec une surtaxe de 1 1/2 cents, a une consommation moyenne qui ne diffère que bien peu de celle constatée à Hilversum, où il n'y a pas de majoration sur le prix. La grande vertu du système se trouve d'ailleurs avant tout dans la facilité avec laquelle les conduites et les appareils sont mis à la disposition des petites bourses et dans le mode de payement.

Dans ce sens le prix du gaz n'a qu'un intérêt secondaire.

J'ai déjà indiqué que le système P.P. exige une organisation plus compliquée pour ce qui regarde la recette et je

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dois ajouter que les travaux administratifs sont plus encombrants que pour les compteurs ordinaires. Mais malgré ce surcroît de besogne le système a su plaire à la majorité de mes collègues de Hollande.

La figure 3 représente la méthode adoptée à Utrecht pour simplifier la manipulation des masses de pièces de 2 1/2 cents. Cette monnaie est comptée au moyen d'une espèce de damier, qui retient chaque fois 100 pièces. Ce très ingénieux système abrège considérablement la besogne et donne les meilleurs résultats surtout par rapport à l'exactitude. Les pièces de monnaie sont recueillies dans des sacs en papier, et transportées au bureau des payements de l'Etat où on les change contre de la monnaie d'argent ou des billets de banque.

Notre collègue de Liefde de Hoorn, très zélé popularisateur de l'emploi du gaz, me communiquait encore un expédient pour donner aux compteurs une place solide et bien protégée là où, comme généralement dans les habitations ouvrières, les murs n'ont que peu d'épaisseur. Il se sert à cet effet d'une espèce de caisse en bois, ouverte des deux côtés et pourvue d'une cloison verticale tombant dans l'axe du mur. Cette caisse adaptée et fixée à hauteur voulue dans le mur de séparation de deux maisons permet d'y placer, adossés contre la cloison déjà nommée, deux compteurs P.P. et cela dans les meilleures conditions de sûreté et de facilité d'accès.

Des statistiques qui précèdent et des diverses communications et renseignements que j'ai pu y joindre, nous pouvons conclure que les résultats obtenus en Hollande ont confirmé pleinement les prévisions et les promesses des promoteurs du système P. P.

Le système des compteurs à payement préalable, introduit avec les mesures sages, prudentes et libérales dictées par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 3.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une expérience déjà si largement acquise, apporte aux usines à gaz, avec une augmentation considérable de la clientèle, une nouvelle source de prospérité et de bénéfices, et donne à la petite bourgeoisie et aux ouvriers la jouissance d'un bel éclairage bon marché et d'un combustible d'emploi sûr et facile qui, toujours prêts à servir, ne demandant que peu de soins, contribueront largement au confort et à la propreté des habitations et par là au bien-être des classes sociales moins favorisées par la fortune.

Je ne puis finir cette communication sans remercier vivement mes collègues hollandais de la façon si bienveillante dont ils ont bien voulu m'assister en me donnant tous les renseignements désirés, remercîments que je répète volontiers et plus spécialement à l'adresse de MM. Van der Horst, Dr Neurdenburg, Geerling et van de Waereld.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° Éclairage intensif par le gaz des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro. — 2° Chauffage au gaz. — 3° Cuisine au gaz.

Communications faites au nom de la Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz

par M. Auguste LÉVY

1° ÉCLAIRAGE INTENSIF PAR LE GAZ DES PARCS DU CHAMP-DE-MARS ET DU TROCADÉRO

Préliminaires.

La Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz a pensé qu'il y avait utilité, au point de vue des intérêts généraux de l'Industrie du Gaz, à créer un éclairage très brillant dans les parcs et jardins de l'Exposition universelle de 1900. C'était le moyen, lui semblait-il, de mettre le mieux en évidence les améliorations considérables, réalisées dans le domaine de l'éclairage au gaz, depuis 1889, et notamment par les appareils les plus récents, tout en contribuant en même temps à augmenter l'éclat de l'Exposition de 1900.

Dans cet ordre d'idées, le Conseil d'Administration, sur la proposition du Directeur, décidait, il y deux ans, que la Compagnie consacrerait la majeure partie des sommes des-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tinées par elle à son exposition en 1900, à réaliser ce programme et, dans ce but, le Directeur soumettait au Commissaire général de l'Exposition une Convention, approuvée le 30 septembre 1898 par M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie et des Postes et Télégraphes, dans laquelle il était question dans les termes suivants de ce projet spécial :

« Article 8 : Les parcs et jardins du Champ-de-Mars et « du Trocadéro seront exclusivement éclairés par le gaz, « par les soins de la Compagnie Parisienne, dans les limites « indiquées par le plan ci-annexé.

« La Compagnie recourra, à cet effet, aux procédés les « plus perfectionnés qui seront en usage en 1900.

« En tous cas, le projet des installations et les dispositions à adopter seront soumis, avant exécution, à l'approbation de l'Administration et arrêtés d'accord avec « elle. »

Le projet de la Compagnie était accepté par lettre de M. le Commissaire général, en date du 23 janvier 1900. Dans le courant de juin 1900, les abords du Château d'Eau, au Champ-de-Mars, et l'entrée de l'Exposition sur l'Avenue des Champs-Elysées furent éclairés par le gaz sur la demande de M. le Commissaire général.

I. — Historique de l'application des becs intensifs à l'éclairage public et principes qui ont servi de point de départ au Projet.

Avant de faire connaître les dispositions adoptées pour l'éclairage des parcs et jardins du Champ-de-Mars et du Trocadéro, en 1900, il convient de rappeler les essais successifs, faits à Paris à différentes époques et notamment depuis 1877.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Jusqu'à cette date, l'éclairage public de Paris était assuré au moyen de becs de l 140, employés soit isolément, soit par groupes de plusieurs becs ; mais, lorsque M. Jablochkoff fut autorisé, en 1877, à éclairer l'avenue de l'Opéra au moyen de ses bougies, la Compagnie Parisienne du Gaz chercha, de son côté, à développer l'éclairage au gaz au moyen de *becs intensifs*. Le bec dit « Bec du Quatre-Septembre, de l 1.400, créé à cette époque pour l'éclairage de la rue du Quatre-Septembre, avait l'avantage de consommer, en un seul foyer, une quantité considérable de gaz, grâce à la conjugaison d'un groupe de becs papillons, et de produire à l'aide d'une coupe, fournissant un tirage plus énergique, une lumière relativement importante pour l'époque de son apparition, environ 13 carcels, à raison de l 105 par carcel.

Plus tard, en 1889, la Compagnie, autorisée par la Ville de Paris, fit des essais sur la voie publique, avenue de l'Opéra et rue de la Paix, avec les *becs à récupération* qui furent employés également mais en petit nombre à l'Exposition de 1889.

On installa, avenue de l'Opéra, des becs Guibout-Giroud, qui se composaient de 2 à 6 brûleurs avec une consommation horaire atteignant jusqu'à l 1.200 de gaz. Les essais de la rue de la Paix furent faits avec 135 becs Schülke, consommant environ l 350 de gaz à l'heure et donnant Ca 7 par bec.

Le Service des Travaux mécaniques de la Compagnie, chargé de ces études et essais, ne possédait, en 1889, qu'une chambre photométrique, de médiocre dimension, installée dans le sous-sol de l'Hôtel, 6, rue Condorcet. Un laboratoire complet, destiné à faciliter les recherches qu'il devenait utile de faire pour réaliser les vues de la Compagnie dans les domaines de l'éclairage et du chauffage, fut établi en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1890-1891, à côté des Ateliers de construction mécanique du Landy; il comporte, outre les bureau et magasin :

Trois chambres d'essais pour les divers appareils de chauffage;

Une grande chambre photométrique permettant l'essai des plus puissants appareils d'éclairage au gaz (Ca 550 ou bd 5.500). On a eu soin, pour faciliter la photométrie des becs de grande consommation, de donner à cette chambre une hauteur de près de m 10 et une ventilation suffisante. Dans ces conditions, l'atmosphère des appareils reste toujours presque normale malgré le grand dégagement des gaz brûlés; on a installé des bancs photométriques de m 7 de longueur.

Essais de 1893-1894. — Lors de l'Exposition de 1889, l'incandescence par le gaz (inventée en 1885, par le docteur Auer von Welsbach) était encore dans une période de tâtonnements. Ce n'est que vers la fin de 1891, que les manchons Auer furent fabriqués d'une façon uniforme et suffisamment solide.

Les becs ainsi perfectionnés se répandaient rapidement dans le public et donnaient satisfaction pour les éclairages intérieurs. On pouvait leur objecter, dans les appareils de la voie publique, la nécessité de trop multiplier le nombre des brûleurs nécessaires pour obtenir une intensité lumineuse comparable à celle des lampes électriques à arc.

Il n'existait, en effet, à cette époque que :

a) Des becs Auer n° 1 consommant l 80 de gaz à l'heure et donnant une intensité de Ca 4.

b) Des becs Auer n° 2 consommant l 120 de gaz à l'heure et donnant une intensité de Ca 6.

La question se posait donc (en France et à l'Étranger), de créer des becs à incandescence par le gaz d'une consom-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mation et d'une intensité lumineuse plus élevées que celles des deux premiers types existants.

Le Service des Travaux mécaniques de la Compagnie, installait, en novembre 1893, au Landy, un certain nombre de brûleurs Auer, fonctionnant avec du gaz sous pression.

Ces appareils consommaient : 1 500 de gaz par bec et par heure.

Pression aux brûleurs : de cm 10 à cm 20 de mercure (soit de m 1,30 à m 2,50 d'eau.)

Intensité en carcels : de Ca 25 à Ca 40 par bec.

Durée moyenne des manchons : de 80 à 100 heures.

Les brûleurs n'ayant pas été étudiés pour fonctionner dans ces conditions faisaient entendre un bruit désagréable pendant leur fonctionnement.

Cependant, étant donné que l'on arrivait à un résultat intéressant au point de vue de l'intensité lumineuse des manchons, il y avait intérêt à établir les conditions rationnelles de construction de ces brûleurs. Dès le mois de mai 1894, des essais furent entrepris dans ce sens au Laboratoire du Landy ; ils portèrent spécialement sur les becs Auer, alimentés par un mélange variable d'air et de gaz, et permettant de déterminer les meilleures proportions à réaliser pour obtenir le maximum d'incandescence du manchon, en faisant varier la consommation du gaz.

On s'est servi pour ces essais d'une galerie ordinaire de bec Auer n° 2, munie de son manchon; le brûleur était constitué par un tube de cuivre, sans injecteur, vissé au-dessus d'une boule de cuivre à 2 robinets. Le gaz était introduit dans la boule après avoir été mesuré au compteur; l'air venait d'un gazomètre chargé suffisamment pour obtenir un débit variable. Enfin, les manchons étaient essayés avec ou sans cheminée, en verre.

On arriva à obtenir dans ces essais des rendements *de*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l 10 *à l* 12 *de gaz par Ca et par heure*. Le rendement maximum était atteint avec une quantité de gaz et une proportion d'air plus élevées que dans les brûleurs Auer existants.

Essais de 1895-97. — Ces essais ont conduit à construire des brûleurs à chambre de détente dans le tube de mélange, offrant le minimum de résistance à l'écoulement gazeux et permettant de réaliser le maximum d'incandescence du manchon avec le minimum de pression.

L'emploi d'une surpression du mélange gazeux avait été obtenu en comprimant non pas le gaz mais l'air. A cette occasion, un brevet était pris en juin 1895 par la Compagnie pour un brûleur donnant environ :

Ca 42 pour une consommation de
l 450 de gaz à l'heure.

De son côté, la Compagnie d'éclairage Denayrouze, ayant étudié la question, avait établi des brûleurs à incandescence par le gaz, de consommation élevée. Ce résultat était obtenu en augmentant, comme il vient d'être dit, la proportion d'air, au moyen d'une ventilation artificielle, réalisée par des moyens divers et notamment par un petit ventilateur mû électriquement et placé sur la canalisation d'arrivée au brûleur.

Un essai public de ces becs fut fait place du Palais-Royal, en juillet 1896.

M. Denayrouze parvint ensuite à établir un nouveau bec fonctionnant sans surpression de gaz ; ce bec a été mis à la disposition du public à partir de février 1897.

La Société Française d'Incandescence par le Gaz (système Auer) mettait également en vente en juin 1897 un bec Auer n° 3 (muni d'un verre), d'une consommation horaire de l 155 de gaz et donnant une intensité lumineuse de Ca 12,5 en service courant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il existait donc, en 1898, en dehors du bec étudié par la Compagnie, un bec Auer de l 155 donnant Ca 12,5 et 2 becs Denayrouze, l'un de l 160 à l'heure, donnant Ca 12, l'autre de l 270 donnant de Ca 18 à Ca 20.

Dans ces conditions, la Compagnie jugea qu'au lieu de poursuivre isolément les études commencées de part et d'autre il était plus profitable à l'Industrie du Gaz de réunir en un faisceau commun, les efforts tentés par chacun pour améliorer l'éclairage au gaz au moyen des appareils à incandescence.

Elle pensa qu'il était temps d'en mettre les résultats sous les yeux du public ; ce qui lui permettait, en même temps, d'en étudier le fonctionnement en service régulier, et la mettait à même de remédier aux inconvénients ou aux défectuosités qui pouvaient se manifester sous l'influence des variations atmosphériques ou par suite de l'inexpérience du personnel chargé de ce nouveau matériel.

De leur côté, la Société Auer et la Société Denayrouze étaient disposées à marcher dans la même voie.

Le Service municipal se prêta volontiers aux essais qui furent entrepris dans ce sens.

Emploi de l'incandescence par le gaz sur la voie publique à Paris en 1898-1899

Les premiers becs Auer furent placés, par la Société Française d'Incandescence par le Gaz, sur la voie publique en 1894 et se composaient exclusivement de becs n° 2, dont la consommation était réglée à l 115 à l'heure. C'est dans ces conditions que fut installé l'éclairage de la place de la Concorde, très satisfaisant pour cette époque.

Le nombre total des becs Auer placés sur la voie publique était alors de 1450 environ.

Dans le but d'expérimenter les manchons sans cheminée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et de juger en même temps de l'effet d'un éclairage très brillant, la Compagnie Parisienne du Gaz offrit à la Ville de Paris de faire un essai dans un certain nombre de voies situées aux abords de l'Opéra. Cet essai a été exécuté, de juin 1898 à juin 1899, au moyen de brûleurs Denayrouze de l 270 de gaz à l'heure. Les voies ainsi éclairées étaient les suivantes :

Rue Auber,
Rue Glück,
Rue Scribe,
Rue Halévy,
Rue du Havre,
Boulevard Haussmann (en partie).

II. — Préparation spéciale du projet d'éclairage intensif à l'Exposition de 1900

En vue de l'Exposition de 1900, la Compagnie a cherché, en 1898-99, à obtenir, avec le matériel qui devait lui être prêté pour la majeure partie par l'Administration de l'Exposition, l'effet lumineux le plus considérable dans chaque type de lanterne employé. Elle a, de plus, voulu réaliser le maximum d'éclat par manchon et le rendement le plus avantageux comme consommation de gaz par carcel. Aussi, le *projet dressé en 1898* a-t-il prévu l'emploi d'un certain nombre de becs fonctionnant avec une pression de gaz supérieure à la pression normale qui varie dans des limites assez étendues. On n'a besoin, dans le cas de surpression de gaz, que d'une seule canalisation, alors qu'avec la surpression de l'air, il était nécessaire d'avoir deux canalisations. Cette surpression du gaz n'a d'ailleurs pas besoin d'être bien grande : l'expérience a prouvé qu'avec les becs à incandescence à chambre de détente on obtient facilement l'entraînement d'air par l'injection, suffisant pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

atteindre le rendement maximum avec une surpression de quelques centimètres d'eau.

On est ainsi arrivé à prévoir deux sortes de brûleurs, savoir:

A. Brûleurs fonctionnant avec du gaz à la pression de mm 200 :

Consommation horaire de gaz. . . . . 1 350.

Intensité . . . . . de Ca 35 à 38.

B. Brûleurs fonctionnant à la pression normale.

A l'origine, dans le projet primitif, ces brûleurs étaient exclusivement du système Denayrouze mais, *dans le courant de l'année* 1899, la Société française d'incandescence mettait en vente des becs Auer, du type Bandsept, sans verre, savoir :

Brûleur B : consommation horaire : 1 100, donnant environ Ca 9 ;

Brûleur C : consommation horaire : 1 150, donnant environ Ca 12,5 ;

Brûleur D : consommation horaire : 1 300, donnant environ Ca 25.

Le brûleur type D de 1 300 a été adopté pour l'éclairage du Champ-de-Mars, tandis que les becs Denayrouze étaient réservés aux parcs du Trocadéro.

Avant de décrire avec plus de détails l'installation de l'éclairage du Champ-de-Mars et du Trocadéro, il paraît utile de rappeler ici le principe des mesures photométriques afin de fixer les idées sur la quantité de lumière produite par les appareils.

III. — **Principes photométriques**

Étalon.

L'étalon le plus employé, pour les essais de becs de gaz, est le bec Bengel à verre, de Dumas et Regnault, consommant 1 105 de gaz à l'heure et donnant exactement la car-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cel. Comme la comparaison porte sur deux becs alimentés par le gaz venant d'une même conduite, on admet qu'il n'y a pas lieu de tenir compte des variations de pouvoir éclairant. Le bec Bengel consommant l 105 de gaz est toujours pris pour unité. La valeur de la carcel est de 10 bougies décimales. La consommation du bec Bengel doit être maintenue constante pendant les expériences photométriques. A cet effet, le bec est alimenté par un régulateur et au moment de chaque essai on mesure sa consommation à l'aide d'un compteur muni d'un chronomètre à déclanchement électrique. On fait, s'il y a lieu, les corrections proportionnelles aux variations de consommation d'après une table. Il est d'ailleurs très facile de régler le bec Bengel de façon que ces corrections ne dépassent pas 2 0/0.

Autant que possible, c'est toujours le même bec Bengel qui sert pendant une ou plusieurs années. De temps en temps, on le compare à la lampe Carcel à huile, suivant les instructions de Dumas et Regnault.

Photomètres.

On se sert presque uniquement du *Photomètre Foucault* dans les essais au laboratoire; on rappellera ci-dessous la description de cet appareil.

Un écran translucide E (fig. 1, Pl. XIV) forme le fond d'une boîte cylindrique noircie intérieurement et ouverte à sa partie antérieure. Une cloison verticale V, mobile dans cette boîte qu'elle divise en deux parties égales peut s'approcher ou s'éloigner de l'écran sous l'action d'un bouton, de manière à réduire à une simple ligne l'ombre qui sépare les deux moitiés de l'écran. La chambre noire qui sert à l'installation du photomètre doit être divisée en trois parties A, A′ et A″ par des cloisons C, C′ C″ et la cloison C′ doit être placée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans le prolongement de la pièce mobile V. Les sources lumineuses à comparer S, S' sont disposées sur des bancs photométriques B, B′ et peuvent, au moyen d'un mécanisme de transmission simple, être déplacées suivant les axes de ces bancs. Le centre de l'écran E et les centres des sources S, S′ doivent être dans un même plan horizontal, qui constitue le plan photométrique. L'inclinaison i des axes des bancs sur l'écran E doit être la même.

Pour faire un essai photométrique horizontal, on place le bec à essayer en S, par exemple, à une distance déterminée n de l'écran E et l'on fait varier la distance p du bec étalon S′ jusqu'à ce que les deux parties de l'écran photométrique présentent le même éclairement. Pour apprécier cet éclairement avec une plus grande exactitude on se sert d'une lunette L qui est montée à cet effet devant l'écran.

En appliquant la loi fondamentale de la photométrie, savoir :

« La quantité de lumière reçue en un point par unité de « surface varie en raison inverse du carré de la distance « de ce point au foyer lumineux et en raison directe du « sinus de l'inclinaison du rayon lumineux sur la surface éclairée » et en appelant x l'intensité lumineuse de la source S inconnue et 1 la valeur de la source S′, source étalon, on a l'équation :

$$\frac{x}{n^2} = \frac{1}{p^2}$$

d'où l'on tire :

$$x = \frac{n^2}{p^2}.$$

On en déduit donc l'intensité, en carcels, de la source lumineuse inconnue puisque l'étalon donne la carcel.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Avec des bancs photométriques suffisamment longs, comme ceux du Laboratoire de la Compagnie, on peut arriver à photométrer des becs très puissants, sans changer l'étalon. On emploie néanmoins des étalons auxiliaires d'intensité connue par une comparaison préalable avec le bec Bengel.

Pour les essais à l'extérieur, sur la voie publique ou les mesures d'éclairement dans l'intérieur des locaux, on emploie le *Photomètre Mascart*.

Cet appareil ne mesure que cm 75 de longueur et se transporte facilement dans une boîte. On l'installe pour faire un essai sur un trépied analogue à un trépied de chambre photographique. La figure 2, Pl. XIV, représente le photomètre en projection sur un plan.

Les deux portions d'un écran E sont respectivement éclairées par une fraction de la lumière à mesurer et de la lumière étalon et l'on fait varier ces deux fractions de manière que l'écran soit uniformément éclairé La lampe étalon L illumine un verre dépoli dont l'image produite par une lentille G vient après deux réflexions à 45° se former sur la moitié du disque E.

La lumière à mesurer éclaire un écran en papier pelure D dont les rayons émis dans une direction normale vont, après réflexion à 45°, produire une image sur l'autre moitié du disque E.

Les lentilles qui servent à la production de ces images sont munies chacune d'une ouverture à volets rectangulaires qu'on peut agrandir ou diminuer à volonté. Des graduations servent à déterminer les dimensions de l'ouverture des volets et, par suite, indiquent les proportions dans lesquelles on doit réduire la lumière de l'étalon et l'éclairement du récepteur D pour avoir une clarté égale, sur les deux côtés du disque E. L'appareil a été gradué,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au préalable, au moyen de mesures empiriques faites avec une lampe carcel dans la chambre noire.

L'écran récepteur D peut tourner de manière à mesurer l'éclairement sous divers azimuts; des verres de différentes couleurs peuvent se placer en H pour faciliter la comparaison des lumières de teintes différentes.

Il est dans tous les cas indispensable de faire un grand nombre d'essais sur chaque bec et de prendre un résultat moyen.

Intensité sphérique.

L'intensité horizontale qui, dans la plupart des cas, suffit à apprécier une source lumineuse, ne donne pas la valeur exacte de cette source. Les radiations horizontales ne sont généralement pas reçues par l'œil en raison de la hauteur même à laquelle sont placés les appareils lumineux ; il est donc intéressant de pouvoir déterminer la quantité de lumière émise par une source dans une direction quelconque.

La disposition des photomètres de laboratoire ne permettant pas de recevoir des rayons obliques sur l'écran photométrique, on est obligé d'avoir recours à un procédé spécial.

Le procédé employé au Laboratoire du Landy, consiste à recevoir sur une glace les rayons obliques et à les renvoyer normalement sur l'écran photométrique. C'est la méthode imaginée par Ayrton et Perry.

On appelle « *coefficient d'absorption* » d'une glace, le rapport entre la quantité de lumière reçue par cette glace et la quantité de lumière réfléchie. Ce coefficient dépend de l'angle d'incidence du rayon lumineux. Pour éviter la détermination de ces coefficients sous tous les angles, on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dispose la glace de telle façon que l'angle d'incidence des rayons lumineux soit toujours de 45°.

Les appareils au moyen desquels cette méthode est appliquée, sont disposés comme il est indiqué (fig. 3, Pl. XIV). La glace est placée sur un pied qui repose sur le banc photométrique. Cette glace est inclinée à 45°, sur l'axe XY parallèle au banc, et l'angle de 45°, figuré en A, est donc invariable. Mais la glace peut tourner avec l'axe XY et les angles décrits dans cette rotation, sont mesurés sur le limbe H gradué.

Le bec à photométrer étant placé en dehors du banc photométrique, en face de la glace, peut monter et descendre sur une tige verticale. Au fur et à mesure que le bec monte, on est amené, pour recevoir sur la lunette les rayons réfléchis dans la glace, à tourner cette glace avec l'axe XY et les angles de rotation, mesurés sur le limbe H sont précisément les différents angles que fait le rayon lumineux incident avec la verticale.

Un rideau noir empêche les rayons émis directement par le bec de venir frapper la lunette : dans les diverses positions de montée ou de descente du bec, on mesure chaque fois les quantités de lumière réfléchies; multipliées par le coefficient d'absorption de la glace, elles représentent les quantités de lumière émises par la source lumineuse dans les diverses directions.

On peut donc de cette manière tracer la courbe des intensités de la source lumineuse au-dessus et au-dessous de l'horizontale (au-dessus de l'horizontale, en faisant descendre le bec plus bas que la glace, au-dessous en le faisant remonter).

Pour tirer une conclusion pratique de ces expériences, on est amené à la considération de l'*intensité moyenne sphérique* d'une source lumineuse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'intensité moyenne sphérique peut être définie comme le quotient de la somme des éclairements sur une sphère de rayon 1 concentrique au foyer, par la surface de la sphère. En d'autres termes, c'est l'intensité d'un foyer qui donnerait la même somme totale de lumière, en émettant des radiations lumineuses d'intensité constante dans toutes les directions.

Dans le cas le plus général, la surface photométrique peut être considérée comme étant de révolution autour de l'axe géométrique de la source lumineuse. Il suffit dès lors d'étudier les variations d'intensités dans un seul plan méridien pour déduire l'intensité moyenne sphérique.

La méthode consiste à déterminer pour des inclinaisons variant de 10° en 10°, par exemple, les intensités de la source à étudier et à tracer, à une échelle quelconque, une courbe réunissant les points obtenus. Cette courbe permet d'apprécier rapidement, la valeur de la source lumineuse et de déterminer l'intensité dans une direction quelconque.

Pour déterminer l'intensité moyenne sphérique, on se sert d'un procédé graphique qui se déduit de la définition donnée ci-dessus.

Soit O (fig. 4, Pl. XIV) une source lumineuse présentant la courbe photométrique donnée ci-contre. Soit OA une circonférence de rayon quelconque, on divise cette circonférence en n parties égales par n rayons OB, OC,.... on démontre qu'en projetant les points D, C, B.... en d, c, et en élevant les droites :

$$d\,D' = o\,D$$
$$c\,C' = o\,C, \text{ etc....}$$

on obtient une surface H. G. E. R. K. proportionnelle à l'éclairement du foyer dans le 1/2 méridien étudié, et en menant la droite M N, telle que :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Surface K M N H = Surface H G E R K

la valeur de l'intensité moyenne sphérique se trouve représentée par KM à l'échelle que l'on s'est donnée.

Éclairement sur le sol.

La détermination de la courbe photométrique d'une source lumineuse permet de déterminer facilement l'*éclairement produit sur le sol*, connaissant la hauteur h de cette source lumineuse.

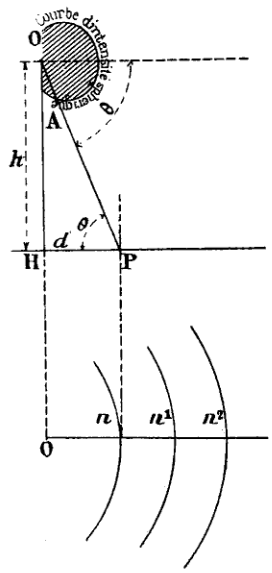
Soit en effet I l'intensité lumineuse d'une source dans une direction faisant l'angle θ avec l'horizontale : I = OA soit h la hauteur de la source.

d la distance H. P.

On a la relation :

$$\text{Éclairement au point P} = \frac{I \sin \theta}{OP}$$

$$\text{ou} = \frac{I \sin \theta}{h^2 + d^2}$$



I étant exprimé en carcels et h et d en mètres, la valeur trouvée est exprimée en carcels-mètre (un éclairement en un point de n carcels-mètre est équivalent à l'éclairement produit par n carcels éloignées de m 1 du point considéré).

Les manchons à incandescence ayant des intensités constantes sous un même angle dans tous les plans méridiens, les courbes d'égal éclairement seront des cercles ayant pour centre le pied du candélabre.

Le tracé de ces cercles et leurs combinaisons, lorsque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux ou plusieurs foyers éclairent un même point, permettent d'établir sur les plans des courbes d'égal éclairement qui fixent la valeur de l'éclairage comme les courbes de niveau, tracées sur un plan, fixent le relief du sol.

IV. — Études et Essais relatifs à la surpression du gaz.

On a vu, page 9, que c'est à mm 200 d'eau qu'a été fixée la pression du gaz comprimé à employer pour l'éclairage intensif. Des essais préliminaires furent faits aux Ateliers du Landy pour bien se rendre compte de la valeur du procédé que la Cie comptait appliquer dans l'éclairage des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro. Après avoir étudié les divers moyens de comprimer le gaz, un ventilateur d'essai fut installé pouvant débiter mc 50 de gaz et mis en mouvement par un moteur de Cv 1 1/2 ; cet appareil alimentait une conduite de gaz isolée sur laquelle étaient placés 80 becs à incandescence débitant chacun l. 350 de gaz sous une pression de mm 200 d'eau. *On a pu dans ces conditions, étudier dans tous leurs détails les becs qui devaient être employés*, en y apportant les modifications reconnues nécessaires à leur bon fonctionnement.

Les résultats de ces essais ayant été très satisfaisants, on a été conduit à adopter des ventilateurs pour assurer la compression du gaz destiné à l'éclairage intensif des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro. Ces appareils présentent, en effet, l'avantage suivant : la pression qu'ils fournissent est fonction uniquement de la vitesse et de la densité du fluide dans lequel ils se meuvent ; elle ne dépend pas du débit, ce qui rend inutile l'emploi des régulateurs, même si le nombre des becs allumés varie.

En août 1899, une commande fut adressée à la Maison

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Farcot fils, pour 2 ventilateurs aspirants et soufflants, de m 1.200 de diamètre, pouvant recevoir une vitesse normale de 1.050 tours par minute et débiter à l'heure, pour une pression de mm 250 d'eau, un volume de 1,200 mètres cubes de gaz.

Ces appareils, mis en place à l'Exposition, dans le Pavillon spécial de la Compagnie, furent essayés les 3 et 4 avril 1900; on constata, d'une façon très nette, la régularité parfaite de leur marche et les conditions de leur bon fonctionnement par les courbes des appareils enregistreurs.

Les essais successifs de tous les becs de l'Exposition ont été faits les 5, 10, 12 et 13 avril 1900 ; ils ont donné des résultats très satisfaisants.

Des essais de mise en marche et d'arrêts brusques des ventilateurs, tous les appareils étant allumés, ont été faits le 17 avril 1900, et n'ont donné lieu à aucun fait anormal.

Enfin, des essais de pertes de charge ont eu lieu le 1er mai 1900, avec tous les becs en service. On a constaté que les pertes de charge maxima aux extrémités des conduites sous pression (Château d'Eau et Entrée du Trocadéro) étaient de mm 18, ce qui a permis de régler définitivement la pression à donner à l'origine (mm 220) pour assurer en tous les points une pression de mm 200, au minimum.

On trouvera ci-contre, page 19, des tableaux qui montrent l'influence de la pression sur le rendement économique du bec ; les courbes (fig. 5 et 6, Pl. XIV) sont la représentation graphique de ces tableaux :

1° On considère d'abord le bec pris dans les conditions normales c'est-à-dire réglé pour fonctionner à la pression ordinaire du gaz. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PRESSION du GAZ	DÉBIT		INTENSITÉ		Débit par carcel	
	Auer	Denayrouze	Auer	Denayrouze	Auer	Denayr.
mm	litres	litres	carcels	carcels	litres	litres
50	260,87	220,85	18,94	9,56	18,71	23,10
70	300,00	250,00	20,00	12,10	15,00	20,66
75	318,58	266,66	22,59	13,22	14,10	20,17
100	375,00	288,00	34,60	18,52	10,84	15,55
125	413,19	321,42	42,17	23,21	9,80	13,42

Au delà de mm 125, le bec Auer *non modifié* fait entendre un bourdonnement très désagréable provenant d'un trop grand débit de gaz. Qui plus est, les manchons résistent mal pour un débit horaire supérieur à l. 400 de gaz;

2° Le tableau suivant donne les résultats analogues pour les mêmes becs réglés au débit de l. 350 de gaz sous mm 200.

PRESSION du GAZ	DÉBIT HORAIRE	INTENSITÉ		DÉBIT PAR CARCEL	
		Auer	Denayrouze	Auer	Denayrouze
mm	litres	carcels	carcels	litres	litres
50	188,48	9,00	7,21	20,94	26,14
100	248,27	15,50	15,00	16,01	16,55
150	288,00	27,50	27,70	10,47	10,40
175	321,42	33,87	33,80	9,48	9,51
200	349,51	37,24	37,20	9,38	9,39
225	367,35	39,62	39,07	9,28	9,40

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Aux environs de mm 200, le rendement est très satisfaisant et le fonctionnement des becs est très régulier. Il est indispensable toutefois de régler la quantité d'air admise à l'injecteur en faisant usage d'une rondelle en cuivre comme pour les becs Auer nos 1, 2 ou 3.

La quantité de chaleur dégagée par ces brûleurs étant très grande, il arrive fréquemment que la toile métallique constituant la tête du brûleur des becs s'oxyde et se brûle. On évite cet inconvénient en faisant usage d'une toile métallique, un peu plus serrée que celle employée dans les becs ordinaires.

V. — **Modifications des Lanternes.**

Pour obtenir un éclairage très brillant, on a été amené à placer dans chaque lanterne le plus grand nombre de becs possible.

L'Administration de l'Exposition, d'accord avec la Ville de Paris, et d'après la convention passée avec la Compagnie Parisienne, mettait à la disposition de cette dernière, des lanternes de la Ville de tous les modèles courants.

Ces modèles sont les suivants :

Modèle n° 1. Petite lanterne de refuge (l. 140);
— n° 2. Type ordinaire de l. 140;
— n° 3. Type ordinaire dôme surélevé (l. 750) ;
— n° 4. Type du Quatre-Septembre (l. 850);
— n° 5. Grand modèle de refuge (l. 1.400).

Le tableau ci-contre, page 872, fait connaître les dimensions de ces diverses lanternes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dimensions principales des diverses lanternes

	Diamètre à la partie inférieure	Diamètre à la partie supérieure	Hauteur des verres	Hauteur de la lanterne
	cm	cm	cm	cm
Lanternes n° 1.....	21	32	33	65
— 2.....	27	39	36	70
— 3.....	27	39	36	78
— 4.....	35	45	38	80
— 5.....	38	49	46	90

En modifiant ces lanternes, comme il sera indiqué plus loin, on a pu augmenter leurs consommations respectives comme suit :

Type n° 1..... l. 300 ;
Type n^{os} 2 et 3..... l. 750 ;
Type n° 4..... l. 1250 ;
Type n° 5..... l. 1750.

Les modifications, déterminées par une série d'essais et de tâtonnements sont (voir fig. 7, Pl. XIV.) :

1° La suppression du verre de fond, *V* ;

2° L'adaptation du réflecteur *C* en dessous des entrées ajourées *bb'* ;

3° L'évidement de la partie pleine *ff'* et l'introduction d'un cône *B* pour éviter les rentrées d'eau par les entrées ajourées *bb'* ;

4° L'adaptation d'une calotte en cuivre *A* à cm 5 du couronnement de la lanterne et destinée à empêcher les rentrées d'eau ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les nombres des brûleurs placés dans ces diverses lanternes sont donc les suivants :

Type n° 1 : 1 brûleur de l. 300.
» n° 2 : 3 brûleurs de l. 250, ou 2 de l. 350.
» n° 3 : » » »
» n° 4 : 5 » de l. 250 ou 3 de l. 350.
» n° 5 : 5 » de l. 350.

Pour compléter cet éclairage et pouvoir en certains points obtenir des foyers d'une très grande intensité, la Compagnie a étudié un type de lanterne spéciale. Cette lanterne dénommée « *lanterne Opéra* » peut contenir jusqu'à 15 manchons de l. 350, soit l. 5.250 à l'heure. La lanterne Opéra mesure 1 mètre 40 de hauteur et 0 mètre 80 de diamètre maximum. La partie vitrée comporte 6 verres bombés, dont 2 mobiles formant portes.

Des essais de tous ces appareils ont été poursuivis pendant un an au Landy afin de s'assurer que le fonctionnement des becs en lanterne était régulier et que le nombre de verres cassés n'était pas exagéré. Ces essais ont été faits en plaçant un thermomètre le long des glaces intérieurement à la lanterne. D'une manière générale, les lanternes *non modifiées* déterminent, dans les conditions adoptées, une élévation de température variant entre 180° et 230°. Avec les modifications indiquées précédemment, la température varie entre 70° et 110°. Une considération analogue a fait adopter les dispositions prises dans les *lanternes Opéra*, qui ont accusé les températures suivantes : de 90° à 110° avec le bec à 10 brûleurs et de 120 à 160° avec le bec à 15 brûleurs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

VI. — Description de l'éclairage au gaz des Parcs et Jardins du Champ-de-Mars et du Trocadéro.

L'éclairage au gaz des Parcs et Jardins du Champ-de-Mars et du Trocadéro comporte deux parties bien distinctes :

1° L'éclairage avec surpression de mm 200 ;

2° L'éclairage à la pression normale.

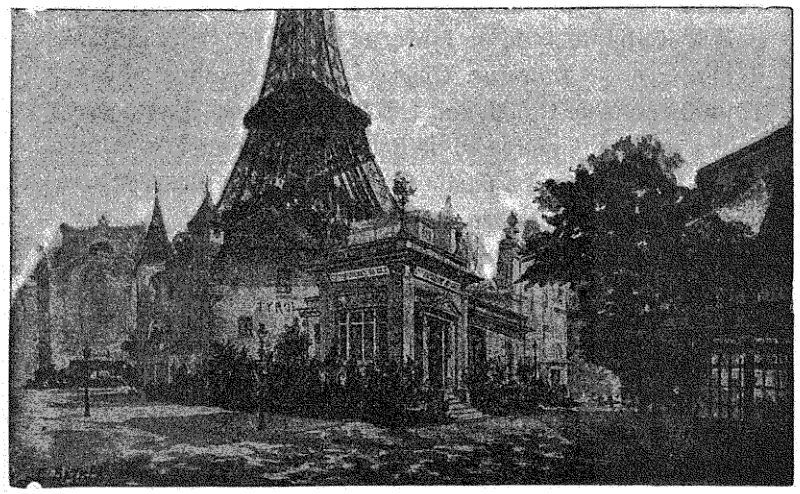


Fig. 1. — Pavillon de la Compagnie Parisienne du Gaz, situé au Champ-de-Mars sur le quai d'Orsay, en aval du pont d'Iéna.

L'éclairage avec surpression a été réservé pour toutes les grandes artères, les abords des cascades et de la Tour de 300 mètres.

Ainsi qu'on l'a dit, page 20, les appareils employés pour obtenir la surpression de mm 200 sont deux ventilateurs Farcot. Ces appareils sont installés dans un pavillon spécial, construit par la Compagnie, au Champ-de-Mars,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur le quai d'Orsay. Chacun est mis en marche par un moteur à gaz de huit chevaux ; chaque ventilateur a été étudié de façon à fournir à lui seul le débit total nécessaire au fonctionnement des becs ; le deuxième appareil est donc un appareil de secours.

La vitesse de rotation des moteurs est de 160 tours par minute.

Celle des ventilateurs est de 1.050 tours par minute.

Chaque ventilateur peut fournir un débit de mc 1.200 à l'heure ; c'est-à-dire alimenter environ 3.500 becs de l 350.

En cas d'accidents, des robinets permettent d'isoler les ventilateurs pour faire les réparations nécessaires et si les deux appareils font défaut à la fois, un robinet-valve donne un passage direct au gaz. D'ailleurs, le fonctionnement de ces appareils est d'une simplicité telle que les arrêts et incidents ne sont pas à craindre.

Les appareils d'éclairage, candélabres et lanternes employés sont des types suivants :

I. — *Pression de* 200 *millimètres.*

1° 4 Candélabres spéciaux commandés par la Compagnie pour éclairer le dessous de la Tour de 300 mètres. Ces appareils, à deux branches, sont munis de grandes lanternes rondes, dites Opéra, et comportent 10, 12 ou 15 brûleurs dans chaque lanterne (voir fig. 2, page 876) ;

2° Candélabres de m 5, munis de lanternes Opéra avec becs à 10 brûleurs. Ces candélabres sont placés dans l'allée centrale depuis le Trocadéro jusqu'au Château-d'Eau (voir fig. 3, page 878) ;

3° Candélabres à 5 branches ; modèle des refuges de la Ville de Paris, surélevé de cm 70 par l'adjonction d'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

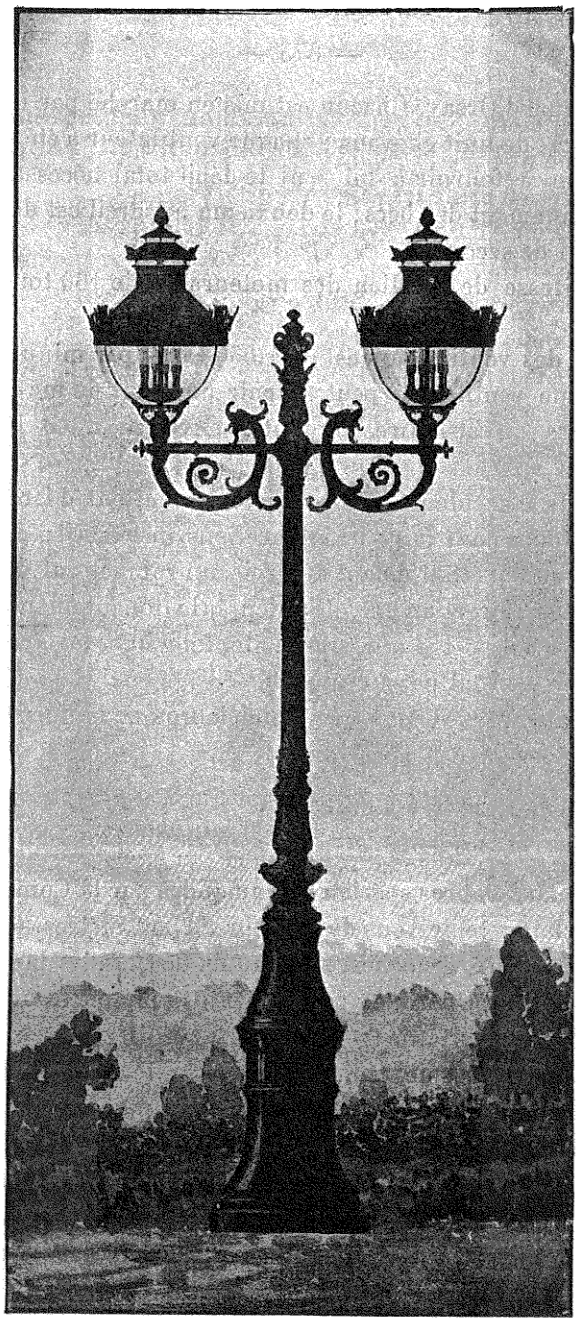


Fig. 2. — Candélabre spécial (Tour de 300 mètres).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

banc en pierre. Ces candélabres comportent au centre une lanterne n° 4 à 3 brûleurs, sur les branches des lanternes n° 2, avec 2 brûleurs ;

4° Candélabres de la Galerie de 30 mètres de l'Exposition de 1889. Hauteur : m 5,50. Ces candélabres comportent des lanternes n° 5, à 5 brûleurs ;

5° Candélabres de m 4,70, type de la Ville de Paris, munis de lanternes n° 5 à 5 brûleurs ; ils sont disposés autour des cascades du Trocadéro ;

6° Candélabres à 3 branches, type de la Ville de Paris, munis de 3 lanternes n° 2 à 2 brûleurs; les appareils sont placés autour des cascades du Château-d'Eau.

Les figures 8 et 9, Pl. XIV, donnent les courbes d'intensité lumineuse des becs contenus dans ces lanternes, aux pressions de mm 80 et de mm 200.

II. — *Pression normale.*

1° Candélabres à 3 branches, surélevés de cm 45 par l'adjonction d'un ornement. Ils sont munis au centre, d'une lanterne n° 2 à 3 brûleurs et sur les bras de lanternes n° 1 à 1 brûleur ;

2° Candélabres de la Ville de Paris, surélevés de cm 45 environ et munis d'une lanterne n° 4 à 5 brûleurs ou d'une lanterne n° 2 ou n° 3 à 3 brûleurs ;

3° Candélabres de la Ville, type courant, munis de lanternes n° 2 ou 3 à 3 brûleurs.

La planche XVII donne la disposition adoptée dans la répartition de ces appareils.

Le tableau ci-après donne les nombres des candélabres, des lanternes, des brûleurs et des appareils en fonctionnement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

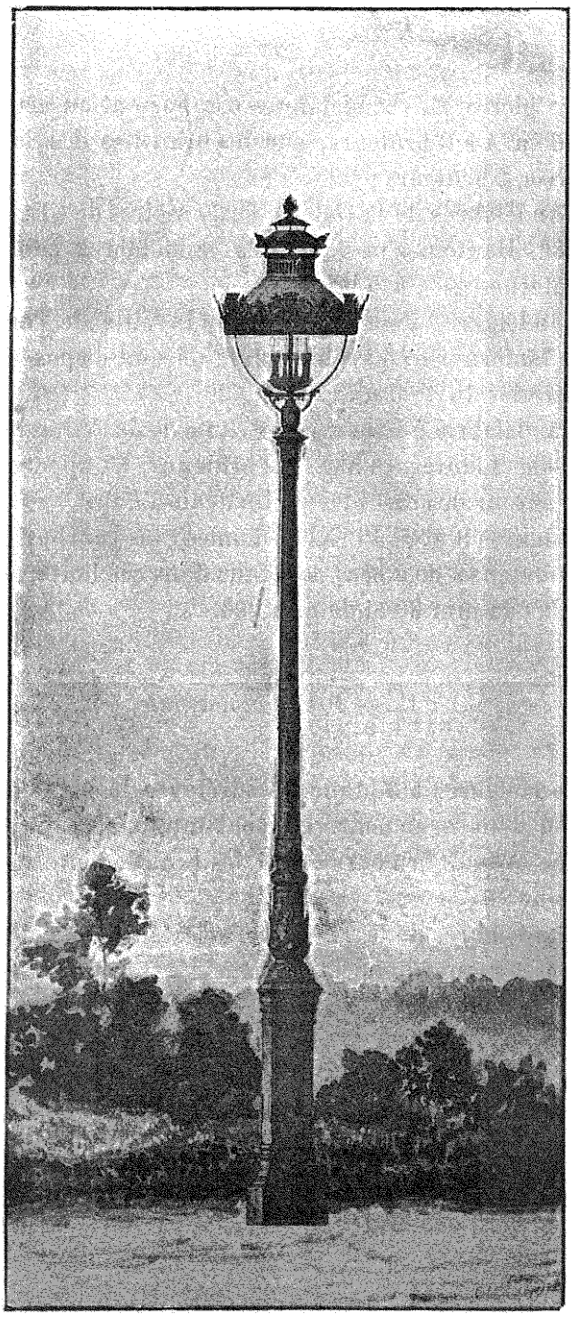


Fig. 3. — Candélabre Opéra.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'installation qui précède a exigé le concours simultané des Services de la Compagnie ainsi que celui de divers constructeurs et entrepreneurs.

Le Service des Travaux mécaniques, qui avait poursuivi depuis 1893, les essais d'éclairage intensif à incandescence par le gaz, a établi le projet d'ensemble et en a préparé les commandes.

Les Services de la Canalisation et de l'Éclairage ont eu, l'un, à installer les conduites, les branchements et les appareils, — le second, à pourvoir à la mise en service des becs et des lanternes, de manière à réaliser le projet arrêté par la Compagnie. Les maisons Lacarrière et Cie, Mesureur, Grandpierre ont prêté leur concours le plus dévoué à son exécution.

La Société Française d'Incandescence par le gaz (Système Auer) et la Compagnie d'Éclairage Denayrouze avaient accepté, dès le mois d'août 1899 de coopérer pour une certaine part dans les dépenses en s'engageant à prendre à leur charge :

1° L'installation à titre de prêt, dans les lanternes des becs Auer, (brûleurs Bandsept, au Champ-de-Mars ; Denayrouze grand modèle, au Trocadéro);

2° La surveillance et l'entretien de ces becs ;

3° La fourniture gratuite des manchons de rechange, dans une limite donnée.

L'ensemble de tous ces concours a permis d'achever cette installation importante dans les délais prévus.

L'éclairage intensif au gaz des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro a fonctionné dès le 3 avril.

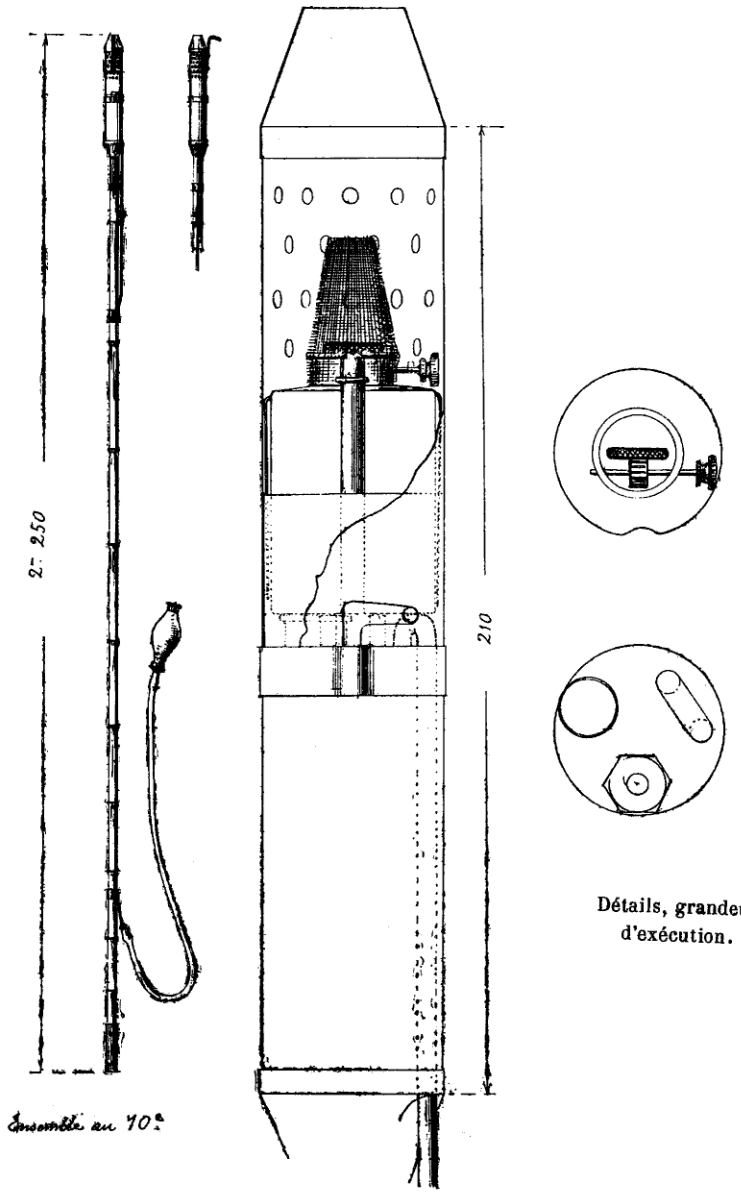
Service des Appareils

Les procédés employés pour l'allumage sont de deux sortes :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DÉSIGNATION DES APPAREILS	CHAQUE CANDÉLABRE COMPORTE : Nombre de Lanternes :	Consommation horaire totale de gaz pr candélabre	Intens. lumineuse maximum par lanterne	Intens. lumineuse horizontale par lanterne	Intens. lumineuse horizontale par candélabre	Intens. lumineuse hémisph. infér. par lanterne	Intens. lumineuse hémisph. infér. par candélabre	Nombre de candélabres : Champ-de-Mars	Nombre de candélabres : Trocadéro	Nombre de lanternes : Champ-de-Mars	Nombre de lanternes : Trocadéro	Nombre de manchons : Champ-de-Mars	Nombre de manchons : Trocadéro	Intensité lumineuse horizontale totale : Champ-de-Mars	Intensité lumineuse horizontale totale : Trocadéro	Intensité lumin. hémisphérique infér. totale : Champ-de-Mars	Intensité lumin. hémisphérique infér. totale : Trocadéro
A. Pression de 200 millimètres		litres	carcels	carcels	carcels	carcels	carcels	candélabr.	candélabr.	lanternes	lanternes	manchons	manchons	carcels	carcels	carcels	carcels
Candélabres spéciaux à 2 branches	2 lanternes « Opéra » de : 10 brûleurs de l. 350	7.000	260	241	482	228	456							964	»	912	»
	12 id. id.	8.400	300	276	552	269	538	4	»	8	»	94	»	552	»	538	»
	15 id. id.	10.500	360	333	666	323	646							662	»	646	»
Candélabres de m 5	1 lanterne « Opéra » à 10 brûleurs de l. 350	3.500	260	241	241	228	228	58	27	58	27	580	270	13.978	6.507	13.224	6.156
Candélabres de la galerie de m 30	1 lanterne n° 5 à 5 brûleurs de l. 350	1.750	145	143	143	125	125	26	»	26	»	130	»	3.718	»	3.250	»
Candélabres de m 4,70	1 lanterne n° 5 à 5 brûleurs de l. 350	1.750	145	143	143	125	125	»	10	»	10	»	50	»	1.430	»	1.250
Candélabres à 5 branches	1 lanterne à 3 brûleurs de l. 350	3.850	94	93	297	78	274	22	14	110	70	242	154	6.534	4.158	6.028	3.836
	4 lanternes à 2 brûleurs de l. 350		54	51		49											
Candélabres à 3 branches	3 lanternes à 2 brûleurs de 350 l.	2.100	54	51	153	49	147	22	»	66	»	132	»	3.366	»	3.234	»
	Totaux à la pression de 200 millimètres							132	51	268	107	1.178	474	29.774	12.095	27.832	11.242
B. Pression normale																	
Candélabres à 3 branches	1 lanterne à 3 brûleurs de l. 250	1.350	49	45	85	41	77	117	56	351	168	585	280	9.945	7.560	9.009	4.312
	2 lanternes à 1 brûleur de l. 300 ou	ou	22	20		18											
	3 lanternes à 3 brûleurs	2.250	49	45	135	41	123	2	»	6	»	18	»	270	»	246	»
Candélabres Oudry à rallonges	1 lanterne n° 4 ou 5 à 5 brûleurs de l. 250	1.250	73	68	68	60	60	40	»	40	»	200	»	2.720	»	2.400	»
Candélabres Oudry ordinaires ou lanternes sur poteaux	1 lanterne à 3 brûleurs de l. 250	750	49	45	45	41	41	250	353	250	353	750	1.059	11.250	15.885	10.250	14.473
	1 lanterne à 1 brûleur de l. 300	300	22	20	20	18	18	8	67	8	67	8	67	160	1.340	144	1.206
	Totaux à la pression normale							417	476	633	588	1.661	1.406	24.345	24.785	22.049	19.991
	Ensemble							549	527	923	695	2.739	1.880	54.119	36.880	49.881	31.233
	Totaux Généraux							1.076 Candélabres		1.618 Lanternes		4.619 Manchons		90.999 Carcels		81.114 Carcels	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Détails, grandeur d'exécution.

Fig. 4. Perche d'allumage, système breveté de la Compagnie Parisienne du Gaz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les appareils de m 4,70 et au-dessus, l'allumage se fait au moyen de veilleuses permanentes; le tube alimentant ces veilleuses, placé dans le socle des candélabres, est piqué au-dessous des robinets de barrage. L'allumage, dans ces conditions, est très rapide et très simple ; l'allumeur ouvrant la porte du socle du candélabre n'a qu'à tourner le robinet de barrage pour l'ouvrir et à éteindre le bec veilleuse; ce bec veilleuse peut être ouvert, après minuit, en bec papillon en tournant complètement le robinet.

Pour les appareils en dessous de m 4,70, l'allumage se fait à la perche.

A cet effet, la Compagnie a mis en usage un dispositif nouveau dénommé *perche de la Compagnie*. Le procédé consiste à produire à l'extrémité de la perche une flamme assez longue pour que l'allumage du bec soit fait à distance (environ cm 15). De cette façon, l'allumeur ne risque pas de briser les manchons en approchant la perche et l'allumage est très rapide.

Au début, on avait obtenu cette flamme de cm 15 au moyen d'un petit jet de gaz venant d'un réservoir de gaz comprimé que l'allumeur portait en bandoulière. Ce jet de gaz s'enflammait en passant devant la lampe placée sur la perche.

A la suite de ce premier essai, une modification a été apportée à l'appareil ; une poire en caoutchouc, qui se manœuvre par une simple pression de la main, envoie de l'alcool pulvérisé s'enflammer au contact de la lampe (voir fig. 4, page 882).

Cet appareil, breveté par la Compagnie fonctionne d'une façon très satisfaisante.

L'entretien des appareils donne des résultats satisfaisants, comme bris des verres des lanternes, et comme remplacement des manchons.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La durée moyenne des manchons à la pression *constante* de 200 millimètres paraît devoir être supérieure à celle des manchons à la pression normale.

Résultats des essais d'éclairement sur le sol.

En se servant des études sphériques des divers becs en fonction à l'Exposition et en traçant pour chacun de ces becs les courbes d'égal éclairement sur le sol, on a pu, en combinant tous ces cercles, tracer les courbes d'égal éclairement pour tout l'ensemble de l'éclairage de l'Exposition.

On s'est fixé *a priori* les courbes de :

2 bougies-mètre
8 — —
14 — —
20 — —
26 — —
32 — —

L'inspection de ces plans suffit à donner une idée de l'éclairage produit.

On a déduit de ces recherches, les éclairements moyens en bougies-mètre des diverses allées :

28 bougies-mètre : Allées placées sous la Tour de 300 m.
23 — — : Allée centrale du Champ-de-Mars. A.
16 — — : Contre-allée. B.
10 — — : Contre-allées. C. C.
24 — — : Château-d'Eau. D. D.
12 — — : Allées secondaires. C. C.
26 — — : Allée centrale du Trocadéro.
15 — — : Boulevard Delessert.
22 — — : Contre-allée. E. E.
12 — — : Allées secondaires. F. F.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

VII. — **Résultats généraux.**

Débit total horaire de gaz		mc	1.383,900
Intensité totale fournie		Ca	91.000
Rendement par Ca		l	15,2
Nombre de candélabres			1.076
— lanternes			1.618
— manchons			4.619
Surfaces	Champ-de-Mars . mq 100.000	mq	195.000
	Trocadéro . . . . . mq 95.000		

Comparaison avec l'éclairage effectué à l'Exposition de 1889.

A titre de comparaison et pour faire apprécier l'importance considérable donnée à l'éclairage des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro à l'Exposition de 1900, on peut citer un passage de la « Monographie des travaux exécutés par le Syndicat International des électriciens à l'Exposition de 1889, » par M. Hippolyte Fontaine, qui fournit un renseignement intéressant sur l'éclairage électrique de cette Exposition.

« La surface totale des jardins du Champ-de-Mars, « dit M. Fontaine, était de mq 178.000. On peut évaluer « approximativement à Ca 19.000 la lumière répandue « dans les jardins, ce qui correspond à un peu plus d'un « dixième de Ca par mq.

« C'est là un éclairage extrêmement intéressant pour « des espaces découverts, comme on peut s'en rendre compte « en le comparant par exemple à l'éclairage des voies pu- « bliques de Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Les surfaces les plus éclairées de Paris sont :

	Carcels.	
« La rue Royale, qui possède actuellement.	0,16	par mq
« La rue de la Paix, qui possède actuellement.....	0,15	—
« La place de l'Opéra, qui possède actuellement.....	0,072	—
« L'avenue de l'Opéra, qui possède actuellement	0,043	—
« La rue du Quatre-Septembre, qui possède actuellement.....	0,043	— »

Si l'on fait le même calcul pour l'éclairage au gaz des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro à l'Exposition de 1900, on trouve les chiffres suivants :

	Surface des jardins. —	Lumière répandue. —
Champ-de-Mars..... mq	100.000	Ca 54.000
Trocadéro.....	95.000	37.000

soit..... Ca 0,54 par mq au Champ-de-Mars
et..... 0,39 — au Trocadéro.

ce qui représente, en moyenne, 4,7 *fois plus de lumière qu'au Champ-de-Mars, en* 1889.

Observations générales.

Les projets d'éclairage ont été étudiés suivant les instructions données par M. Léon Bertrand, ingénieur adjoint à la Direction de la Compagnie Parisienne du Gaz, par le Service des Travaux mécaniques de la Compagnie, sous la direction de M. Auguste Lévy, ingénieur, chef de ce Service, assisté de M. Lucien Lévy, ingénieur adjoint; de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Chevalier, régisseur, et de M. Hart, chef du laboratoire des Ateliers du Landy.

L'installation de la canalisation et des appareils d'éclairage a été faite, conformément aux projets arrêtés par la Compagnie, d'accord avec le Commissariat général, sous la direction de M. de Mont-Serrat, ingénieur, chef du Service Extérieur, par le Service de la Canalisation (Ingénieurs : MM. Vialay et Baron ; Inspecteur principal : M. Arnould), et le fonctionnement de l'éclairage a été assuré par le Service de l'Éclairage (Ingénieurs : MM. Saum et Gaudry; chef de section : M. Franceschini).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

PRÉLIMINAIRES :

Participation de la Compagnie à l'Exposition de 1900..... 852
Convention pour l'éclairage des parcs et jardins du Champ-de-Mars et du Trocadéro (23 janvier 1900)..... 853

I. Historique de l'application des becs intensifs à l'éclairage public et principes qui ont servi de point de départ au projet concernant l'Exposition de 1900..... 853
Bougies électriques Jablochkoff 1877; becs du Quatre-Septembre; becs Guibout-Giroud (1889); becs Schulke..... 353 et 854
Laboratoire d'essais (1890-1891) et chambres photométriques... 854
Essais de 1893-1894..... 855
Becs Auer (1885-1891).. 856
Essais avec le gaz sous pression (novembre 1893)..... 856
Essais de 1895-1897..... 856
Essais avec l'air sous pression (1895)..... 857
Becs Denayrouze avec ventilateur (1896)..... 857
Becs Denayrouze sans ventilateur (1897)..... 857
Becs Auer n° 3 (1897)..... 857
Emploi de l'incandescence par le gaz sur la voie publique à Paris: 1.450 becs Auer (1894); becs Denayrouze (abords de l'Opéra, 1898-1899)..... 858

II. Préparation spéciale du projet d'éclairage intensif à l'Exposition de 1900..... 859
Surpression du gaz à mm 200; becs Auer, Bandsept (1899). 859 et 860

III. Principes photométriques..... 860
Photomètres Foucault, Mascart..... 861 à 863
Essais d'intensité sphérique (méthode Ayrton et Perry)..... 864
Essais d'éclairement sur le sol..... 867

IV. Études et essais relatifs à la surpression du gaz..... 868
Courbes des rendements, intensités et débits des becs Auer et Denayrouze (pressions de mm 80 et mm 200)..... 869
Tableaux des débits et des intensités avec diverses pressions... 870

V. Modification des lanternes..... 871
Lanterne Opéra..... 873

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

VI. Description de l'éclairage au gaz des parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro..... 874
1° Pression de mm 200 : nomenclature des appareils employés.. 875
2° Pression normale : nomenclature des appareils employés..... 877
Tableau indiquant le nombre des candélabres, des lanternes et des brûleurs..... 880 et 881
Modes d'allumages : 1° à la veilleuse; 2° à la perche spéciale 881 à 883
Résultats des essais d'éclairement sur le sol..... 884

VII. Résultats généraux et comparaison de l'éclairage des Expositions de 1889 et 1900..... 885
Observations générales..... 886

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° CHAUFFAGE AU GAZ

Préliminaires.

L'application du Gaz au chauffage domestique n'est entrée qu'assez récemment dans les usages courants, grâce à la construction de foyers pratiques destinés à être substitués aux appareils alimentés soit au bois, soit au charbon.

La Compagnie Parisienne du Gaz s'est efforcée de favoriser le développement de cet emploi du gaz en faisant connaître au public les nombreux avantages qu'il présente et en mettant à sa disposition des appareils bon marché, d'un emploi facile et sûr. Outre les recherches personnelles qu'elle a poursuivies dans ses Laboratoire et Ateliers, elle a facilité aux constructeurs étrangers les essais de tous genres que ces derniers désiraient effectuer ; elle leur a fourni le moyen gratuit et facile de mettre sous les yeux du public et de faire fonctionner devant lui, dans ses Magasins d'Exposition, créés dans ce but spécial, les appareils de chauffage au gaz appropriés aux usages de la vie domestique et convenant le mieux aux emplois industriels.

En même temps qu'elle accordait ces avantages aux fabricants de foyers à gaz, la Compagnie s'imposait la règle absolue de ne laisser présenter aux visiteurs de ses Magasins aucun appareil dont la construction vicieuse pourrait occasionner quelque mécompte à l'usage, soit par suite de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'inobservation des règles de l'hygiène, soit à cause des dangers possibles d'accidents, etc.

A cet effet, elle a affecté une partie de son laboratoire spécial du Landy aux essais des appareils à gaz, dont la description est donnée ci-après. On y contrôle le fonctionnement de tous les appareils que les constructeurs lui demandent l'autorisation d'exposer dans ses magasins, ainsi que celui des foyers, calorifères, etc. construits dans ses propres ateliers.

Laboratoire d'essais des Appareils à gaz.

Ce laboratoire, installé en 1890-91, dans les Ateliers du Service des Travaux mécaniques, est affecté spécialement aux essais de chauffage et aux essais photométriques.

Le plan (voir Pl. XV, fig. 1) en fait connaître les dispositions principales.

A est une pièce réservée aux manipulations de toutes sortes.

D est une chambre noire destinée aux essais photométriques.

La pièce A comporte en *a* et *a'* deux hottes de tirage sous lesquelles fonctionnent, en permanence, les becs en essais de durée, tels que ceux comportant l'emploi des manchons à incandescence et, d'une manière générale, tous les appareils soumis à des expériences physiques.

En *f* et en *g* sont disposés des compteurs d'expériences permettant de déterminer avec une exactitude absolue la consommation des appareils étudiés; les expériences chimiques, analyses, manipulations photographiques, etc., sont faites en *bb*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En *d* est un gazomètre d'expériences, d'une capacité de l 300 ; il est relié par des conduites en plomb avec les appareils photométriques de la chambre D.

En *c* est un tuyau de tirage réservé pour les appareils chauffe-bains, appareils de cuisine, etc.

La pièce D est réservée spécialement aux expériences de photométrie; elle est divisée en trois parties :

d^1 où se font les visées;

d^2 où est placée la lampe-étalon ;

d^3 où est placé le bec à essayer.

Chambres d'essais des appareils de chauffage. — La partie du laboratoire affectée exclusivement aux essais des appareils de chauffage se divise en deux salles B et C de forme et de dimensions identiques; leur capacité respective est de m^3 57. On a ainsi la possibilité de faire simultanément l'essai de deux appareils analogues placés dans les mêmes conditions.

Dans chacune d'elles, la cheminée est placée en *h* et *h'*. Enfin, en *q* et *q'* , on a installé un compteur d'expériences avec chronographe à déclanchement automatique. Les cheminées, qui sont de même hauteur, ont une section de dm^2 9 ; elles sont munies de registres permettant de faire varier le tirage, et percées de plusieurs orifices pour déterminer la température intérieure à diverses hauteurs, faire des prises de gaz brûlés pour analyser leur composition, etc.

On trouvera ci-après le résumé des divers essais auxquels les appareils à gaz sont soumis avant d'être livrés au public, avec l'exposé des méthodes scientifiques adoptées par la Compagnie pour ces essais.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les essais portent sur les points suivants :

I. Vérification des conditions hygiéniques de construction des appareils.

II. Vérification de la combustion complète et totale du gaz.

III. Détermination du rendement calorifique des appareils.

IV. Vérification du bon fonctionnement de l'appareil à l'usage.

I. *Vérification des conditions hygiéniques de construction des appareils.*

Les produits de la combustion *complète* du gaz de houille sont de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau. Ces gaz, en s'accumulant dans l'atmosphère d'une pièce, la vicieraient et pourraient incommoder les personnes y séjournant. Il pourrait même y avoir danger si la combustion était *incomplète* car il y aurait alors production d'un peu d'oxyde de carbone, ainsi que des hydrocarbures non décomposés. Pour être hygiénique, un appareil de chauffage doit donc évacuer complètement tous les gaz brûlés. La première série d'essais consiste à s'assurer que cette condition est remplie.

Le procédé adopté tient compte de ce que l'air, à l'état

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

normal, renferme de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau.

La proportion de vapeur d'eau *dans l'atmosphère* est essentiellement variable d'un moment à l'autre et, par conséquent, aucune indication précise ne peut être tirée commodément de sa présence. Mais il n'en est pas de même pour l'acide carbonique dont la teneur dans l'air oscille de façon constante entre 3/10.000 et 4/10.000. Si donc, par un vice de construction quelconque de l'appareil, une partie des gaz brûlés se répand dans l'atmosphère de la chambre d'essai dont les portes et la fenêtre demeurent fermées pendant les expériences, la proportion d'acide carbonique augmentera et dépassera ces limites.

L'essai consiste donc dans le dosage de l'acide carbonique de l'air de la pièce.

Ce dosage se fait au moyen de l'appareil de Mohr représenté par le croquis (voir Pl. XV, fig. 2). Il se compose d'un tube incliné A, rempli d'une solution de baryte suffisamment étendue et titrée avant l'opération. Ce tube est relié à un tube témoin B contenant également une solution de baryte colorée en rouge par quelques gouttes de phénolphtaléïne. Ce tube témoin est enfin relié à un aspirateur jaugé d'une contenance de l 10.

On opère de la façon suivante : l'air à analyser entre bulle à bulle par un petit tube de verre *a* ; il traverse A et s'y dépouille de son acide carbonique, puis s'en va dans l'aspirateur en traversant le tube B. Si, par suite d'un accident quelconque, il y avait encore de l'acide carbonique, celui-ci saturerait la baryte du tube B et décolorerait la phénolphtaléine. On serait ainsi prévenu.

La solution de baryte de A est recueillie et filtrée pour en séparer le carbonate formé. Un second titrage permet de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

déterminer la quantité qui s'est précipitée et, par suite l'acide carbonique absorbé.

D'une façon générale, sont considérés comme n'étant pas suffisamment hygiéniques tous les appareils pour lesquels la teneur en acide carbonique dans la pièce dépasse 5/10.000 après 10 heures de fonctionnement.

II. *Vérification de la combustion complète et totale du gaz.*

La seconde série d'essais a pour but de rechercher si la combustion est bien complète dans l'appareil. En effet, si elle ne l'était pas, l'appareil pourrait devenir dangereux et le combustible serait mal utilisé, sa puissance calorifique totale n'étant pas mise à profit. Le danger n'existerait réellement qu'au cas où l'évacuation totale des gaz brûlés ne serait pas assurée; il faudrait donc le concours de ces deux circonstances: combustion incomplète et mauvaise évacuation des gaz brûlés. Il a été exposé les procédés employés pour vérifier cette dernière condition, on vérifie aussi la première de la façon suivante :

Pour s'assurer si la combustion du gaz est *complète*, on fait fonctionner l'appareil sans tuyau de dégagement; on laisse donc les gaz brûlés se répandre dans la pièce et on cherche ensuite si l'air contient des traces d'oxyde de carbone ou d'hydrocarbures. Les corps principaux prenant naissance dans la combustion incomplète du gaz d'éclairage, étant, en effet, de l'acétylène, des corps analogues, formène, etc., et de l'oxyde de carbone.

En réalité, la combustion du gaz n'est jamais assez incomplète pour qu'il y ait une grande quantité de gaz non brûlés : ce qu'il s'agit de chercher ce sont toujours de fai-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bles traces. Jusqu'à ces dernières années, l'on n'avait pas de procédé vraiment pratique pour doser des traces d'oxyde de carbone dans l'air. Le procédé de M. le Dr Gréhant, professeur au Muséum, basé sur la fixation de ce gaz par le sang d'un mammifère vivant, et l'analyse subséquente au grisoumètre des gaz dégagés par une prise de ce sang faite sur l'artère carotide, ne peut, en effet, être employé par des expérimentateurs qui ne sont pas des physiologistes.

M. Nicloux, maître de conférences de M. Gréhant au Muséum d'Histoire naturelle, a imaginé récemment un autre procédé, qui a été essayé puis adopté au laboratoire du Landy en février 1899 et qui a l'avantage de reposer sur une méthode colorimétrique.

Le phénomène utilisé est l'oxydation de l'oxyde de carbone par l'acide iodique anhydre, à la température de 150° avec mise en liberté d'iode et formation d'acide carbonique. On peut dire de suite qu'il y a une cause d'erreur, mais qui n'a aucune importance pour le but considéré. La réaction se produit également avec les vapeurs d'hydrocarbures résultant de la combustion incomplète du gaz. Les résultats obtenus sont donc ou exacts ou trop forts, quant à la proportion d'oxyde de carbone existant dans l'air analysé, mais le renseignement cherché, à savoir s'il y a, oui ou non, combustion complète, est toujours fourni.

L'appareil employé présente la disposition représentée par le croquis (voir Pl. XV, fig. 3).

Le gaz à analyser est contenu dans une cloche graduée A, au sortir de laquelle il passe dans deux tubes en U.

B, rempli de pastilles de potasse où il se dépouille de l'acide carbonique et de l'eau qu'il renferme.

C, rempli de ponce sulfurique où il achève de se dessécher.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'acide iodique est enfermé dans le tube en U, D ; ce tube plonge dans un bain d'huile dans lequel se trouve aussi un thermomètre. L'huile est chauffée à la température de 150 qui doit rester constante.

En E est un tube laveur contenant une solution de potasse.

En F est un aspirateur à eau.

Au passage de l'oxyde de carbone, l'acide iodique est réduit et il y a mise en liberté de l'iode :

$$I^2O^5 + 5\ CO = 5\ CO^2 + 2\ I$$

Cet iode est retenu dans le tube E que les gaz traversent bulle à bulle à l'état d'iodure de potassium. L'acide carbonique est également absorbé avec formation de carbonate de potasse.

L'iodure est ensuite décomposé par l'azotite de potasse, en présence de l'acide sulfurique avec mise en liberté de l'iode que l'on rassemble à l'aide de cm^3 5 de sulfure de carbone. L'on obtient ainsi une coloration violette.

On agit de même avec une solution titrée d'iodure de potassium (gr 0,1 d'iodure par centimètre cube) qu'on fait tomber goutte à goutte dans une éprouvette contenant de l'azotite de potasse et de l'acide sulfurique ainsi que du sulfure de carbone (tous ces réactifs sont en même quantité que dans le cas précédent), jusqu'à obtenir l'égalité de coloration. On connaît ainsi la quantité d'iodure formée dans le tube E et, par suite, la quantité d'acide iodique décomposé, d'où l'on déduit la quantité d'oxyde de carbone cherchée.

Ce procédé, très sensible, permet de doser jusqu'à 1/40.000 et 1/60.000 d'oxyde de carbone.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

III. *Détermination du rendement calorifique des appareils.*

La valeur de l'appareil, au point de vue hygiénique, étant déterminée, on procède à l'étude du rendement dans les conditions de fonctionnement normal indiquées par le constructeur.

Cette étude porte sur les deux points suivants :

A. Quel est le nombre de calories reçues par heure dans la pièce ?

B. Comment sont réparties ces calories ? En d'autres termes, quelles sont les proportions fournies par le rayonnement, par la bouche de chaleur et par la conductibilité des parois ?

De ces quantités, on déduit le rendement de l'appareil.

En effet, soit :

A, le nombre de calories fournies par la bouche de chaleur;

B, le nombre de calories rayonnées ;

C, le nombre de calories fournies par les parois de l'appareil à l'air ambiant ;

P, le nombre de calories perdues, emportées par les gaz brûlés ;

Q, la quantité totale de calories produites par la combustion du gaz ;

On a évidemment :

$$Q = A + B + C + P.$$

La quantité de calories recueillies est ensuite :

$$Q - P = A + B + C$$

et le rendement de l'appareil est :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$$\rho = \frac{Q - P}{Q}.$$

Le nombre de calories produites par la combustion de mc 1 de gaz étant en moyenne de :

Cl 5.300

pour une consommation de n mc, on a donc :

$$\rho = \frac{5.300\ n - P}{5.300\ n}.$$

On décrira ci-après les procédés employés pour mesurer :

a — le nombre de calories perdues P ;

b — le nombre de calories fournies par la bouche de chaleur ;

c — le nombre de calories rayonnées;

d — le nombre de calories fournies par les parois de l'appareil à l'air ambiant.

a. Détermination du nombre de calories perdues.

Les gaz qui s'échappent dans la cheminée se composent :

1° Du volume gazeux fourni par la combustion complète du gaz de houille brûlé dans l'essai, en supposant la quantité d'air strictement nécessaire;

2° De l'air entraîné en excès.

Ces deux quantités se déduisent de l'analyse des gaz brûlés qui se fait dans un appareil constitué par une série de tubes d'absorption représentés sur le croquis (voir Pl. XV, fig. 4).

A et B sont deux tubes en U chargés de chlorure de calcium pour absorber la vapeur d'eau ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C est un tube de Liebig à potasse pour retenir l'acide carbonique ;

D est un tube à ponce, imprégnée de potasse, pour l'acide carbonique ;

E est un tube à ponce sulfurique pour retenir la vapeur d'eau pouvant provenir de l'aspirateur ;

Enfin F est un aspirateur à eau.

On opère sur l 6 de gaz. L'augmentation de poids des tubes A et B pesés avec le tube de prise de gaz pour tenir compte de l'eau condensée dans ce dernier, donne le poids de vapeur d'eau contenue dans les gaz brûlés. L'augmentation de poids de C et D donne le poids d'acide carbonique contenu dans les l 6 de gaz.

Cela fait, le volume d'air entraîné en excès ainsi que celui des gaz brûlés peuvent se déduire du chiffre trouvé pour la vapeur d'eau ou de celui trouvé pour l'acide carbonique. De là, un moyen de vérification.

1° *Détermination du volume des gaz brûlés d'après la proportion de vapeur d'eau qu'ils contiennent.*

Soit : P, le poids en grammes de vapeur d'eau contenue s mc 1 des gaz brûlés ;

p, le poids en grammes contenu dans mc 1 de l'air du local ;

X, le volume total des gaz brûlés à 0° et 760 mm correspondant à une combustion de mc 1 de gaz.

Y, le volume d'air entraîné correspondant également à la combustion de mc 1 de gaz, à 0 et mm 760.

N, le nombre de mètres cubes de gaz brûlés par heure.

La combustion complète de mc 1 de gaz produit g 1030

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'eau. Le poids de vapeur d'eau contenue dans les gaz brûlés est donc :

$$pY + 1030$$

pour m c 1 de gaz consommé.

Ce poids est égal d'autre part, à PX ; on a donc la relation :

$$PX = pY + 1030.$$

Le volume des gaz brûlés est, d'un autre côté, évidemment égal au volume d'air entraîné, Y, augmenté du volume produit par la combustion de m c 1 de gaz, qui est de m c 6.

Donc :

$$X = Y + 6.$$

De ces deux équations, on déduit X.

$$X = \frac{1030 - 6p}{P - p}.$$

Cela pour une consommation de 1 m c de gaz. Pour une consommation de n mc, on aura :

$$V = n\,X = n\,\frac{1030 - 6p}{P - p}.$$

Ce procédé peut donner pour V un volume un peu trop fort. P pouvant être trop faible à cause des condensations.

2° *Détermination du volume des gaz brûlés d'après la proportion d'acide carbonique qu'ils contiennent.*

La combustion de m c 1 de gaz produit 1 600 d'acide carbonique. Soit a le volume en litres contenu dans m c 1 de produits de combustion. Cette proportion provient, en négligeant les traces existant déjà dans l'air, de la combustion d'un volume de gaz d'éclairage égal à :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$$\frac{1 \times a.}{600}$$

Pour une consommation de n m c de gaz d'éclairage à l'heure, il y aura donc un volume de produits de combustion égal à :

$$V = \frac{n}{\left(\frac{a}{600}\right)} = \frac{600n}{a}$$

proportion d'air entraîné sera :

$$Y = \frac{600n}{a} - 6n = 6n\left[\frac{100}{a} - 1\right].$$

Connaissant le volume d'air en excès par l'un ou l'autre des procédés qui précèdent, il est facile de déterminer les calories perdues :

En effet, ces calories sont la somme :

1° Des calories emportées par le gaz complètement brûlé et la vapeur d'eau ;

1 m c de gaz donne en brûlant kg 1,03 d'eau dont la chaleur spécifique est 0,45 et, en outre, un poids de gaz CO^2 et Az de kg 7,5 pour lesquels on peut admettre une chaleur spécifique de 0,21.

Les calories correspondantes emportées dans la cheminée sont donc, pour une consommation horaire de n m c :

$$[(7,5 \times 0,21) + (1,03 \times 0,45)][T - t]\ n$$

soit : $2,04\ n\ (T - t)$

en appelant T la température des produits de la combustion, et t celle du local;

2° De la chaleur emportée par l'air en excès.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce volume étant Y et la chaleur spécifique de l'air étant 0,2374, les calories correspondantes seront :

$$Y \times 0{,}2374 \times 1{,}293 \times (T-t) = 0{,}3069\ Y\ (T-t)$$

g 1,293 = poids de l l d'air.

La chaleur perdue est donc :

$$P = (T-t)\ (2{,}04n + 0{,}3069Y)$$

et le rendement :

$$\rho = \frac{5300n - (2{,}04n + 0{,}3069Y)\ (T-t)}{5{,}300n}$$

Cette méthode a donné les résultats indiqués dans le tableau ci-après, page 904.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

APPAREIL en essai.	Section de la cheminée en cmq.	Consommation horaire de gaz.	Pression atmosphérique (Hauteur de mercure)	Température du local au moment de l'essai t	Température de la buse au moment de l'essai T	PRODUITS de combustion en grammes par litre		Volume horaire des produits de combustion en mètres cubes V	Poids d'eau dans 1 litre d'air du local en grammes p	Chaleur produite par heure en calories	Chaleur perdue par heure en calories	RENDEMENT
						CO^2	H^2O P					
	centimètre carrés	litres	millimètres	degrés	degrés	gramme	gramme	mètres cubes	gramme	calories	calories	
Foyer de la Cie N° 1	S= 900	800	760	19	150	0,013	0,020	60	0,0075	4240	2696	36°/₀
Id.	150	800	760	20	170	0,021	0,025	40	0,0075	4240	1930	54°/₀
Id.	75	800	755	21	190	0,029	0,030	28	0,005	4240	1542	63°/₀
Id.	24	800	765	23	210	0,047	0,050	18	0,0065	4240	133	68°/₀

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

b. Nombre de calories fournies par la bouche de chaleur.

Le procédé de mesure employé est le suivant :

On remplace la plaque en fonte découpée servant de bouche de chaleur par une plaque en tôle pleine, ouverte en son milieu, de manière à former une buse rectangulaire dans laquelle on introduit l'anémomètre. On détermine la vitesse de l'air chaud en différents points et l'on prend la moyenne.

Soit : V, cette vitesse moyenne; Ω, la section de la buse ; T et t, la température de l'air à sa sortie et dans le local; c, sa chaleur spécifique, l'on a :

$$A = \frac{3.600\ V\ \Omega}{1 + \alpha T} \times c \times kg\ 1{,}293 \times (T - t).$$

En opérant sur un foyer rayonnant n° 1 consommant 1 800 de gaz à l'heure, l'on a trouvé :

$V = m\ 0{,}97$
$\Omega = m^2\ 0{,}0156$
$T = 78°$
$t = 21°$
$c = 0{,}2374$
$\alpha = 0{,}00367$

donc :

$$A = \frac{54{,}4}{1 + 78 \times 0{,}00367} \times 0{,}2374 \times 1{,}293 \quad (78 - 21) = Cl\ 750.$$

La quantité de chaleur produite par la combustion du gaz était :

$$q = 0^{m3}8 \times 5300 = 4240.$$

La quantité de chaleur recueillie est donc de 17,7 0/0.

Cette quantité est sensiblement proportionnelle à la consommation de gaz. En réduisant dans le même appareil, cette dernière à 1 520, l'on recueillait encore à la bouche

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de chaleur 17 0/0 du nombre total de calories produites théoriquement.

Par contre, elle augmente lorsque le tirage diminue.

Dans les essais rapportés plus haut, l'on a obtenu :

S = 900 centimètres carrés A = 0,177 Q
S = 24 — — A = 0,25 Q

c. — Mesure de la chaleur rayonnée.

La méthode consiste à exposer au rayonnement du foyer, à une distance déterminée, une boule de cuivre recouverte de noir de fumée, pleine d'eau, dans laquelle plonge un thermomètre. La disposition d'ensemble est représentée sur le croquis (V. Pl. XV, fig. 5.)

Quand l'équilibre de la température est établi, on place un écran devant la boule et on observe l'abaissement de température. Des conditions du refroidissement, on peut déduire la quantité de chaleur rayonnée.

Soit, en effet :

m, la chaleur reçue par heure par la boule, en calories ;

D, la distance de la boule au foyer ;

d, le diamètre de la boule ;

B, la chaleur rayonnée par heure, par le foyer; m sera sensiblement à B dans le rapport du cercle AC, $\frac{\pi d^2}{4}$ à la surface de la demi-sphère de diamètre D, soit $\frac{\pi D^2}{2}$ (Voir la Physique industrielle de Ser, la chaleur reçue est proportionnelle à la surface de la demi-sphère de diamètre D),

$$m = B \times \frac{\pi d^2}{4} : \frac{\pi D^2}{2} ,$$

D'où :

$$m = B \frac{d^2}{2 D^2}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour connaître B, il suffit, par conséquent, d'avoir m. Or, quand l'équilibre de température est établi, il y a équilibre entre la chaleur reçue par rayonnement et la chaleur perdue par la sphère tout entière.

$$m = \pi\, d^2\, Q\, (t - \theta),$$

Q, étant un coefficient de transmission ;

t, la température de l'eau par la boule ;

θ, celle de l'enceinte.

La détermination de B se trouve donc ramenée à celle de Q. Pour cela, on place un écran devant le foyer et l'on expose la sphère au refroidissement dans l'enceinte.

Soit : P, le poids de l'eau et du cuivre; C, la chaleur spécifique moyenne de ces deux corps. Dans un temps infiniment petit dz, la température s'abaisse de dt et l'on a la relation :

$$-\mathrm{P}c dt = m dz = \pi\, d^2\, Q\, (t - \theta)\, dz$$

$$+\mathrm{P}c \frac{dt}{t - \theta} = -\pi\, d^2\, Q\, dz.$$

Et, en intégrant les températures t_1 et t_2 pour un temps z, on a :

$$\mathrm{P}c.\ log.\ nép.\ \frac{t^1 - \theta}{t^2 - \theta} = -\pi\, d^2\, Qz.$$

En observant le refroidissement de la sphère pendant quelques minutes, on note les températures successives t^1, t^2, t^3 et l'on a pour ces différentes températures les valeurs correspondantes de Q dont on prend la moyenne. On en déduit ensuite m et B.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DATE de l'essai	APPAREIL essayé	NATURE de la surface rayonnante	Consommation horaire de Gaz	Distance de la boule au foyer D	TEMPÉRATURE de régime		Calories produites par heure par la combustion du Gaz Q	Calories rayonnées par heure R	Rapport de la chaleur rayonnée à la chaleur totale R/Q
					de la boule t	de la pièce			
Novemb. 1896			litres	mètres	degrés	degrés	calories	calories	
20	Foyer rayonnant N° 2 de la Cie.	Terre réfractaire garnie d'amiante avec grille	1232	0.80	49.8	32.2	6529	775	11.5%
30	id.	id. sans grille	1118	0.80	42.4	24.0	5925	773	13 %

d. Nombre de calories fournies par les parois à l'air ambiant.

Ce nombre est difficile à déterminer directement. Mais on peut le déduire de l'égalité qui a été posée au début de l'étude sur le rendement d'un appareil :

$$Q = A + B + C + P$$

où l'on connaît Q, A, B, et P.

On a donc :

$$C = Q - (A + B + P).$$

III *bis. Détermination simplifiée du rendement calorifique d'un appareil au moyen de l'anémomètre.*

Un moyen rapide de connaître le rendement calorifique d'un appareil est basé sur l'emploi de l'anémomètre. Ce procédé consiste à déterminer la vitesse des produits de combustion en un point déterminé de la cheminée de tirage, d'en déduire le débit horaire, en multipliant la vitesse par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la section de passage, et par suite, la chaleur emportée, connaissant les températures T et t des gaz brûlés et de la pièce, relevées au thermomètre.

Ce procédé ne peut guère servir que comme contrôle. La vitesse des produits gazeux n'est pas uniforme dans une même section. Il faut donc la déterminer en plusieurs points et prendre la moyenne. De plus, l'instrument a été gradué à la température ordinaire et l'on ne peut guère compter, de façon absolue, sur les indications qu'il donne quand il se trouve porté à une température d'environ 300°

Quoi qu'il en soit, les chiffres trouvés sont intéressants. En employant concurremment la méthode d'analyse indiquée précédemment et l'anémomètre le nombre de calories emportées par les gaz brûlés a été trouvé de :

2.696 par l'analyse,
2.400 par l'anémomètre,

pour un foyer rayonnant n° 1 construit par la Compagnie Parisienne du gaz.

Remarque sur les variations du rendement avec le tirage.

Le tirage de la cheminée servant à évacuer les produits de combustion a une grande influence sur le rendement. On conçoit, en effet, facilement que lorsque la vitesse d'évacuation des gaz brûlés augmente, le nombre de calories emportées augmente. Il semble donc *a priori* qu'il y ait intérêt à réduire le tirage.

Cette hypothèse se trouve justifiée par les essais indiqués dans le tableau, page 52, et qui se rapportent à un foyer rayonnant n° 1. On voit que le rendement est monté de 36 0/0 à 68 0/0 en réduisant au moyen du registre la section de la cheminée de cm^2 900 à cm^2 24.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De là, l'avantage de l'emploi de tampons de réduction, suivant le tirage.

Mais, d'un autre côté, il y a une limite imposée par les conditions hygiéniques du fonctionnement de l'appareil. L'analyse de l'air de la pièce faite pendant les essais indiqués ci-contre, a donné, en effet, pour la proportion d'acide carbonique, les valeurs suivantes :

Avec cheminée de section S = cm² 150 $CO^2 = \frac{3.7}{10.000}$

— S = 75 $CO^2 = \frac{4}{10.000}$

— S = 24 $CO^2 = \frac{10}{10.000}$

Le tirage correspondant à la section S = cm² 24 est donc trop faible pour satisfaire aux conditions hygiéniques que nous nous sommes imposées. On peut en conclure que le rendement *maximum* de l'appareil est de 63 0/0.

IV. *Vérification pratique du bon fonctionnement de l'appareil en usage.*

L'étude du fonctionnement de l'appareil comporte :

1° La détermination du débit horaire du gaz, à toutes les pressions, de mm 10 en mm 10, depuis une pression de mm 10 d'eau jusqu'à mm 100 ;

2° L'essai de l'allumage, de l'extinction, etc. ;

3° L'étude des avantages particuliers que peut présenter l'appareil sur les foyers similaires.

Les essais sont faits, soit isolément, soit simultanément, avec un appareil de comparaison dans les deux pièces identiques B et C. Les expériences sont répétées huit ou dix jours de suite et c'est la moyenne des résultats obtenus qui sert à établir le rapport sur l'appareil étudié.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On fait de plus chaque jour des relevés de températures en différents points de la pièce chauffée pendant toute la durée de la marche, au moyen de thermomètres enregistreurs. On reporte ensuite au-dessus les unes des autres les différentes courbes relevées depuis l'allumage jusqu'à l'extinction. La seule inspection d'une feuille comme celle donnée Pl. XV, fig. 6, permet de se rendre compte de la manière dont se répartit la chaleur du foyer ;

La courbe P donne la température relevée au-dessus de la bouche de chaleur ;

La courbe Q donne la température de la cheminée à une hauteur déterminée ;

Les courbes R donnent les températures relevées en 3 points différents de la pièce chauffée ;

La courbe S donne la température extérieure le jour de l'essai.

ÉNUMÉRATION DE QUELQUES FOYERS ET CALORIFÈRES EMPLOYÉS POUR LE CHAUFFAGE AU GAZ.

Les appareils employés pour le chauffage peuvent être répartis en quatre catégories :

1° Les foyers à bûches,
2° — à réflecteurs,
3° — à boules,
4° — rayonnants.

1° *Foyers à bûches.*

Au début de l'application du gaz au chauffage des appartements, les constructeurs s'efforcèrent de donner aux appareils l'aspect soit des foyers à feu de bois, dont la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bûche à gaz donne l'illusion, soit des foyers à coke, imités par le foyer à boules.

Les premières bûches à gaz furent fabriquées par M. Bardot, de Lyon. Elles étaient en fonte, simplement percées de petits trous et sans matière rayonnante. Mais, la fonte était sujette à s'oxyder pendant les périodes où l'appareil n'était pas employé et les trous n'avaient plus le débit voulu. Un progrès dans la fabrication de ces foyers à bûches fut le remplacement de la fonte par la terre réfractaire. Enfin, pour augmenter le rayonnement, on imagina d'ajouter des touffes d'amiante disposées de façon que la flamme pût les porter à l'incandescence sans formation de noir de fumée. C'est ainsi que sont faites les bûches à gaz qui se construisent encore aujourd'hui.

Le rendement de ces bûches, simplement posées sur des chenêts, est faible et du même ordre que celui d'un feu de bois ordinaire. Les produits de la combustion entraînent une grande quantité de chaleur dans la cheminée et l'appareil n'agit guère que par rayonnement.

Depuis quelques années, on a rendu les bûches à gaz plus pratiques et l'on a augmenté leur rendement en les plaçant dans un intérieur de cheminée à double enveloppe en tôle formant circulation d'air.

2° *Foyers à réflecteurs.*

Les foyers à réflecteurs sont basés sur un tout autre principe. Dans ces appareils, on utilise la propriété du cylindre parabolique, de renvoyer parallèlement, après réflexion, des rayons émis de la partie supérieure des foyers où se trouve une rampe à gaz à flammes blanches. Le réflecteur est un cylindre parabolique en cuivre poli et ondulé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le plan choisi étant le plan horizontal, ces appareils envoient la chaleur rayonnée à la partie inférieure des pièces à chauffer. Ils comportent des foyers et des calorifères. On place les foyers, soit comme le foyer Siemens, devant les cheminées ; ils ont, dans ce cas, un rendement élevé mais, par contre, ils occupent beaucoup de place, soit, comme pour la plupart des foyers français, dans l'intérieur des cheminées.

Ces appareils ont les inconvénients des appareils à flammes blanches qui exigent des orifices de sortie du gaz de dimensions déterminées pour que la combustion soit complète; ils provoquent, surtout à l'allumage, un dépôt de noir de fumée. On ne peut guère augmenter leur puissance de chauffe qu'en augmentant le nombre des trous de la rampe. La combustion du gaz à flammes blanches exigeant un écartement minimum de ces trous pour que le gaz puisse se trouver en présence de la quantité d'air nécessaire à sa combustion, on voit qu'il faut augmenter la longueur de la rampe à mesure qu'augmente le cube de la pièce à chauffer et qu'à partir d'un certain volume de cette pièce, le foyer ne pourrait plus entrer dans la cheminée destinée à le recevoir.

Foyers Wybauw à récupération. — Une application ingénieuse de la récupération au chauffage au gaz a été effectuée dans le foyer Wybauw. Cet appareil possède un récupérateur formé de trois boîtes ; les produits de la combustion arrivent dans deux de ces boîtes, descendent au bas de l'appareil et remontent dans la troisième boîte pour s'échapper ensuite dans la cheminée. Des briques réfractaires retiennent la chaleur.

A la partie supérieure du récupérateur se trouve un registre automatique, commandé par un ressort dont la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dilatation, agissant sur un levier, ouvre ou ferme plus ou moins le registre et modifie ainsi l'appel d'air.

3° *Foyers à boules.*

Ces foyers présentent l'apparence d'un feu de coke et leur rendement est meilleur que celui des appareils précédents. En effet, la surface rayonnante est de beaucoup augmentée par des boules réfractaires perforées, qui se trouvent portées à l'incandescence par des rampes à flammes bleues. Ils ont cependant l'inconvénient de ne pas chauffer de suite à cause de la quantité importante de matières réfractaires à échauffer avant la mise en action complète ; en outre, on constate souvent une odeur désagréable à l'allumage jusqu'à ce que les boules soient rouges.

Ces appareils, qui ont un bon rendement, comportent des foyers et des calorifères.

4° *Foyers et calorifères rayonnants.*

Les foyers à boules, satisfaisants comme rendement, ont, comme il vient d'être dit, l'inconvénient de ne pas donner un chauffage immédiat. Les foyers à bûches et à réflecteurs, dans lesquels cette condition est réalisée, ont par contre un rendement peu satisfaisant ou deviennent encombrants.

Or, la chaleur recueillie se compose :

1° De la chaleur rayonnée ;

2° De la chaleur transmise par convection ;

3° De la chaleur fournie par transmission par les parois de l'appareil, si la disposition de celui-ci le permet.

La chaleur transmise soit par convection, soit par conductibilité, ne peut l'être que lorsque l'appareil est déjà

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

échauffé et, par conséquent, quelques minutes seulement après la mise en marche de celui-ci.

C'est donc la chaleur rayonnée qui pourra donner seule le chauffage immédiat, dès l'allumage. Les conditions à réaliser sont pour cela :

1° D'avoir une surface rayonnante de faible masse et de faible conductibilité.

Dans les foyers à boules, en effet, le chauffage n'est pas immédiat à cause de la grande masse réfractaire à échauffer.

Dans les premiers foyers rayonnants, où la surface rayonnante était en fonte, le rayonnement n'avait lieu de façon importante que lorsque toute la masse métallique était échauffée. Ces foyers avaient de plus les défauts inhérents à la fonte qui s'oxyde, subit des dilatations importantes sous l'action de la chaleur, et, enfin, possède une certaine fragilité ;

2° D'avoir la plus haute température de flammes possible.

La transmission de chaleur étant d'autant plus rapide que l'écart des températures est plus grand, il y a donc avantage à élever la température des gaz chauds. C'est dans ce but que furent imaginés certains foyers à récupération et à retour de flammes.

La Compagnie Parisienne du Gaz a étudié à son tour la question en s'attachant à suivre les indications fournies par la théorie et par l'expérience.

Dans les foyers construits dans ses Ateliers, les surfaces rayonnantes ont été constituées par des touffes d'amiante supportées par une plaque verticale de terre réfractaire dont les flammes viennent lécher la surface.

L'amiante se trouve ainsi porté à l'incandescence dès l'allumage et le chauffage par rayonnement commence de suite. Le gaz est brûlé, dans ces appareils, à flammes bleues.

L'utilisation de la chaleur entraînée par les produits de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la combustion a toujours été le point important, étudié dans la construction de ces appareils. Dans les premiers, les gaz brûlés suivaient le chemin indiqué par des flèches sur le croquis (voir Pl. XV, fig. 8), et s'écoulaient dans la cheminée, pendant que l'air de la pièce s'échauffait en suivant le chemin indiqué par les flèches et s'échappait par la bouche de chaleur.

En vue d'augmenter le plus possible les surfaces de contact entre les gaz chauds et l'air froid, on avait muni d'ailettes la boîte des fumées. Ce procédé, de construction peu pratique, a été abandonné et actuellement les gaz brûlés, après avoir contourné la plaque de terre réfractaire, viennent se détendre dans une sorte de boîte à fumée en tôle mince autour de laquelle circule l'air à échauffer, et, de là, s'échappent dans la cheminée (voir Pl. XV, fig. 8, la coupe du Foyer rayonnant N° 2).

Les foyers de la Compagnie se rapportent à 3 types différents :

1° Les foyers rayonnants ordinaires;

2° Les foyers demi-circulaires;

3° Les calorifères circulaires rayonnants.

Les résultats des essais faits sur un certain nombre de ces foyers sont indiqués dans le tableau d'autre part (page 917).

Ces essais ont été faits *sans cheminée* c'est-à-dire sans tirage, les gaz brûlés se dégageant simplement dans l'atmosphère, au moyen d'une buse en tôle, de m 1,50 de hauteur. L'emplacement des appareils et les diverses conditions d'essai étant identiques dans chaque cas, ce tableau donne une comparaison des *rendements* absolus. Ce sont des chiffres *théoriques* qui montrent si un appareil est meilleur qu'un autre au point de vue de la circulation intérieure des gaz chauds : ils peuvent donc servir de guide au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DÉSIGNATION de l'appareil	DATE des essais.	Consommation horaire	PRESSION		TEMPÉRATURE			Vitesse des fumées	VOLUME HORAIRE des fumées dans la cheminée en tôle		Chaleur produite	Chaleur perdue	Rendement 0/0
			du gaz	atmosphériq.	Extérieure	dans la pièce	dans la cheminée en tôle		à T°	à 0°			
			mm			degrés	degrés		mc				p. cent
Foyer rayonnant N° 1, pans coupés	Mars 1894..	562,5	20	»	»	20	148	2,15	21,887	14,18	2.981	562	81
		720	30	»	»	20	176	2,40	24,432	14,84	3.816	717	81
		837,14	40	»	»	16	190	2,57	26,163	15,39	4.543	830	82
		972,97	50	»	»	18	204	2,88	29,318	16,75	5.157	950	81
Foyer 1/2 circulaire	Avril 1894.	318,58	20	»	»	15	120	1,50	15,270	10,6	1.688	326	80
		375	30	»	»	16	130	1,50	15,88	10,7	1.988	354	82
		401,64	40	»	»	17	140	1,65	16,80	11	2.447	420	82
		537,31	50	»	»	16	153	1,74	17,713	11	2.848	468	83
Calorifère circulaire rayonnant, N° 1	Avril 1894..	860	20	763	22	30,5	77	0,615	200	155	4.618	2.232	51
		1090	30	767	18	33,5	89	0,620	201	151	5.777	2.598	55
		1250	40	763	12	32	92	0,730	236	176	6.625	3.274	50
		1440	50	755	20	32,5	93	0,690	223	166	7.632	3.084	68

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

constructeur, mais ils sont très différents du rendement *pratique* du même appareil placé dans une cheminée d'appartement.

Le tirage inhérent à ces cheminées change, en effet, les conditions d'utilisation de la chaleur. Il est clair, par exemple, que dans une pièce avec cheminée, les foyers rayonnants, placés à l'intérieur de la cheminée, ont un rendement inférieur aux chiffres du tableau ci-contre (on l'a vu précédemment). Quant aux calorifères, ils ont, au contraire, un rendement qui se rapproche de celui du tableau, qui peut même le dépasser à cause de la longueur des tuyaux de fumée, raccordant l'appareil à la cheminée, longueur qui peut souvent dépasser celle qui a été prise dans l'essai relatif au tableau.

On s'est servi, pour ces mesures, de l'anémomètre donnant, par un calcul simple, le volume des gaz chauds dans chaque cas.

Réglage de la température des locaux chauffés par le gaz.

L'examen précédent des divers genres d'appareils de chauffage par le gaz montre les réels progrès réalisés dans leur construction depuis plusieurs années.

Il est inutile de rappeler ici les avantages si nombreux de ce mode de chauffage dont le principal est la facilité de réglage. On a essayé de mettre à profit cet avantage par l'emploi de régulateurs de chaleur, agissant sur le robinet de fermeture, dès que la température atteint une valeur fixée à l'avance.

Dans ces conditions, la dépense de gaz pourrait être réduite à la quantité strictement nécessaire pour compenser la chaleur perdue; elle pourrait ainsi être sensiblement réduite. De plus, on aurait l'avantage de ne pas avoir plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de chaleur qu'on n'en désire et d'éviter les à-coups qui se produisent inévitablement avec un combustible que l'on brûle par charges successives. On ne décrira ci-après que deux Régulateurs essayés au Laboratoire de la Compagnie.

Un appareil de ce genre, imaginé par le docteur Roux, est basé sur la dilatation des solides. Un fer à cheval bimétallique, plongé dans l'enceinte où l'on veut maintenir la constance de la température, se dilate ou se contracte et, par un système de leviers, vient ouvrir ou fermer l'admission du gaz. Les résultats ont été satisfaisants mais l'emploi de ce régulateur est limité au chauffage d'enceintes de faible volume, telles que des étuves, des autoclaves, etc., à cause des dimensions exagérées qu'il acquiert quand on veut l'employer pour de grands espaces.

En janvier 1899, un nouvel appareil beaucoup plus pratique a été essayé. Ce régulateur, présenté par M. Dorian, utilise la dilatation de l'alcool éthylique. L'alcool contenu dans un réservoir filiforme provoque, à l'aide d'une membrane, le déplacement d'une colonne de mercure qui agit sur la soupape d'admission par l'intermédiaire d'un tube en caoutchouc.

Cet appareil a donné de bons résultats. Une modification à la soupape d'admission a permis de l'employer pour les foyers dans lesquels le gaz brûle à flammes bleues sans crainte de prises à l'injecteur; il y a lieu de considérer que cet appareil rend l'emploi du gaz économique, même pour un chauffage continu. C'est donc un instrument intéressant, au point de vue de l'économie à réaliser dans l'emploi des combustibles gazeux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Exposition des appareils de la Compagnie Parisienne du Gaz dans la Classe 74.

La Compagnie a exposé dans cette Classe, à l'intérieur d'un Pavillon formant annexe du Palais des Armées de Terre et de Mer, sur le quai d'Orsay, des appareils de chauffage au gaz de ses modèles, ainsi que la plupart des appareils de laboratoire dont il a été question dans la présente Notice.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Préliminaires	890
Laboratoire d'essais des appareils à gaz	891
Essais des appareils de chauffage	893
I. Vérification des conditions hygiéniques de construction des appareils (dosage de l'acide carbonique dans la pièce)	893
II. Vérification de la combustion complète et totale du gaz (recherche des traces d'oxyde de carbone)	895
III. Détermination du rendement calorifique des appareils : (Q=A+B+C+P)	898
a. Détermination du nombre de calories perdues : (P)	899
1° détermination du volume des gaz brûlés d'après la proportion de vapeur d'eau qu'ils contiennent	900
2° détermination des volumes de gaz brûlés d'après la proportion d'acide carbonique qu'ils contiennent	901
b. Nombre de calories fournies par la bouche de chaleur (A)	905
c. Mesure de la chaleur rayonnée (B)	906
d. Nombre de calories fournies par les parois à l'air ambiant (C)	908
III bis. Détermination simplifiée du rendement calorifique d'un appareil au moyen de l'anémomètre	908
Remarque sur les variations du rendement avec le tirage	909
IV. Vérification pratique du bon fonctionnement de l'appareil en usage	910
Énumération de quelques foyers et calorifères employés pour le chauffage au gaz	911
Réglage de la température des locaux chauffés par le gaz	918
Exposition des appareils de la Cie Parisienne du Gaz dans la Classe 74	920

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3° CUISINE AU GAZ

ETUDE ET CONSTRUCTION DES APPAREILS DE CUISINE AU GAZ DANS LES ATELIERS DE LA COMPAGNIE PARISIENNE DU GAZ.

Applications à Paris et à l'Exposition Universelle de 1900.

Les applications du gaz à la cuisine sont aujourd'hui connues de tout le monde; il n'y a pas un ménage qui n'apprécie les avantages du petit fourneau à deux feux, répandu chez 315.000 abonnés à Paris. Mais, ce qui échappe au grand Public, ce sont les installations importantes faites dans les restaurants, qui vont chaque jour en augmentant et dans lesquelles l'application du gaz prend les formes les plus variées. La Compagnie Parisienne du Gaz, a fait, depuis 1889, comme on pourra le voir dans l'historique, page 927, d'importants efforts dans chacune de ces voies : cuisine bourgeoise et cuisine des restaurants (qui comprend aussi la cuisine des hôtels, grandes écoles, hôpitaux, etc.). Son but a été d'aider les constructeurs dans la recherche des meilleurs appareils, en mettant au service de l'industrie tout entière les moyens dont elle dispose pour les études de ce genre.

Les essais ont été nombreux; ce n'est pas du premier coup qu'on est arrivé aux types définitifs. La Compagnie a été aidée dans ses recherches par des spécialistes, tels que MM. Driessens, Colombié, etc. La mise en service chez les grands restaurateurs, qui, comme M. Paillard, le Grand-Hôtel, Ritz-Hôtel, etc., ont consenti à les essayer les premiers, lui a révélé des défauts qu'elle s'est empressée de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

corriger. Aujourd'hui, elle a pu montrer, dans un grand nombre d'établissements de l'Exposition Universelle de 1900, des appareils dont le service ne laisse rien à désirer.

Elle sera heureuse de voir reproduire ces types par les constructeurs qui mettront ainsi le public à même de profiter de ses travaux, dans une plus large mesure qu'elle ne pourrait le faire elle-même.

Considérations générales.

D'une manière générale, la cuisson des aliments se rapporte, au point de vue du chauffage, à trois procédés bien distincts :

1° La cuisson dans la marmite ou dans la casserole;

2° La cuisson au feu direct;

3° La cuisson au four.

Le premier procédé s'applique aux viandes bouillies ou sautées, aux fritures, aux légumes; le deuxième, aux viandes rôties, aux poissons grillés; le troisième aux viandes rôties, aux plats au gratin, à la pâtisserie.

Le gaz convient également bien à chacun de ces modes de cuisson :

1° Le brûleur à gaz à couronne varie de dimension et de consommation, suivant la capacité des casseroles qu'il doit chauffer : dans tous les cas, on arrive avec le gaz à cuire avec une plus grande rapidité de chauffage qu'avec le charbon;

2° Le feu direct, sous forme de rampe à gaz, remplace avantageusement le bois ou la braise;

3° Le four à double enveloppe, chauffé par les produits de combustion du gaz, se présente avec une uniformité de température bien supérieure à celle du four à charbon.

En principe, il n'y a donc pas de services auxquels le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gaz ne puisse s'appliquer, même dans les besoins les plus complexes d'un grand restaurant : l'expérience confirme d'ailleurs cette vérité, comme on le verra par la description des appareils construits par la Compagnie.

Au point de vue théorique, la combustion du gaz, appliquée à la cuisine, se présente sous deux aspects : *la flamme blanche* et *la flamme bleue.* La flamme blanche, c'est la flamme éclairante, sans mélange préalable d'air ; la flamme bleue, c'est la flamme non éclairante avec mélange préalable d'air. Des discussions nombreuses ont eu lieu sur les avantages calorifiques de l'un ou l'autre de ces modes de combustion, sans qu'aucune conclusion bien nette s'en dégage. Des essais au pyromètre Le Châtelier ont donné des températures peu différentes avec les flammes bleues ou blanches. Aujourd'hui, la tendance est à employer presque exclusivement pour les grands appareils la flamme bleue (c'est le cas pour les appareils construits par la Compagnie) dont les avantages indiscutables sont les suivants :

1° Elle ne produit pas de noir de fumée ;

2° Les injecteurs à gaz des rampes de flammes bleues peuvent être placés à distance des points où la combustion s'opère ; il y a donc moins de danger d'encrassement.

Au point de vue de la transmission de la chaleur, on appréciait autrefois la flamme blanche pour les grillades, parce qu'elle peut être *plus longue* que la flamme bleue : pour une même consommation, la rampe à flammes blanches présente une surface en ignition bien plus grande qu'une rampe à flammes bleues. On arrive, néanmoins, à obtenir un résultat, même meilleur, avec les flammes bleues, en se servant de ces flammes non seulement pour rayonner directement la chaleur, mais aussi pour échauffer une paroi en terre réfractaire ou en fonte, qui rayonne à son tour.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Appareils employés dans la cuisine bourgeoise.

Dans la cuisine bourgeoise, on emploie surtout le type du fourneau gratuit de la Compagnie parisienne du Gaz qui comporte deux feux et une rampe horizontale, avec lèchefrite permettant de rôtir une petite pièce de viande. 315.000 appareils de ce genre sont en service à Paris, prêtés gratuitement par la Compagnie à ses abonnés. On emploie aussi des rôtissoires de petites dimensions, des fours à pâtisserie, etc.

Dans les appareils de cuisine bourgeoise, les brûleurs à feu direct sont toujours à flammes bleues, mais dans les rampes, ils sont plutôt à flammes blanches. La rampe à flammes blanches est d'une construction plus simple pour les appareils qui doivent être de prix modeste.

Appareils des restaurants et des grands établissements.

Avant de passer en revue les différents types créés depuis plusieurs années par la Compagnie pour aider au développement de la cuisine au gaz, il convient de donner une nomenclature des principaux appareils qui sont utilisés dans les cuisines des grands restaurants :

1° Le grand fourneau appelé : *saucier-entremettier*, est la pièce capitale du restaurant. C'est la grande table en fonte, de 3 à 4 mètres, ou même davantage, de longueur, placée au milieu de la cuisine ou contre le mur, autour de laquelle travaillent les cuisiniers. Elle est destinée à la cuisson des aliments placés dans des casseroles ou des marmites, de plus ou moins grandes dimensions, bouillons, jus, ragoûts, etc. Toute la surface de la table est chaude, elle est même portée au rouge à l'endroit des feux (quand il s'agit d'un fourneau à charbon) sur laquelle se font directement les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cuissons rapides. Toute la surface est horizontale de manière que les casseroles, même les plus lourdes, puissent glisser facilement sur la table. Entre les feux, sont placés dans les parties basses du fourneau, les fours à rôtir munis de portes. Enfin, pour le fourneau à charbon, il y a dans le corps même du fourneau, des réservoirs en cuivre où l'eau s'échauffe, ce qui permet aux cuisiniers de prendre continuellement de l'eau chaude aux robinets placés soit au-dessus du fourneau, soit sur les côtés. Avec le gaz, le chauffage de l'eau nécessaire à la cuisine se fait comme il vient d'être expliqué, ou bien dans des réservoirs placés au-dessus du fourneau ;

2° Les appareils à *fritures :* ce sont des appareils destinés au chauffage de grandes quantités de graisse, dans des récipients placés assez bas pour pouvoir y plonger continuellement de grandes cuillères ;

3° Les rôtissoires destinées à *rôtir* les viandes, qui ne doivent pas cuire dans leur jus ; ces viandes sont présentées devant des feux de bois, de charbon ou de gaz, au moyen de tourne-broches manœuvrés en général automatiquement, par des ressorts à contre-poids ;

4° Les *gridlades*, destinées à chauffer très rapidement, pour saisir la viande, les côtelettes, bifteacks, etc., qui doivent perdre le moins de jus possible. Ce qui convient le mieux dans le cas du charbon, c'est le feu de braise au-dessus duquel on place un gril horizontal, les fumées étant absorbées par une hotte à grand tirage. On verra que des appareils à gaz récents remplissent absolument le même office ;

5° Les *salamandres* destinées à *glacer* la surface des viandes ;

6° Les *plonges*, grands bacs à eau chaude, pour le nettoyage de la vaisselle, de la batterie de cuisine, etc.;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

7° Les *tables chaudes* et *étuves* pour conserver au chaud les plats avant qu'ils soient servis aux clients ;

8° Les *marmites basculantes*, employées surtout dans les grands établissements où l'on fait de la cuisine pour un très grand nombre de personnes à la fois, servent à cuire, par exemple, 1 200 de bouillon. Pour pouvoir les manœuvrer facilement, elles sont montées sur un axe horizontal autour duquel on les fait basculer sans aucun effort. Jusqu'à ces derniers temps, elles étaient surtout chauffées à la vapeur ; le gaz convient à merveille pour ce genre d'appareils ;

9° Les *fourneaux d'office*, placés en dehors des cuisines, servant à faire le café, le lait, dans des copettes en porcelaine ;

10° Les rôtissoires pour rôties de pains ; ce sont des appareils analogues aux salamandres.

On arrêtera ici cette nomenclature, qui contient les appareils les plus répandus, mais, dans chaque cas particulier, il peut y avoir des appareils spéciaux.

Historique de la construction des appareils de cuisine à la Compagnie Parisienne du Gaz.

Jusque vers 1893, on n'avait guère fait à Paris, en vue de la grande cuisine, que quelques essais d'appareils à gaz peu importants : c'était surtout des appareils à rôtir dans lesquels on employait les flammes blanches. A cette époque, la Compagnie entreprit la construction d'un grand fourneau de cuisine pour rôtisseur ; cet appareil, avec lequel il a été fait un grand nombre de démonstrations pratiques de l'emploi du gaz dans les restaurants, assure maintenant le service de la cuisine d'un grand casino sur une des principales plages étrangères du Nord. Cet appa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

reil présentait une intéressante particularité, qui était la suppression totale de l'emploi des broches et leur remplacement par un gril sur lequel on plaçait la pièce à cuire ; sous ce gril, était disposée une cuvette destinée à recevoir les jus des viandes ; ce système, suivant l'avis de quelques cuisiniers, présentait le grand avantage d'éviter de transpercer la viande avec une broche et avait comme

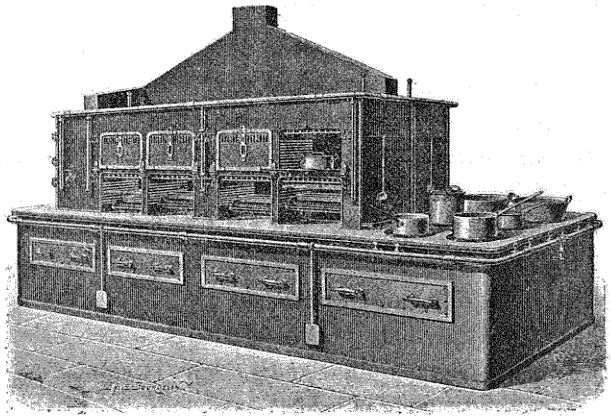


Fig. 1. — Fourneaux de cuisine au gaz pour restaurants, en service depuis 1894.

conséquence une moins grande perte de jus, mais il obligeait les cuisiniers à tourner à la main les rôtis ; c'est également dans cet appareil que les parois des rôtissoires et des fours étaient faites au moyen de plaques de terre réfractaire et que les produits de combustion étaient utilisés au chauffage de l'eau nécessaire au service de la cuisine. Un tuyau de dégagement enlevait non seulement les produits de combustion mais également l'odeur de la cuisine.

Ce fourneau, construit pour être placé au milieu d'une cuisine, présentait des dimensions qui n'avaient pas encore été atteintes pour un fourneau de cuisine au gaz; il avait une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

profondeur de m 1,49, la longueur totale était de m 4,50, dont m 1,20 dans la partie des brûleurs et m 3,30 dans la partie des rôtissoires et grillades.

Un réservoir d'eau d'une contenance de l 150, était placé entre les rôtissoires et le tuyau de dégagement ; cette eau était chauffée par les produits de combustion des rampes, dont la circulation était assurée au moyen de chicanes ; un robinet placé de chaque côté du fourneau permettait de tirer l'eau chaude ; une bâche avec robinet automatique à flotteur assurait le renouvellement de l'eau dans le réservoir, suivant la consommation.

Ce fourneau montre donc deux progrès importants dans la fabrication des appareils de cuisine au gaz :

1° Concentration de la chaleur dans les rôtissoires et les fours au moyen de parois en terre réfractaire ;

2° Utilisation pratique des produits de combustion pour le chauffage de l'eau.

La Compagnie construisit ensuite une série de grillades et rôtissoires ; quelques-uns de ces appareils furent munis de brûleurs à couronnes, destinés soit au flambage des volailles, soit au dépouillement des sauces, soit à la cuisson des bouillons. Elle entreprit également la construction des fourneaux d'office, des étuves chauffe-assiettes, des fourneaux à fritures, des fours à pâtisserie, des bacs à eau de vaisselle, en un mot, des appareils accessoires de cuisine.

Rôtissoires de grandes dimensions. — En 1898, la Compagnie est entrée dans la période de l'application exclusive du gaz à la cuisine des restaurants ou des grands établissements publics ou privés.

Le début de cette période fut marqué par la construction d'une *grande rôtissoire double*, actuellement en service à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'École Polytechnique. Avant sa réception définitive, elle fut mise en parallèle avec une rôtissoire au bois, ce qui permit d'obtenir les résultats comparatifs ci-après :

Poids moyen de la viande, avant cuisson.....	kg	77,75
— — après cuisson.....	kg	62,07
Durée de la cuisson.....	kg	1 heure 25
Dépense de gaz.....	m c	21,810
Dépense en argent, à fr 0 30 le m c de gaz...	fr	6,54

Pour 1 Kilogr. de viande il est consommé 0^{m3},280 de gaz.

La comparaison avec l'ancien mode de chauffage au bois s'établit ainsi :

Dépense de bois.....	fr	11 50
Déperdition de la viande après cuisson avec le bois		30 0/0
— — — avec le gaz...		20 0/0

On peut cuire à la fois 64 gigots ou 100 poulets ou 250 côtelettes.

Les broches sont actionnées par un mouvement d'horlogerie qui se remonte au moyen d'un contre-poids.

La rôtissoire comporte exclusivement des rampes à flammes bleues.

Dans chaque corps de l'appareil il y a 2 compartiments dans lesquels on peut faire indistinctement, par une transposition de broches ou de grils, des rôtis ou des grillades. Les grils sont repliés sur eux-mêmes de manière à former, en réalité, un double gril et les viandes sont prises et serrées entre ces deux grils; comme il n'y a de gaz que sur le plafond supérieur de chaque compartiment, il faut pouvoir retourner de temps en temps le double gril. A cet effet, il est monté sur un axe qui se place dans une fourchette contre chacune des parois du compartiment. Les fourchettes peuvent coulisser le long de ces parois au moyen de 2 poignées que le cuisinier tire à lui chaque fois qu'il veut retourner les grils.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Une *rôtissoire de dimensions encore supérieures* a été construite en 1899 pour les *Grands Magasins du Bon Marché;* elle a une longueur de m 4,25, une profondeur de m 0,800, une hauteur de m 1,65. On peut y faire rôtir 650 *côtelettes à la fois* et elle assure le service de 5,300 personnes.

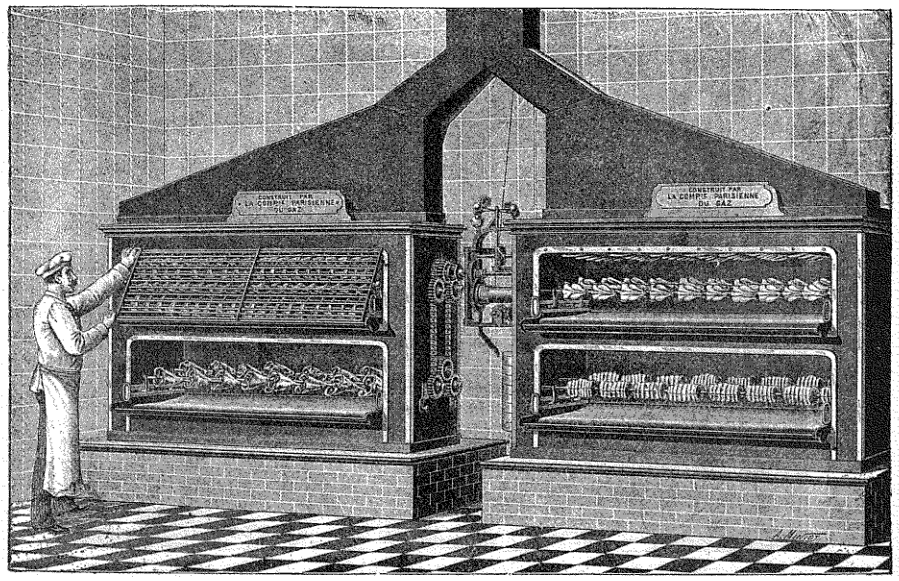


Fig. 2. — Rôtissoire à gaz avec salamandres doubles, mise en service à l'École Polytechnique, 21, rue Descartes, en octobre 1898, et pouvant rôtir à la fois 64 gigots ou 100 poulets ou 250 côtelettes.

Les dessins de la planche n° XV, en donnent une vue d'ensemble et des coupes. La consommation de gaz est *en moyenne* de : 168 litres pour 1 Kilogr. de côtelettes,

ou 35 — — 1 côtelette ;
et de 200 — — 1 Kilogr. de biftecks.
ou 30 — — 1 bifteck.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Salamandres et Grillades. — Comme appareils de dimensions plus réduites et destinés surtout aux grillades, la Compagnie entreprit simultanément deux appareils qu'il convient de signaler :

1° La Salamandre,

2° La Grillade-Braisière.

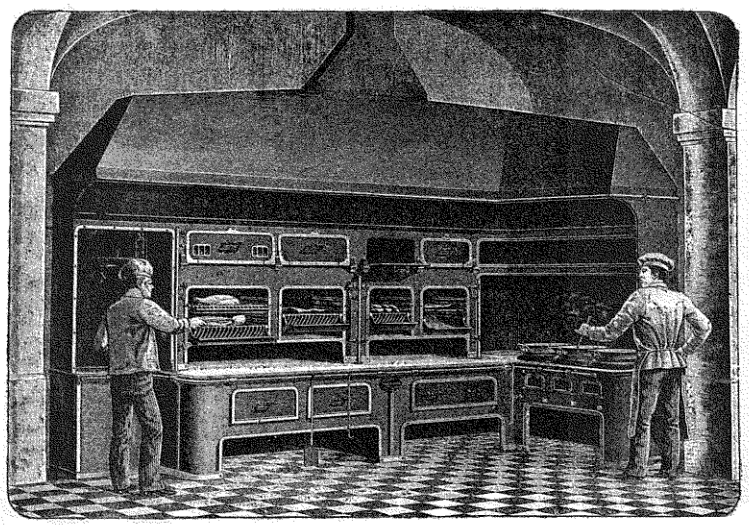


Fig. 3. — Fourneau de cuisine au gaz pour restaurants, en service depuis 1896.

La *Salamandre* comporte un plafond de fonte analogue à celui des rôtissoires et chauffé, comme pour les rôtissoires, par une rangée de rampes à flammes bleues, très rapprochées. Dans les appareils qui ne sont destinés qu'aux rôtis, le chauffage se fait par rampes disposées longitudinalement (parallèlement à la direction des broches); pour les grillades, au contraire, où la viande doit être saisie très rapidement, les rampes sont disposées perpendiculairement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au fond de l'appareil (perpendiculairement à la direction des broches).

Le plafond de la salamandre est en fonte, ou en terre réfractaire simple, ou en terre réfractaire garnie de touffes d'amiante.

La Salamandre sert beaucoup au *glaçage des viandes*, à la confection des rôties de pain; les rampes sont sectionnées et commandées par plusieurs robinets.

La *Grillade-Braisière* (voir ci-contre fig. 4, page 934 et planche n°XVI) est au point de vue des grillades, très appréciée par les cuisiniers. Ici, le chauffage de la viande se fait par-dessous, le gril étant disposé sous les yeux du cuisinier, exactement comme dans le chauffage à la braise. Le charbon est seulement remplacé par un matelas en terre réfractaire, en menus morceaux, qui sont portés au rouge par les rampes à gaz placées dessous. Ces fragments de terre réfractaire sont simplement posés dans un coffre en terre réfractaire, dont le fond est percé de trous pour le passage des flammes; ils se remplacent donc avec la plus grande facilité.

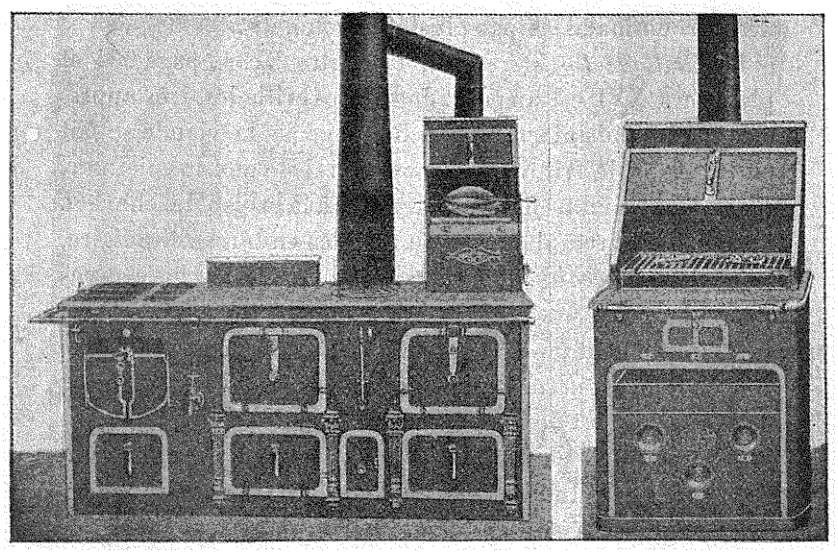
Deux robinets permettent de faire rougir à volonté le milieu seul ou la totalité du matelas de terre réfractaire; l'allumage est assuré par une veilleuse permanente à laquelle on a accès au moyen d'un orifice ménagé dans la devanture de l'appareil.

La Compagnie construit un appareil analogue mais de dimensions plus réduites pour les cuisines ménagères. Dans ce petit modèle, il y a de plus une rampe à la partie supérieure, commandée par un robinet spécial. Quand on veut faire un rôti à la broche, on se sert de cette rampe et on remplace cette braise artificielle contenue dans la caisse mobile par une lèche-frite. Le remplacement se fait simplement comme s'il s'agissait de tirer un tiroir dans une armoire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fourneaux complets pour cuisines et restaurants
(Fig. 1 à 7, pl. n° XVI.)

L'application du gaz à la rôtisserie et aux grillades est donc absolument entrée dans la pratique, grâce aux types que nous avons décrits ; le dernier pas qui restait à franchir (et l'Exposition de 1900 aura été sans doute l'occasion d'y



Grillade-ménagère disposée sur un fourneau existant. Grillade de restaurant avec avant-corps.

Fig. 4. — Grillades-braisières au gaz.

parvenir dans un grand nombre de cas) était la création du grand fourneau pouvant remplacer le fourneau à charbon celui qu'on désigne sous le nom de « saucier-entremettier » dans les restaurants.

Le fourneau à charbon est constitué, comme on l'a déjà dit, par une grande table en fonte, absolument plane, comportant un certain nombre de rondelles concentriques mobiles, portées au rouge par le chauffage direct des foyers

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur lesquels elles sont placées. Pour amener à l'ébullition les grandes marmites qui contiennent les bouillons et les jus, on les place d'abord sur ces rondelles absolument rouges, puis, quand l'ébullition est atteinte, on les repousse un peu plus loin sur le fourneau, à un endroit qui est encore assez chaud pour entretenir l'ébullition. Entre les bouches de chaleur, sont placés les fours à rôtir, dans la partie basse du fourneau.

Avec le gaz, il fallait obtenir de même :

1° Les feux puissants pour l'ébullition des grosses marmites ;

2° Les plaques chaudes pour entretenir cette ébullition.

Il fallait, de plus, que la surface du fourneau fût partout absolument plane de manière à pouvoir pousser facilement, les casseroles, sans les soulever.

La Compagnie a réalisé ce service au moyen :

1° De gros brûleurs à 3 couronnes, de 40 centimètres de diamètre placés sous des grils en croix de Saint-André, affleurant le niveau du fourneau ; à côté de ces gros brûleurs, on en place généralement de plus petits pour le petites casseroles ;

2° De plaques chaudes intercalées entre les gros brûleurs et chauffées par dessous au moyen des chaleurs perdues des fours.

Le four ordinaire des fourneaux à charbon se trouve, en effet, reconstitué dans ces appareils. Les cuisiniers ont l'habitude de ces fours ; malgré l'obligation de se baisser pour retirer les plats, ils les préfèrent souvent aux rôtissoires. Les fourneaux de restaurants, construits par la Compagnie comportent des fours ayant des dimensions égales et même supérieures à celles des fourneaux à charbon. Les fours sont chauffés en haut et en bas : en haut, au moyen de rampes à flammes bleues, formant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plafond ; en bas, au moyen d'une rampe placée sous la sole du four; au-dessus des rampes du plafond sont disposées des plaques de fonte munies de nervures et perforées d'un grand nombre de trous, placés juste au-dessus de chaque flamme. Les flammes traversent les trous de la plaque et circulent ensuite, avant de se rendre à la cheminée, entre cette plaque perforée et la plaque chaude qui forme le dessus du fourneau. De plus, grâce au guidage des flammes, on peut impunément ouvrir et fermer, même avec brusquerie, les portes du four, sans éteindre aucune flamme.

Il convient d'ajouter que les flammes perdues des rampes, après avoir circulé sous les plaques chaudes, se rendent à la cheminée en enveloppant sur leur parcours un grand réservoir d'eau de capacité suffisante pour satisfaire aux besoins d'eau chaude d'un grand service.

Au-dessus du fourneau est placée une hotte qui recueille toutes les odeurs en même temps que les gaz brûlés et conduit le tout à la cheminée; le réservoir d'eau est donc placé dans la hotte même.

On remarquera que, dans ces appareils, tous les robinets sont manœuvrés ou dirigés par une lettre correspondant au brûleur ou à la rampe qu'ils commandent. De cette manière, il n'y a pas d'erreur possible. Il y a, de plus, partout des veilleuses permanentes; enfin, les robinets sont dans des cuvettes encastrées dans les parois des fourneaux de manière que les cuisiniers ne puissent les déranger en passant devant.

Marmites basculantes. — Dans les cuisines des établissements à grand débit, comme les hôtels, les bouillons genre Duval, etc., on opère la cuisson des bouillons dans de grandes marmites de l 200 par exemple, chauffées le plus souvent à la vapeur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La Compagnie a créé, pour les établissements du Panorama du Tour du Monde, à l'Exposition de 1900, des marmites basculantes chauffées au gaz. (Voir planche n° XVI, fig. 8 à 10 et fig. 14).

Ces marmites sont chauffées par des brûleurs circulaires placés au-dessous et dans une enveloppe fixe. Le corps de la marmite avec son enveloppe (les gaz chauds circulent entre deux enveloppes) est mobile au moyen d'un levier et d'un contrepoids. Le renversement se fait complètement avec une facilité remarquable : quand on ramène la marmite dans sa position verticale, la double enveloppe se présente d'elle-même devant le tuyau fixe de dégagement des fumées.

Liste de quelques établissements où fonctionnent des appareils de cuisine au gaz construits par la Compagnie Parisienne du Gaz.

1° *Etablissements de l'interieur de Paris :*

École Polytechnique, rue Descartes, 21.
Fouquet's Bar, avenue des Champs-Elysées, 99.
Restaurant Paillard, rue de la Chaussée-d'Antin, 2.
Restaurant Paillard, aux Champs-Élysées.
Restaurant Maire, boulevard de Strasbourg, 1.
Restaurant de Vichy, boulevard Montmartre, 8.
Restaurant Drouant, rue Gaillon, 18.
Restaurant Drouant, rue de Dunkerque, 33.
Dîner Français, boulevard des Italiens, 27.
Restaurant Blottier, rue d'Amsterdam, 2.
Maison Dorée, boulevard des Italiens, 20.
Hôtel Terminus, gare Saint-Lazare.
Hôtel Terminus, gare d'Orléans.
Grand-Hôtel, boulevard des Capucines, 12.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Hôtel de Londres, rue de Castiglione, 5.
Hôtel Ritz, place Vendôme, 15.
Palace-Hôtel, avenue des Champs-Élysées, 111-113.
Taverne Maxim's, rue Royale, 3.
Café de Paris, avenue de l'Opéra, 31.
Café Cardinal, boulevard des Italiens, 1.
Café des Arcades, place de la Bourse, 11.

Fig. 5. — Rôtissoire à gaz avec salamandres doubles construite par la Compagnie Parisienne du gaz, Restaurant Fouquet, 99, avenue des Champs-Élysées.

Café de France, boulevard Saint-Denis, 9.
Café de la Rotonde, boulevard Haussmann, 31 *bis*.
Ecole Commerciale, avenue Trudaine, 39.
Ecole Municipale professionnelle, rue Ganneron, 26.
École Edgar-Quinet, rue des Martyrs, 63.
Hôpital militaire du Val-de-Grâce.
Hôpital municipal de Saint-Denis.
Grands Magasins du Bon Marché, rue de Sèvres etc..etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les divers établissements indiqués d'autre part, on fera une mention spéciale du restaurant Fouquet (Fouquet's bar) 99, avenue des Champs-Élysées, qui a installé une rôtissoire à gaz dans la salle même du public ; le fonctionnement de cet appareil intéresse les consommateurs sans qu'ils soient gênés par la température ou l'odeur des mets, grâce à une excellente ventilation.

2° *Établissements de l'intérieur de l'Exposition Universelle de 1900 :*

A. — Installations partielles de cuisines :

5 Restaurants de la Tour de 300 mètres, au Champ-de-Mars,

Pâtissier-glacier du Palais du Costume, au Champ-de-Mars,

Four à pâtisserie, à l'Exposition spéciale de boulangerie, au Champ-de-Mars,

Restaurant d'Iéna (voyages animés), quai de Billy,

Restaurant Roumain, berges de la Seine,

Village Suisse, avenue de Suffren.

Etc.

B. — Installations complètes de cuisines :

Restaurant Viennois, à l'Esplanade des Invalides,

Restaurant du Pavillon de la Norvège, berges de la Seine,

Restaurant du Palais des Mines, au Champ-de-Mars,

Restaurants du Panorama du Tour du Monde, (restaurant Boulant et brasserie Vetzel), au Champ-de-Mars,

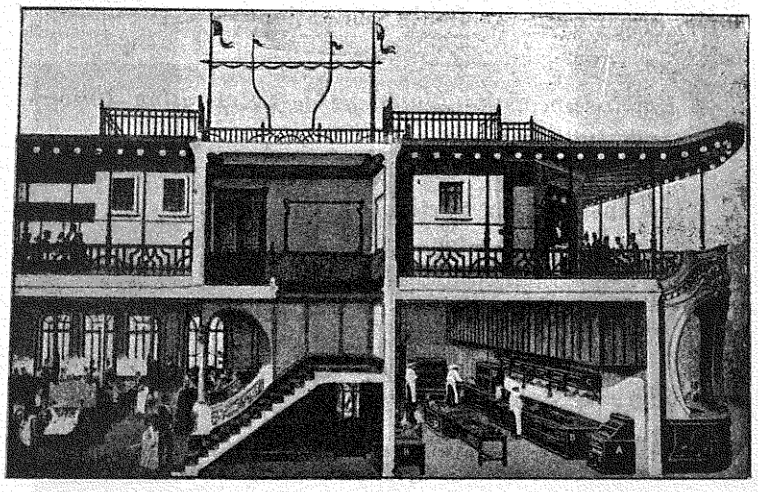
Restaurant du Congo, au Trocadéro,

Restaurant Américain, au Champ-de-Mars.

Le service dans tous ces restaurants n'a présenté aucune

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

difficulté, malgré des changements fréquents de personnel, qui s'est toujours familiarisé de suite avec l'emploi des appareils à gaz. Ces fourneaux ont assuré un service très chargé parfois, sans exiger de réparations et avec un entretien minime.



A — Grillade-braisière au gaz.
B — Grand fourneau à 4 fours à gaz.
C — Etuves et réservoir d'eau.
D — Grillades,
E — Friturerie.
F — Rôtissoires.
G — Table chaude et étuve.
H — Plonge de vaisselle.

Fig. 6. — Exposition Universelle de 1900. — Restaurant Viennois, à l'Esplanade des Invalides.

On peut indiquer comme type d'une installation complète de cuisine celle qui a été effectuée dans les restaurants du Panorama du Tour du Monde et qui est représentée sur la planche XVI, fig. 14.

Cette installation comprend actuellement :

2 Fourneaux de cuisine de m 5,900 × m 0,950 chacun, comprenant 3 fours de 650 × 320; 2 étuves de 610 × 500, profondeur 700 ; 4 grands brûleurs et 8 brûleurs ordinaires.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2 Grillades doubles hauteur m 1,400, largeur m 1,440, profondeur 800, avec 2 braisières dont un gril de 750 et un gril de 500.

2 Rôtissoires à 3 fours hauteur m 1,400, largeur m 1,580, profondeur 800, comprenant 1 four de m 1 × m 0,300 et m 0,420 de profondeur dans le haut; 2 fours de m 0,650 × m 0,320, profondeur m 0,700.

1 Fourneau à bain-marie pour légumes de m 3,250 × m 0,700, hauteur 800, comprenant 2 bains-marie pour 2 × 4 bassines de m 0,220; table chaude au milieu.

1 Fourneau à bain-marie pour potages de m 2,700 × 700, hauteur 800; bain-marie m 2 × 440 pour 4 bassines de 300 et 4 copettes; 2 brûleurs ordinaires à droite.

2 Fourneaux d'office de m 2 × 500, hauteur 800; bain-marie avec 4 copettes, 2 brûleurs, une table chaude.

2 Fourneaux d'office de m 1,500 × 500, hauteur 800; bain-marie avec 4 copettes, 3 brûleurs.

1 Fourneau à friture de m 2,600 × 750 avec 4 marmites à friture; étuve au milieu de 520 × 750, hauteur 580.

1 Fourneau à friture de m 2,000 × 700 avec 3 marmites à friture; étuve à droite de 480 × 680, hauteur 560.

7 Plonges dont 2 à 3 bacs de l 115 : 3 à 2 bacs de l 140 : 1 à 3 bacs de l 155 et 1 à 3 bacs de l 170.

3 Chauffe-assiettes, dont 1 de m 2 sur m 0,600, hauteur de m 1,800 et 2 de m 1,200 sur m 0,600, hauteur m 1,800.

4 Tables chaudes dont 1 de m 1,500 × m 0,700, 1 de m 2,500 sur m 0,800, 1 de m 0,600 sur m 0,800, 1 de m 0,550 sur m 0,800.

1 Table chaude de m 1,500 sur m 0,550, 1 brûleur pour 1 marmite, 1 bain-marie pour bassines, 1 de m 0,400 et 2 de m 0,250 de diamètre.

3 Marmites basculantes; encombrement de m 1,200 sur m 1,000, marmite de 200 litres, double enveloppe, supports, brûleurs et mouvement basculant.

Exposition des appareils de la Compagnie Parisienne du Gaz dans la Classe 74.

La Compagnie a exposé dans cette Classe, à l'intérieur d'un pavillon formant annexe du Palais des Armées de Terre et de Mer, sur le quai d'Orsay, des modèles et dessins des divers appareils qu'elle construit pour la cuisine au gaz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Des modèles réduits de fourneaux de cuisine, grillades, etc., ont été exécutés spécialement pour figurer à cette Exposition ; ces modèles reproduisent, dans leurs plus petits détails, les appareils installés dans les cuisines des principaux restaurants de Paris et de l'Exposition.

La reproduction exacte, à l'échelle du 1/5, d'une cuisine complète de restaurant, faisant un usage exclusif du gaz, a été également mise sous les yeux du public.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIERES

Étude et construction des appareils de cuisine au gaz dans les ateliers de la *Compagnie Parisienne du Gaz* 922
Applications à Paris et à l'Exposition universelle de 1900 922
Considérations générales 823
Appareils des restaurants et des grands établissements 925
Historique de la construction des appareils de cuisine à la Compagnie. 927
Rôtissoires de grandes dimensions 929
Salamandres et Grillades 931
Fourneaux complets pour cuisines et restaurants 933
Marmites basculantes 936
Liste de quelques Établissements où fonctionnent des appareils de cuisine au gaz, construits par la Compagnie 936
Exposition des appareils de la Compagnie dans la Classe 74 941

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A propos des compteurs d'abonnés. (Ouverture à une discussion sur les compteurs secs et hydrauliques.)

Par M. P. BIGEARD
(D'ANGERS)

La clientèle de l'industrie du gaz se recrute beaucoup aujourd'hui dans le monde des employés et ouvriers qui sont souvent absents de leur domicile, et nous avons constaté qu'il est presque impossible d'assurer le service régulier du nivellement des compteurs hydrauliques chez cette catégorie d'abonnés.

Par ailleurs, les inconvénients auxquels sont sujets ces compteurs, et la difficulté de les placer commodément partout, font souhaiter que l'industrie du gaz puisse utiliser sans appréhension les compteurs secs.

Je n'ai point l'intention de plaider contre le compteur humide, mais seulement le désir de provoquer l'examen d'emploi des deux systèmes.

Cette question n'est pas nouvelle; dès 1855, elle préoccupait les Compagnies de gaz, et en 1891 elle fut discutée par l'Association des Directeurs de gaz des comtés de l'est de l'Angleterre.

Nous savons que la Compagnie Parisienne du gaz a provoqué un arrêté du Préfet de la Seine daté du 20 décembre 1871, lequel décide qu'« à l'avenir, les compteurs secs à gaz ne pourraient plus être posés chez les consommateurs de gaz courant ». Je dirai en outre que j'ai été appelé à renoncer, en 1875, à l'emploi de ce système de compteurs dont l'usine que je dirigeais alors était abondamment pourvue.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mais, depuis cette époque, la question a certainement changé de face. Les comptes rendus des travaux de la Société Technique de l'Industrie du Gaz en France, de 1874 à 1898, constatent que 40 communications sur le mesurage du gaz ont été présentées dans nos congrès. Presque toutes se rapportent aux compteurs hydrauliques et aux nombreux perfectionnements qu'on s'est efforcé d'y introduire. La plupart de ces perfectionnements ont pour but le maintien du niveau et l'exactitude du mesurage.

Si le compteur de Clegg perfectionné par Malam et Crossley est encore préféré par des Compagnies importantes et est encore le seul admis au poinçonnage par la Ville de Paris, nous constatons aussi que des compteurs de même système, avec des variantes répondant à des préoccupations locales, sont en usage dans d'autres grandes villes de France, dans lesquelles existent des laboratoires de vérification des compteurs. Le volant Siry-Lisars à mesure invariable a aussi rencontré de nombreux adeptes dans les usines de province.

Pendant que des efforts tendaient à améliorer le compteur humide de Clegg, des travaux analogues ont dû être tentés pour améliorer aussi le compteur sec. Préoccupé de cette question depuis quelque temps déjà, nous avons établi à l'Usine à gaz d'Angers une distribution spéciale alimentée par deux compteurs enregistrant successivement la consommation.

Le compteur humide est un compteur de 10 becs à mesure invariable, son niveau est vérifié régulièrement ; il est suivi d'un compteur sec de même calibre.

La consommation a été relevée à différentes reprises, et, après six mois d'observations, nous constatons que les consommations enregistrées par les deux compteurs ont été respectivement de 728 et 733 mc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Voici le relevé comparatif des Index :

Le 25 Novembre. le Compteur humide à volant Siry-Lisars a été placé à 47.			Le 25 Novembre, le Compteur sec a été placé à 0.		
DATES	MARQUE DU COMPTEUR	CONSOMMATION	DATES	MARQUE DU COMPTEUR	CONSOMMATION
25 Novembre .	47	»	25 Novembre .	0	»
30 Novembre .	64	17	30 Novembre .	17	17
31 Décembre .	190	126	31 Décembre .	143	126
31 Janvier . .	368	178	31 Janvier . .	322	179
28 Février . .	503	135	28 Février . .	457	135
31 Mars . . .	603	100	31 Mars . . .	557	100
23 Avril . . .	667	64	23 Avril . . .	622	65
25 Mai	775	108	25 Mai	733	111
Total. . . .		728	Total. . . .		733
Pression moyenne absorbée par le compteur : 2 à 3 mm.			Pression moyenne absorbée par le compteur : 2, 3 et 4 mm, (4 mm sous pression d'entrée de 23 mm et dépense de 900 l à l'heure.)		

Nous avons à signaler les embarras occasionnés par le froid au cours du dernier hiver à Angers. De nombreux abonnés ont été, malgré la diligence du service, privés de gaz pendant des périodes variant de 24 heures à huit ou dix jours. Certains, même, de la périphérie de notre réseau, l'ont été pendant toute la durée des froids.

En raison du nombre des compteurs paralysés par la gelée, des difficultés inhérentes à la saison qui entravaient la circulation et le service (neige, verglas, etc.,) nous avons dû certains jours nous borner à servir la clientèle commerçante et négliger la consommation exclusivement ménagère. Un relevé soigneusement établi, nous a montré que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur un total de 4.500 compteurs d'abonnés, le service de 250 compteurs a été interrompu par le fait exclusif du froid (le thermomètre centigrade s'est maintenu à 10/12° au-dessous de zéro pendant quinze jours environ).

Nous avons même constaté que des compteurs remis en état après un premier arrêt, ont été plusieurs fois encombrés de glace, bien qu'ils eussent été dégelés soigneusement et garnis d'une dissolution neutre de chlorure de calcium à la densité de 15° Baumé et protégés par les autres moyens employés en pareil cas.

Si, à cet inconvénient de la suppression totale du service, on ajoute ceux de la déformation des organes des compteurs, de l'obligation de laver en fin d'hiver les compteurs chargés de liquides incongelables, des frais et pertes de temps de toute nature que ces diverses opérations entraînent, vous serez, je pense, d'accord que le mal dont nous souffrons est de quelque gravité, et qu'il y a intérêt sérieux pour notre industrie à chercher à l'atténuer.

Je sais bien que nous nous ingénions tous à placer les compteurs dans les endroits les moins susceptibles à la gelée, que nous engageons nos abonnés à protéger les compteurs exposés au froid; mais nous avons à compter avec les emplacements défectueux qu'ils occupent le plus souvent, et avec la négligence des consommateurs qui, malgré les avis réitérés, ne prennent les précautions les plus élémentaires de protection contre le froid que quand ils ont été privés de gaz.

Quelles que soient les qualités de cet admirable instrument qu'est le compteur hydraulique il n'est pas téméraire d'avancer que son fonctionnement n'est pas toujours irréprochable et que les usines sont toujours les victimes de ses arrêts ou de ses irrégularités.

Il existe peu d'exemples de compteurs fonctionnant au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

détriment du consommateur. La limite de tolérance de 1 0/0 admise au poinçonnage pour les compteurs de 5 becs et au-dessus n'est jamais dépassée au profit du fournisseur. Depuis trente ans, je n'ai presque pas d'exemples de compteurs ayant enregistré au détriment du client.

En 1898, je fis effectuer une vérification de tous les compteurs de 5 becs et au-dessus de l'usine d'Angers âgés de dix ans ; les compteurs furent essayés au gazomètre et au compteur d'expériences. Cette vérification porta sur 2.049 compteurs ; en voici les résultats :

Reconnus en bon état.....	1.847
Mesurage en déficit (de 4 à 15 0/0)	175
Mesurage en déficit de plus de 15 0/0.....	27

167 furent remplacés.

La vérification ne fut donc pas inutile et ses résultats indiquent qu'elle est à renouveler.

Sans indiquer les causes qui provoquent l'abaissement du niveau dans les compteurs, je crois qu'il est bon de rappeler les principales raisons du fonctionnement défectueux de ces appareils.

Les agents chargés du service de nivellement précipitent trop leur travail : le plus souvent, ils ne prennent pas le soin d'ouvrir un bec de l'installation pour permettre l'établissement du niveau dans le compteur. De plus, après quelques années d'usage, la tige du flotteur est oxydée et reste souvent grippée sur son guide (1).

Les volants percés, le désengrènement de l'arbre ver-

(1) « J'ai eu, cette année même, un exemple d'un accident de cette nature ; un consommateur important a soudainement été privé de lumière : la tige de soupape étant demeurée suspendue à une des aspérités occasionnées par l'oxydation de la tige, sous l'influence de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tical sont des causes de suspension d'enregistrement, le plus souvent partiel.

Les tubes siphon provoquent eux aussi l'arrêt fréquent de la distribution, et le nivellement insuffisant l'écoulement intermittent du gaz.

On m'objectera qu'une surveillance attentive des compteurs remédie à tous les inconvénients qui viennent d'être succinctement signalés. Je suis absolument d'accord sur ce point, mais je n'en demeure pas moins persuadé que des causes assez nombreuses de mauvais fonctionnement sont inhérentes au système même des compteurs humides.

Si aux inconvénients précités, nous ajoutons l'obligation de faire visiter les compteurs de 5 à 10 becs tous les quinze jours, ceux d'un calibre supérieur toutes les semaines, la nécessité de montrer fréquemment chez les abonnés cet être rébarbatif pour beaucoup qu'est l'agent de la Compagnie du Gaz,enfin les inconvénients de la gelée, nous aurons exposé sommairement les raisons qui m'ont décidé à faire appel à l'expérience de ceux de nos collègues qui emploient le compteur sec pour nous renseigner sur les qualités et défauts des systèmes en vigueur et nous permettre d'apprécier si nous pouvons les adopter en partie en France, à charge de les surveiller avec le même soin que les compteurs hydrauliques.

Nous savons que plusieurs de nos collègues suisses emploient exclusivement les compteurs secs ; en Allemagne également, une ville en aurait en service 90 0/0. Nos collègues ont certainement été guidés par des raisons que nous avons intérêt à connaître, nous les prions de nous aider à nous former une opinion.

l'arrivée de la pression du soir ou de l'ouverture d'un compteur de 300 becs voisin, la chute de la soupape a obstrué l'introduction du gaz dans le compteur dont le niveau avait été vérifié la veille. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Je dois déclarer que je n'ai aucun modèle de compteur sec à préconiser, mais seulement l'intime conviction que l'emploi de ce système répond maintenant à un besoin réel dans nos usines dont la clientèle s'est transformée et agrandie.

S'il en est ainsi, me disait un administrateur d'une fabrique de compteurs, nous devons en mettre à votre disposition. Nous en fabriquons annuellement 100 à 200.000 à l'étranger, nous en ferons pour la France.

J'aborde la deuxième partie de la communication, celle relative au poinçonnage des compteurs.

D'après les renseignements que j'ai obtenus au Congrès, le service du contrôle de l'exactitude des compteurs d'abonnés appartiendrait dans tous les pays d'Europe, sauf en France, aux administrations du contrôle des poids et mesures.

En France, ce service est dévolu à des laboratoires de contrôle municipaux des grandes villes qui les ont créés, Paris, Lyon, Marseille, Rouen, Lille et quelques autres.

Ces laboratoires présentent pour nous le summum des garanties que nous pouvons souhaiter, mais je dois constater qu'ils sont inconnus de nos abonnés et ne peuvent leur inspirer la même confiance.

J'estime qu'il en serait autrement si les compteurs pouvaient être contrôlés dans nos usines mêmes, par le vérificateur des poids et mesures de nos chefs-lieux de département et d'arrondissement avec lesquels la plupart de nos abonnés sont en rapport.

Ne serait-il pas aussi commode pour nous tous d'avoir à notre proximité un agent de l'État auquel le contrôle serait confié, et devons-nous redouter les constatations d'office que ces agents pourraient provoquer ? Je suis loin de le penser.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Combien de directeurs ont hésité à entreprendre la vérification générale de leurs compteurs d'abonnés pour éviter de froisser leur clientèle ?

En aurait-il été de même si un agent officiel avait pris l'initiative de cette mesure à des époques régulières.

C'est précisément ce qui se fait en Suisse où tous les compteurs sont soumis à un contrôle obligatoire : les compteurs hydrauliques tous les dix ans, les compteurs secs tous les cinq ans.

Il ne s'agit ici, Messieurs, que des usines de province *non pourvues de laboratoire.*

Les laboratoires actuellement créés n'admettent au poinçonnage que les compteurs hydrauliques, c'est pourquoi j'ai cru devoir exposer la question connexe de l'utilisation du compteur sec et de son admission à la vérification officielle dans chaque département ou arrondissement.

Quelles que soient les critiques qu'une discussion sur ces sujets puissent motiver, comme nous cherchons à faciliter autant le public que les Compagnies, d'un autre côté le poinçonnage officiel des compteurs étant une garantie pour les consommateurs, nous concluons en priant le Congrès d'examiner s'il y a lieu de formuler un vœu demandant :

1° La réadmission des compteurs secs au poinçonnage officiel;

2° La création de laboratoires de vérification des compteurs à gaz de tous systèmes ressortissant à l'administration des poids et mesures.

Questionnaire sur les compteurs secs.

Quels sont les inconvénients que présentent :

1° Les soufflets après un certain temps d'usage ?

2° Les tiroirs ?

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3° Les articulations ?

4° La naphtaline ?

5° Le nettoyage ?

6° L'action de la chaleur et du froid ?

7° Les condensations dans le compteur ?

8° Quelle est la pression moyenne absorbée par les compteurs des calibres 5, 10 et 20 becs ?

9° Les compteurs d'un calibre supérieur à 20 becs sont-ils couramment employés ?

10° Quelle est la vie moyenne d'un compteur sec en service constant :

A à l'état neuf ?

B après remise en état ?

11° Dans quel délai approximatif les inconvénients commencent-ils à se manifester ?

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Des compteurs secs, leurs avantages et leurs défauts.

Par M. Guillaume ASSELBERGS.

(DE BERGEN-OP-ZOOM)

Introduction

Nous faisons de notre mieux pour perfectionner nos appareils de fabrication, pour diminuer ainsi les frais de production, mais très souvent on donne trop peu d'attention aux appareils de distribution et surtout aux compteurs, quoique le compteur joue un rôle de très grande importance dans la distribution du gaz.

Qu'est-ce que le compteur à gaz? C'est un instrument qui nous sert à mesurer la quantité d'une marchandise que nous vendons, mais cette mesure qui sert à contrôler la quantité de gaz délivrée, est peu connue de nos clients, tant dans ses organes que dans son fonctionnement. C'est la bête noire des abonnés ; ils ont vaguement entendu dire que les compteurs n'indiquaient pas toujours exactement les quantités de gaz consommés, que les uns marquaient trop les autres pas assez et ils en concluent que l'usine à gaz, ne fait installer que les compteurs enregistrant à son profit.

On comprend donc que, lorsqu'il y a une vingtaine d'années, les appareilleurs informèrent les abonnés des usines

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à gaz qu'ils pourraient leur fournir un compteur nouveau n'ayant pas besoin d'eau, (par conséquent pas de nivellement tous les mois,) et qu'en outre ces compteurs secs indiquaient en faveur des abonnés, beaucoup de ceux-ci achetèrent de suite un compteur sec, d'autant plus que les directeurs des Compagnies de gaz n'en faisaient pas l'éloge et paraissaient n'y avoir pas confiance.

Le compteur sec est-il donc vraiment un instrument dans lequel on ne peut pas avoir confiance comme mesure? La loi sur le poinçonnage permet déjà une différence de 5 0/0, mais en contrôlant les compteurs nous trouvons parfois des différences plus fortes et ceci aussi bien parmi les compteurs humides que parmi les compteurs secs.

N'est-il donc pas intéressant pour les gaziers de savoir si la mesure avec laquelle ils vendent leur marchandise est une mesure pratique? Nous ne désirons pas plus qu'un client nous paye trop que trop peu, nous voulons qu'il nous paye ce qu'il nous doit réellement, ni moins, ni plus

Cette question a été un sujet d'étude depuis le commencement de notre industrie; et la preuve que la plupart n'y étaient pas indifférents, est fournie par les discussions qui ont eu lieu dans plusieurs congrès, où, tout en indiquant aux fabricants les défauts de l'instrument, on étudiait les moyens de le perfectionner.

Le compteur humide est connu, il suffira donc, pour faire la comparaison, d'étudier le compteur sec.

Le compteur sec n'est pas une invention des dernières années, c'est même le premier compteur que Clegg ait construit pour mesurer le gaz.

Cet instrument dont la construction était assez primitive, se composait essentiellement de deux ballons. Ne donnant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas de résultats satisfaisants, Clegg l'abandonna et inventa son compteur humide.

Quelque temps après un ouvrier américain construisit un compteur sec avec disques mobiles, mais malgré de nombreux perfectionnements et beaucoup de frais, on n'arriva pas à construire un instrument pratique.

Ce fut lorsque MM. Croll et Richard eurent pris leur brevet que le compteur sec fut adopté comme mesure pour le gaz, et le type du compteur sec d'après Croll, perfectionné plus tard par Glover, est maintenant le plus répandu de tous les systèmes de compteurs secs.

Description.

Le compteur sec d'après le système Croll, a la forme d'une boîte rectangulaire, munie des deux côtés d'un tuyau dont l'un *A* sert d'entrée, l'autre *B* de sortie du gaz. (Voir Pl. XVIII.)

L'intérieur du compteur est divisé par une plaque horizontale *h h*, désignée aussi comme plaque des soupapes, dans une chambre supérieure et une chambre inférieure.

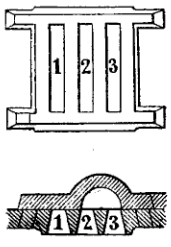
La chambre inférieure est divisée par une cloison de milieu *m* en deux boîtes, dans lesquelles a lieu le mesurage du gaz. Dans chacune de ces deux boîtes, on voit deux compartiments; les compartiments intérieurs sont marqués J^1 et J^2 et les compartiments extérieurs E^1 et E^2. Les compartiments intérieurs sont formés par la cloison de milieu *m* et les disques mobiles d^1 et d^2 avec leurs diaphragmes ou membranes. Les compartiments extérieurs E' et E^2 sont formés par ces mêmes membranes et disques et une partie de la cloison du milieu et d'autre part les parois *p* du compteur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De chaque côté de la cloison du milieu est soudé un anneau en fer-blanc, à cet anneau est fixé l'anneau auquel est reliée la membrane du soufflet; au côté opposé la membrane est reliée à un disque en fer-blanc, d'un diamètre égal à l'anneau de la cloison du milieu formant ainsi un soufflet. Les disques des soufflets reliés à la cloison du milieu par ces membranes flexibles pourront donc faire le mouvement en avant et en arrière.

Pour leur faire suivre un mouvement parallèle, on a soudé aux disques deux supports avec des fentes longitudinales, dans lesquelles jouent les bouts des tringles de guidage *t* qui tournent dans des anneaux fixés à la plaque du fond et qui assurent ainsi le mouvement parallèle des disques.

Au milieu du disque est soudé un support reliant le disque mobile par la charnière *C* à la tringle *e*, cette tringle forme un arbre vertical qui passe par la plaque horizontale *h h* et qui transmet ainsi le mouvement de va-et-vient des disques mobiles, par un mouvement tournant, aux arbres articulés de la chambre supérieure. Les arbres articulés $f^1 f^2$ qui reçoivent le mouvement des tringles verticales $e^1 e^2$ transmettent ce mouvement par une manivelle *g* à un axe de rotation *i*, cet axe de rotation est pourvu d'un arbre coudé qui, ainsi, suit le même mouvement rotatif.



Au coude sont reliés les arbres k^1 k^2 qui sont fixés mobiles aux tiroirs l^1 l^2 des soupapes *I* et *II*. Par la rotation du coude, les tiroirs reçoivent un mouvement de va-et-vient qui les fait glisser sur les plans des soupapes. La base de chaque soupape est percée de trois ouvertures ou portes (fig. ci-contre), dont l'une *1* fait communication avec l'intérieur *J* du soufflet,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'autre *3*, avec le compartiment extérieur *E* tandis que la porte du milieu *2* par le canal *b* fait communication avec la sortie du compteur. Pour être assuré que le tiroir glisse toujours dans la bonne direction, on a soudé aux deux côtés du tiroir des barres directrices qui sont guidées par les trous des supports dans lesquels ils glissent.

Pour évaluer le volume de gaz déplacé par chaque course dans les chambres mesurantes, on règle la longueur de la course des disques mobiles, ce qui se fait en allongeant ou en diminuant la longueur des arbres articulés par la vis du régulateur *r*.

Un cliquet *q* empêche le mouvement rétrograde du compteur.

Autour des soupapes une boîte est soudée sur la plaque *h h* pour éviter que le gaz ne se répande dans le reste de la chambre supérieure, où se trouve le mouvement enregistreur.

L'axe *i*, auquel, comme nous l'avons vu, est communiqué le mouvement des disques mobiles des compartiments mesurants (et qui en même temps actionne par son coude les tiroirs des soupapes), porte une vis sans fin qui transmet la rotation à une roue qui est fixée sur l'arbre horizontal *n* et qui transmet cette rotation à l'horlogerie du mouvement enregistreur.

Le mouvement enregistreur ou l'index *x* est de la même construction que ceux des compteurs humides ; nous pouvons donc nous passer d'en donner ici la description.

Les tringles verticales, ainsi que l'axe du mouvement enregistreur, sont munis de boîtes d'étoupe *u* pour leur assurer une étanchéité parfaite.

L'entrée du gaz dans le compteur se fait par le tuyau d'entrée *A* qui communique avec le canal *a*, lequel est soudé contre le plafond de la chambre inférieure et ensuite par un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trou *a* qui communique avec la boîte de distribution. Pour la sortie du gaz mesuré les portes du milieu des soupapes sont reliées avec les canaux b^1, b^2, qui se joignent avant de conduire au canal *B* où se fait la sortie du compteur.

Il est d'une très grande importance que les matériaux de construction pour la fabrication des compteurs secs soient de toute première qualité, et qu'ils soient construits avec soin et précision; car c'est de ces agents que dépend principalement le bon fonctionnement des compteurs.

Pour les parois, plaques, disques, etc., on emploie un fer-blanc d'une qualité spéciale. Il y a quelques années on a essayé d'employer de la tôle charbon ou une tôle plombée, mais cette tôle s'usait trop vite, et donnait lieu à des réparations trop fréquentes. Pour les tringles, tiges, etc., c'est-à-dire tout ce qui vient en contact avec le gaz, on emploie des fils de fer couverts d'une forte couche d'étain. La soupape se fait d'un mélange spécial. Les arbres, tiges, roues dentées, vis, etc., qui ne viennent pas en contact avec le gaz sont en cuivre. Les membranes (ou diaphragmes) sont faites d'un cuir tanné spécial, quelquefois on se sert d'une étoffe de fil de coton, qu'on rend imperméable en la préparant avec de l'huile d'amandes ou des composés qui ne sont pas attaqués par l'ammoniaque ou le benzol du gaz; car on sait que l'ammoniaque a une action caustique sur les huiles, tandis que le benzol a une action dissolvante.

Fonctionnement (voir Pl. XVIII).

Maintenant que nous connaissons les différents organes dont se compose le compteur sec, il nous reste à suivre son fonctionnement et à voir comment est effectué le mesurage du gaz avant sa distribution.

Supposons que d'une chambre mesurante un des com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

partiments intérieurs *J* soit en communication avec l'entrée du compteur et que le compartiment extérieur correspondant soit en communication avec la sortie. La pression du gaz étant plus forte à l'entrée qu'à la sortie du compteur, le disque mobile du soufflet sera poussé en avant. Comme nous l'avons vu plus haut, ce mouvement se transmet par la tringle verticale et les arbres articulés aux tiroirs des soupapes, ainsi que par l'axe coudé à la vis sans fin qui attaque le mouvement enregistreur.

Dans le mouvement des soufflets et des tiroirs, nous distinguons quatre phases différentes. Pour bien comprendre ces positions et ce qui se passe, je me suis construit un plan sur lequel est tracée la position des tiroirs et soufflets dans les quatre positions *1*, *2*, *3*, *4*.

Sur le plan *p*, *p* sont les parois de l'enveloppe du compteur, *m* est la cloison du milieu et *d*, *d* sont les disques mobiles.

Les compartiments intérieurs des soufflets ont été indiqués par J^1 et J^2 et les compartiments extérieurs par E^1 et E^2. Suivons maintenant les quatre phases.

Dans la position *1*, le tiroir de la soupape *I* est sur le point de faire la communication du compartiment intérieur J^1 avec le canal de sortie et du compartiment extérieur E^1 avec la boîte de distribution (avec l'entrée du gaz) tandis que dans l'autre moitié du compteur par la position du tiroir *II* le compartiment intérieur J^2 est en communication avec le canal de sortie et le compartiment extérieur E^2 est en communication avec la boîte de distribution, donc avec l'entrée du gaz; c'est le point culminant du tiroir et il va prendre sa course dans la direction opposée.

Après un quart d'une révolution, nous avons la position *2*. Le tiroir *I* a la même position que le tiroir *II* avait dans la position *I*, le compartiment extérieur E^1 est en communica-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion avec l'entrée du gaz et le compartiment intérieur J^1 avec la sortie, le tiroir étant sur le point de retourner sur son chemin ; par la soupape *II*, le compartiment extérieur E^2 a été rempli, tandis que le compartiment intérieur J^2 a été vidé et le tiroir continuant sa course va relier le compartiment intérieur J^2 avec l'entrée et le compartiment extérieur E^2 avec la sortie du compteur.

Dans la position *3*, le tiroir *I* a la même position que le tiroir *II* avait dans la position *2*, le compartiment intérieur J^1 est vidé et le compartiment extérieur E^1 est entièrement rempli, et alors va se faire la communication du compartiment intérieur J^1 avec l'entrée et du compartiment extérieur E^2 avec la sortie du gaz ; par le tiroir *II*, le compartiment extérieur E^2 est en communication avec la sortie et le compartiment intérieur J^2 avec l'entrée du compteur et le tiroir qui est à la fin de sa course va retourner.

Dans la position *4*, le tiroir *I* a la même position que le tiroir *II* avait dans la position *3* et vient de réaliser la communication complète du compartiment intérieur J^1 avec l'entrée et du compartiment extérieur E^1 avec la sortie, et le tiroir va retourner ; le tiroir *II* a la même position que le tiroir *I* avait à la position *1*, le compartiment intérieur J^2 est totalement rempli, le compartiment extérieur E^2 va se remplir et le compartiment intérieur J^2 va être vidé.

Avec le quart de course suivant les tiroirs ainsi que les soufflets viendront de nouveau dans les positions de la position 1.

Comme l'on voit, les tiroirs *I* et *II* diffèrent d'un quart dans leur position. Par cette disposition, on est parvenu à faire que jamais le point culminant de vidange ou de remplissage ne soit au même instant dans les deux moitiés du compteur, ce qui causerait interruption dans le courant du gaz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le plan des différentes positions, on voit que le remplissage du compartiment extérieur E^1 et la vidange du compartiment intérieur J^1 se fait par le tiroir I entre les positions *1* et *3*, et d'autre part, la vidange du compartiment extérieur E^1 et le remplissage du compartiment J^1 est effectué entre les positions 3 et 1; tandis que par le tiroir II est effectué le remplissage du compartiment intérieur J^2 et la vidange du compartiment extérieur E^2 entre les positions 2 et 4 et d'autre part entre les positions 4 et 2 le compartiment intérieur J^2 est vidé et le compartiment extérieur E^2 se remplit.

Avantages et défauts.

Après avoir étudié la construction du compteur sec et son fonctionnement, nous pourrons comparer les avantages et les défauts du compteur sec à ceux du compteur humide.

Commençons par constater qu'il y a des gaziers éminents qui condamnent fortement le compteur sec, et qui n'en font usage que dans des cas exceptionnels, d'autres tout aussi éminents emploient largement le compteur sec même à l'exclusion des compteurs humides. Parmi les fabricants de compteurs l'un considère le compteur sec comme le meilleur instrument, l'autre le dit non employable et trouve que c'est un instrument qu'on ne devrait pas tolérer au poinçonnage. Les ingénieurs et les professeurs qui sont à la direction des bureaux de poinçonnage après n'avoir accepté les compteurs secs que provisoirement et à titre d'essai, et après avoir pu constater le degré d'erreurs possibles dans le service pratique de ces compteurs, reviennent de plus en plus de leur défiance du compteur sec et admettent les bonnes constructions sans difficulté.

Avant de se faire une opinion sur la valeur du compteur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sec, il faut donc bien étudier les résultats des recherches qu'on trouve dans les comptes rendus de réunions de gaziers, en outre je suis entré en correspondance sur ce sujet avec les constructeurs des divers systèmes et avec un grand nombre de collègues hollandais qui font usage du compteur sec depuis plusieurs années.

Les plus intéressantes remarques sur les compteurs secs relativement à leurs avantages et à leurs défauts se trouvent dans le discours prononcé par M. Travers à la réunion du *Gas Institute* en 1884 et dans la discussion qui suivit.

Elles se trouvent encore dans la communication du Dr Lowenherz du bureau de poinçonnage de Berlin lors de la réunion des gaziers allemands en 1885. Puis dans quelques correspondances du journal hollandais « het Gas » et dans le rapport de la commission d'enquête sur le poinçonnage des compteurs à gaz en Hollande, et dans les brochures qui ont suivi ce rapport, c'est-à-dire ceux du Dr Ryke et du Dr van Doesburgh; dans la brochure de M. Glover « Correct measurement » on trouve aussi des informations utiles.

De l'étude de ces brochures et de ces discussions nous déduisons comme avantages et comme défauts des compteurs secs :

1° *Le compteur sec est recommandé par leurs constructeurs comme l'instrument qui mesure le gaz le plus exactement et sans variations dans l'enregistrement.*

Tous ceux qui ont fait des essais sur ce rapport, ainsi que ceux qui ont communiqué les résultats qu'ils ont trouvés dans la pratique, disent que les erreurs trouvées avec les compteurs secs sont tant en nombre qu'en importance plus grands qu'avec les compteurs humides.

Au Congrès de Londres en 1884, la plupart des gaziers anglais, même presque tous disaient que le compteur sec

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

enregistre trop peu, c'est-à-dire aux dépens de l'usine à gaz, un seul directeur disait avoir trouvé le contraire, c'est-à-dire un enregistrement en faveur de l'usine à gaz.

Les gaziers allemands constataient qu'en général les compteurs secs enregistraient trop, donc en faveur de l'usine à gaz. Les compteurs employés dans les premières années étaient presque tous d'un système anglais Croll de Glover, ou de fabrication anglaise. Cette contradiction dans les résultats provient surtout de la qualité et de la capacité des compteurs secs employés. Il y en avait de bons, de mauvais, de passables.

Dans le temps il y avait aussi en Angleterre beaucoup de compteurs secs d'un seul bec et même encore de plus petits qu'on nommait n° 0 et 00. Les abonnés au gaz qui achetaient presque tous leur compteur chez un appareilleur acceptaient de préférence le meilleur marché, il n'y a donc rien d'étonnant qu'il y en eut beaucoup d'une capacité insuffisante et même d'une fabrication inférieure.

Il n'est pas étonnant que plusieurs de ces petits compteurs qui étaient insuffisants, aient eu des enregistrements incorrects et aient donné lieu à des plaintes, causes fréquentes de difficultés et d'ennui pour les employés de la Compagnie du gaz, qui, on le comprend, condamnaient ces compteurs et préféraient leur compteur humide de trois becs aux petits compteurs secs.

En Allemagne, après le discours du docteur Löwenherz à la réunion de 1885, on forma, sur sa proposition, une Commission spéciale pour étudier la question des compteurs et les résultats publiés par cette Commission sans être décisifs ont beaucoup de valeur pour ceux qui s'intéressent à la question.

D'un rapport sur les résultats de dix usines à gaz qui ont participé aux recherches officielles, on apprend qu'ils ont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fait contrôler, avec l'assistance des vérificateurs du poinçonnage, plus de 4,000 compteurs secs dans le courant des années 1892 et 1895, compteurs de capacités diverses et de fabrication différente, il y avait des compteurs qui étaient en service une année aussi bien que des compteurs qui avaient vingt-cinq ans de service. De tous ces compteurs essayés on trouvait qu'en moyenne 2/3 enregistraient bien, c'est-à-dire dans les limites de ± 4 0/0, tandis que de ceux qui n'étaient pas exacts 3/5 enregistraient trop, 1/5 trop peu et 1/5 avaient des fuites.

On a constaté que la tendance à enregistrer trop se fait sentir surtout dans les trois premières années, après ces années on voit dans les moyennes des essais un moment de repos pour donner plus tard des résultats dans le sens de l'enregistrement en moins ; c'est alors que les fuites et les fentes dans les membranes des soufflets commencent à se produire. L'usine à gaz de Stockholm qui a installé un très grand nombre de compteurs secs, a contrôlé pendant sept ans chaque année 1/6 ou 1/7 des compteurs, et a trouvé que de ces compteurs contrôlés au nombre total de 31,524 (dont 27,612 de fabrication anglaise et 3,902 de fabricants hollandais) 25,482 enregistraient entre les limites de ± 5 0/0 872 enregistraient plus de 5 0/0 en moins et 1,253 enregistraient plus de 5 0/0 en trop.

Dans une grande ville allemande où l'on avait contrôlé 220 compteurs secs, 157 = 75 0/0 étaient trouvés justes dans les limites de ± 4 0/0, 47 enregistraient plus de 4 0/0 en trop, et parmi ceux-ci il y en avait qui enregistraient jusqu'à 10 0/0 en trop ; et 16 compteurs enregistraient un peu plus de 4 0/0 et deux de ceux-là 19 et 21 0/0, ce qui doit être le résultat de fuites.

En ouvrant quelques compteurs, on a trouvé comme causes des enregistrements faux, qu'il y avait des comp-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

teurs dont les membranes étaient devenues sèches, puis des membranes fendues, des soupapes insuffisamment étanches, et des dépôts sur les membranes et sur les glissières.

Pour savoir si avec les compteurs humides en pratique on avait autant d'erreurs, il fallait faire le contrôle sur place, et on a raccordé par-ci par-là un second compteur contrôleur, lequel était nivelé avec soin tous les jours. Ces essais n'ont pas donné des résultats qu'on ait pu publier, puisque les grandes difficultés et les frais de ces essais rendaient impossible la continuation sur un nombre suffisant de compteurs pendant un certain temps. Tout ce qu'on peut dire c'est que les erreurs des compteurs humides sont plutôt aux dépens de l'usine à gaz.

Pour que le compteur humide mesure exactement il est absolument nécessaire: 1° que le niveau d'eau soit à la hauteur normale, 2° que la base du compteur soit parallèle au plan de l'eau, 3° que le compteur soit placé toujours sur un plan bien horizontal et que cette position soit maintenue, 4° que dans le compteur il n'y ait pas de changement notable en ce qui concerne la pression du gaz.

II. Un second avantage réclamé pour les compteurs secs, est qu'il *n'y a pas de danger d'avoir des fluctuations dans la flamme, ou des arrêts momentanés dans le passage du gaz*, ce qui cause des irrégularités dans l'éclairage et même des extinctions, tandis que ces ennuis se rencontrent parfois dans les compteurs humides.

III. Un troisième avantage. *Pas de nivellement, l'employé n'ayant plus de vis à dévisser, il n'y a pas de danger de fuites par des vis qui n'ont pas été bien remises en place, pas d'odeur désagréable auprès du compteur, pas de malpropreté, pas de danger d'explosions.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le compteur sec étant donc plus propre, on peut le placer partout dans les chambres, dans les armoires, etc., tandis que souvent le compteur humide est condamné à être placé dans les caves ou dans des coins obscurs et peu accessibles.

IV. Un quatrième avantage du compteur sec, lequel n'est pas sans importance, c'est *qu'il ne se prête pas facilement à la fraude.*

V. En hiver, pendant les grands froids, le fonctionnement du compteur sec *n'est pas interrompu par de l'eau gelée*; point de dégâts causés par la glace aux organes du compteur ni de dangers d'explosion en les dégelant par des feux nus. Il ne vient plus d'eau dans la canalisation intérieure des maisons, ce qui est très important en cas de gelée.

VI. Le compteur sec *demande moins de temps aux inspecteurs* quand on veut faire un essai de contrôle.

On n'a pas besoin de verser de l'eau et de niveler, ce qui est une grande commodité, non seulement pour l'usine à gaz, mais aussi pour les abonnés, qui sont toujours plus ou moins ennuyés quand un employé de l'usine à gaz vient trop souvent toucher au compteur, ce qui leur paraît toujours un peu suspect et leur fait craindre qu'on ne vienne régler le compteur pour le faire marcher trop vite.

VII. Il y a *moins de corrosion* à cause de l'action de l'eau, de plus on peut les placer dans des endroits secs, car il n'est plus nécessaire de placer le compteur dans la partie la plus basse de la maison, pour le retour des eaux condensées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

VIII. On dit parfois que le compteur humide est plus solide et demande moins de *réparations* que le compteur sec. Autrefois c'était vrai, mais déjà depuis plusieurs années la construction est plus soignée, et les matériaux mieux choisis ; la tôle plombée pour les parois a été abandonnée et remplacée par un fer-blanc de qualité spéciale ; les cuirs sont mieux choisis, de première qualité, préparés et assortis avec soin et trempés d'un liquide qui les doit rendre étanches et moins attaquables par le gaz. Une autre raison qui fait que les cuirs et les organes intérieurs sont moins attaqués par le gaz qu'autrefois, c'est que grâce aux perfectionnements dans la fabrication, le gaz est plus pur; en effet c'était surtout l'ammoniaque contenue dans le gaz qui nuisait beaucoup aux parties métalliques du compteur et qui exerçait une influence désastreuse sur les huiles dans lesquelles on avait trempé les membranes ; celles-ci devenaient alors moins flexibles et défectueuses. Je me suis informé auprès de beaucoup de collègues sur les frais de réparation des compteurs secs, et presque tous ceux qui les emploient disent qu'ils ne constatent pas de frais plus grands qu'avec les compteurs humides, ils trouveraient plutôt le contraire.

J'ai vu une statistique des frais de réparation des compteurs de l'usine à gaz de Dordrecht; le nombre des compteurs achetés dans les années 1887, 88, 89 et 90 était au total de 199 et d'une valeur en facture de fl 5.370,32 (fr 11.277). Le total des frais de réparation des années 1887, 88, 89 et 90 jusqu'au jour de ma visite (en 1897) montaient à fl 536 (fr 1.125) soit pour 10 années environ 10 0/0 de la valeur ou fl 2,50 (fr 5) par compteur, soit 25 à 35 ct par compteur et par an.

Après avoir vu la fabrication des compteurs et constaté

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les frais de réparation indiqués dans les livres, je demandais au constructeur si, par une augmentation de 10 0/0 sur le prix de vente des compteurs il voudrait garantir le bon fonctionnement de ses compteurs secs pour dix ans, et prendre pour son compte tous les frais de réparation ; il m'a répondu qu'il accepterait une telle proposition et garantirait la réparation gratuite pour dix ans. Il est donc peu risqué de prendre un certain nombre de compteurs secs à l'essai sous ces conditions, il n'y a point de danger que les frais d'entretien soient très élevés.

Le compteur sec a, comme on le voit, plusieurs avantages sur le compteur humide, et si l'on était toujours sûr de recevoir un instrument solide et de fabrication très soignée, tel qu'il n'y aurait plus crainte d'erreurs possibles dans les enregistrements, le compteur humide serait remplacé partout et en peu d'années par le compteur sec.

Il est incontestable qu'en théorie le compteur humide est un instrument de mesurage plus exact que le compteur sec. Le volume d'une chambre mesurante et le volume déplacé à chaque immersion d'une chambre peut être calculé avec exactitude, ce qu'on ne peut pas avec le compteur sec. Le volume déplacé par chaque course du soufflet est, soit disant, le produit, de la surface du disque mobile par la longueur de la course, mais le volume du gaz déplacé réellement ne correspond pas toujours exactement à ce calcul car on ne saurait pas dire d'avance de quelle façon les cuirs des membranes vont se comporter.

Il n'y a pas encore longtemps, on disait que tout gazier expérimenté devait rejeter le compteur sec comme instrument de mesurage. Pourtant on constate que, de plus en plus, on achète des compteurs secs, même pour des usines à gaz qui le condamnaient il y a quelques années. En 1884, M. Livesey déclarait qu'il n'avait pas encore installé un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

seul compteur sec dans son rayon. Je suis informé que, dans les dix dernières années, la South-Metropolitan gas C°, dont M. Livesey est le président, en achète un nombre toujours croissant, et la totalité des compteurs à payement préalable (en 1892 déjà 60.000) que la société a installés, ont été des compteurs secs. Le même fait se rencontre dans la majorité des usines à gaz.

Mes collègues hollandais, dont la plupart achètent maintenant un plus grand nombre de compteurs secs que de compteurs humides, disent que, s'ils agissent ainsi c'est que le compteur sec est plus commode, plus propre et qu'il est très en faveur auprès du public; le compteur sec est même souvent exigé par les clients, entre autres par ceux qui ont des moteurs à gaz, et qui suivent même en cela l'avis des fabricants de moteurs.

La majorité des directeurs de gaz quoique disant que le compteur humide est (il faudrait dire *puisse être*) plus exact comme mesure, achètent maintenant des compteurs secs à cause de leur commodité et de leurs autres avantages.

Le public croit souvent suspect le bon conseil que nous lui donnons, et quand un employé du gaz dit que le compteur sec n'est pas aussi bon que le compteur humide, le client croit dans beaucoup de cas que le compteur sec est plus avantageux pour lui, et il exigera un compteur sec. Il n'y a donc pour nous aucune raison de ne pas céder aux désirs du public, d'autant plus qu'on ne peut nier que le compteur sec a certains avantages de commodité qui ne sont pas négligeables. Tout ce que l'usine à gaz doit faire, c'est de contrôler de temps en temps (disons tous les cinq à six ans) les compteurs pour voir si l'enregistrement du compteur est encore exact dans les limites prescrites par les bureaux du poinçonnage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour conclusion nous pouvons dire qu'il est incontestable qu'en théorie et comme instrument scientifique le compteur humide proprement nivelé est une mesure plus exacte que le compteur sec, mais que, d'autre part, ce dernier a plusieurs avantages, qui souvent le font préférer au compteur humide.

Dans la description du compteur sec j'ai pris le compteur Croll de Glover, celui-ci étant le système le plus répandu. En Amérique il existe un système de compteur à trois soufflets : le type Defries ; en Allemagne un compteur construit par M. Emile Haas de Mayence dit le type V^a prend de plus en plus d'extension.

Depuis quelque temps, en Hollande, un atelier pour la fabrication de ces compteurs V^a a été monté par la maison Elster de Berlin et ces compteurs secs surtout les compteurs à payement préalable sont très en faveur auprès des directeurs de gaz.

Pour ceux que ce système intéresserait, je joins comme appendice à ma communication une description du compteur V^a, construction Emile Haas.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

APPENDICE

Le compteur Va construction Emile Haas.

Dans ma communication je n'ai parlé que du compteur sec système Croll comme il est construit par M. Glover. Ce compteur est le plus répandu en Hollande.

Il existe cependant d'autres systèmes qui commencent à avoir la faveur du monde gazier : En Amérique, le système

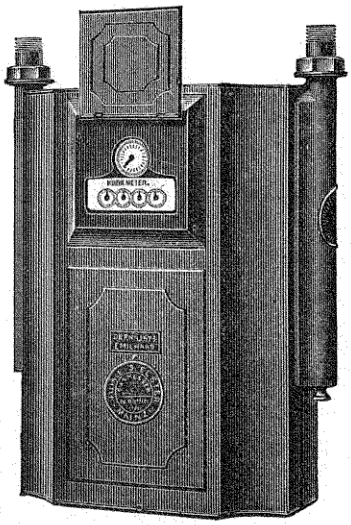


FIG. 2.

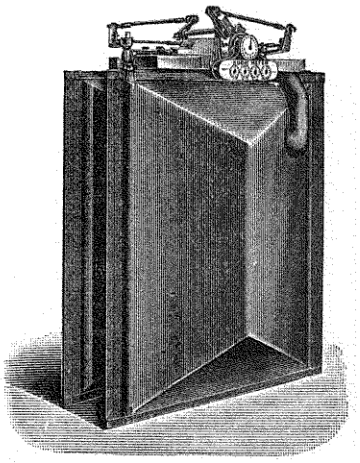


FIG. 3.

à trois soufflets de Defries ; en Allemagne, le compteur provenant de la maison Haas, de Mayence.

En Hollande, plusieurs usines à gaz ont commencé des essais avec le compteur sec à payement préalable, système Va de M. Haas, lequel compteur est construit à Rotterdam par la maison Elster et Co de Mayence.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les différences d'enregistrement proviennent souvent de tiroirs mal ajustés sur les glissières, de dépôts se plaçant sur les glissières, et surtout des changements de dimensions des membranes ou de leur durcissement.

M. Haas cherchant à construire un compteur qui n'avait pas ces défauts, est arrivé à construire ses tiroirs plus longs et plus forts ce qui permet un ajustement plus parfait et une diminution du danger de voir des dépôts se former sur les miroirs des glissières.

Description. — Les deux chambres mesurantes du compteur ont la forme de losanges et sont construites d'un métal solide (voir *d d*, fig. 5).

Chaque chambre est divisée en deux compartiments par une cloison mobile *M*. Cette cloison mobile est construite d'un tissu imperméable auquel, pour assurer une forme inaltérable, on a rivé, des deux côtés, des plaques métalliques qui ont la même forme que les parois de la chambre. Ces cloisons qui se meuvent autour des axes *p p* des deux coins de la chambre peuvent donc s'appuyer exactement contre les parois, de sorte que toute la quantité de gaz qui est dans la chambre en sera chassée à chaque fin de course.

Les deux axes ou arbres verticaux *p p*, autour desquels se fait le mouvement des ailes de la cloison, se continuent jusque dans le compartiment supérieur (compartiment des soupapes du compteur).

A l'endroit où l'arbre vertical sort de la chambre mesurante, l'étanchéité est obtenue par le moyen d'une boîte à étoupe. Le mécanisme des tiroirs de distribution reçoit son mouvement de la tige de cet arbre.

Chacune des deux tiges est pourvue d'une bielle A^1A^2 qui transforme le mouvement tournant de l'arbre vertical en un mouvement dans le plan horizontal, et transmet ce mouvement par les bielles 3 et 4 aux manivelles c^1c^2 qui tournent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

autour d'un axe situé dans l'axe du compteur. Des supports sont fixés sur la plaque horizontale du compteur, pour porter les manivelles c^1 c^2.

Pour éviter un point mort, cause de l'interruption dans la distribution du gaz, on a placé ces deux manivelles sous un angle de 90°.

Le mouvement des cloisons et de l'arbre vertical transmis à l'arbre central w est communiqué par une roue f qui est calée sur une des manivelles c à un axe qui perce la paroi de la boîte de distribution, pour entrer dans la boîte de l'horlogerie enregistrice. Une boîte à étoupe assure l'étanchéité.

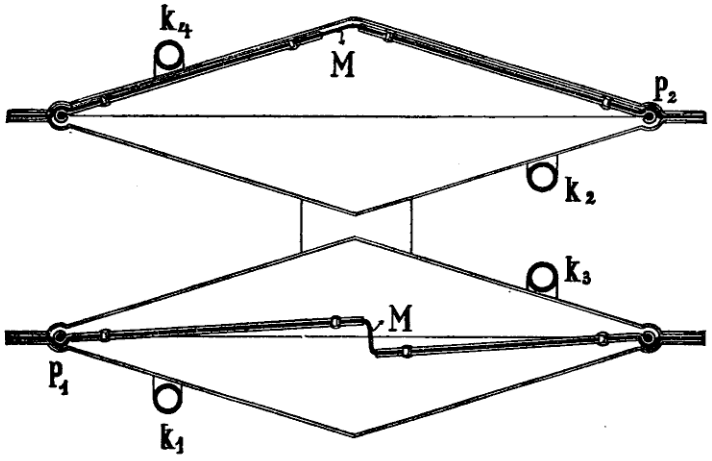
Les arbres A^1 A^2 qui transmettent le mouvement des arbres verticaux aux bielles et à l'arbre central de rotation w, portent aussi les tiges 1 et 2 qui transmettent également ce mouvement aux tiroirs s^1 s^2 qui se meuvent d'un mouvement de va-et-vient sur le plan des glissières, et font aussi communiquer alternativement l'intérieur des chambres mesurantes avec la boîte de distribution. Celle-ci est ainsi en communication directe tantôt avec l'entrée du gaz, tantôt avec la sortie du gaz.

Fonctionnement. — Le mesurage du gaz par le compteur V^a se fait comme suit :

Le gaz entrant dans le compteur par le tuyau d'entrée remplit la boîte de distribution. Lorsque le remplissage est complet, le tiroir découvre une des ouvertures de la glissière et le gaz passe par un canal correspondant K^3 ou K^4 qui conduit à une chambre mesurante d.

Par la pression du gaz la cloison M est alors poussée contre le côté opposé de la chambre; au même moment l'ouverture de la glissière par laquelle le gaz est entré se ferme, et une autre ouverture d'un côté opposé de la glissière vient à s'ouvrir, et le gaz va se presser contre la cloison et la paroi de la chambre mesurante.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Légende. — E, entrée. — A, sortie. — d_1 d, chambres mesurantes. — M, diaphragme. — P_1, P_2, arbres verticaux. — A_1, A_2, arbres articulés. — C_1, C_2, manivelles. — W, arbre central. — S_1, S_2, tiroirs. — 1, 2, tiges des tiroirs. — k_1, k_2, k_3, k_4, canaux faisant communication avec les chambres mesurantes. — g, canal faisant communication avec la sortie du gaz. — e, boîte à étoupe. — z, boîte de l'horlogerie.

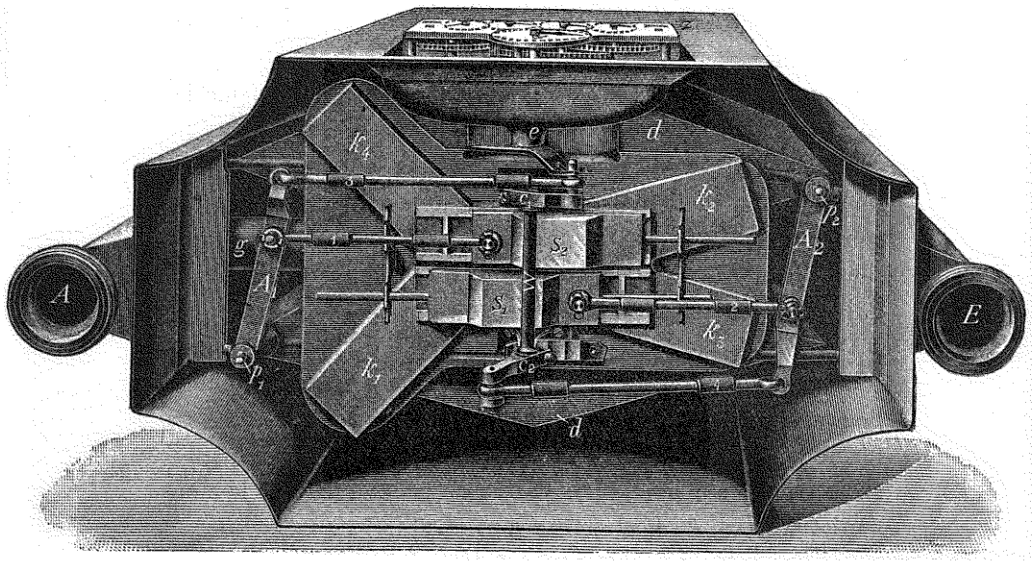


FIG. 5.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans cette seconde phase du mouvement des tiroirs, le compartiment qui, dans la première phase, venait de se remplir avec le gaz, vient par la coquille du tiroir en communication avec le canal de sortie qui le conduit à la sortie du compteur.

Dans les autres compartiments se produisent alternativement les mêmes événements.

La différence de 90° entre les positions des tringles a pour résultat que les deux chambres opposées ne se remplissent pas en même temps. La cloison mobile dans l'une des chambres mesurantes se trouve à la moitié de sa course au milieu de la chambre, au moment où la cloison de l'autre chambre vient d'être poussée contre la paroi.

Avantages. — Un avantage que M. Haas fait valoir pour son système, c'est un mesurage plus exact même après un long fonctionnement.

Par la forme particulière de sa cloison mobile le compteur Haas peut donner un surplus dans le diaphragme sans que cela puisse influencer le mesurage, la capacité des chambres mesurantes étant limitée par des parois fixes, contre lesquelles le diaphragme est pressé. Ni un rétrécissement ni un agrandissement du diaphragme ne peuvent ainsi exercer une influence nuisible sur le mesurage exact de l'instrument. Les surfaces des cloisons mobiles étant plus étendues que dans les autres systèmes de compteurs secs, la pression du gaz opérant contre une surface plus grande, le mouvement du mécanisme du compteur se fait plus facilement et plus régulièrement.

Les tiroirs étant plus longs et plus lourds ils glissent mieux sur les miroirs des glissières ; il y a moins de danger de trépidation et de fuites de gaz.

M. Salomons, directeur de l'usine à gaz de Feyenoord-Rotterdam, a observé le fonctionnement de quelques-uns de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ces compteurs plus d'une année. Il avait placé l'un après l'autre un compteur de 5 becs, puis un compteur de 3 becs et ensuite un deuxième compteur de 5 becs. Après un passage de plus de mc 1.000 de gaz, M. Salomons a constaté que la différence de l'enregistrement des 3 compteurs ne dépassait pas 2 0/0.

Quand 720 litres passaient par les trois compteurs la perte de pression n'était que mm 5; quand on faisait passer l 1.500 à l'heure la perte de pression par les 3 compteurs montait à mm 20. Si l'on faisait passer l 1.600 de gaz par un seul compteur de 5 becs la perte de pression était mm 7 et seulement mm 2 quand on faisait passer l 960 à l'heure. Ces compteurs ont donc une capacité plus grande que la capacité nominale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Note sur l'installation de l'éclairage public de la ville de Guayaquil.

Par M. Charles GUICHARD.

(DE PARIS)

Cette note pourrait porter comme sous-titre : des moyens de défense à employer contre les insectes nocturnes.

Car au cours de cette étude nous serons forcés de revenir souvent sur les scarabées, papillons, sauterelles et moustiques, imprudents amis de la lumière, qui font certainement courir aux manchons incandescents autant de dangers que les ennemis naturels, le vent, les aguacerres, voire même les tremblements de terre.

On peut donc dire qu'indépendamment des causes provenant de l'installation du gaz elle-même, tout était difficulté à surmonter, et nous avons pensé qu'une description des procédés et appareils employés fournirait d'utiles renseignements à ceux de nos collègues qui pourraient avoir des travaux à effectuer dans ces pays, et compléterait heureusement la série des communications déjà faites sur ce sujet dans nos précédents Congrès.

Guayaquil est une ville de 70.000 habitants, la plus importante de la République de l'Equateur, située au pied des Andes sur une presqu'île très plate, formée d'alluvions du Rio Guayas, fleuve de m 1,876 de largeur qui a un courant très rapide ; c'est par ce fleuve dont la profondeur est encore de m 15 aux plus basses eaux, que l'usine est alimentée de charbon.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Avant de parler de l'installation de l'éclairage public proprement dit, nous croyons nécessaire de dire un mot du gaz fourni et de la canalisation; la question a d'autant plus d'importance que ce sont ces deux éléments qui ont empêché l'application de l'incandescence par le gaz avant notre arrivée dans l'usine.

Le cahier des charges spécifie que le gaz livré par la Compagnie sera tiré des meilleures houilles à gaz connues, sans aucune indication de titre ni de pouvoir éclairant.

La Compagnie du gaz de Guayaquil distille un mélange par parties égales de houille grasse à longue flamme du Canada et de l'Angleterre, additionné de 20 0/0 de Boghead d'Ecosse; on extrait en moyenne 30 mc de gaz par 100 kg de charbon; l'usine possède deux extracteurs Béale.

Il n'existe pas à l'usine de photomètre pour mesurer le pouvoir éclairant; nous avions remarqué cependant que le gaz était très éclairant, si éclairant même que les becs de la voie publique ne consomment que 1. 70 à l'heure; d'autre part les becs intensifs expédiés de France et réglés au gaz de Paris pour un débit de 150 l. sous 30 mm de pression débitaient là-bas seulement 110 l. sous la même pression; le rapport de la densité du gaz de Paris ($\delta = 0{,}40$) par rapport à la densité du gaz de Guayaquil était donc :

$$\sqrt{\frac{110}{150}} = 0.857$$

et la densité cherchée de :

$$\frac{0.40}{0.857} = 0.461.$$

Ce résultat théorique nous avons cherché à le vérifier avec un appareil à mesurer les densités, que nous avons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fabriqué sur place, d'une façon rudimentaire, avec un verre à gaz, un robinet et une capsule de nickel percée avec la fine pointe d'une aiguille ; à la même température, 26°, nous avons obtenu pour le temps d'écoulement de l'air, 3 minutes 21 s et pour le gaz 2 minutes 18 s ; si on ramène les deux nombres en secondes, la densité par rapport à l'air devient :

$$\delta = \left(\frac{138}{201}\right)^2 = 0.472$$

La différence entre le nombre trouvé et le nombre calculé, qui ne peut provenir que du chiffre que nous avons admis comme étant la densité moyenne du gaz de Paris, démontre la précision bien suffisante dans la pratique de semblables expériences et calculs.

Ce rapport de densité est indispensable pour les commandes futures, afin de recevoir de Paris des appareils tout réglés, fonctionnant immédiatement une fois rendus sur place.

Tout l'éclairage de la ville, aussi bien public que particulier, est effectué par des becs papillons ; nous n'avons pas trouvé un seul bec à verre dans toute la ville et en fait d'autres becs que le papillon, trois becs à récupération : 1 bec « l'Industriel » et deux lampes Cromartie de 150 l.

Nous nous sommes donc servis d'un bec papillon pour déterminer le pouvoir éclairant du gaz, et comme étalon, nous avons pris la bougie de stéarine.

Nous avons constitué un photomètre suivant la méthode de Rumfort et, comme étalon, nous avons employé deux bougies de 6 à la livre, placées dans un plan parallèle au photomètre avec un écart de 5 cm d'axe en axe des mèches.

Considérant ces bougies comme valant 1/8 de carcel nous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avons corrigé leur intensité suivant que le poids atteignait ou dépassait 10 g par bougie et par heure.

Nous devons ajouter que ces essais ont été effectués par des températures variant de 28° à 35° dont nous n'avons pu tenir compte; nous étions d'ailleurs dans les conditions locales puisque le gaz est consommé à ces températures.

Un Bec Bray's N° 8 consommant 200 l faisait 23 bougies soit 2.89 Ca et la carcel heure pour :

$$\frac{200}{2.89} = 69{,}2 \text{ l.}$$

Les becs de la voie publique correspondent donc à des becs de 130 l de notre gaz; ce gaz est vendu 20 centavos soit 1 fr. le mc.

Il est indispensable pour terminer que nous disions un mot de la fabrication et de la distribution du gaz, pour compléter la nomenclature des difficultés qu'on peut rencontrer dans une semblable installation.

Au sortir du barillet le gaz ne subit qu'une condensation insuffisante; il n'existe pas de condensateur par choc et on comprendra qu'un jeu d'orgue non arrosé, dont la température atteint 60° au soleil, n'opère qu'une condensation sans efficacité. La vraie condensation a donc lieu dans les scrubbers. Est-elle assez énergique, on nous permettra d'en douter, quand nous dirons que nous avons trouvé du goudron assez fluide dans des tuyaux et des siphons à 2 km de l'usine; on ne trouve pas de naphtaline, elle est inconnue dans le pays et la chose s'explique étant donné la température moyenne de 29°,6.

La canalisation affecte la forme d'une ceinture en tuyaux de 500 mm; les canalisations des quadras (rues) sont faites par des feeders de dimensions convenables. Malheureusement, le sol est si mauvais, on trouve l'eau à 0m70 ou 0m80

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la chaussée, que les tuyaux sont presque à fleur de sol, sans pente, avec un nombre de siphons insuffisants, de telle sorte qu'au cours de nos travaux pour l'unification de la pression, nous avons trouvé des tuyaux de 6 pouces remplis à moitié de goudron; dans d'autres endroits, des tuyaux Chameroy de 4 pouces avaient été complètement rongés; le gaz passait par le vide créé par le tuyau dans la glaise durcie du sol, l'étanchéité très relative de cette conduite étant obtenue par le goudron tapissant les parois.

Ajoutons que 6 à 7 fois par an, en moyenne, la canalisation est secouée par des tremblements de terre; ces tremblements de terre, qui nous ont permis de voir comment se comportaient les antitrépidateurs de nos becs, durent une vingtaine de secondes; c'est une ondulation du sol que nous ne pouvons mieux comparer qu'au frémissement de la peau d'un cheval ou d'un bœuf quand il veut chasser les insectes qui l'incommodent; il va sans dire que toutes les maisons sont en bois ou en fer, mais, chose qui nous a énormément surpris, ces tremblements de terre affectent relativement peu la canalisation, et sur trois que nous avons subis pendant les mois de décembre, janvier et février, nous n'avons eu qu'une seule tranchée à ouvrir pour réparer un tuyau fendu.

L'émission a lieu à l'usine sous 35 mm et, étant donné l'état de la canalisation, on ne peut l'augmenter; grâce à quelques modifications, nous avons pu donner en ville, aux becs de l'éclairage public et aux particuliers, une pression qui est comprise entre les limites de 25 à 15 mm.

Cette pression est plus que suffisante pour les becs papillons; mais on comprendra que les becs Auer américains dont on avait tenté l'importation dans la ville, n'avaient jamais pu réussir. Non seulement la pression était plus faible que la pression nécessaire pour faire marcher conve-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nablement les becs en France, mais encore on avait affaire avec un gaz presque deux fois plus riche que le gaz d'ici. Le gaz étant plus lourd, il aurait fallu plus de pression pour le

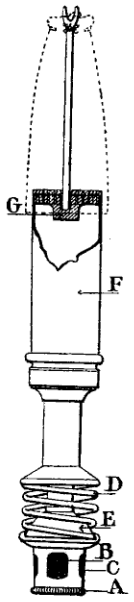


Fig. 1.

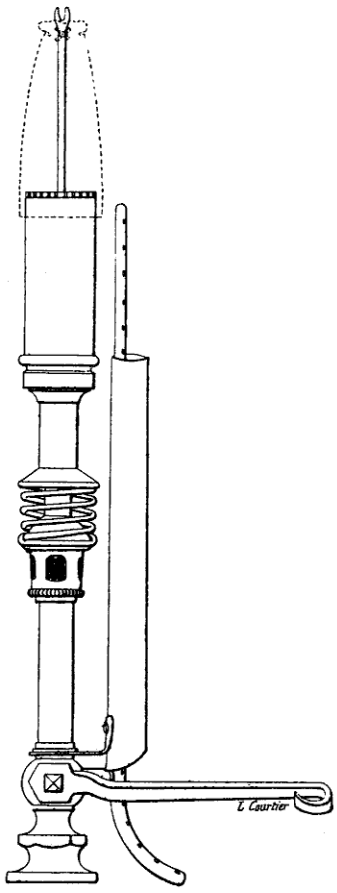


Fig. 2.

faire sortir, de même qu'étant plus riche il lui fallait aussi plus de pression pour entraîner une quantité suffisante d'air.

L'appareil que nous avons installé, et qui est aujourd'hui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

adopté par la Cia Alumbrado de Guayaquil, est le bec Lecomte n° 3 R, avec bunsen antitrépidateur et robinet allumeur D. B. C.

Nous ne décrirons pas le principe du bunsen Lecomte qui a valu, à son auteur, un prix au Congrès de la Société Technique du gaz en 1898, mais nous dirons un mot du bec qui est tout spécial.

Le problème à résoudre était de procurer un éclairage au moins égal à celui des meilleurs becs à manchons, mais sans emploi de la cheminée de tirage, afin d'éviter la casse, les nettoyages et les entretiens ; le problème a été résolu en changeant la forme de la tête et en y mettant une sorte de roue taillée dont nous expliquerons le mécanisme. La figure 1 représente ce bec ; on voit en A l'éjecteur. B, premier cône avec réglage de l'air primaire en C ; D, ressort antitrépidateur; E, second cône; F, chambre de mélange de l'air et du gaz; G, tête du bec épaisse et fendue d'entailles.

L'air et le gaz mélangés dans la chambre F n'ont pas toutes les qualités comburantes nécessaires pour obtenir une flamme courte et très chaude, n'ayant pas besoin de l'appoint de l'air extérieur, mais il est très facile de communiquer au mélange toutes ces qualités.

Vous avez tous remarqué que, si un bec s'échauffe au bout d'un certain temps d'allumage, la flamme se raccourcit, le bec ronfle, puis finalement s'allume dedans, preuve de la plus grande activité combustible du mélange; eh bien, c'est ce qu'a fait M. Lecomte dans son bec, le mélange d'air et de gaz s'échauffe en passant à travers les fentes de la tête de métal, et, en sortant, il brûle avec rapidité sans avoir besoin d'air supplémentaire et par conséquent de cheminée de verre.

L'installation de Guayaquil a comporté 1900 unibecs représentés au complet figure 2 et 100 tribecs de ce système

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour la voie publique. Nous nous sommes rendu compte de la consommation et de l'intensité des becs Lecomte en nous servant du photomètre de Rumfort précédemment décrit et nous avons obtenu le tableau suivant :

BECS	PRESSIONS	DÉPENSES LITRES	BOUGIES	CARCELS	DÉPENSES par carcel-heure
Lecomte N° 3 R.....	mm 10	65	28,8	3,6	18
—	15	80	56	7	11,4
—	20	92	75	9,4	9,8
—	25	103	88,7	11,1	9,3
—	30	112	101	12,6	8,9

On voit que le meilleur rendement a lieu à partir de 20 mm. Les manchons utilisés étaient fabriqués par nous à l'Alumbrado de Guayaquil qui a monté une fabrication complète.

Ces essais ont été concluants et ont concordé avec ceux que nous avaient communiqués nos confrères de la « Primitiva » Usine à gaz de Buenos-Ayres qui a obtenu le tableau suivant sur le même bec Lecomte n° 3 R.

Le gaz de Buenos-Ayres est un peu plus léger et moins riche que le nôtre.

PRESSIONS	CONSOMMATIONS LITRES	DISTANCES	CARCELS	CONSOMMATIONS par CARCEL - HEURE
mm 11 1/2	80	m1,02	4,25	18
15	98	1,285	7,75	12,6
19	110	1,60	10,25	10,7
23	122	1,75	12,25	9,9
26	128	1,92	14,75	8,7

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces essais sont typiques parce qu'ils ont été obtenus par la méthode française de photométrie, le photomètre Foucault et la lampe Carcel. Une des conditions qui intéressaient particulièrement l'Alumbrado de Guayaquil, c'était de pouvoir monter directement les becs dans les lanternes sans aucunes modifications.

Ces lanternes que nous représentons figure 3 sont en majeure partie en fonte de fer avec carreaux dans le haut et dans le bas; suivant les conseils de l'inventeur du bec, nous avons pensé qu'il suffisait de fermer à peu près complètement la lanterne de manière à laisser passer l'air nécessaire à la combustion mais pas le vent.

Mais il a fallu compter avec un bien plus sérieux inconvénient : c'est avec les insectes nocturnes qui atteignent dans ce pays des dimensions vraiment formidables.

Le lendemain de l'installation des 60 premières lanternes, 50 manchons étaient brisés et nous ramassions dans les lanternes des insectes d'assez grande dimension : cerfs, sauterelles, hannetons.

Le cerf pèse 60 grammes environ; dans son vol, qui est assez rapide, il atteint très bien 10 mètres à la seconde quand il est lancé, et on nous excusera de faire le calcul de la force vive d'un coléoptère, mais on trouvera que le chiffre est intéressant quand on saura que le produit $\frac{1}{2}$ M V^2 atteint 355 grammètres soit une force suffisante pour casser le carreau des lanternes dans bien des cas. Les autres insectes s'introduisent par les orifices d'évacuation de l'air chaud; enfin on trouve quelquefois 1/10 de litre de moucherons qui entrent dans les lanternes on ne sait par où.

Dans le dessin de la lanterne, figure 3, nous signalons une particularité que nous avons vue pour la première fois.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le croisillon en fer forgé qui supporte la lanterne est formé de quatre branches dont les extrémités supérieures sont rivées au cadre inférieur de la lanterne; dans le bas ces quatre branches sont reliées entre elles par deux frettes rivées.

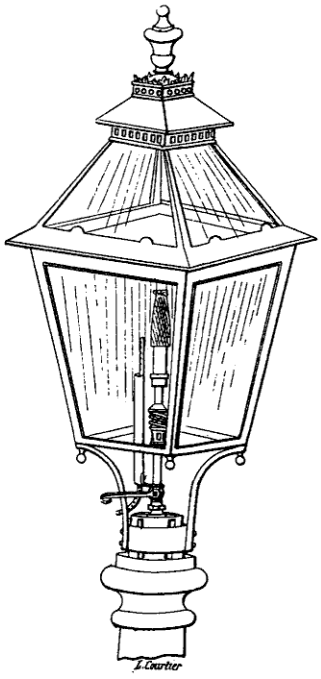


Fig. 3.

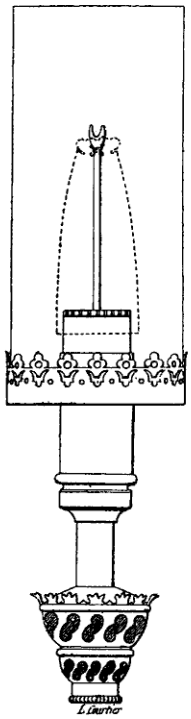


Fig. 4.

Grâce à ce dispositif, il suffit d'enfoncer le croisillon de la lanterne sur le haut du candélabre, si ce dernier est en bois, ou sur la tête en bois du candélabre en fonte, et on assure le tout en enfonçant des coins de fer ou de bois entre les frettes et le haut du candélabre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous ne citons pas cette disposition comme un modèle d'élégance, mais comme étant très pratique pour un pays où on ne peut pas tout avoir instantanément sous la main, et où le montage est effectué avec les ouvriers du pays, la plupart du temps, des Indiens.

Pour protéger les becs chez les particuliers, il a fallu munir les brûleurs d'une tulipe ou préférablement d'un globe fortement tenu par des griffes à cause des tremblements de terre qui sont, comme nous l'avons dit, tellement fréquents que les habitants de ces contrées volcaniques ne s'en inquiètent même plus; on a créé aussi le porte-verre A de la figure 4. B verre de 7 cm de diamètre et de 16 cm de hauteur; ce verre n'a pas pour but d'augmenter le tirage du bec, qui n'en a pas besoin, mais il protège efficacement le manchon contre l'attaque directe des insectes et des papillons.

Les lanternes ont dû être fermées bien hermétiquement dans le haut à cause des « aguacerres », sortes de pluies diluviennes qui tombent toujours au commencement de la nuit avec une violence sans égale pendant une ou deux heures de suite.

Pour allumer les lanternes, les « incendadores », se servent d'une perche avec une lampe à essence de pétrole ayant une mèche de 10 mm de diamètre et brûlant en torche.

Ce système d'allumage est excellent pour le pays; quel que soit le vent, il n'y a jamais de ratés; ils vont aussi vite à allumer les becs Lecomte que les anciens papillons « bocquilles »; pour en donner un exemple, un seul homme allumait les 150 « pharoles », lanternes du Malécom sans un seul raté en quarante minutes, soit un parcours total de 3 km.

La rapidité de l'allumage est une nécessité dans ces pays

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'Equateur, où il n'y a presque pas de crépuscule et où la nuit tombe en un quart d'heure.

Le dressage des « quadrilles » de « limpiadors » nettoyeurs de lanternes, s'est fait en très peu de temps ; il y a eu au début quelques défauts à combattre ; ainsi les Indiens chargés de ce service avaient la désagréable attention d'enlever délicatement le manchon du bec pour nettoyer la lanterne et naturellement le manchon leur restait dans la main.

Le plus grand éloge que nous puissions faire du bec Lecomte c'est de dire que notre personnel, à peu près complètement composé d'Indiens « Cañaris », monte les becs, les entretient, les allume, et que, malgré tous les éléments de destruction que nous avons signalés, la casse semble devoir se fixer au chiffre de 18 manchons par bec et par an, tout compris : vent, insectes et papillons, aguacerres et tremblements de terre.

L'éclairage de la ville a été décuplé ; une augmentation de la lumière semblable se produit chez les particuliers ; la première installation a été celle de la grande « Fabrica de hielo y cerveza » (fabrique de glace et de bière); la seconde le « Cercle de la Union » et celle de M. le Gouvernador Cucalon, effectuée pour la réception de M. le Capitaine de vaisseau Germinet, commandant l'escadre du Pacifique à bord du croiseur de la marine française le *Protet*. Toutes ces installations ont servi de type à de vastes applications sur la voie publique.

Sur le Malécom (quai sur le rio Guayas), l'écart entre les candélabres est de 40 m; la hauteur du point lumineux au dessus du sol est de 3 m ; les becs donnent 10 Ca.

La formule donnée par M. Ed. Servier, dans son étude de 1882, sur les divers modes d'éclairage de la voie publique, permet de calculer la quantité de lumière reçue par un point

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

placé à une distance donnée d'un foyer lumineux ; inversement c'est l'intensité lumineuse de ce point considéré comme source éclairante.

Soit :

m pouvoir lumineux du bec..... = 10 Ca
y hauteur du candélabre..... = 3 m
x distance horizontale du point M au pied du candélabre ..... = 20 m
P quantité de lumière reçue par le point M

On a :

$$P = \frac{2m\,y}{(x^2+y^2)\sqrt{x^2+y^2}} = \frac{2 \times 10 \times 3}{(\overline{20}^2+\overline{3}^2) \times \sqrt{\overline{20}^2+\overline{3}^2}} = \text{Ca } 0{,}0072.$$

M. Servier cite dans son étude Ca m 0,006 comme type d'éclairage maximum pour les rues.

Notons encore que ce chiffre de Ca m 0,0072 correspond à la lumière reçue normalement par un objet qui se trouverait à 1 m d'un foyer lumineux d'une demi-bougie ou 1/20 de Ca.

Les candélabres étant très éloignés, on pourrait augmenter gratuitement l'éclairage de la voie en élevant les candélabres et en mettant des réflecteurs aux lanternes.

Au parc Séminario, les candélabres sont à 10 m l'un de l'autre, la hauteur du point lumineux est de 3 m 50 au-dessus ; les foyers sont des tribecs consommant 270 litres pour les trois brûleurs et produisant 30 Ca. La lumière reçue entre deux candélabres est au point minimum de cm 0,290 ; c'est la lumière reçue d'un foyer de cm 0,8 placé à 1 m de distance.

C'est également l'éclairage de la place Rocafuerte. Pour le restant de la ville l'éclairage oscille entre les deux chiffres Ca m 0,0072 et Ca m 0,290 suivant l'emplacement et le nombre des lanternes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour l'usure des manchons, en se basant sur les trois plus mauvais mois de l'année (décembre, janvier, février), on peut prévoir une consommation de 18 manchons ; comme nous le disions précédemment, l'usine fait ses manchons elle même; le prix de revient de ces 18 manchons est de 9 fr.; les becs ayant 4.015 heures de service par an consomment 361 m c, soit : en gaz à fr. 0 50 : 180 fr. 50 or. La dépense des manchons ressort donc à 5 0/0 de la dépense du gaz.

On remarquera que l'entretien des manchons, malgré le grand nombre consommé, représente une augmentation insignifiante de la dépense du gaz ; il n'en serait pas tout à fait de même ici, parce que le gaz est vendu à un prix bien plus faible aux municipalités.

En résumé le bec Lecomte, que nous avons adopté ainsi que le système d'allumage, donne pleinement satisfaction pour un éclairage public, dans les conditions absolument défavorables que nous avons exposées; il se comporte bien avec un gaz très riche et de très basses pressions; il est robuste, se règle parfaitement, et c'est le seul qui ait pu fonctionner à Guayaquil.

Nous pensons que les conditions absolument nouvelles dans lesquelles cette installation d'éclairage public a été effectuée intéressera nos collègues et leur donnera une bonne solution pour des cas semblables.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TROISIÈME PARTIE

ANNEXES

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TEXTE

DES

PROCÈS-VERBAUX ANALYTIQUES

DES SÉANCES

DU

CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'INDUSTRIE DU GAZ

VOTÉS PAR LE CONGRÈS

DANS LA SÉANCE DU 5 SEPTEMBRE

Lundi 3 septembre 1900

Séance du matin.

OUVERTURE DU CONGRÈS

M. Th. Vautier, Président du Congrès, prend place au fauteuil, entouré des présidents d'honneur.

Il déclare ouvert le premier Congrès international du Gaz, dont il rappelle l'origine et l'organisation, due à la Société Technique de l'industrie du Gaz en France et aux sociétés gazières des pays amis.

Il retrace ensuite les progrès réalisés par l'industrie du gaz pendant la dernière partie du siècle, et notamment depuis l'Exposition de 1889.

Manutention mécanique des charbons et cokes dans les usines importantes ou de construction moderne; appareils et dispositifs figurant à l'Exposition et reproduction de ceux qui existent dans les usines de Paris, Genève, Zurich, etc.

Fours à gazogènes, fours Coze à cornues inclinées; utilité, besoin d'un pyromètre enregistreur industriel.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Epuration du gaz : traitement des cyanures, moyen de prévenir les engorgements par la naphtaline.

Brûleurs à incandescence de M. le Dr Auer von Welsbach; brûleurs à basse pression employés ordinairement; systèmes à haute pression ou gaz forcé permettant d'obtenir une bougie de lumière par litre de gaz; succès de l'éclairage intensif au gaz installé à l'Exposition; développement de l'éclairage à incandescence en raison du bas prix prochain des manchons.

Théories de l'incandescence par le gaz : Études de MM. Bunte, Le Châtelier et Boudouard.

A ce propos, M. le Président exprime le vœu de voir s'établir une entente internationale pour la photométrie de l'incandescence et le contrôle des manchons.

Après avoir passé en revue la carburation du gaz, l'emploi du gaz à l'eau, comme auxiliaire du gaz de houille, il examine les questions du chauffage au gaz et notamment de la cuisine au gaz : études de la Compagnie Parisienne du gaz, progrès considérables en Allemagne dans ces dernières années, comme l'a fait connaître M. Bouvier. Il rappelle l'invention du moteur à gaz, appliqué aujourd'hui pour l'utilisation du gaz de hauts fourneaux par MM. Delamarre, von Oechelhaeuser, et les services rendus par les compteurs à payement préalable. Il envisage ensuite la situation des industries concurrentes, notamment de l'électricité, et cite, parmi les communications présentées au Congrès de l'Electricité, l'étude de Mme Ayrton sur l'arc voltaïque, la lampe de Nernst, la distribution du courant continu de 500 volts à trois fils combiné avec la lampe à 220 volts, et la distribution à courant continu à intensité constante, qui fait concurrence aux courants alternatifs et polyphasés pour la transmission de l'énergie à distance.

La question du personnel et celle de l'instruction du personnel méritent notre attention; le Congrès entendra à ce sujet M. Forstall, et M. Oechelhaeuser donnera sans doute quelques renseignements sur l'École de Dessau, tandis que M. Hedde fera connaître ce qui se pratique dans les usines françaises pour intéresser les chauffeurs au travail des fours.

L'Exposition universelle présente bien des objets intéressants pour les gaziers : Éclairage au gaz, sous pression, du Champ-de-Mars et du Trocadéro; Pavillon du gaz organisé par M. Eu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gène Lebon; Modèles, Dessins et appareils divers exposés, énumérés dans une note distribuée aux membres du Congrès.

L'avenir du gaz, à en juger par cette revue rapide des efforts faits et des progrès réalisés depuis 1889, peut être envisagé avec confiance. (*Applaudissements.*)

SUR L'INCANDESCENCE PAR LE GAZ, PAR LE Dr H. BUNTE

L'orateur constate d'abord qu'après le succès de l'éclairage par l'incandescence, « le pouvoir éclairant » n'est plus une caractéristique essentielle du gaz et qu'il n'y a à considérer que son effet calorifique. C'est pourquoi l'industrie du gaz a un intérêt très vif à se rendre compte du rendement des manchons modernes. L'Union Allemande des gaziers en a fait des essais aussi exacts que possible, dont l'orateur donne les résultats les plus importants, qui constatent un progrès considérable sur ceux des expériences faites en hiver 1895. L'effet lumineux dépend surtout du mode de combustion et de la constitution du manchon; il est, d'après les essais allemands, indépendant de la composition du gaz au point de vue de son pouvoir éclairant. Il y avait des différences très grandes dans le pouvoir éclairant des gaz employés pendant ces essais; mais on ne put trouver de différences dans le rendement des manchons. L'orateur donne alors les résultats des essais faits dans son laboratoire avec divers mélanges artificiels de gaz de houille avec de l'hydrogène, du méthane, de l'oxyde de carbone, du gaz à l'eau, etc. Il discute les phénomènes de combustion dans le bec Auer : l'influence de l'action catalytique ou action de présence reste encore indécise; mais des essais, faits à Carlsruhe par M. Luggin, ont montré que la matière du manchon peut être amenée, sans aucune flamme, à donner une lumière complète par l'action catalytique.

En conséquence de ces nouvelles conditions, la production du gaz pour l'incandescence n'est plus soumise ni à l'emploi d'un charbon tout à fait déterminé, ni à la méthode de la distillation, en ce sens que l'on pourrait employer des récipients plus grands que les cornues et des durées plus grandes de distillation. Ainsi s'ouvre un large champ de progrès pour l'industrie du gaz.

M. Le Président remercie M. le Dr Bunte.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PHOTOMÉTRIE DES MANCHONS PAR MM. STOECKLIN, RIEDER ET Cie

Après avoir établi les difficultés de la photométrie des manchons, M. STOECKLIN propose d'adopter dans tous les pays les mêmes règles photométriques. Il propose de fixer :

1° L'emploi d'un bec type normal;

2° La hauteur du manchon;

3° La pression du gaz;

4° La consommation horaire.

La hauteur du manchon serait de cm 7,5, la pression de mm 40 et la consommation horaire de l 110.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Stoecklin et propose au Congrès de nommer une Commission Internationale destinée à établir les règles de la photométrie des manchons.

M. LECOMTE, de Paris, explique les difficultés de la photométrie des manchons; il demande que la Commission qui sera nommée fasse les essais à basse pression, avec une galerie spéciale et sans verre. Il propose de fixer les formes et dimensions des manchons; il parle aussi de la mesure du pouvoir calorifique du gaz et du photomètre à employer.

VŒU RELATIF A LA NOMINATION D'UNE COMMISSION

M. LE PRÉSIDENT met aux voix l'ordre du jour suivant :

« Le Congrès International de l'Industrie du Gaz,

« Considérant qu'il est de l'intérêt général et commun des producteurs aussi bien que des consommateurs de gaz d'être exactement renseignés sur le pouvoir éclairant des becs employés pour l'éclairage à incandescence,

« Décide :

« Une Commission Internationale sera nommée à l'effet de fixer les règles à suivre dans les observations photométriques des becs à incandescence par le gaz;

« Le bureau du Congrès est chargé de procéder à l'organisation de cette commission internationale ».

« Cet ordre du jour est voté à l'unanimité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. VAUTIER, président du Congrès, invite M. J. HELPS, président de « The incorporated Institution of Gas Engineers » à prendre la présidence de la séance.

FOURS A CORNUES INCLINÉES PAR M. C. E. BRACKENBURY

M. C. BRACKENBURY, de Londres, considère comme un grand progrès l'adoption des cornues inclinées de M. André Coze, assez répandues en Angleterre pour avoir nécessité une dépense de premier établissement de près de 18 millions.

Il décrit le mode d'installation le plus généralement suivi dans les usines anglaises pour le chargement, le délutage et les précautions à prendre.

Il estime que la longueur la plus favorable est celle de m 6,10 sans que cette grande dimension nuise au pouvoir éclairant, ni au rendement en gaz.

La forme des cornues est variable suivant la nature du charbon distillé.

Les fours sont généralement à 9 cornues. M. Brackenbury ne voit pas pourquoi on ne les porterait pas à 12 cornues.

Le coût d'établissement est naturellement variable, d'une usine à l'autre, mais l'économie résultant de l'emploi des cornues inclinées est de 60 à 75 0/0 sur le nombre des ouvriers.

Il estime que, dans une usine nouvelle, il y a intérêt à prendre les cornues inclinées, et donne la description d'une disposition de fours à cornues inclinées construits par M. Derval, de Paris, en collaboration avec MM. Graham, Morton et C^e^.

Discussion.

M. ANGEL, de Lyon, demande si l'expérience a démontré que le rendement en gaz et le pouvoir éclairant sont aussi bons avec les cornues inclinées qu'avec les cornues horizontales.

M. C. BRACKENBURY fait remarquer qu'il avait déjà, dans sa communication, répondu par l'affirmative.

M. KRAFFT, de Naples, expose que d'après les chiffres donnés par M. Brackenbury, le mètre de cornue reviendrait à fr. 583. On devrait y ajouter les frais de transport, de douane, s'il y a lieu. Un mètre de cornue produira sensiblement mc 16.009 dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'année. La dépense de premier établissement sera d'environ fr 36 par mc 1.000. L'économie sur la main-d'œuvre sera de fr 4 qui représentent le revenu de fr. 36, et ce résultat est des plus satisfaisants. Il y a donc intérêt à employer des cornues inclinées.

M. Coze, de Reims, cite une usine qui, avec des fours à cornues inclinées, arrive à produire par mètre de cornue mc 32.000 de gaz par an.

M. Bermejo, de Malaga, dit que, à Malaga, il a construit 4 fours à 9 cornues inclinées. Le rendement et le pouvoir éclairant sont parfaits, le chargement et le déchargement des plus faciles même avec des ouvriers peu vigoureux; trois hommes et demi par four de 9 cornues en 24 heures suffisent au travail complet.

L'économie produite en combustible et personnel, amortit rapidement le capital, et la besogne est singulièrement moins pénible pour les ouvriers.

M. F. Himing, de Londres, considère comme un avantage énorme de pouvoir employer des ouvriers non spécialistes et d'être ainsi affranchi des prétentions des chauffeurs professionnels.

M. Weiss, de Zurich, fait remarquer qu'on peut construire des batteries de 4 fours avec des cornues de m 3 à 4. C'est ce qui s'est fait à Winterthur : on y travaille à meilleur compte qu'avec les cornues horizontales.

M. Brackenbury dit avoir vu en Angleterre une batterie de 2 fours à cornues inclinées donnant à la fois toute satisfaction et une économie sérieuse.

M. Kohler, de Metz, a installé 3 fours à 9 cornues dans une usine produisant mc 1.500.000 annuellement. La durée des cornues est la même que celle des cornues horizontales ; le chauffage est le même ; le travail, plus agréable pour les ouvriers, n'exige pas l'emploi des spécialistes.

DE LA MESURE DES HAUTES TEMPÉRATURES PAR M. ALTEN S. MILLER

M. G. Ramsdell, de Philadelphie, donne lecture de la communication de M. A. S. Miller. Il s'agit d'un instrument servant à mesurer et à enregistrer des températures inférieures au point

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de fusion du platine. Le principe, le mode d'application de l'appareil, les précautions à prendre pour assurer l'exactitude des observations, le réglage, la graduation, sont successivement étudiés. M. Miller fait valoir l'avantage résultant d'un instrument enregistreur des températures élevées, se substituant aux approximations que peut fournir l'aspect du four et des cornues.

A la suite d'observations présentées par M. J. Leather, de Burnley, et par M. A. Glasgow, de Londres, sur la mesure des hautes températures employées dans les fours à gaz, la séance est levée à onze heures trois quarts.

Séance de l'après midi.

M. Vautier, président du Congrès, invite M. E. Beer, président de Deutscher Verein von Gas and Wasserfachmaennern à prendre la présidence de la séance.

DES RÉACTIONS THERMIQUES DANS LA DISTILLATION DE LA HOUILLE PAR M. EUCHÈNE (DE PARIS)

M. Euchène établit que, dans la distillation de la houille, il y a apport de chaleur d'une part par le coke brûlé, et, d'autre part, par la formation de certains gaz.

Il explique qu'il y a enlèvement de chaleur par les fumées, par le gaz lui-même qui sort chaud des cornues, par le coke chaud, par le rayonnement des fours, par la formation de mâchefer et enfin par la formation de certains gaz.

Il cherche à évaluer ces diverses quantités de chaleur, et il y arrive par les procédés les plus ingénieux, minutieusement contrôlés. Ces procédés ont permis de fixer d'une manière précise quelques données incertaines, telles que les températures et les chaleurs d'échauffement des gaz, du carbone, les pertes par rayonnement.

Il ressort de ce travail que la décomposition de la houille considérée seule, indépendamment de toutes les pertes qui se produisent dans les fours, dégage de la chaleur. Cette assertion peut expliquer, entre autres conséquences, la combustion spontanée des houilles par absorption d'oxygène avec dégogement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de chaleur. Ce dégagement de chaleur amorcerait la distillation qui continuerait par le dégagement des matières volatiles.

M. Euchène s'appuyant sur ces données, compare la distillation des divers charbons dans les mêmes fours, et le four ordinaire au four Siemens.

GAZ A L'EAU CARBURÉ PAR M. HENRI SOSPISIO (DE TRIESTE)

M. E. Sospisio, directeur du gaz de Trieste, lit une communication sur le gaz à l'eau. Il fait voir les économies que présente ce gaz. Il donne la monographie succincte de cette fabrication et décrit les divers systèmes d'appareils du Dr Strache et de Dellwik-Fleischer. Les deux appareils sont basés sur la décomposition de la vapeur d'eau par le coke incandescent ; mais dans le second, la température du coke est beaucoup plus élevée en raison de la conversion intégrale de l'oxyde de carbone en acide carbonique pendant le soufflage. Dans l'appareil Dellwik-Fleischer, le courant de vapeur d'eau se décompose en donnant mc 2,48 de gaz par kg de coke.

Le gaz est carburé avec le benzol, le naphte ou autre enrichisseur. D'après la description d'une installation de gaz à l'eau et les renseignements fournis sur la main-d'œuvre pour produire mc 35.000 de gaz par 24 heures, il y a au moins une économie du tiers sur le personnel. On a examiné si l'on peut employer sans inconvénients le gaz à l'eau et la conclusion à laquelle sont arrivés les savants, est qu'on peut le mélanger au gaz de houille dans la proportion de 30 0/0.

M. Vautier expose les motifs qui interdisent ou retardent dans divers pays l'application du gaz à l'eau.

NOTE SUR LE GAZ A L'EAU, SYSTÈME DELLWIK-FLEISCHER PAR M. DICKE (DE FRANCFORT-SUR-MEIN)

M. H. Dicke donne lecture d'un mémoire sur le gaz à l'eau préparé au moyen de l'appareil Dellwik- Fleischer. Il insiste sur les avantages de ce procédé qui assure une utilisation plus complète des calories renfermées dans le charbon. Il mentionne diverses villes, spécialement en Allemagne, où ce procédé est appliqué depuis plus d'un an. Sur la question de la proportion

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de gaz à l'eau carburé mélangé au gaz de houille, il signale que si la proportion de 50 0/0 peut être appliquée sans inconvénients, au dire de certains chimistes, on ne dépasse pas en général 30 0/0.

Discussion.

M. Bigeard fait remarquer de quelle utilité pourrait être, en France, l'emploi du gaz à l'eau carburé, à une époque où les usines éprouvent de grandes difficultés à se procurer des charbons nécessaires à leur fabrication.

M. A. Glasgow, de Londres, croit devoir présenter des observations au sujet des chiffres produits par M. Sospisio dans son mémoire. Il conteste l'importance de l'économie attribuée au procédé Dellwik-Fleischer et oppose aux chiffres de M. Sospisio des résultats d'expériences, obtenus à Rotterdam avec le gaz à l'eau carburé, produit dans les mêmes conditions que dans les usines anglaises et américaines.

M. le Dr Leybold, de Hambourg, à propos du système de gaz à l'eau carburé à l'huile de MM. Humphreys et Glasgow, tient à dire qu'il est absolument satisfait de l'installation qu'il a fait faire par cette maison pour l'usine de Hambourg, pour une production de mc 50.000 par 24 heures. Les garanties données ont été absolument réalisées ; l'appareil fournit même du goudron en abondance et d'un bonne vente. M. Leybold avait étudié auparavant les divers systèmes en présence ; il s'était rendu à Warstein avec M. Dicke, puis en Angleterre.

Le gaz à l'eau carburé peut être mélangé au gaz de houille dès le barillet (Brême) ; on a préféré le fabriquer à part, à Hambourg, et en mesurer séparément le volume et le pouvoir éclairant. Le prix de revient en est légèrement supérieur à celui du gaz, avec les prix normaux du charbon, et en tenant compte des droits de douane élevés qui frappent l'huile solaire en Allemagne, moins favorisée que la Russie, la Belgique, l'Autriche et la Suisse.

Le mélange avec le gaz ordinaire, dans la proportion de 20 0/0 de gaz à l'eau 80 0/0 de gaz, brûle au papillon comme le gaz ordinaire, et mieux que le gaz au bec Auer.

Par contre le gaz à l'eau carburé, seul, étant plus lourd que le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gaz de houille, nécessite un réglage spécial des brûleurs. Il faut absolument des brûleurs appropriés.

M. VAUTIER croit qu'on se fait des illusions sur le prix de revient du gaz à l'eau ; on raisonne le plus souvent sur des installations restreintes ou auxiliaires, qui ne sont pas grevées de l'ensemble des frais incombant à la production générale de l'usine. Si l'on faisait tout entrer en ligne de compte, le gaz à l'eau coûterait au moins aussi cher que le gaz ordinaire de houille. La distribution du gaz à l'eau, s'il était entièrement substitué au gaz de houille, entrainerait fatalement une réfection de la canalisation devenue insuffisante, le réglage de tous les appareils de consommation, etc. De plus, il ne faut pas oublier que le gaz à l'eau n'a pas, comme le gaz de houille, de sous-produits qui permettent de compenser les effets de la hausse de la matière première.

M. H. SALOMONS, de Bruxelles, ne croit pas qu'il y ait lieu d'envisager l'hypothèse d'une substitution complète du gaz à l'eau au gaz de houille; mais que le gaz à l'eau fournit un excellent moyen de lutter contre les grèves, les variations brusques de consommation, la hausse des charbons, la mévente du coke, etc.

MOYENS A EMPLOYER POUR PARER AUX OBSTRUCTIONS DUES A LA NAPHTALINE, PAR M. LE Dr BUEB (DE DESSAU)

M. J. BUEB rappelle que le gaz conserve une certaine quantité de naphtaline après la condensation. On sait les ennuis que les condensations de naphtaline, dont un faible poids suffit pour obstruer les canalisations, entraînent pour les usines à gaz.

Il propose, à la suite des essais qu'il a faits à Dessau, de laver le gaz, dans un laveur mécanique autant que possible, avec de l'huile d'anthracène bouillant entre 250° et 400°. L'huile d'anthracène dissout jusqu'à 25 0/0 de son poids de naphtaline qu'on peut séparer ensuite par distillation.

On ajoute à l'huile au préalable 4 0/0 de benzol pour éviter toute diminution du pouvoir éclairant.

L'appareil se place après le condenseur où le gaz est à 25° et contient environ g 1 de naphtaline par mètre cube.

L'huile coûte environ 3 fois le prix du goudron.

L'orateur termine en montrant la naphtaline extraite de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mc 500 de gaz, d'abord sous la forme de lamelles volumineuses, puis sous celle beaucoup plus compacte de naphtaline fondue.

Un même laveur Standard peut servir à la fois au lavage de la naphtaline et à l'obtention des cyanures décrite ailleurs par le même auteur. Sur huit compartiments, trois suffisent pour la naphtaline.

PRODUCTION ET FABRICATION DES CYANURES DANS UNE USINE A GAZ, PAR M. LE Dr BUEB (DE DESSAU)

M. J. Bueb fait un rapport sur un nouveau procédé pour obtenir les cyanures du gaz, sous une forme de grande valeur. Le principe de ce procédé consiste à traiter le gaz directement après le passage au condenseur Pelouze, avec une solution concentrée de sulfate de fer; il se forme à l'aide de l'ammoniaque et du cyanogène du gaz un sel double insoluble de ferrocyanure et d'ammoniaque, On emploie pour mettre en pratique ce procédé un laveur Standard, et il suffit d'utiliser ce dernier avec cinq compartiments pour retenir tout le cyanogène qui se trouve dans le gaz. Le grand avantage de ce procédé consiste à recueillir tout le cyanogène du gaz sous une forme vendable, tandis que jusqu'ici, une partie en était perdue sous la forme de rodhan, et une autre partie restait dans le gaz livré à la consommation. Ce nouveau procédé diffère de tous les autres connus jusqu'ici, en ce qu'il utilise l'ammoniaque même du gaz pour l'absorption des cyanures, et son mode d'emploi est très simple. Il ne réclame aucun travail chimique : le premier ouvrier venu peut faire le service de ce laveur de cyanures. Cette simplicité a été la cause que ce procédé a déjà été introduit avec rapidité dans un grand nombre d'usines, et beaucoup d'autres l'ont en projet. Outre les avantages directs du procédé, il offre aussi des avantages indirects, consistant à aider puissamment à l'élimination de l'hydrogène sulfuré des épurateurs. La destruction des volants des compteurs humides et de la tôle des gazomètres n'est plus possible comme précédemment, parce que l'acide cyanhydrique qui les détériorait sera désormais extrait du gaz pendant la fabrication.

On peut résumer en disant que le nouveau procédé procure

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aux usines une méthode pratique d'améliorer l'épuration du gaz et d'obtenir en même temps un sous-produit de valeur et d'un placement facile.

Discussion.

M. MALLET demande dans quel état se trouve la solution de sulfate d'ammoniaque sortant du filtre-presse ?

Le Dr BUEB répond qu'elle est parfaitement propre.

M. VON OECHELHAEUSER rappelle la lutte entreprise depuis longtemps par sa compagnie à Dessau contre ces deux ennemis, la naphtaline et le cyanogène.

Pour la naphtaline, il a tout essayé, même le froid avant les gazomètres, et aussi l'acide picrique. Il a été heureux d'employer finalement avec succès le laveur rotatif Standard, qu'il avait vu en Angleterre, il y a quelque 23 ans.

Quant au cyanogène, il s'agissait surtout d'éviter les dégâts qu'il causait aux volants des compteurs, aux tôles des gazomètres, dégâts dont on eut beaucoup de peine à découvrir la cause.

COMMUNICATION DE M. SMITS

En l'absence de M. SMITS, de l'usine à gaz d'Amsterdam, M. SALOMONS, directeur de la même usine, résume le travail de M. Smits. Ces messieurs ont remarqué de leur côté, l'utilité qu'il y avait à opérer pour le cyanogène, en présence de l'ammoniaque ; ils ont réussi à effectuer une séparation complète et satisfaisante du cyanogène, au moment où se publiaient les essais de Dessau.

Discussion générale.

Après un échange d'observations entre les précédents orateurs et M. LEATHER et M. W. FOULIS, de Glasgow, qui a fait depuis longtemps le lavage pour cyanogène, M. J. BUEB rappelle que M. Foulis a prescrit la séparation de l'ammoniaque avant le traitement pour cyanogène, tandis que M. Bueb utilise l'ammoniaque pour son traitement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quant au procédé de Beckton, tenu secret, M. Bueb s'en réfère aux trois communications qu'il a adressées au « Journal of Gas Lighting » dans le deuxième semestre de 1899.

M. Von Oechelhaeuser rend hommage aux travaux faits par les prédécesseurs du gaz de Dessau dans l'étude du cyanogène, tant en Angleterre qu'en Allemagne (Knublauch) et ailleurs. Il croit que le procédé breveté par sa compagnie, utilisant l'ammoniaque même du gaz en vue de l'obtention du cyanogène, débarrassant ainsi le gaz de ses impuretés les unes par les autres, constitue un progrès.

M. H. Salomons ajoute quelques mots.

La séance est levée à cinq heures trois quarts.

Mardi 4 Septembre 1900.

Séance du matin.

M. Vautier, président du Congrès, invite M. T. O. Paterson, président de « Incorporated Gas Institute », à prendre la présidence de la séance.

MANUTENTION MÉCANIQUE DU CHARBON, PAR M. MARSHALL (DE COPENHAGUE)

M. F. Marshall, de Copenhague, expose brièvement, en anglais, le but de sa communication, qui a été traduite en français par M. Krafft, et ce dernier prend ensuite la parole pour résumer les idées appliquées par M. Marshall à la manutention des charbons dans différentes usines du Nord de l'Europe.

Il est important, dit M. Krafft, de soulager les ouvriers en diminuant leur fatigue par l'introduction de machines, et en les amenant à faire travailler leur cerveau de préférence à leurs muscles.

L'installation exécutée par l'auteur pour l'usine à gaz de Frederiksberg résout la question d'une façon satisfaisante, tout en assurant l'économie du transport.

Elle se compose de deux parties distinctes :

1° Déchargement des vapeurs qui amènent le charbon au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

port franc de Copenhague et emmagasinage du charbon sur place;

2° Transport du port à l'usine des quantités journalières nécessaires.

La première opération est assurée au moyen de six grues à vapeur dont les bennes contiennent t 2 et se déversent dans des trémies, d'où des wagonnets portent le charbon dans 3 magasins pouvant contenir chacun t 10.000, réparties dans 18 compartiments, et dans un hangar couvert qui peut en recevoir 50.000. Les murs des magasins sont en ciment armé; les divisions intérieures, en pans de bois. Le charbon est porté par des voûtes en ciment armé, à travers lesquelles existent des ouvertures permettant de le déverser dans les wagons qui l'emmèneront à l'usine. Les wagonnets descendent de la grue au magasin sur un plan incliné, qu'ils remontent une fois vidés, par choc, au moyen d'une disposition ingénieuse (contrepoids, élevé par le wagon plein et qui retombe, quand le wagon est vidé, en lançant celui-ci en sens contraire).

La deuxième opération se fait au moyen de trains de 10 à 14 wagons de t 10, qui se vident par le fond dans des trémies réceptrices, munies au bas d'un distributeur. De là, le charbon est élevé dans des trémies hautes pouvant contenir t. 1.000; de celles-ci, le charbon passe dans la fosse d'un deuxième élévateur qui l'amène aux trémies des cornues inclinées. Les trémies sont construites en ciment armé et portées par des voûtes qui constituent un passage permettant de visiter tous les mécanismes. Deux hommes peuvent recevoir et emmagasiner t 120 par heure.

Les dépenses faites pour l'installation du port ont été de £ 55.000; celle des magasins et des mécanismes de l'usine de £ 3.500. Les frais de transport sont de 2,44 pence (25 centimes) par tonne pour le charbon pris dans la cale et élevé jusqu'aux trémies supérieures des fours.

Les installations fonctionnent depuis plusieurs années avec un plein succès et sans un seul arrêt.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MANUTENTION MÉCANIQUE DU COKE DANS LES USINES DE LA COMPAGNIE PARISIENNE DU GAZ PAR M. LOUVEL

M. Louvel indique le point de départ humanitaire des installations créées pour la manutention mécanique des cokes dans les usines de la Compagnie Parisienne du gaz.

A la Compagnie Parisienne, il faut, pour des raisons spéciales de la place, manipuler le coke en sacs plutôt qu'en vrac. Il décrit l' « Hectolitre verseur » et sa manœuvre sous les blutoirs; l'appareil monte-sac qui élève 400 sacs à l'heure, pour les charger à dos d'homme; les convoyeurs de sacs, horizontaux ou inclinés, qui mènent les sacs à m 100 de distance horizontale et qui les élèvent à m 20 de hauteur; et les monorails qui permettent, sur le haut des tas, le transport horizontal des sacs. Puis il indique les mécanismes ingénieux employés pour la reprise du coke aux tas. M. Louvel détaille aussi les progrès réalisés pour les transports en vrac. Tous ces appareils très simples s'appliquent avec la plus grande facilité aux anciennes usines. (*Applaudissements répétés.*)

M. Vautier, président du Congrès, invite M. Ramsdell, président de « American Gas Light Association », à prendre la présidence de la séance.

LA RÉDUCTION DE LA DÉPENSE DE DISTRIBUTION PAR L'EMPLOI DES PRESSIONS ÉLEVÉES PAR M. FRED H. SHELTON (DE PHILADELPHIE)

M. F. Shelton remarque que de grands progrès ont été introduits dans les procédés de fabrication du gaz. Mais le système de distribution par les canalisations et conduites reste à peu près le même aujourd'hui qu'il y a 20 ans. Or la consommation a augmenté dans des proportions énormes : d'où nécessité d'accroître le diamètre des tuyaux de distribution, ce qui parfois est très difficile, pour les placer au milieu des tuyaux, des égouts et des canalisations de toutes sortes existant aujourd'hui sous les voies publiques.

M. Shelton se demande s'il ne serait pas avantageux de rem-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

placer le diamètre de la canalisation par l'augmentation de pression permettant de distribuer des volumes de gaz plus considérables, sans changer la section. Il cite plusieurs applications de cette idée à Louisville (Kentucky), à Oakland (Californie), à Chicago, à Danbury (Connecticut), où le gaz fut refoulé à haute pression dans des conduites de diamètre faible pour alimenter d'autres villes sises à plusieurs kilomètres sans que le pouvoir éclairant diminuât de façon sensible.

L'auteur indique les moyens pratiques employés pour atteindre le but cherché et appliqués à deux villes, voisines de Philadelphie, réunies par une conduite à haute pression et alimentée par la fabrication placée en un point central. Il décrit les machines, la nature des conduites, les appareils mesureurs, les régulateurs, etc.

Discussion.

M. le Dr Leybold, de Hambourg, à propos des détériorations des conduites, rapporte qu'il a vu des tuyaux de fer forgé, placés sous un tramway électrique, détériorés en quelques mois par le courant de retour qui doit passer par les rails, et même par le courant venant des câbles, cependant isolés, et placés à m 0,70 des conduites. De là, production de fuites nombreuses de la canalisation du gaz.

M. Marchal, de Nantes, fait remarquer que M. Gaston Gautier a signalé les phénomènes désastreux de l'électrolyse au Congrès de 1893. Depuis, ont été maintes fois observés à Nantes, des faits de destruction, et le remplacement de conduites de fort diamètre s'est imposé à diverses reprises. Chez des abonnés, des branchements intérieurs ont été détruits et détériorés par le courant électrique.

A la suite d'observations présentées par MM. Charles Hunt, de Birmingham, S. Simmelkjoer, de Buenos-Ayres, et de Norcross, de Londres, M. Marchal ajoute que l'électricité peut être rendue responsable de la corrosion beaucoup plus rapide des enveloppes de compteurs à gaz placés chez des abonnés ayant les deux systèmes d'éclairage par le gaz et par l'électricité.

M. Vautier, président du Congrès, invite M. A. Rothenbach,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

président de *Verein von Gas und Wasserfachmænnern der Schweiz*, à prendre la présidence de la séance.

STATISTIQUE DES USINES A GAZ SUISSES. GRAPHIQUES ANNÉES 1890-1899. GRAPHIQUES DE LA CONSOMMATION DU GAZ DE LA VILLE DE ZURICH 1890-1899. — PLANS DE L'USINE A GAZ DE LA VILLE DE ZURICH, DE L'USINE A GAZ DE WINTERTHUR, DES USINES A GAZ DE GENÈVE, PAR M. A. WEISS (DE ZURICH).

M. A. WEISS expose que les résultats favorables obtenus dans l'exploitation des usines à gaz de Suisse et réunis dans des graphiques à l'appui, doivent être attribués :

A l'abaissement du prix du gaz ;

Aux facilités données par les usines pour l'emploi du gaz au chauffage.

Beaucoup d'usiniers font les branchements gratuits et les colonnes montantes gratuites jusqu'au compteur. Plusieurs ne font même pas payer le compteur. D'autres autorisent en outre deux becs sur le compteur à gaz pour le chauffage. L'abonné peut en outre alimenter deux ou trois autres becs en payant une prime de fr 3 à 5.

Les graphiques de consommation indiquent pour Zurich une progression très rapide. Comme conséquence, nombre de travaux ont dû être exécutés en peu de temps et les dépenses ont été élevées. L'emplacement trop exigu a dû être changé. Le progrès a fait adopter les cornues inclinées, le transport mécanique automatique des houilles, le transport du coke par entraîneur de Brouwer, mû par moteurs électriques utilisant le courant triphasé et ayant toujours très bien fonctionné. Des chaudières nouvelles ont été établies pour l'utilisation des poussiers.

D'autres villes ont aussi employé les cornues inclinées. M. Weiss mentionne que les frais occasionnés pour le transporteur de Brouwer ne sont pas trop considérables : il nécessite peu de réparations ; comme force, il faut compter sur cinq chevaux pour quinze tonnes-heure. Le transporteur ne produit que peu de poussier, ce qui est facile à constater dans l'usine. Le glissement du charbon dans les cornues inclinées est bien obtenu à la condition que la température soit peu différente aux deux extrémités.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Discussion.

MM. von Oechelhaeuser et Godinet ont constaté la régularité de marche et une production peu importante de poussier. Ils ont été étonnés de la petite force électrique nécessaire.

Diverses objections sont présentées au sujet de la préparation des charbons, de leur lavage, de l'emploi d'une toile sans fin pour le transport des charbons, au lieu des transporteurs à secousse pouvant donner des poussiers.

A Zurich, M. A. Weiss a constaté que peu de poussières sont entraînées dans la distillation, quoiqu'on emploie des transporteurs à secousse. La poussière n'a même pas d'effet sur les moteurs électriques, cependant très sensibles et exposés.

La construction de l'usine a nécessité des dépenses élevées mais elles ont été aussi importantes parce qu'une partie de l'installation a été faite en vue de l'avenir.

Il est fait observer que les charbons à Zurich donnent peu de poussière, tandis que dans d'autres usines employant des charbons français, la quantité est plus importante, ce qui nécessite l'arrosage du charbon.

M. von Oechelhaeuser indique que les transporteurs ou tables à secousses bien construites n'ont pas d'inconvénients. Dans d'autres usines de sa connaissance, on a employé un procédé mixte. A Varsovie par exemple, les cornues inclinées eussent été d'un prix trop élevé. Les cornues sont horizontales, le coke est poussé sur l'entraîneur (chaîne de Brouwer) qui le dépose dans la cour. Varsovie n'eût pas été, à l'époque, en état d'appliquer le procédé préconisé par M. Weiss.

M. F. Marshall, de Copenhague, ajoute que l'emploi du transporteur en toile de coton de m 0,42 de largeur et m 0,20 d'épaisseur installé par lui, en 1894, a donné de bons résultats. Ces toiles sont encore presque neuves après avoir servi au transport de t 240.000 de charbon.

La séance est levée à onze heures trois quarts.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Séance de l'après-midi.

M. Vautier, président du Congrès, invite M. Th. Verstraeten, président de l'Association des gaziers belges, à prendre la présidence de la séance.

COMMUNICATION DE M. LAURIOL.

M. Lauriol, ingénieur de la Ville de Paris, invite l'auditoire à visiter l'exposition de la Ville de Paris, où il recevra personnellement les congressistes, le vendredi 7 courant, de neuf heures et demie à onze heures et demie du matin.

Il indique à l'assemblée ce qui peut intéresser l'industrie du gaz, notamment l'exposition du service photométrique de la Ville.

LES MOTEURS A GAZ ET LEURS SOURCES D'ALIMENTATION
PAR M. AIMÉ WITZ (DE LILLE).

M. Witz indique que les sources d'alimentation sont multiples, gaz d'éclairage, toutes les gammes du gaz fabriqué, depuis le gaz pauvre jusqu'au gaz à l'eau, les gaz de hauts fourneaux, l'air ou les vapeurs carburées, etc.

La puissance des moteurs est aussi très variable, et aujourd'hui on voit à l'Exposition des moteurs à gaz de Cv 1.000.

Les gaz de hauts fourneaux sont des sources d'alimentation des moteurs émettant à l'heure des quantités d'énergie considérables autrefois perdues. Les gaz de hauts fourneaux renferment environ Cl 980 par m c.

Le gaz de gazogène (Cl 1.300) peut être un concurrent redoutable du gaz d'éclairage.

Le gaz de houille (de Cl 4.500, 4.800 à 5.500, en moyenne C 5.300 par m c) donne dans les bons moteurs modernes le cheval heure pour 1 500.

L'acétylène Cl 14.000 semble convenir aux moteurs, mais il est encore trop riche et mal dompté. Cependant l'emploi du gaz acétylène aux moteurs progresse de jour en jour.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Discussion.

M. Th. Verstraeten, président, remercie M. A. Witz. Il cite quelques exemples de la consommation des moteurs à gaz, et engage les gaziers à pousser au développement de la consommation de gaz de force motrice.

M. Marchal, de Nantes, établit une comparaison entre le prix de revient de la force motrice par le gaz de houille et le gaz de gazogène, et se plaint qu'on exagère toujours le coût du premier tandis qu'on diminue le prix du second.

M. Witz indique que les prix varient beaucoup d'un lieu à un autre, et qu'on ne peut pas, sans examen préalable, assigner telle ou telle place à l'un ou l'autre de ces gaz.

M. von Oechelhaeuser rend hommage aux travaux de M. Witz. Il indique pourquoi il a dû, à Dessau, construire de gros moteurs monocylindriques de Cv 200 et quelles ont été les difficultés de la réalisation des gros moteurs. Il invite les gaziers à faire bon accueil aux moteurs employant le gaz de gazogène, parce que ceux-ci sont en général de gros consommateurs de coke.

M. Salanson a fait des expériences sur des moteurs à gaz en faisant varier la richesse du mélange explosif; il a toujours vu le rendement du moteur s'élever quand le mélange s'appauvrissait. Il confirme donc en partie les observations de M. Witz sur le rendement des moteurs à gaz pauvre.

M. Marchal cite des chiffres de coût de consommation qui sont tout à l'avantage du gaz de houille.

M. le Président remercie les orateurs qui ont pris part à la discussion.

NOMINATION DE LA COMMISSION INTERNATIONALE DE PHOTOMÉTRIE.

M. Vautier, Président du Congrès, soumet à l'Assemblée le projet de délibération suivant, préparé par le bureau du Congrès :

En conséquence du vote émis à l'unanimité par le Congrès International de l'Industrie du Gaz, à la séance du Lundi matin,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3 Septembre 1900, le Bureau du Congrès s'est réuni à la date du 4 Septembre 1900, dans la salle des Commissions, et a dressé, comme suit, la liste des Membres de la Commission internationale chargée de fixer les règles à suivre dans les observations photométriques des becs à incandescence par le gaz (1).

Allemagne (4 membres) : MM. le Dr Bunte, de Carlsruhe, le Dr H. Kruss, de Hambourg ; F. Schæfer, de Dessau. 1 membre à nommer par le « Verein von Gas und Wasserfachmænnern ».

Angleterre (4 membres) : MM. J. Helps, président de Incorporated institution of Gas Engineers; O. Paterson, président de Incorporated Gas Institute ; C. Carpenter, de Londres; Vivian Lewes.

France (4 membres) : MM. Th. Vautier ; Delahaye. 2 membres à nommer.

Etats-Unis (1 membre) : A désigner.

Autriche-Hongrie (1 membre) : M. H. Nachtsheim fera connaître le représentant désigné par le « Verein ».

Belgique (1 membre) : M. Th. Verstraeten.

Hollande (1 membre) : M. D. Van der Horst.

Italie (1 membre) : M. V. Krafft.

Suisse (1 membre) : M. A. Weiss.

Les Sociétés Techniques de chacun des pays ci-dessus mentionnés seront invitées par la Commission à pourvoir aux vacances qui se produiront dans la Commission.

Le bureau du Congrès émet le vœu que la prochaine réunion plénière de la Commission ait lieu à Zurich.

Le siège social de la Commission est fixé à Paris, 65, rue de Provence, au siège de la Société Technique de l'Industrie du Gaz.

M. le Président met aux voix les propositions suivantes : nomination de la Commission internationale, telle qu'elle est indiquée dans le projet de délibération ci-dessus ; nomination complémentaire des membres par les Sociétés Techniques de chaque pays ; réunion plénière de la Commission fixée pour la

(1) Depuis le Congrès cette liste a été complétée comme suit :
France : MM. P. Lauriol et P. Audouin. — *États-Unis :* M. le Dr E.-G. Love. — *Autriche-Hongrie :* M. H. Nachtsheim. — La Société Technique d'Allemagne a nommé M. Von Oechelhaeuser en remplacement de M. F. Schaefer, et un délégué de l'Institut physico-technique de Charlottenbourg. — La Société Technique de Hollande a désigné M. Van Rossum du Chattel, en remplacement de M. Van der Horst.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

première fois à Zurich et fixation du siège social à Paris. L'Assemblée consultée vote, à l'unanimité, l'adoption de ces propositions.

VŒU RELATIF A LA FABRICATION DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE AU GAZ.

M. VAUTIER, Président du Congrès, donne lecture du projet de vœu, soumis par M. von Oechelhaeuser, au bureau du Congrès et approuvé par celui-ci :

Le Congrès International de l'Industrie du Gaz,

Attachant une grande importance à l'appareillage au gaz, considère comme absolument nécessaire de voir se produire parmi MM. les Fabricants d'appareils à gaz et Appareilleurs de tous pays un mouvement tendant à créer des lustres et appareils de plus en plus artistiques, combinant l'esthétique avec les avantages de l'incandescence au gaz, en tenant compte de son intensité d'éclairage et des sections réduites de canalisations qui seront désormais suffisantes pour l'obtention d'un pouvoir éclairant déterminé ;

« Le Congrès invite les diverses Sociétés gazières à ouvrir des concours, dans cet ordre d'idées, avec des prix en nombre et de valeur suffisante, et à se communiquer mutuellement les résultats qu'elles auront obtenus dans les divers pays. »

Ce projet de vœu, mis aux voix, est adopté à l'unanimité.

M. VAUTIER, Président du Congrès, invite M. H. NACHTSHEIM, président de *Verein von Gas und Wasserfachmænnern in Osterreich-Ungarn*, à prendre la présidence de l'Assemblée.

LA LUMIÈRE BOULÉ OU LUMIÈRE SPHÉRIQUE DORÉE PAR É. SALZENBERG (DE CREFELD).

L'ORATEUR rappelle les divers essais faits pour augmenter l'intensité de l'éclairage à l'incandescence au gaz, par la compression préalable soit du gaz, soit de l'air. Deux brevets, à ce relatifs, ont été accordés en Allemagne, le sien et celui de la maison Pintsch.

Il revendique un procédé nouveau, plutôt que des dispositifs

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de construction ; il obtient les avantages suivants par la compression du gaz As 1,1 :

1° Rendement économique élevé, l 1 par bougie en y comprenant le gaz fourni au moteur du compresseur ;

2° Rayonnement excessivement uniforme, « sphérique », absence d'ombres sous la lampe ;

3° Ton jaunâtre, solaire, de la lumière.

Les essais photométriques et spectrophotométriques du professeur Bunte se résument en des conclusions absolument conformes à ce qui vient d'être dit. La compression à 1 atmosphère se pratique déjà aux Etats-Unis sans production excessive de fuites. L'installation du compresseur et du réservoir est décrite dans les dessins annexés.

L'inventeur a établi 2 becs : 1° l' « Universel », à débit de gaz variable à volonté ; 2° le « Standard, réglé d'avance et plus silencieux. Les manchons sont gonflés par la flamme soufflée à As 1,1 et retenus par 2 fils d'amiante. Ces becs s'appliquent à toute espèce de gaz.

Les becs à incandescence au gaz avec air forcé n'ont pas un rendement supérieur à celui du bec Auer ordinaire ; de plus, il est presque impossible de régler le débit des deux courants d'air et de gaz, tandis que ce réglage s'opère sûrement avec la lumière sphérique dorée.

M. Lecomte discute les affirmations de M. Salzenberg et déclare qu'on peut obtenir, avec des brûleurs et des manchons appropriés, la Carcel pour l 10 et même moins, sans recourir à la compression, dont il conteste les avantages, notamment la possibilité d'obtenir des mélanges, en proportions voulues, d'air et de gaz pour l'alimentation des manchons.

M. E. Salzemberg annonce qu'il a quatre lampes en fonction au Pavillon du Gaz.

SUSPENSION ET ALLUMAGE AUTOMATIQUE DE LANTERNES A GAZ POUR CANDÉLABRES ÉLEVÉS PAR M. HIMMEL (DE TUBINGUE).

M. G. Himmel expose, avec modèle à l'appui, son système de suspension de lanterne intensive sur candélabre élevé, à console, à la façon des lampes à arc. Grâce à l'emboîtement de deux cônes, contenant trois rainures, la lanterne peut être mon-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tée et descendue par un ouvrier, placé au bas du candélabre, et sans perte de gaz.

Un modèle en grand est exposé au voisinage du Palais du Congrès, côté Ouest. La lanterne est munie d'un brûleur spécial, avec veilleuse et rampe.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES ÉCLAIRAGES CONCURRENTS DU GAZ PAR M. A. LECOMTE (DE PARIS).

M. LECOMTE résume sa communication en parlant d'abord de ses expériences relatives au pouvoir calorifique de divers hydrocarbures, et à leur évaporation, soit à froid, soit à chaud.

L'injection d'oxygène dans une flamme élève sa température, et, dans certains cas, son pouvoir éclairant, et il n'est pas impossible de prévoir un rendement de la flamme obtenue, sans manchon, équivalent à celui de l'incandescence.

Il ajoute que pour obtenir du pétrole un grand effet lumineux, en le brûlant à l'état de vapeur, dans une lampe, il faut une température élevée, soit environ 360°, le double de la température de volatilisation; mais il se produit alors des obstructions par suite de la dissociation des pétroles.

Les systèmes présentés à l'Exposition nécessitent un nettoyage fréquent, et le remplacement des petits canaux de vaporisation tous les huit jours (appareils Kitson, Washington).

L'alcool est essayé en Allemagne pour l'incandescence et les automobiles (fr 0,30 le litre); il faut que la flamme soit alimentée de vapeur d'alcool; mc 1 de cette vapeur pèse kg 2 et doit entraîner kg 13 d'air pour sa combustion.

Un mélange de benzine et d'alcool donne des résultats plus intéressants. Un litre de liquide, moitié alcool et moitié benzine, coûte à peu près 40 centimes à Paris.

Un modèle de lampe a été créé pour l'emploi de ce liquide à l'éclairage et une application a été faite à la gare de Thomery.

M. CHEVALET signale, à propos de l'alcool, que la question de son emploi à l'éclairage a été étudiée dans deux communications au Congrès International de chimie appliquée.

M. A. BRIX donne quelques explications relatives à l'Exposition spéciale des industries du gaz et de l'eau, projetée pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1901 à Vienne (Autriche), et souhaite d'y voir beaucoup de ses collègues du présent Congrès.

La séance est levée à cinq heures trois quarts.

Mercredi 5 septembre 1900

Séance du matin.

M. VAUTIER, Président du Congrès, invite M. W. Mc DONALD, Président de « Western gas Association » (Albany), à prendre la présidence de la séance.

HISTORIQUE, CARACTÈRE ET RÉSULTATS DE L'INSTITUTION « EDUCATION FUND », CRÉÉE PAR « AMERICAN GAS LIGHT ASSOCIATION » POUR L'INSTRUCTION PROFESSIONNELLE DES EMPLOYÉS DU GAZ.

La première idée de cette création est due à M. Walton Clarke. Elle répondait à la nécessité d'organiser un système d'instruction complémentaire pour les nombreux jeunes gens et hommes faits qui, sans avoir l'avantage d'une éducation bien avancée, lorsqu'ils occupent des emplois subalternes dans les usines à gaz, s'efforcent de se mettre en état d'occuper des postes où il y a plus de responsabilité.

Un comité fut formé, des souscriptions furent demandées aux Compagnies de gaz et dépensées sous le contrôle d'un conseil d'administration.

M. A. FORSTALL indique le fonctionnement de cette instruction donnée par correspondance, les professeurs envoyant des questions et examinant les réponses. Il fait remarquer qu'en dehors des considérations de philanthropie, les Compagnies du gaz fournissant les fonds trouvent leur intérêt à relever le niveau intellectuel et les connaissances techniques de leurs contremaîtres et ouvriers qui suivent la « Practical Class ».

Discussion.

M. VON OECHELHAEUSER, de Dessau, est heureux de voir que certaines idées appliquées en Allemagne, le sont aussi en Amé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rique, quoique d'une façon différente, chaque nation ayant sa manière d'agir. En Allemagne, des cours, sous la direction de M. le Dr Bunte, ont été institués dans les écoles polytechniques. Des écoles de plombiers existent également et donnent une instruction pratique. On ne pourrait obtenir ce résultat par correspondance. Cet enseignement s'adresse à la minorité intelligente qui désire se perfectionner, et des comités régionaux s'occupent de répondre à ces désirs.

Un rapport présenté au Congrès de Mayence, établit que les élèves qui ont profité de ces cours, donnent aux usines leurs services pendant trois ans.

M. Gigot, de Paris, fait remarquer que les questions à poser sont très limitées ; au bout de quelques années, les ouvriers auront entre les mains les réponses qui leur permettront de donner satisfaction aux questions, sans répondre au but poursuivi : « développer l'entraînement intellectuel par la préparation réfléchie des réponses ».

M. J. Helps, de Croydon, fait remarquer qu'en Angleterre, il y a des institutions pour l'apprentissage de toutes les industries. Des classes sont organisées à Londres et dans toute l'Angleterre, suivant un programme commun. Des professeurs sont officiellement inscrits, et il faut un certificat émané d'eux pour donner l'instruction. Chaque année, des examens ont lieu, et des prix, des médailles, sont attribués aux lauréats. Mais, dans notre industrie, certaines villes ont des usines trop petites pour pouvoir donner cette instruction. M. Helps trouve de grands avantages au système américain. Il voudrait aussi que les questions fussent faites par un comité et non par un seul individu, et qu'un plan général fût tracé pour l'enseignement professionnel gazier.

M. Vautier demande si ces cours sont des cours du soir. La réponse est affirmative. M. Vautier pense qu'il faut organiser des cours sur place, les ouvriers pouvant s'intéresser difficilement à l'étude des questions par correspondance, mais trouve très curieuse et très bonne l'idée de M. Clarke. Il rappelle qu'à Lyon, la Société d'enseignement professionnel du Rhône institue des cours dès qu'un groupe de vingt ouvriers le demande. Ces cours sont surveillés par les élèves eux-mêmes et ont lieu le soir. Beaucoup de ces cours portent sur des branches industrielles, et sont un enseignement plutôt théorique que manuel.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Ch. Hunt, de Birmingham, a constaté que les questions dans les écoles de Londres étaient plutôt pratiques que théoriques, et voudrait les voir posées par une corporation ou une Société industrielle telle que le « Gas Institute » plutôt que par un seul individu, quoique cela doive toujours conduire au même but.

M. G. Ramsdell, États-Unis, a fait de son côté la même expérience en ce qui concerne les examens et se rallie à l'opinion de M. Hunt sur le rôle des Associations gazières dans la direction de l'enseignement professionnel.

M. le Président propose un vote de remerciements pour la communication présentée par M. A.-E. Forstall.

DES MOYENS D'INTÉRESSER LES CHAUFFEURS AU TRAVAIL DES FOURS, PAR M. HEDDE (DE PARIS).

M. Hedde analyse sa communication sur la question proposée par la Commission d'organisation du Congrès :

« Indication des systèmes employés pour intéresser les chauf-
« feurs au rendement en gaz et à l'économie du chauffage des
« fours. »

Son étude est divisée en trois parties :

1° Exposé des moyens techniques d'intéresser les chauffeurs et consistant en primes de fabrication, allouées sur le rendement en gaz et l'économie du combustible ;

2° Exposé des moyens généraux d'intéresser les chauffeurs à la bonne façon de leur travail et à la prospérité de l'usine, par la création d'institutions étendues à tout le personnel classé de l'usine ;

3° Discussion de ces moyens et solutions proposées.

Dans la première partie, M. Hedde examine les trois points suivants : le salaire fixe, la prime de fabrication donnée pour assiduité ou pour bonne façon du travail, et le salaire réservé pour les institutions de prévoyance, telles que : 1° le secours contre la maladie, et 2° la retraite. Il cite l'exemple de différentes usines où ces principes sont appliqués avec des variantes. Il conclut que les primes de fabrications ont pour résultat de stimuler l'ouvrier au travail, mais qu'elles ne suffisent pas, et qu'il y a lieu de garantir l'ouvrier, par l'institution de caisses de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

prévoyance et de retraite, contre la misère qui est presque toujours son lot, s'il reste livré à lui-même. Différentes dispositions, appliquées dans nombre d'usines, sont examinées et discutées. Dans une seconde partie, il passe en revue les questions de logement, d'épargne, et cette étude est complétée par celle des caisses d'économie, des caisses de prévoyance et de la caisse de retraite qui doivent permettre d'arriver au résultat mentionné.

Comme conclusion, il préconise pour la rémunération du travail des chauffeurs :

1° Un salaire fixe, payé par quinzaine, sauf retenues de 1 0/0 pour la caisse de prévoyance et de 3 0/0 à porter sur le livret de retraite ;

2° Des primes de fabrication payables à échéances déterminées, sauf retenues de 5 0/0 pour la caisse de prévoyance et de 20 0/0 pour le livret de retraite ;

3° Une gratification annuelle de la Compagnie portée tout entière au compte d'amélioration des retraites.

En terminant sa communication, M. Hedde conclut que l'ouvrier en s'aidant lui-même dans la bonne voie, trouvera toujours le patron disposé à l'aider.

Discussion.

M. Rieder, de Mulhouse, dit que le silence des congressistes allemands doit être attribué à ce que le gouvernement a centralisé toutes les institutions de secours et de prévoyance.

M. Krafft mentionne qu'à Naples on a fait un essai en donnant une rétribution proportionnelle à la fabrication par cornue, essai qui n'a pas eu de résultats. Mais, actuellement, l'ouvrier est payé fr 3,50 par jour et touche une prime de fr 0,25 pour bon travail, plus un repas, fourni par l'usine, évalué fr 0,50, pour favoriser son travail, en lui permettant de manger de la viande, ce qu'il ne ferait pas autrement.

M. Ch. Botley, de Hasting, indique que les chauffeurs ont une paie fixe pour une quantité déterminée de travail, évaluée par un rendement fixe. Au delà de ce rendement, les chauffeurs touchent une prime de fr 0,25 par cent pieds cubes fabriqués en plus. Cette prime est répartie entre les ouvriers de la même équipe. Ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

système est employé depuis plusieurs années, et on est très content de son application.

M. VAUTIER, Président du Congrès, invite M. CRAMER, président de *Vereeniging van Gasfabrikanten in Nederland*, à prendre la présidence de la séance.

COMPARAISON ENTRE LES ÉCLAIRAGES USUELS A ÉCLAIRAGE ÉGAL PAR LA MÉTHODE GRAPHIQUE, PAR M. BOUVIER (DE LYON).

L'AUTEUR fait allusion à ses travaux antérieurs, qui résumaient, outre ses expériences personnelles, les essais dus à de nombreux spécialistes sur les éclairages usuels.

Pour compléter de précédentes communications, M. Bouvier a cherché à établir par la méthode graphique une comparaison entre dix principaux éclairages, ou cas envisagés comme chiffres moyens : tableau et graphique n° 1.

La comparaison est présentée de telle sorte que chaque cas puisse être tour à tour pris comme unité. Le graphique n° 1 ne compare entre elles que les quantités à consommer des divers éclairages.

En ce qui concerne la comparaison au point de vue de la dépense en argent, l'auteur devait se placer dans une ville déterminée, par exemple, à Lyon. La comparaison se résume donc en un second tableau et graphique correspondant.

Les chiffres indiqués, à titre de moyenne, sont faciles à modifier en raison des nouveaux progrès réalisés chaque jour.

SUR L'UTILITÉ DE L'UNIFICATION DES PAS DE VIS POUR LES APPAREILS A GAZ, PAR M. BENGEL (DE PARIS).

M. BENGEL recommande l'unification des pas de vis employés par les appareilleurs pour les appareils à gaz.

Discussion.

M. VISINET demande que ceci s'applique aussi aux compteurs à gaz.

M. LACAZE fait observer que la Compagnie Parisienne prit, il y

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

a quelques années, une décision pour unifier les raccords des compteurs par elle employés. Il serait facile de généraliser la mesure prise par la Compagnie Parisienne et d'imposer un pas de vis aux constructeurs, du jour au lendemain, en France. Au point de vue international, on pourrait profiter des travaux déjà faits en 1898, en Hollande.

M. A. SILBERMAN, de Berlin, dit que les constructeurs allemands se sont déjà entendus pour unifier les pas de vis de leurs appareils.

RÉSULTATS OBTENUS EN HOLLANDE AVEC LES COMPTEURS A PAYEMENT PRÉALABLE, PAR M. P. BOLSIUS (DE BOIS-LE-DUC).

M. P. BOLSIUS donne lecture de l'étude préparée par lui sur l'introduction en Hollande du système des compteurs à payement préalable, des résultats obtenus jusqu'au 1er janvier 1900 et des conditions principales diverses auxquelles, dans 43 villes, ces compteurs ont été mis à la disposition de la clientèle. Des statistiques communiquées et du texte qui l'accompagne, il résulte qu'en Hollande, le développement de cette manière de propager le gaz dans cette partie de la population des villes qui est moins favorisée par la fortune, et qui, par ce fait même, redoute de payer les sommes relativement fortes exigées par l'installation des appareils pour son propre compte et les notes mensuelles du gaz consommé, a parfaitement répondu à l'attente.

Au 1er janvier 1900, on avait placé au total 27.785 compteurs P. P. avec une consommation moyenne (pour les différentes usines) de m c 640 au maximum et de 190 au minimum, ce qui porte la moyenne générale à plus de m c 400 par an.

Après avoir donné un aperçu des difficultés éprouvées pour la mise en marche du système, notamment à Amsterdam, il recommande de ne pas passer trop légèrement sur les conditions à adopter, notamment la surtaxe, qu'il voudrait fixer, en général et suivant la situation et la grandeur des villes, de 1 à 1,5 cent (deux à trois centimes) par mètre cube.

En se servant des mesures sages, prudentes et libérales dictées par l'expérience déjà acquise, les usines à gaz ont tout intérêt à introduire le système des compteurs P. P. et feront jouir la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

petite bourgeoisie et les ménages des ouvriers d'un bel éclairage bon marché et d'un combustible d'emploi sûr et facile et contribueront de cette façon au bien-être de ces classes sociales.

Discussion.

M. H. SALOMONS, de Bruxelles, indique que les premières applications des compteurs P. P. ont été faites à Amsterdam un peu avant 1895, et que la surtaxe représentait 5 0/0 du prix de vente du gaz.

M. VAUTIER demande quel est le prix d'une installation de compteur à payement préalable. M. Bolsius donne le prix de 50 florins (fr 100) comme se rapportant aux années passées; aujourd'hui, par suite de la hausse des métaux, ce prix est de 65 florins.

M. KRAFFT, de Naples, dit qu'à Naples les compteurs à payement préalable ont rendu de réels services, sans que la Compagnie du gaz se soit lancée dans les installations en location. On s'est contenté de placer un bec avec le compteur, et la Compagnie fait cadeau de ce bec au propriétaire de l'immeuble, mais non au locataire.

La séance est levée à midi un quart.

Séance de l'après-midi.

M. VAUTIER, Président du Congrès, prie M. KRAFFT, Secrétaire général de la *conférence des gaziers italiens* de présider la séance.

ÉCLAIRAGE INTENSIF PAR LE GAZ DES PARCS DU CHAMP-DE-MARS ET DU TROCADÉRO. — CHAUFFAGE AU GAZ. — CUISINE AU GAZ, PAR M. A LÉVY (DE PARIS).

M. LÉVY indique les efforts faits par la Compagnie Parisienne pour l'éclairage à l'incandescence par le gaz, dans les jardins et parcs de l'Exposition, au Champ-de-Mars et au Trocadéro.

M. Lévy présente l'historique de l'éclairage intensif.

Il rappelle le bec 4-Septembre, le bec Schülke, le bec Giroud et arrive aux becs Auer, le n° 1, 1 80 = Ca 4, et le n° 2, 1 120 = Ca 6, que la Compagnie Parisienne emploie depuis 1893.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il aborde l'incandescence par le gaz sous pression de m 1,50 d'eau, donnant la carcel pour l 12 de gaz. Au début, ces becs faisaient du bruit et les manchons ne duraient pas. Il signale les premiers becs Denayrouze, en juillet 1896, et ceux d'Auer, modèle 1898.

Pour l'Exposition de 1900, la Compagnie Parisienne a employé le gaz sous pression, plutôt que l'air sous pression, afin d'éviter une seconde canalisation nécessaire pour marcher avec l'air sous pression ; pour brûler ce gaz, à la pression de mm 200, elle se sert des brûleurs Bandsept, dépensant l 350 et donnant Ca 35.

Il décrit l'usine de compression du Champ-de-Mars, qui refoule le gaz à l'usine, à mm 220, pour avoir mm 200 au bout du réseau.

Il indique les modifications faites aux lanternes pour y pouvoir loger des becs de l 300, 750, 1.400 ou 1.750. Pour aller plus loin, la Compagnie a étudié des lanternes de 10 manchons de l 350, et aussi de plus fortes. La hauteur des lanternes n'a pu être changée, puisqu'on utilisait du matériel existant.

L'éclairage à surpression est employé dans les grandes artères, les abords des cascades et de la tour de 300 mètres, l'éclairage à la pression ordinaire, partout ailleurs. Il y a 4.676 manchons et ils donnent ensemble Ca 9.000.

La durée des manchons marchant à surpression est de 42 jours et diffère peu de celle des manchons ordinaires. L'allumage se fait par des veilleuses dans les appareils de plus de m 4,70, et à la perche dans les plus basses, mais avec des perches spéciales lançant de l'alcool pulvérisé, allant à cm 15 du bout de la perche. L'éclairement varie de 23 à 12 bougies-mètre.

Le débit total est de mc 1.383 à l'heure, l'intensité de Ca 90.000 réparties sur une surface de mq 195.000.

M. Kraff félicite l'auteur de l'intérêt de sa communication, comme aussi du superbe effet obtenu par les installations de la Compagnie parisienne à l'Exposition.

M. Lévy aborde la question du chauffage, dont les progrès sont considérables, depuis qu'on a de bons appareils à des prix modérés. Il indique le but du laboratoire que la Compagnie a créé pour étudier et essayer les appareils qui doivent être établis suivant les règles de l'hygiène, qui doivent brûler tout le gaz passant par l'appareil, qui doivent avoir un bon rendement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

calorifique et, enfin, qui doivent avoir à l'usage un bon fonctionnement.

Il décrit les méthodes employées pour ces divers essais dans le laboratoire de la Compagnie. Il examine divers types d'appareils construits par la Compagnie, ainsi que les appareils automatiques employés pour régler la dépense de gaz, afin d'assurer dans les locaux à chauffer, la température voulue.

Il aborde la question de la cuisine au gaz, question que la Compagnie Parisienne a particulièrement travaillée. Il parle des essais faits soit avec la flamme bleue, soit avec la flamme blanche qui, toutes deux, ont leurs avantages en certains cas, et indique les types d'appareils le plus employés dans les ménages.

Puis il donne quelques renseignements sur les grands appareils de chauffage par le gaz employés dans les hôtels, restaurants, lycées, etc. Il fait l'historique de la construction des appareils de cuisine à la Compagnie, et indique les bons rendements auxquels ces études ont conduit. Ainsi, au Bon Marché, les appareils font la cuisine de plus de 5.000 personnes et cuisent le kilogramme de viande avec l 170 à 205. On peut compter de l 150 à 200 dans les grandes installations; on a obtenu l 100 dans les hôpitaux pour des préparations simples. A Paris, dans un grand restaurant des boulevards, on compte g 1.300 de charbon par repas, et, d'autre part, de l 200 à 250 de gaz.

M. Daudy, d'Angers, demande comment on peut remettre à neuf les appareils de cuisine qui rentrent de location dans un état de saleté souvent déplorable.

M. Lévy répond que la Compagnie Parisienne se préoccupe de cette question, qu'on organisera un service pour cela, et qu'au besoin on change à peu de frais certaines pièces.

M. Krafft remercie l'auteur de son intéressant mémoire.

VŒU RELATIF A L'UNIFORMISATION DES PAS DE VIS.

M. Vautier, Président du Congrès, donne lecture du vœu élaboré par le bureau du Congrès :

Le Congrès International de l'Industrie du Gaz,

Considérant l'intérêt que présente, au point de vue des installations de gaz chez les abonnés, l'interchangeabilité des appareils de distribution et d'utilisation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Émet le vœu que les Compagnies de gaz prennent l'initiative d'agir auprès des fabricants de compteurs et d'appareils pour obtenir d'eux l'emploi de pas de vis uniformes pour chaque type d'appareil ;

Et charge le bureau de la Commission Internationale de Photométrie de réunir les éléments nécessaires en vue de réaliser l'unification des pas de vis et de préparer, à cet effet, un rapport qui sera communiqué à tous les intéressés.

Ce projet de vœu, mis aux voix, est adopté à l'unanimité.

ADOPTION DES PROCÈS-VERBAUX.

M. VAUTIER, Président du Congrès, met aux voix l'adoption des procès-verbaux des séances du lundi 3 septembre et du mardi 4 septembre, lesquels ont été imprimés et distribués à tous les membres du Congrès.

Les procès-verbaux sont adoptés à l'unanimité.

A PROPOS DES COMPTEURS D'ABONNÉS. — OUVERTURE A UNE DISCUSSION SUR LES COMPTEURS SECS ET HYDRAULIQUES, PAR M. BIGEARD (D'ANGERS).

Pour certains nouveaux abonnés, tels que les employés et ouvriers, le compteur hydraulique peut présenter quelques inconvénients, et il serait à souhaiter que le compteur sec pût être utilisé sans autant d'appréhension qu'autrefois.

D'ailleurs, depuis son apparition, bien des perfectionnements ont été apportés dans sa construction, et ce qui le démontre, c'est la faveur dont il jouit dans plusieurs pays étrangers.

M. BIGEARD, pour juger de la valeur relative des deux systèmes, avait établi à l'usine à gaz d'Angers une distribution spéciale alimentée par deux compteurs, l'un sec et l'autre humide, enregistrant successivement la consommation, et les index relevés sur chacun d'eux ont été pour ainsi dire identiques.

Le compteur hydraulique, malgré le degré de perfection auquel il est arrivé, donne quelquefois encore des embarras aux directeurs d'usines : arrêt en temps de gelée, déformation

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des organes qui peut en résulter, volants percés, visites multiples chez les abonnés. C'est pourquoi M. Bigeard demande s'il ne serait pas utile : 1° De faire admettre au poinçonnage officiel les compteurs secs ; 2° De créer un laboratoire de vérification des compteurs à gaz de tous systèmes.

Et, avant d'admettre le compteur sec dans la pratique, il faudrait enfin être prévenu contre tous les inconvénients possibles que M. Bigeard résume en un questionnaire.

A propos de poinçonnage, M. Bigeard fait observer que le service du contrôle de l'exactitude des compteurs des abonnés appartient dans tous les pays d'Europe — sauf en France — aux administrations du contrôle des poids et mesures.

En France, ce service est dévolu à des laboratoires de contrôle municipaux, service exact, il est vrai, mais qui n'inspirerait de confiance que s'il était fait — comme il serait à désirer, suivant M. Bigeard — dans les usines mêmes par un vérificateur des poids et mesures.

DES COMPTEURS SECS, LEURS AVANTAGES ET LEURS DÉFAUTS, PAR M. P. ASSELBERGS (DE BERGEN-OP-ZOOM).

L'AUTEUR, après avoir parlé du rôle important que les compteurs d'abonnés jouent dans la distribution du gaz et de l'attention qu'ils méritent de la part des directeurs d'usines à gaz, étudie les avantages et les défauts des compteurs secs et humides, et indique les raisons pour lesquelles on préfère de plus en plus les compteurs secs, même parfois à l'exclusion presque totale des compteurs humides, surtout pour les compteurs à payement préalable.

Discussion.

M. ROUGET défend les compteurs hydrauliques qui ont pour eux la pratique de longues années et pas tous les défauts signalés, tels que celui de la variation du niveau d'eau, auquel il est facile d'ailleurs de remédier par l'emploi du compteur à mesure invariable. Il voit une preuve de la supériorité du compteur hydraulique dans ce fait que la vérification légale des compteurs, en Suisse, se fait pour les compteurs secs au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bout de la moitié du temps exigé pour celle des compteurs hydrauliques.

M. Lacaze est disposé à fabriquer des compteurs secs autant qu'on le voudra ; mais il craint que le poinçonnage ne soit pas admis pour des raisons bien connues et présentées à différentes réunions des gaziers. Toutefois, il reconnaît que, dans certains cas, le compteur sec s'impose de lui-même, comme pour l'éclairage des tramways à l'acétylène et les moteurs à gaz.

M. Chamon expose que, dès 1875, on avait fait des efforts — d'ailleurs sans résultat, — pour faire admettre les compteurs secs au poinçonnage. Ce qui tendrait à prouver la supériorité du compteur hydraulique, c'est qu'il sert à contrôler le compteur sec, et que, en outre, la tolérance admise est plus grande pour ce dernier.

M. Bigeard ne prétend pas qu'on doive remplacer, par des compteurs secs, tous les compteurs hydrauliques ; mais il voudrait voir également poinçonner les compteurs secs à cause des nouvelles classes d'abonnés auxquels ils rendraient des services qu'on ne peut pas obtenir des autres.

M. G. Asselbergs admet parfaitement la grande exactitude du compteur hydraulique, mais il pense qu'elle existe surtout au laboratoire où il a été vérifié, et qu'il cesse bien vite de la conserver, une fois placé chez l'abonné.

M. A. Weiss, de Zurich, informe que d'après le nouveau règlement fédéral, la vérification des compteurs secs doit se faire tous les 10 ans, et celle des compteurs hydrauliques tous les 20 ans. Il est d'avis d'employer les premiers, de plus en plus, pour les raisons déjà exposées par M. Bigeard.

M. H. Salomons pense résumer la discussion en disant que s'il est établi que le compteur hydraulique est le plus exact, il n'en est pas moins vrai que, pour bien des considérations locales, le compteur sec doit lui être préféré, comme encore pour l'emploi des compteurs P. P., qui doivent être du mécanisme le plus simple possible. Lorsque les compteurs P. P. ont été introduits à Amsterdam, c'est la forme des compteurs secs qui a été adoptée, et c'est encore cette forme que demandent les nouveaux abonnés.

M. A. Rotenbach père confirme les observations de M. Weiss, en ajoutant que les compteurs secs doivent aussi être placés de préférence lorsqu'on fait la cuisine au gaz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

SUR L'INSTALLATION DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC DANS LA VILLE DE GUAYAQUIL PAR M. GUICHARD (DE PARIS).

M. GUICHARD donne lecture d'une communication sur l'installation de l'éclairage public de la ville de Guayaquil (Equateur) au point de vue des défenses contre les pluies et les insectes nocturnes qui compromettent l'existence des manchons incandescents.

Au lendemain de l'installation des 60 premières lanternes, 50 manchons étaient brisés par les insectes. La protection du manchon a été obtenue avec un verre de 7 centimètres de diamètre et de 16 centimètres de hauteur; ce verre n'a pas pour but d'augmenter le tirage du bec. Les lanternes ont dû être fermées bien hermétiquement pour parer aux pluies diluviennes qui tombent au commencement de la nuit. L'allumage se fait avec la rampe ordinaire protégée jusqu'à une certaine hauteur par un bout de tuyau et les allumeurs se servent d'une perche avec lampe à pétrole. Le croisillon de la lanterne est en haut rivé à la lanterne; dans le bas, les quatre branches sont reliées entre elles par deux frettes rivées. Grâce à ce dispositif, il suffit d'enfoncer le croisillon de la lanterne sur l'extrémité du poteau en bois servant de candélabre, et on assure la position de la lanterne en introduisant des coins en bois entre les frettes et l'extrémité du poteau.

M. GUICHARD est parvenu à organiser à Guayaquil un éclairage public à incandescence par le gaz qui peut soutenir la comparaison avec celui des villes européennes.

M. LE PRÉSIDENT VAUTIER prend place au fauteuil de la présidence.

CONCOURS POUR L'ALLUMAGE AUTOMATIQUE.

M. LE PRÉSIDENT porte à la connaissance du Congrès que la Société Technique de l'Industrie du Gaz en France vient d'ouvrir un concours pour le perfectionnement de l'allumage automa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tique des becs à incandescence, auquel pourront prendre part les inventeurs de tous les pays ; elle a affecté à ce concours une somme de 5.000 francs, qui pourra être distribuée aux inventeurs de systèmes que la pratique aura consacrés.

ADOPTION DES PROCÈS-VERBAUX.

Lecture est alors donnée des procès-verbaux des deux séances de ce jour, mercredi, 5 septembre, et M. le Président met aux voix l'adoption de ces procès-verbaux qui est votée à l'unanimité.

CLOTURE DES SÉANCES TECHNIQUES.

M. LE PÉSIDENT VAUTIER prononce alors l'allocution suivante :

« Messieurs,

« Nous voici arrivés à la fin des séances techniques du Congrès.

« Le Bureau tout entier tient à vous remercier d'avoir rendu sa tâche aussi facile et aussi agréable. Je conserverai, pour ma part, un souvenir ineffaçable de l'honneur que j'ai eu de présider le premier Congrès international de notre industrie.

« Je suis heureux de constater que nos séances ont eu un plein succès et je vous félicite de ce résultat si satisfaisant ; il est dû au nombre et à l'importance des travaux présentés, à l'intérêt soutenu des discussions, à la parfaite courtoisie qui n'a cessé de régner entre nous, à l'agrément des relations qui se sont créées ou renouvelées, enfin, à la présence d'une quantité considérable de Membres de diverses nations, parmi lesquels nous avons eu le privilège de compter beaucoup des représentants les plus autorisés de notre industrie.

« Il ne m'appartient pas de dire si ce premier Congrès sera suivi de plusieurs autres ; mais je vois à cet égard un heureux présage pour l'avenir dans les résultats que nous avons obtenus et dont l'un des plus précieux est la manifestation imposante du cordial accord de toutes nos Sociétés Techniques que vient de consacrer le Congrès de Paris.

« La Commission internationale de la photométrie de l'incan-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

descence que vous avez créée, laisse subsister une trace matérielle et un lien moral entre elles toutes.

« J'espère donc, en terminant, que nous pourrons nous dire, non pas adieu, mais au revoir. »

M. LE Dr BUNTE, au nom des membres du Congrès, exprime en quelques paroles cordiales les remerciements de l'Assemblée pour M. le Président Vautier, auquel il associe tous les membres du Bureau du Congrès.

M. LE PRÉSIDENT VAUTIER remercie M. le Dr Bunte et prononce la clôture des séances techniques du Congrès International.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sur l'altération avec le temps du pouvoir éclairant des manchons incandescents (1).

Par le Dr Émil LIEBENTHAL

(CHARLOTTENBURG).

Avec la position prépondérante que l'Allemagne prend dans le domaine de l'industrie de l'incandescence par le gaz, il avait paru désirable qu'il fût institué en Allemagne le plus possible d'expériences parallèles sur l'incandescence par le gaz pour déterminer le rendement des divers types. Sur l'invitation de M. le conseiller privé à la cour, Dr Bunte, l'Union allemande des gaziers et hydrauliciens se mit, par correspondance, en relation avec le Bureau impérial physico-technique, lequel, eu égard à l'intérêt général qu'offrent de semblables recherches, se déclara prêt à y collaborer. Le 16 octobre de l'année précédente eut lieu, dans le bâtiment de service du bureau impérial, section II, à Charlottenbourg, sous la présidence du directeur Hagen, une séance de commission à laquelle prirent part des membres de la Société sus-nommée et des représentants du Bureau impérial.

On arrêta dans cette séance, pour les essais projetés, une série de résolutions dont voici les plus importantes, en tant qu'elles se rapportent au compte rendu des expériences faites jusqu'ici :

Les recherches ne doivent être d'abord faites qu'à titre de pure information et ne se rapporter qu'à l'établisse-

(1) Compte rendu à la réunion de la Société allemande des gaziers et hydrauliciens à Mayence, 1900. *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*, 1900, no 36, S. 665-668.

(Annexe à la communication de M. le Dr H. Bunte.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment du pouvoir éclairant et de la teneur en cendres, mais non pas à l'essai de solidité. Jusqu'à nouvel ordre, elles seront secrètes, car, tout d'abord, on n'a pas en vue le contrôle de la fabrication. Les membres de la Commission se procureront en sous-main, par des personnes de confiance, les manchons nécessaires et demanderont toujours la meilleure qualité, attendu que les maisons vendent le plus souvent plusieurs qualités.

Pour les essais, on s'adressera à cinq maisons qui, d'après une estimation approximative, fournissent environ les trois quarts de tous les manchons fabriqués en Allemagne. On examinera plus tard un deuxième et troisième groupe de maisons moins importantes.

L'examen photométrique sera confié à : 1° le Bureau impérial; 2° M. Bunte; 3° M. Drehschmidt; 4° MM. Krüss et Leybold; 5° M. Schæfer.

La détermination des cendres est confiée aux trois premiers observateurs. Pour chacun de ces deux essais, les stations d'observation auront à employer quatre manchons. M. Schæfer est chargé de procurer les dispositifs nécessaires pour brûler les manchons au moyen du gaz comprimé et de rédiger, en commun avec M. Drehschmidt, des prescriptions sur la pression et la durée du durcissement. On emploiera des brûleurs Auer, des injecteurs Auer et des cheminées en verre d'Iéna de cm 25 de haut; les tiges de support en magnésie auront une hauteur de mm 70, comptée depuis l'arête supérieure du brûleur jusqu'au fond de la fourchette. L'intensité moyenne horizontale se mesurera dans dix directions. Comme source de comparaison, on pourra prendre des lampes électriques à incandescence, ou, si cela n'est pas possible, des becs joujoux.

On n'emploiera aux essais que des manchons sans défaut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de forme, s'adaptant étroitement sur le brûleur. Tout manchon qui présentera au début une différence de plus de 15 0/0 entre le maximum et le minimum fournis par les intensités dans les dix directions, sera aussitôt rejeté comme trop irrégulier. Les manchons détériorés au cours de l'essai seront remplacés aussi bien que possible par d'autres.

L'examen photométrique se fera après une heure, puis à une époque quelconque dans les premières 24 heures, enfin après 100 et 300 heures de combustion. Il ne paraît présentement pas nécessaire de le pousser au delà de 300 heures, attendu que l'intensité lumineuse après ce temps diminue relativement peu comme l'a montré l'expérience. La pression du gaz sera comprise entre 30 et 35 mm, la consommation horaire entre 100 et 125 litres. On se maintiendra entre ces limites en perçant graduellement les injecteurs ou en en choisissant un parmi cinq ou six avec trous de diverses grosseurs, pour arriver dans l'essai initial de chaque manchon au photomètre, à la plus grande intensité lumineuse absolue (sans viser à la dépense la plus favorable). Dans tout essai photométrique ultérieur, il faut soumettre ce manchon à une double mesure, en employant son injecteur :

1° A la pression de l'essai initial ;

2° Pour la plus grande intensité lumineuse qu'on puisse atteindre en tournant le robinet (diminution de pression).

A côté des mesures photométriques, il faudra encore exécuter un essai du gaz d'éclairage, employé, au moyen d'un brûleur à tête creuse, avec une consommation horaire de 150 litres, de même qu'une détermination du pouvoir calorifique au moyen du calorimètre de Junkers.

Les résultats des essais seront communiqués au bureau impérial aussitôt que possible.

En suite de ces décisions, vers la fin de novembre de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'année précédente, les manchons furent envoyés aux divers observateurs par M. le professeur Bunte, et les machines à incinérer les manchons, au milieu de décembre par M. Schæfer (Dessau) et quand environ un mois après, les brûleurs à tête creuse et les prescriptions relatives à l'incinération furent préparés, on put commencer les essais. Au total, le bureau impérial a reçu les résultats bruts de trois observateurs, de telle sorte qu'il a pu traiter les résultats de quatre stations. Les mesures effectuées sur les manchons *pour la plus grande intensité* conduisirent aux valeurs rassemblées dans le tableau I, pour l'*intensité* absolue et la consommation horaire de gaz (*Dépense*).

Tableau I.

TYPE	INTENSITÉ ABSOLUE EN HK après un nombre d'heures de combustion égal à				CONSOMMATION HORAIRE DE GAZ PAR HK exprimée en litres, après un nombre d'heures de combustion égal à			
	1	24	100	300	1	24	100	300
A	92	84	70	60	1,3	1,4	1,7	1,9
B	85	78	66	61	1,4	1,5	1,8	1,9
C	86	85	79	76	1,4	1,4	1,5	1,6
D	83	80	72	64	1,4	1,5	1,6	1,8
E	74	74	68	60	1,6	1,6	1,7	1,9

Les nombres donnés sont les moyennes des valeurs trouvées par les divers observateurs, et résultent ainsi de vingt nombres. On a pu effectuer cette moyenne, attendu que les résultats des observateurs concordent dans leur allure générale (1).

(1) Les courbes relatives ont été traitées par M. le Dr H. Bunte, dans la salle des séances à Mayence.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour que le secret soit uniformément gardé, les maisons ont été désignées par les lettres A, B, C, D, E.

On a porté sur les fig. 1 et 2, l'intensité lumineuse et la dépense en fonction du nombre d'heures de combustion (1, 24, 100 et 300 heures).

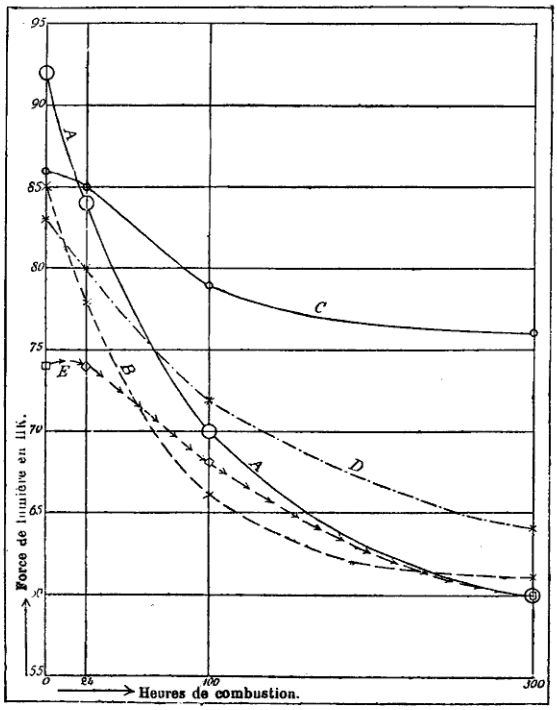


Fig. 1.

Au début, le manchon du type A avait la plus forte intensité égale à 92 HK, puis venaient C, B et D avec environ 84, et enfin E avec 74 HK. Après 300 heures, C possédait encore une intensité de 76 HK, tandis que les autres espèces étaient redescendues en gros à 60 HK.

Pour ce qui est de la dépense (fig. 2), le type A occupait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au début la première place avec l 1,3 puis venaient B, C et D avec presque la même dépense de l 1,4 et enfin E avec l 1,6. A la fin de l'essai A, B et E arrivaient à l 1,9 et D à l 1,8 au contraire la dépense de C n'avait augmenté que jusqu'à l 1,6.

Il résulte encore des résultats des mesures que :

1° Après 300 heures de combustion, l'intensité lumineuse des divers types avait diminué de

A	B	C	D	E		
35	28	12	23	19	0/0	par rapport à l'intensité du début.
et de 29	22	11	20	19	0/0	par rapport à l'intensité au bout de 24 heures.

2° Avec la moyenne de 300 heures de combustion, on avait pour les divers types :

	A	B	C	D	E	Moyenne des 5 types
Intensité lumineuse	69	66	79	70	66	70 HK
Dépense	1.7	1.8	1.5	1.6	1.8	l 1,7

Les essais faits en commun sur la plus grande intensité fournirent ainsi pour le type C, les valeurs les plus favorables, comme cela se voit immédiatement sur les courbes C des figures 1 et 2 qui, après environ 100 heures de combustion deviennent presque parallèles à l'axe des abscisses et parmi ces courbes, dès les premières 24 heures, la première reste au-dessus et la seconde au-dessous des autres courbes.

Il faut encore faire remarquer ici que les mesures *à la pression d'essai initial*, après 300 heures de combustion, ont donné en moyenne pour l'intensité lumineuse des valeurs plus petites jusqu'à 5 0/0 et pour la dépense des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

valeurs plus grandes jusqu'à 17 0/0 que les nombres leur correspondant dans le tableau I. La consommation horaire des 5 types s'élevait en nombres ronds à 120 litres. On ne doit pas entrer dans plus de détails sur ces résultats, attendu qu'il s'agit surtout ici de déterminer le rendement des manchons.

Pour avoir une idée de l'allure ultérieure des manchons

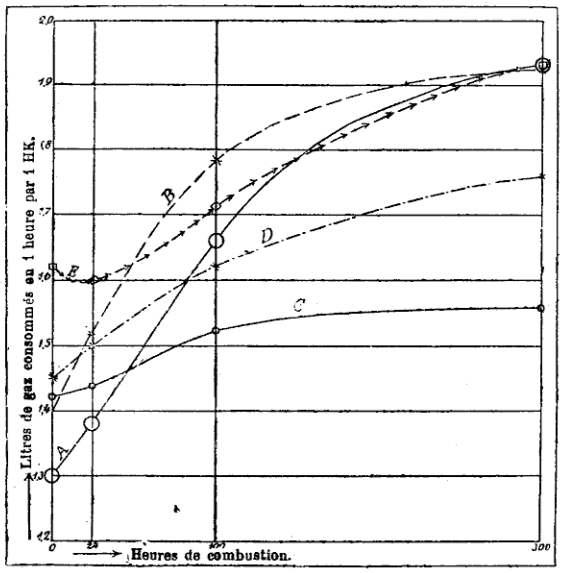


Fig. 2.

après une assez longue durée de combustion, le bureau impérial a fait brûler encore pendant 300 autres heures, soit en tout 600 heures, les meilleurs et les moins bons échantillons de chaque type. Le tableau II nous fournit des renseignements sur ces essais à la plus grande intensité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau II.

TYPE	INTENSITÉ LUMINEUSE ABSOLUE EN HK après un temps de combustion égal à					DÉPENSE HORAIRE DE GAZ POUR 1 HK après un nombre d'heures de combustion égal à				
	1	24	100	300	600	1	24	100	300	600
A	88	80	66	58	54	1,4	1,5	1,8	1,9	2,0
B	84	78	63	60	51	1,4	1,5	1,8	1,8	2,1
C	85	86	82	82	79	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4
D	88	82	71	64	64	1,4	1,5	1,6	1,6	1,5
E	76	74	65	60	59	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8

Ainsi, tous les types de manchons entre 300 et 600 heures de combustion, sauf B qui rétrograde relativement beaucoup, se maintinrent sensiblement constants, de telle sorte qu'une durée de combustion de 300 heures peut être regardée comme suffisante pour des essais comparatifs préalables de ce genre.

Des résultats très voisins de ceux du tableau II furent donnés par un essai de durée de 600 heures avec deux autres manchons que le Bureau impérial put avoir sous-main, de la maison C, par un homme de confiance, au milieu de février. Des types essayés, c'est le type C qui s'est le mieux tenu quand on a prolongé l'essai jusqu'à 600 heures. Il faut cependant faire remarquer ici que le Bureau impérial a examiné récemment, et sur un seul exemplaire, il est vrai, un autre type de manchon qui dépasse le type C en intensité absolue et lui est presque égal en constance, attendu que l'intensité lumineuse, après 300, 1.000, 1.500 heures de combustion, n'a diminué que de 11, 13, 19 0/0 de sa valeur initiale.

Relativement *aux autres recherches communes,* il faut remarquer que :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° L'intensité lumineuse du *brûleur à tête creuse* a été trouvée très différente par les divers observateurs, elle oscillait entre HK 8, 2 et 14,3;

2° Au contraire, *la chaleur de combustion* du gaz d'éclairage aux diverses stations d'observations n'a pas varié considérablement, ses valeurs extrêmes ayant atteint Cl 4.837 et 5.450.

Il semble donc résulter de ces nombres que, les brûleurs Argand et à fente ayant largement aujourd'hui cédé la place à l'incandescence, les usines à gaz doivent en général attribuer moins d'importance à la préparation d'un gaz très lumineux, qu'à celle d'un gaz de pouvoir calorifique aussi élevé et uniforme que possible. C'est à cette dernière circonstance qu'on pourrait bien attribuer l'accord essentiellement satisfaisant des observateurs ;

3° La *détermination des cendres* du manchon donne pour les types :

A	B	C	D	E	
17	15	11	14	19	0/0

Les manchons C avaient donc la moindre teneur en cendres, et les manchons E la plus grande ;

4° Les types B et C gardaient bien leur forme. Au contraire, les autres étaient partiellement contractés assez fortement au-dessous de la tête, ainsi qu'au-dessus de l'arête supérieure du brûleur.

En concluant, il faut répéter encore que les présents essais avaient seulement pour but d'obtenir une vue d'ensemble sur l'état actuel de l'industrie des manchons à incandescence, et d'en tirer des conclusions relativement aux exigences qu'on est en droit aujourd'hui d'imposer à un manchon : ils devaient également inciter les maisons de production à d'autres améliorations. Ils ne permettent pas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

encore un jugement définitif qui ne peut être porté qu'après des essais nombreux et répétés. Déjà, dans la séance de la Commission, on avait mentionné la possibilité que des maisons pouvaient, par hasard, livrer des manchons de moindre valeur. D'après les données de deux observateurs, cela a été effectivement le cas. Mais, cependant, un résultat s'est déjà dégagé de ces essais, dont la prompte continuation serait très souhaitable, c'est ce fait que l'industrie a déjà réussi à préparer des manchons qui possèdent une intensité lumineuse initiale assez forte, et qui, au cours d'au moins 600 heures de combustion, ne présentent qu'une faible diminution d'intensité lumineuse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ueber die zeitliche Veränderung der Leuchtkraft von Gasglühkœrpern (1).

Von Dr. Emil LIEBENTHAL

(CHARLOTTENBURG).

Bei der leitenden Stellung, welche Deutschland auf dem Gebiete der Gasglühlicht-Industrie einnimmt, hatte es sich als wünschenswerth herausgestellt, dass in Deutschland mœglichst zahlreiche Parallelversuche mit Gasglühlicht zur Bestimmung der Leistungsfæhigkeit der einzelnen Sorten angestellt würden. Auf Anregung des Geh. Hofrath *Bunte* setzte sich deshalb der Deutsche Verein von Gas und Wasserfachmænnern mittels Schreibens vom 5 April v. Js. mit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Verbindung, welche sich mit Rücksicht auf das allgemeine Interesse, welches derartige Untersuchungen bieten, gerne zur Mitarbeit bereit erklærte. Am 16. October v. Js. fand darauf im Dienstgebæude der Reichsanstalt Abtheilung II zu Charlottenburg unter dem Vorsitze von Director *Hagen* eine Commissionssitzung statt, an welcher Mitglieder des genannten Vereines und Vertreter der Reichsanstalt theilnahmen.

In dieser Sitzung wurden für die geplanten Prüfungen eine Reihe von Beschlüssen gefasst, von denen die wichtigsten, soweit sie auf dieses Referat über die bisherigen Ergebnisse Bezug haben, die folgenden sind :

(1) Vortrag gehalten auf der Versammlung des Deütschen vereins von Gas-und Wasserfachmænnern in Mainz, am 10 Juni 1900.

(Beilage Mitteilung von Dr. H. Bunte).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Die Untersuchungen sollen zunæchst nur rein informatorisch sein und sich nur auf die Feststellung der Lichtstærke und des Aschengehaltes, nicht aber auf die Prüfung der Haltbarkeit beziehen. Bis auf Weiteres sind sie geheim zu halten, da fürs Erste eine Controle der Firmen nicht beabsichtigt wird. Commissionsmitglieder sollen unter der Hand durch Vertrauensmænner die nœthigen Glühkœrper beschaffen und stets die besten Qualitæten verlangen lassen, da die Firmen meistens mehrere Qualitæten führen.

« Zu den ersten Prüfungen sollen 5 Firmen herangezogen werden, welche nach einer ungefæhren Schætzung etwa 75 0/0 aller in Deutschland hergestellten Glühkœrper liefern. Eine zweite und dritte Gruppe von minder wichtigen Firmen soll spæter berücksichtig werden.

« Die photometrische Prüfung wird 1. der Reichsanstalt, 2. Herrn *Bunte*, 3. Herrn *Drehschmidt*, 4. Herrn *Krüss* und Herrn *Leybold*, 5. Herrn *Schæfer* übertragen. Mit der Bestimmung des Aschengehaltes werden die 3 erstgenannten Beobachter betraut. Zu jeder dieser beiden Prüfungen haben die beobachtenden Stellen je 4 Glühkœrper zu benützen. Herr *Schæfer*, wird beauftragt, die nœthigen Vorrichtungen für das Abbrennen mittels Pressgases zu beschaffen und gemeinsam mit Herrn *Drehschmidt* Vorschriften über Druck, sowie über Dauer der Hærtung auszuarbeiten.

« Zü den geplanten Prüfungen sind Auerbrenner und Auerdüsen, sowie 25 cm lange Jenenser Cylinder zu verwenden ; die Magnesia-Tragstifte sollen eine Længe von mm. 70, von der Brenneroberkante bis zur tiefsten Stelle der Gabel gerechnet, besitzen.

« Zu bestimmen ist die mittlere horizontale Lichtstærke durch Messen in 10 Richtungen. Als Vergleichslichtquellen kœnnen elektrische Glühlampen oder, wo dies nicht mœglich ist, Juwelbrenner verwandt werden.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Zu der Prüfung dürfen nur tadellos geformte, sich eng an den Brenner anschliessende Glühkœrper benutzt werden. Jeder Glühkœrper, bei dem Anfangs der Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum der in den 10 Richtungen gefundenen 10 Lichtstærken mehr als 15 % betrægt, ist wegen zu grosser Ungleichseitigkeit sofort auszuschliessen. Im Laufe der Prüfung schadhaft gewordene Glühkœrper sind thunlichst durch andere zu ersetzen.

« Die photometrische Prüfung ist nach 1 Stunde, ausserdem zu einer beliebigen Zeit innerhalb der ersten 24 Stunden, ferner nach 100 und 300 Brennstunden auszuführen. Ueber 300 Stunden vorlæufig hinauszugehen, erscheint nicht angemessen, da die Lichtstærke nach dieser Zeit erfahrungsgemæs nur relativ wenig abnimmt und eine Festigkeitsuntersuchung vorlæufig ausgeschlossen ist. Der Gasdruck soll zwischen mm 30 und 35, der Gasverbrauch zwischen l 100 und 125 in der Stunde betragen. Unter Einhalten dieser Grenzen ist durch allmæhliches Aufbohren der Düse oder durch Auswæhlen einer Düse aus einem Satz von 5 bis 6 Düsensorten mit verschieden grossen Bohrungen bei der Anfangsprüfung jeder Glühkœrper mittels Photometers auf die grœsste absolute Lichtstærke (also nicht auf die günstigste Oekonomie) zu bringen. Bei jeder spæteren photometrischen Prüfung ist derselbe unter Benutzung seiner Düse einer zweimaligen Messung zu unterziehen :

1. bei dem Druck der Anfangsprüfung,
2. bei der durch Zudrehen des Hahnes (Verminderung des Drucks) zu erreichenden grœssten Lichtstærke.

« Neben den photometrischen Messungen soll noch eine Prüfung des zu demselben benutzen Leuchtgases mittels

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Hohlkopfbrenners bei einem stündlichen Verbrauch von l 150 sowie eine Heizwerthbestimmung mittels des Junkers'schen Calorimeters ausgeführt werden.

« Die Prüfungsergebnisse sind der Reichanstalt mœglichst bald mitzutheilen. »

Auf Grund dieser Beschlüsse wurden gegen Ende November v. Js. von Herrn Prof. Bunte die Glühkœrper und Mitte December von Herrn Schæfer-Dessau die Abbrennmaschinen an die einzelnen Beobachter versandt, und nachdem etwa vier Wochen spæter die Hohlkopfbrenner und die Vorschriften für das Abbrennen eingegangen waren, konnte mit der Prüfung begonnen werden. Im Ganzen ist der Reichanstalt von 3 Beobachtern das Prüfungsmaterial eingesandt worden, so dass sie die Ergebnisse von 4 Stellen zu bearbeiten in der Lage war. Die nach den vereinbarten Brennzeiten *bei grœsster Lichtstærke* ausgeführten Glühkœrpermessungen führten zu den in Tabelle I zusammengetellten Werthen für die absolute *Lichtstærke* und den stündlichen Gasverbrauch auf 1 HK.

Tabelle I.

Sorte	Absolute Lichtstærke in HK nach 1 Brennstunden				Stündlicher Gasverbrauch auf 1 HK in Liter nach 1 Brennstunden			
	1	24	100	300	1	24	100	300
A	92	84	70	60	1,3	1,4	1,7	1,9
B	85	78	66	61	1,4	1,5	1,8	1,9
C	86	85	79	76	1,4	1,4	1,5	1,6
D	83	80	72	64	1,4	1,5	1,6	1,8
E	74	74	68	60	1,6	1,6	1,7	1,9

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Die angegebenen Zahlen sind das Mittel aus den von den einzelnen Beobachtern gefundenen Grœssen, also aus je 16 werthen abgeleitet. Eine solche Mittelbildung lässt sich ausführen, da die Resultate der Beobachter (1) im Wesentlichen übereinstimmen. Mit Rücksicht auf die vereinbarte Geheimhaltung sind die Firmen mit A bis E bezeichnet.

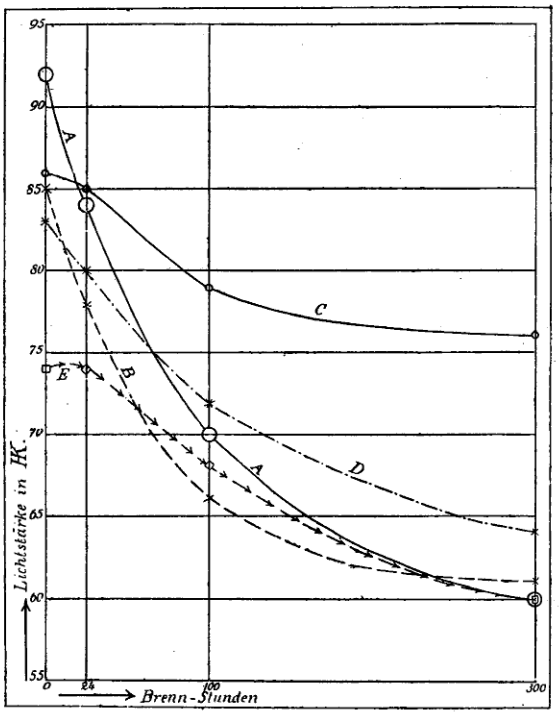


Fig. 1.

In Fig. 1 und 2 sind die Lichtstærke und der stündliche Gas verbraüch aüf 1 HK als Functionen der Brennstunden 1, 24, 100, 300 aufgetragen.

(1) Die diesbezüglichen Curven waren durch Herrn Bunte im Sitzungssaal ausgestellt.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Zu Anfang hatte demnach die Glühkœrpersorte A die hœchste Lichtstærke von 92 HK, dann folgten nacheinander C, B und D mit ungefæhr 84 und endlich E mit 74 HK. Nach Ablauf von 300 Brennstunden besass C noch eine Lichtstærke von 76 HK, wæhrend die übrigen Sorten bis auf rund 60 HK zurückgegangen waren.

Was ferner den stündliche Gasverbrauch auf 1 HK anbelangt, nahm zu Anfang die Sorte A mit l 1,3 die erste Stelle ein, sodann kamen B, C und D mit nahezu dem gleichen Betrag von l 1,4 und schliesslich E mit l 1,6. Zu Ende der Prüfung brachten es A, B und E zu l 1,9 und D zu l 1,8; dagegen war der werth für C nur bis zu l 1,6 ange wachsen.

Aus den Messungsergebnissen folgt ferner:

1. Nach Ablauf von 300 Brennstunden hatte die Lichtstærke der Sorte

	A	B	C	D	E	
um	35	28	12	23	19	0/0 ihrer Anfangslichtsærke
»	29	22	11	20	19	0/0 ihrer Lichtstærke nach 24 Stunden abgenommen.

2. Im Durchschnitt von 300 Brennstunden ergab sich für:

die Sorte	A	B	C	D	E	das Mittel aus den 5 Sorten
die Lichtstærke zu	69	66	79	70	66	70 HK
den stündlichen gas verbrauch auf 1 HK. zu	1,7	1,8	1,5	1,6	1,8	1,7 l.

Die gemeinschaftlichen Versuche bei grœsster Lichtstærke ergaben demnach für die Sorte C die günstigsten Werthe, wie auch unmittelbar aus den Curven C der Fig. 1 und 2 ersichtlich ist, die schon nach etwa 100

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Brennstunden der Abscissenachse nahezu parallel sind und von denen die erstere bereits von 24 Brennstunden an oberhalb, die zweite von etwa 45 Stünden an dagegen unterhalb der übrigen Kurven verlæuft.

Zu erwæhnen ist hier noch, dass die Messungen *bei dem*

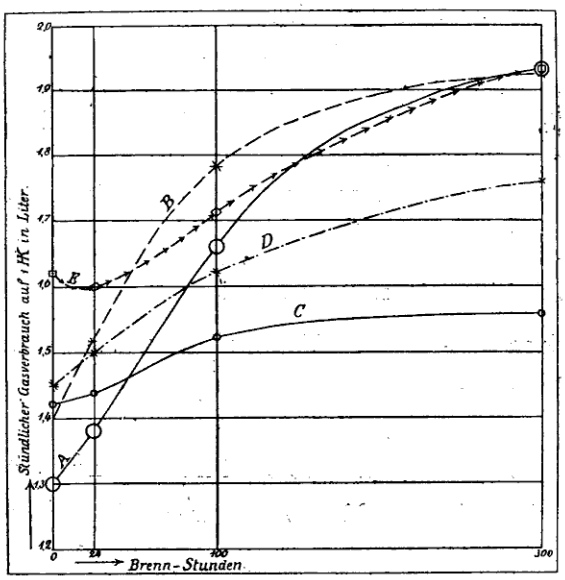


Fig. 2.

Druck der Anfangsprüfung nach 300 Brennstunden im Durchschnitt für die Lichtstærke bis zu etwa 5 0/0 kleinere und für den stündlichen Gesverbraüch aüf 1 HK bis zu etwa 17 0/0 grœssere Werthe als die entsprechenden Zahlen der Tabelle I lieferten. Der stündliche Gesammt-Gasverbrauch der fünf Sorten ergab sich hierbei zu rund l. 120. Auf diese Ergebnisse soll jedoch nicht næher eingegangen werden, da es sich hier in erster

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Linie um die Bestimmung der Leistungsfæhigkeit der Glühkœrper handelt.

Zur Orientirung über das weitere Verhalten der Glühkœrper nach einer længeren Brenndauer hat die Reichsanstalt von jeder Sorte den besten und schlechtesten weitere 300 Brennstunden, also im Ganzen 600 Stunden, brennen lassen. Tabelle II gibt über diese Prüfungen bei grœster Lichtsærke Aufschluss.

Tabelle II.

Sorte	Absolute Lichtstaerke in HK nach 1 Brennstunden	24	100	300	600	Stündlicher Gasverbrauch 1 HK in Liter nach 1 Brennstunden	24	100	300	600
A	88	80	66	58	54	1,4	1,5	1,8	1,9	2,0
B	84	78	63	60	51	1,4	1,5	1,8	1,8	2,1
C	85	86	82	82	79	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4
D	88	82	71	64	64	1,4	1,5	1,6	1,6	1,5
E	76	74	65	60	59	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8

Demnach hielten sich zwischen 300 und 600 Brennstunden sæmtliche Glühkœrper bis auf die Sorte B, welche verhæltnissmæssig stark zurück ging, im Wesentlichen constant, so dass man eine Brenndauer von 300 Stunden für derartige vorlæfige Parallelversuche als hinreichend ansehen darf.

Zu nahe demselben Ergebnisse wie in der Tabelle II führte eine neue, ebenfalls bis zu 600 Brennstunden ausgedehnte Dauerprüfung mit zwei anderen Glühkœrpern, welche die Reichsanstalt Mitte Februar durch einen Vertrauensmann von der Firma C gleichfalls unter der Hand hatte kaufen lassen. Von den untersuchten Sorten hatte sich C also auch bei der auf 600 Brennstunden verlænger-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ten Dauerprüfung am besten gehalten. Hierbei muss jedoch erwæhnt werden, dass die Reichsanstalt in jüngster Zeit eine andere Glühkœrpersorte, allerdings erst in einem Exemplar untersucht hat, welche die Sorte C in der absoluten Lichtstærke übertrifft und ihr in der Constanz ungefæhr gleich kommt, da die Lichtstærke

nach	300	1000	1500	Brennstunden
nur um	11	13	19	0/0

ihres anfænglichen Werthes abgenommen hatte.

Bezüglich der *übrigen gemeinsamen Untersuchungen* ist das Folgende zu bemerken :

1. Die Lichstærke der *Hohlkopfbrenner* wurde von den einzelnen Beobachtern sehr verschieden gefunden; sie schwankte næmlich zwischen 8,2 und 14,3 HK.

2. Dagegen war der *Heizwerth* des Leuchtgases an den einzelnen beobachteten Stellen nicht wesentlich verschieden, da die Extreme nur 4837 und 5450 Calorien betrugen.

Aus diesen Zahlen scheint also hervorzugehen, dass heute, wo in der Beleuchtungstechnik Schnitt-und Argandbrenner weit gegen Gasglühlicht zurückgetreten sind, die Gasanstalten im Allgemeinen weniger Gewicht auf die Herstellung eines lichtstarken Gases, als auf die eines Gases mit mœglichst hohem, gleichfœrmigem Heizwerth legen. Diesem letzteren Umstande dürfte auch wohl die im Wesentlichen gute Uebereinstimmung der Beobachter zuzuschreiben sein.

3. Die *Aschenbestimmung* des Strumpfes ergab für die Sorte

A	B	C	D	E	
17	15	11	14	19	0/0 Aschengehalt;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

die Glühkœrper C hatten demnach den geringsten, die Kœrper E den grœssten Aschengehalt.

4. Die Sorten B und C behielten ihre Form gut bei; dagegen waren die übrigen zum Theil ziemlich stark unterhalb des Kopfes sowie oberhalb der Brenneroberkante zusammengesintert.

Am Schluss muss nochmals betont werden, dass die vorliegenden Versuche nur bezweckten, einen Ueberblick über den gegenwærtigen Stand der Gasglühlicht-Industrie zu gewinnen und daraus einen Schluss auf die Anforderungen zu ziehen, die man heut zu Tage an einen Glühkœrper stellen darf; auch sollten dieselben die Firmen zu weiteren Verbesserungen anspornen. Ein maassgebendes Urtheil gestatten sie jedoch noch nicht; ein solches læsst sich vielmehr erst nach einer mehrfachen Wiederholung bilden. Schon in der Commissionssitzung wurde auf die Mœglichkeit hingewiezen, dass Firmen zufællig minderwerthige Kœrper liefern kœnnten. Nach deu Angaben zweier Beobachter ist dies in der That der Fall gewesen. Eines aber hat sich bereits aus diesen Versuchen, deren baldige Fortsetzung dringend wünschenswerth wære, herausgestellt, die Thatsache næmlich : dass es der Industrie bereits gelungen ist, Glühkœrper zu verfertigen, welche eine ziemlich hohe Anfangslichtstærke haben und im Verlauf von mindestens 600 Brennstunden einen nur schwachen Rückgang in der Lichtstærke zeigen.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les nouveaux concurrents du gaz de houille dans la distribution par station centrale de la lumière, de la force et de la chaleur (acétylène, gaz à l'eau, gaz à l'air).

Rapporteur : M. l'ingénieur Franz SCHÆFER

(DE DESSAU).

Il y a quelques jours, j'ai eu de nouveau l'occasion de rassembler quelques chiffres sur la production et la consommation du gaz en Angleterre, et d'en faire la comparaison avec les données correspondantes en Allemagne. Je puis dire, tout de suite, que la comparaison n'est pas très réjouissante pour l'Allemagne. Actuellement, comme autrefois, dans Londres seulement on consomme annuellement plus de gaz (1) qu'il n'y en a de produit dans l'Allemagne entière, et la Grande-Bretagne, quoique possédant 15 millions d'habitants de moins que l'Allemagne consomme dans l'ensemble quatre fois plus de gaz que l'Empire allemand. La répartition de 5 milliards de mètres cubes de gaz sur une population totale de 40 millions d'habitants, fait environ 125 mètres cubes par an. En Allemagne, la production de 1 milliard 100 millions pour 55 millions d'habitants donne environ 20 mètres cubes par habitant.

La cause de cette supériorité de l'Angleterre sur l'Allemagne est due en partie à ce que l'industrie du gaz est

(1) Par suite de l'augmentation plus forte en Allemagne qu'en Angleterre, cette relation s'est modifiée dans ces derniers temps en faveur de l'Allemagne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

établie depuis plus longtemps en Angleterre, et pour une autre part aux prix du gaz, notablement inférieurs, par suite des prix favorables de la houille. Elle s'explique par deux raisons : 1° dans les *grandes villes* de l'Angleterre, la consommation du gaz est beaucoup plus répandue que dans nos grandes villes. On peut admettre en moyenne que dans les villes anglaises de plus de 100.000 habitants il se consomme 200 mètres cubes de gaz par tête et par an, tandis qu'en Allemagne nous n'avons à signaler comme maximum que 100 mètres cubes et dans un seul cas (1). Je sais par exemple que Manchester, avec un nombre d'habitants trois fois moindre que Berlin, fournit à peu près les mêmes chiffres pour la production annuelle du gaz, pour le nombre des consommateurs et des moteurs : soit 25 millions de mètres cubes par an, cent douze mille consommateurs et un peu plus de mille moteurs à gaz (2). C'est là une des raisons de la grande extension de la consommation du gaz en Angleterre. L'autre raison est que là-bas on a beaucoup plus progressé que chez nous dans la fourniture du gaz *à la campagne*, dans les petites villes et les villages. Aussi l'Angleterre avec 15 millions d'habitants de moins que l'Allemagne nous montre presque deux fois plus d'usines.

Quelque peu favorable que soit la comparaison du premier coup d'œil pour l'Allemagne, il y a pourtant d'autre part des constatations plus satisfaisantes. Elle nous montre

(1) D'après une statistique que j'ai faite plus récemment, il y avait, en Allemagne, en 1899, au moins quatre villes dans lesquelles la consommation du gaz par tête et par an surpassait 100 mètres cubes à St-Johann à la Sarre tenant le record avec 140 mètres cubes.

(2) En ajoutant à la production des usines municipales de Berlin, celle des usines de la Compagnie impériale continentale soit 40 millions, on obtient un total d'environ 165 millions de mètres cubes pour la ville de Berlin, en 1898; de 200 millions en 1900.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que pendant longtemps encore nous pourrons développer la fourniture du gaz, que nous avons un vaste domaine devant nous, et que le développement que nous avons pris en trois ou quatre années, est capable d'un plus grand progrès.

Cette comparaison contient encore un enseignement pour nous : elle nous dit ceci : « Vous devez faire deux choses pour aider à la consommation du gaz dans l'Empire allemand. Vous devez premièrement vous soucier d'atteindre dans les grandes villes la même diffusion que de ce côté-là du canal. Si, à Glasgow, Manchester, Liverpool et Londres, environ un habitant sur quatre est un consommateur de gaz, il faut d'abord chercher à atteindre ce résultat dans les grandes villes allemandes. Je ne doute pas un instant que l'introduction des *distributeurs automatiques* ne nous donne le moyen de doubler en quelques années le nombre actuel des consommateurs de gaz, comme cela a été le cas à Londres et autres villes anglaises.

Et deuxièmement l'exemple des Anglais nous invite à propager comme eux notre industrie dans la province plus encore que cela n'a été fait jusqu'ici, *à construire de nouvelles usines à gaz* et à rendre le gaz accessible aux habitants de l'Empire qui ne l'ont pas encore. Ceux d'entre vous, Messieurs, qui ont été à Cassel, savent que là, dans le discours d'ouverture de M. le directeur général von Oechelhaeuser il a été dit que l'année courante tenait le record par rapport à la construction de nouvelles usines à gaz dans l'Empire allemand, car dans cette année-là il a été construit plus de nouvelles usines à gaz que dans une quelconque des années précédentes. A l'époque de la réunion annuelle, il y en avait 73 et il y en a en tout 80, tandis qu'auparavant le maximum avait été 70. De là résulte que nous sommes en bonne voie de nous modeler sur les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Anglais, et de disséminer le gaz dans la campagne. Car naturellement, comme les grandes villes sont depuis longtemps pourvues de gaz, il ne s'agit guère que de petites villes pour les installations nouvelles.

Mais s'il est aussi très satisfaisant d'avoir à marquer des progrès aussi nets cette année, d'un autre côté il est déplorable que dans toutes ces petites agglomérations les décisions n'aient été prises qu'après de longues explications, souvent après des hésitations de plusieurs années, la balance ayant alternativement penché des deux côtés. Devons-nous oui ou non, nous éclairer au gaz? D'ordinaire, quand cette question est posée dans les petites villes, il y a une grande polémique dans la presse et parmi les habitants. A la table de la brasserie, quelqu'un qui a lu dans les journaux, que tout se fait maintenant *par l'électricité*, dit que c'est une pure folie de vouloir bâtir une usine à gaz. L'autre a lu que l'*électricité appartient à l'avenir*, et il en conclut encore : pas d'usine à gaz et ainsi de suite, et ainsi se développe la lutte pour la *lumière*, et à la vérité pour la *lumière seulement*.

La discussion se limite en général à la question de savoir quelle *lumière* est la meilleure, la moins chère, la plus avantageuse et hygiénique, et toutes les autres conditions sont malheureusement repoussées à l'arrière-plan. J'ai lu très souvent cette année : « Telle ou telle ville s'est résolue à introduire l'éclairage au gaz. La phrase ne devrait pas être celle-là, mais on devrait faire connaître dans des cercles toujours plus étendus, que *la construction d'une usine à gaz ne pourvoit pas seulement à la lumière*. Les électriciens ont déjà commencé dans les dernières années à marcher plus justement dans ce sens : et on ne dit plus dans la presse : Telle ou telle ville s'est décidée à introduire l'éclairage électrique, mais : elle a décidé l'érection d'une usine électrique de *lumière* et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de *force*. Ainsi quand il est question de l'érection d'une usine à gaz, on devrait dire la ville a résolu d'élever une usine à gaz, parce que celle-ci répond aux conditions d'une distribution centrale domestique favorable sous tous les rapports, de la lumière, de la chaleur et de la force : lumière par le gaz — chaleur et force, encore par le gaz et par son sous-produit, le coke. Par le fait que l'on crée une distribution centrale de force (et c'est ainsi qu'on devrait dire) — l'érection d'une usine à gaz a pour conséquence de faciliter la distribution de l'*eau et du courant électrique*.

Cette variété d'application du gaz doit être plus souvent signalée au public et lui être rendue aussi familière qu'elle nous l'est à nous autres techniciens, depuis longtemps. Il ne s'agit pas de savoir quelle est la lumière la plus moderne? Mais la diversité d'emploi du gaz est une question beaucoup plus importante que celle de la seule fourniture de lumière, et cette variété d'usage est généralement traitée tout à fait subsidiairement dans les discussions qui précèdent l'adoption ou le rejet du gaz : on ne l'estime pas à sa valeur, et on n'en tient pas un compte suffisant dans les comparaisons qu'on fait ou du moins qu'on devrait faire. Permettez-moi, Messieurs, d'examiner à ce point de vue le gaz d'éclairage et ses nouveaux concurrents.

Le plus ancien et le plus important des concurrents que le gaz d'éclairage rencontre dans la distribution centrale est le *courant électrique*. On sait que celui-ci donne la *lumière* et la *force*, mais avec les stations centrales il ne procure ni directement ni indirectement de la chaleur, tout au moins d'une manière utilisable pour l'usage domestique. Il est vrai qu'avec le courant électrique on peut chauffer un fer à souder ou un creuset, même une chambre, rôtir un poulet, mais l'autre question, celle du prix effraie d'ordinaire le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

client et le fait reculer, et nous voyons qu'en général il y a très peu de courant électrique employé au chauffage. Une usine électrique ne peut naturellement pas fournir indirectement de la chaleur comme le fait une usine à gaz par la vente du coke.

Quant à la *lumière* électrique il est maintenant assez généralement connu et reconnu qu'elle est notablement plus chère que celle du gaz, et pour la *force* électrique, on sait aussi d'autre part que c'est seulement pour de toutes petites consommations, pour des moteurs de 1/4, 1/2, 1 à 2 chevaux qu'elle est meilleur marché que la force motrice du gaz; dans les moteurs assez grands qui fonctionnent continuellement dans la journée et qui atteignent ainsi 1000 à 1200 heures de marche annuelle, ou davantage, la force électrique est plus chère qu'avec le gaz, on ne peut pas nier non plus que même cette concurrence de la force électrique contre la force du gaz n'est possible que par une *disproportion* tout à fait extraordinaire *entre le prix du courant de lumière et celui du courant de force*, ou par un système de tarifs que l'administration d'une très grande usine d'électricité (Leipzig) a reconnu il y a quelques mois, comme menant au suicide, ce système de tarifs qui arrive à donner le courant de force au prix coûtant ou même plus bas.

Il est vrai que ces dernières années toute une série de petites villes se sont résolues à introduire chez elles l'électricité, soit en régie propre, ou par concession à un entrepreneur, et il pourrait paraître que par là ce domaine est perdu pour la fourniture du gaz. On rencontre cette opinion très souvent même chez les gaziers. Je ne la partage pas : je suis persuadé que là où l'électricité est entrée la première, il reste encore une place pour une distribution de gaz ultérieure, même dans de petites villes. Nous avons vu qu'au temps où la lumière électrique entrait dans les grandes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

villes, on craignait fréquemment un amoindrissement de la production des usines à gaz, cela n'eut pas lieu ou tout au moins ne persista pas. Mais au contraire on a pu voir qu'il y avait place pour les deux. Les usines électriques dans les grandes villes subsistent et leurs usines à gaz progressent comme l'a montré à Cassel M. le directeur Kunath de Dantzig. Malgré la diffusion de l'électricité le gaz voit tous les ans sa consommation augmenter de 5, 6, 8, et 10 0/0. Si c'est là le cas dans les grandes villes, il doit y avoir aussi place dans les petites pour le gaz à côté de la distribution électrique. Je sais aussi par mes statistiques que dans ces dernières années, même dans les petites villes, le gaz a bien tenu son rang comme second en date, après avoir été précédé de quelques années par l'électricité et que même dans ces conditions il s'est toujours trouvé encore de la place pour le gaz dans ces villes. Je connais au voisinage de Berlin plusieurs communes où cela s'est passé. (Britz, Grunau, Oberschœneweide, Viederschœneweide.)

Je suis donc convaincu, comme je l'ai dit, que là aussi le terrain ne peut pas être regardé comme perdu, et d'un autre côté je pense qu'il serait bon pour les petites villes aussi d'être pourvues de gaz aussi bien que d'électricité. Je ne partage pas l'opinion que le gaz doive exclure, dans les petites villes, la distribution électrique ou le puisse; par contre, je pense que les deux devraient être à la disposition des habitants dans les petites villes comme dans les grandes. Ce serait l'état idéal et la série des introductions me semblerait meilleure, avec le gaz d'abord et l'électricité ensuite. Voilà pour notre ancien concurrent bien connu.

Un autre nouveau concurrent du gaz de houille sur le terrain de la distribution centrale apparaît avec l'acétylène qui donne une belle et éclatante lumière et se prépare facilement *à froid*. On sait qu'il nous a été apporté d'Améri-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que il y a quelques années et qu'on a cherché à l'introduire par une réclame extraordinaire. Sa facile préparation et les données fournies d'abord sur les frais de sa production firent redouter en maint lieu que ce gaz nous prenne des consommateurs de lumière sur nos anciens domaines de distribution parce qu'il semble fort bien convenir aux établissements isolés; on s'aperçoit maintenant que cette crainte est bien peu fondée.

D'après ce que je vois, il n'y a eu que très peu d'usines d'acétylènes établies sur les territoires de distribution des usines à gaz allemandes existantes, et beaucoup de celles qu'on a construites ont cessé de fonctionner. La plupart des clients que nous avions perdu, nous sont revenus, tout au moins c'est le cas à Dessau et ses environs, où je suis en mesure de suivre la chose de près, Mais le même résultat ressort de renseignements s'appliquant à d'autres villes.

Depuis environ deux ans on ne s'est pas borné pour l'acétylène, à l'aménagement d'installations isolées, mais différentes compagnies ont entrepris ici et ailleurs de recommander l'acétylène comme un gaz propre à l'éclairage de villes et de localités tout entières. Il a réussi à pénétrer dans quelques petites villes : il y a bien 5 ou 6 usines en activité, et peut-être autant ou davantage en construction ou en projet. Cependant je puis dire que tout aussi fréquemment l'érection de stations centrales d'acétylène a été refusée, et avec raison selon moi par les petites villes telles que Beeskow, Groitsch, Zehdenick, Worbis, Militsch, etc.

En effet, une station centrale d'acétylène donne seulement de la *lumière*, mais non de la *force* ou de la *chaleur*, et la lumière qu'elle fournit est jusqu'à présent *très chère*. D'après mes mesures à Dessau au laboratoire, aussi bien que d'après les données que j'emprunte aux prospectus des maisons d'acétylène, un litre d'acétylène donne 1.5 bougie

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

hefner-heure (HK) soit 1500 bougies hefner-heure par mètre cube. Si l'on admet l'ancien rendement du bec à incandescence, soit 50 bougies hefner-heure par 100 litres, cela fait un rapport de 3 à 1 ; si l'on adopte le pouvoir éclairant du gaz par l'incandescence qui atteint actuellement 75 bougies hefner-heure par 100 litres, le rapport est de 2 à 1.

Ainsi, le pouvoir éclairant de l'acétylène est triple ou double de celui du gaz, rapporté au même volume. Le prix pratiqué dans les quelques stations d'acétylène existantes, est de fr 3,125 à fr 2,50 le mètre cube. Ainsi, le prix de l'acétylène est dix à douze fois plus élevé que celui du gaz pour un pouvoir éclairant deux ou trois fois plus fort.

Il est vrai que les représentants de l'industrie de l'acétylène disent que cette comparaison ne repose pas sur une base correcte, parce que d'un côté on envisage un brûleur de gaz ordinaire donnant une lumière intense, tandis que l'acétylène peut se fractionner en toutes petites flammes, et en réalité j'ai vu à Oliva et à Schonsee que dans la plupart des cas on employait pour l'éclairage des rues des brûleurs de 16 bougies, et, pour l'éclairage intérieur des appartements, des brûleurs de 22 bougies, avec une consommation de 16 litres. Mais dans une discussion que j'ai eue avec M. le Dr Wolff de l'« Allgemeine Carbid. und Acetylen-Gesellschaft », M. le Dr Wolff a reconnu lui-même que, d'après le prix en vigueur à Oliva et à Schonsee, la flamme d'acétylène de 22 bougies revenait à 4,56 centimes ou 4,69 centimes par heure. Rapprochons de ces données, le prix de l'incandescence normale du gaz qui, pour 25 centimes (prix moyen du gaz des petites villes) dépense au maximum 3 centimes de gaz à l'heure, nous trouverons que le bec de gaz de houille avec son excès de lumière, est encore meilleur marché de 1,25 centimes que le bec d'acétylène donnant une lumière notablement plus faible. En

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

outre, comme on le sait, nous pouvons mettre aussi des petits brûleurs, en nombre suffisant, à la disposition de la clientèle. Nous avons le brûleur bijou qui, avec du gaz à 25 centimes, en brûle tout au plus pour 2 centimes par heure, et encore plusieurs autres petits brûleurs. L'éclairage à l'acétylène est ainsi considérablement plus cher que l'éclairage par le gaz de houille, qu'on l'envisage comme on voudra, à un point de vue absolu ou relatif. Et en fait, comme j'ai pu m'en convaincre, à Oliva et à Schonsee, les clients se plaignent assez généralement du haut prix de la lumière et beaucoup d'entre eux ont cessé d'employer ce gaz et sont revenus au pétrole.

L'acétylène ne peut pas fournir la *force* et la *chaleur* aux usages domestiques ; la chaleur de combustion de l'acétylène (13.200 Calories) n'étant que 2,66 fois celle du gaz (5.000 Calories). Ainsi l'acétylène, dans les petites stations centrales, devrait coûter seulement environ 50 centimes le mètre cube, pour que le client ne soit pas plus maltraité que dans une ville où le gaz de houille est donné à 18,7 centimes pour la force et la chaleur, comme le font la plupart des petites usines. De plus, la matière première nécessaire à la production d'un mètre cube d'acétylène est de 4 kg de carbure (c'est ce qu'il faut dans la pratique pour dégager un mètre cube) ; cette matière première correspondant à 1 mètre cube d'acétylène devrait, si l'on compte d'après le prix actuel de 43,7 centimes coûter 1,75 fr, ou bien 1,25 fr, avec le prix de 31,2, centimes que M.le directeur Münsterberg de Cassel admet pour quelques villes. Le prix de vente ne devrait être que de 50 centimes et de là résulte assez nettement qu'il est impossible d'assurer économiquement avec l'acétylène une distribution de chaleur ou de force.

Ainsi, dans une ville qui se construit une station centrale

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'acétylène, il n'y a pas possibilité d'utiliser ce gaz à la cuisine, au chauffage ou à la force. Il faut renoncer à l'employer à la cuisine et à l'atelier, au fonctionnement des moteurs, au chauffage des écoles ou des églises, et dans tous les endroits où le gaz de houille s'offre pour apporter de la chaleur. Il faut encore tenir compte d'autres difficultés : par la matière première nécessaire à sa production, *l'acétylène est tributaire de la fabrication du carbure,* laquelle n'est possible que dans de grandes usines et qui, parce qu'elle suppose naturellement des forces hydrauliques, se fait principalement *à l'étranger* et s'y fera encore pendant bien longtemps; il résulte de tout cela, que la création d'une station centrale d'acétylène dans une petite ville ne peut pas du tout offrir les mêmes avantages qu'une usine à gaz de houille, et il me semble que ce concurrent n'est pas bien dangereux pour nous.

Un autre nouveau concurrent *de notre industrie, le gaz à l'eau* a paru dans ces dernières années (1), c'est assurément une vieille connaissance, plus ancienne même que notre gaz de houille lui-même, mais il a été récemment remis en évidence par les travaux de Humphreys et Glasgow, le Dr Strache, Dellwik et Fleischer; il appelle de nouveau l'attention parce qu'il a été mis en service pratique dans quelques villes, notamment à Brême (système Humphreys et Glasgow) à Kœnigsberg (système Dellwik et Fleischer), à Pettau en Styrie (système du Dr Strache). Le gaz à l'eau a déjà été préconisé, il y a vingt ans, par Quaglio, comme le combustible de l'avenir, et on a essayé, par une forte réclame, de l'introduire comme tel. Mais on sait que bien peu de résultats ont

(1) Voir : Schæfer. *La portée économique du gaz à l'eau pour le présent.* Munich, Oldenbourg, 1899.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

été obtenus sur ce terrain. C'est seulement maintenant que le gaz à l'eau entre de nouveau en scène, et il nous attaque à deux places différentes, premièrement sur notre ancien domaine. Il s'introduit dans l'usine à gaz de houille et en s'ajoutant à ce gaz il veut contribuer à la distribution centrale de la lumière et de la chaleur et deuxièmement, on cherche maintenant à l'introduire aussi dans les domaines où nous n'avons pas pénétré jusqu'ici : on construit présentement quelques petites usines centrales de gaz à l'eau en Westphalie, à Osterfeld, Ibbenbüren et Warstein.

Je ne veux pas examiner la première question, l'addition du gaz à l'eau à celui de houille, mais seulement l'autre et voir si réellement le gaz à l'eau possède des avantages aussi extraordinaires que les intéressés voudraient nous le faire croire. Exactement comme le gaz de houille, celui-ci fournit lumière, chaleur et force : mais il ne donne de la lumière que dans les brûleurs à incandescence, si l'on ne veut pas le carburer. Cela permet très bien de faire une comparaison avec le gaz de houille attendu que dans les petites villes qui ne sont dotées qu'à présent d'usines à gaz, nous n'avons guère à tenir compte que de l'incandescence comme forme d'éclairage. Les mesures récentes du pouvoir éclairant du gaz à l'eau sont extrêmement peu nombreuses. Il y a quelques mois, il y a eu dans la presse financière, puis quotidienne de tout l'Empire allemand un article de réclame d'un auteur inconnu, qui mentionnait les résultats du gaz à l'eau dans la petite ville styrienne de Pettau, article qui contenait un tableau, reposant sur des données administratives, et où on disait que 1 litre de gaz donnait 1 bougie hefner-heure de lumière incandescente. Mais comme on ne disait pas quelle était cette « administration » et que les données pouvaient et devaient être mises en doute, je crois que nous ne saurions aujourd'hui établir une comparaison basée sur ces nombres. Mais récem-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment M. Dicke, le représentant du gaz à l'eau Dellwick, dans une publication où sont communiqués les résultats de mesures plus récentes, a déclaré que 150 litres de gaz à l'eau donnent en moyenne par incandescence 75 bougies Hefner. Comme dans la construction de stations centrales du gaz à l'eau, il s'agit de villes qui jusque-là étaient dépourvues de gaz, et que dans ces villes, quand elles introduisent le gaz de houille, il ne peut naturellement plus être question des anciennes valeurs d'incandescence du gaz de houille, mais seulement des plus récentes, qu'on peut bien estimer en moyenne à 75 bougies Hefner par 100 ou 110 litres de gaz, la comparaison est présentement ramenée à ces termes : Le pouvoir éclairant du gaz à l'eau est en moyenne les deux tiers de celui du gaz de houille. La chaleur de combustion du gaz à l'eau atteint, comme on le sait, seulement la moitié de celle de notre gaz de houille. Maintenant, si l'on veut procéder loyalement, il faudrait toujours tenir compte de ces rapports. On ne devrait pas comparer simplement la production en mètres cubes des usines de gaz à l'eau et des usines de gaz de houille et baser là-dessus les comparaisons numériques connues, sur les exigences en espace, en capital, en frais d'exploitation, etc., mais on devrait mettre en compte la *valeur* du gaz produit. Cela n'a pas été fait dans les nombreuses brochures-réclames publiées sur le gaz à l'eau, et de là proviennent des idées erronées qui ont pénétré dans le public et qu'il est maintenant très difficile de rectifier ; par exemple cette assertion, que le gaz à l'eau est extraordinairement meilleur marché que le gaz de houille, et qu'on devrait l'adopter uniquement pour cette raison.

Pour vous donner un exemple juste, je vais supposer un cas concret, une petite ville encore sans usine à gaz, qui cependant veut s'en pourvoir, et où l'agglomération bâtit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

elle-même l'usine à gaz et la prend en régie propre ; dans ce cas, l'éclairage des rues doit se faire gratuitement comme cela arrive souvent et la consommation privée constitue toute la recette. Je supposerai que cette consommation privée soit estimée à 100.000 mètres cubes de gaz de houille, et qu'elle se partage comme on l'a souvent vu récemment dans les petites villes et comme cela se produira encore plus fréquemment, dans les proportions suivantes : 50 0/0 de la consommation privée — non pas de la consommation totale — en gaz de chauffage et les autres 50 0/0 en gaz d'éclairage : et je prendrai comme prix celui des petites usines à gaz de Westphalie, où il y a des usines centrales de gaz à l'eau c'est-à-dire 22,5 centimes pour le gaz d'éclairage et 15 centimes pour le gaz de chauffage. On obtient alors les nombres suivants. L'usine à gaz de houille devra livrer 50.000 mètres cubes à 22,5 centimes et 50.000 mètres cubes à 15 centimes, ensemble 100.000 mètres cubes avec un prix moyen de 18,7 centimes. Je laisse tout à fait de côté les rabais qui influenceraient ce nombre.

Si une usine de gaz à l'eau doit fournir la même quantité il ne faut pas mettre en compte une production égale, mais il faut estimer la valeur du gaz produit ; comme le pouvoir éclairant du gaz à l'eau n'est que les 2/3 de celui du gaz de houille, il faut en employer moitié plus pour l'éclairage, ce qui donne une production de 75.000 mètres cubes en outre la chaleur de combustion n'étant que la moitié de celle du gaz, il faudra pourvoir de ce chef à une production de 100.000 mètres cubes. Comme d'autre part, le pouvoir éclairant du gaz à l'eau n'est que les 2/3 de celui du gaz de houille, et que le client n'en doit pas souffrir, le prix de l'éclairage au gaz à l'eau doit ressortir non à 22,5 centimes mais à 15 centimes et comme la chaleur de combustion n'est que moitié, le prix de 1 mètre cube de gaz à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'eau pour force ou chauffage doit être seulement de 7,5 centimes ce qui fait un total de 175.000 mètres cubes pour lesquels l'usine reçoit en moyenne 10,7 centimes.

En examinant ces nombres 100.000 et 175.000 mètres cubes et en se rappelant que dans les brochures-réclames il est toujours dit qu'une usine de gaz à l'eau coûte par mètre cube de production journalière tant et tant de moins qu'une usine de gaz de houille, on voit qu'il faut accueillir ces données avec une grande réserve, car une usine de gaz à l'eau ne commence qu'à partir de 175.000 mètres cubes à équivaloir à une usine de gaz de houille de 100.000 mètres cubes.

Si nous examinons plus amplement ces chiffres, nous trouvons que la véritable différence de prix dans les frais de l'usine ne peut pas être aussi accentuée qu'on le dit si souvent. Si nous remarquons encore qu'avec le gaz à l'eau il s'agit d'une canalisation où doivent passer 175.000 mètres cubes d'un gaz ayant un poids spécifique plus élevé que celui du gaz de houille, nous voyons que la canalisation de cette usine doit être mesurée plus largement, qu'elle est ainsi plus chère que la canalisation correspondante d'une usine à gaz de houille, et je suis bien porté à croire que la différence de prix de la canalisation compense en grande partie l'avantage qu'une *station centrale* de gaz à l'eau peut avoir sur une usine à gaz de houille, en frais d'établissement.

La canalisation d'une usine de gaz à l'eau sera probablement aussi plus chère, parce que, comme les représentants de cette industrie le reconnaissent très généralement, les tuyaux doivent être intérieurement goudronnés, pour que le gaz à l'eau ne prenne pas des combinaisons ferriques, ou parce qu'on doit employer des tuyaux zingués intérieurement.

Pour le client, il y a encore à examiner un autre point,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui a aussi son importance, c'est le rapport des chaleurs de combustion. La chaleur de combustion étant réduite de moitié, pour alimenter le poêle à gaz s'il doit chauffer un bain dans le même temps que le gaz de houille, il faut fournir deux fois autant de gaz à l'eau. Ainsi les conduites du client seront plus grosses qu'avec le gaz de houille, et naturellement plus chères. En outre, il lui faudra un compteur double et l'installation du client sera devenue plus coûteuse.

Quant au fonctionnement, vous voyez qu'une usine à gaz de houille de capacité égale reçoit 18,7 centimes par mètre cube vendu, tandis qu'une usine de gaz à l'eau pour ne pas traiter plus mal ses clients, ne recevra que 10,6 centimes par mètre cube. Si j'accorde que la fabrication d'un mètre cube de gaz à l'eau non carburé est un peu meilleur marché que celle du mètre cube de gaz de houille, je doute cependant très fort qu'elle puisse atteindre une différence de 8 centimes. Je ne veux pas m'expliquer davantage ici sur les frais propres du gaz de houille ; chacune des personnes ici présentes est renseignée à cet égard ; mais je demande si un gazier qui connaît bien ses frais propres, pense possible que les frais de fabrication d'un mètre cube de gaz à l'eau soit de 8 centimes meilleur marché que ceux d'un mètre cube de gaz de houille.

Ainsi, je crois avoir répondu à la question de savoir si, au point de vue de la recette, une usine de gaz à l'eau offre de si grands avantages par rapport à une usine à gaz de houille. Avec les prix que j'ai cités ici, le client serait aussi bien traité qu'avec le gaz de houille, mais nullement mieux. S'il fallait justifier l'affirmation que le gaz d'eau doit être beaucoup meilleur marché que le gaz de houille, la différence de prix devrait être encore considérablement augmentée. Mais le producteur, c'est-à-dire la ville qui entre-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

prend la fourniture du gaz, aurait toujours encore moins d'avantage avec le prix compté qu'avec le gaz de houille. La recette pour le gaz est la même des deux côtés. Ici fr. 18.750 et là fr. 18.750, mais avec le gaz de houille pour chaque mètre cube fourni, même dans les petites usines, il vient s'ajouter 2,5 centimes de sous-produits au moins. Mettons seulement 2,5 centimes, quoiqu'on puisse retirer parfois davantage des sous-produits. La consommation privée fournit donc une recette annuelle de fr. 21.250 tandis qu'avec le gaz à l'eau, qui n'a pas de sous-produits, nous resterons à fr. 18.750. C'est là une différence de 13.2 0/0, au désavantage de l'usine de gaz à l'eau, toujours avec la supposition que le client est traité comme avec le gaz de houille.

Après tout cela, je ne puis croire que le gaz l'eau non carburé permette d'obtenir vis à vis du gaz de houille des succès aussi grands que l'affirment les représentants de l'industrie du gaz à l'eau.

Mais il ne faudrait pas non plus s'abandonner à des espérances exagérées sur l'addition du gaz à l'eau au gaz de houille, c'est-à-dire sur le gaz à l'eau carburé. Je sais très bien que l'activité des Compagnies est actuellement très vive et que beaucoup de réclame est faite pour établir des usines de gaz à l'eau complémentaires dans les usines à gaz de houille insuffisantes : nous avons vu que Brême et Kœnigsberg, et la Compagnie continentale allemande d'Erfurt et d'autres encore ont bâti ou commencé à bâtir de semblables usines de gaz à l'eau complémentaires.

Les raisons de ce procédé vous sont connues. C'est principalement la rapidité avec laquelle une semblable usine peut être élevée dans une usine à gaz de houille surchargée; c'est la possibilité de consommer soi-même le coke qui parfois s'entasse en montagnes, pour échapper aussi à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

difficulté de la vente du coke ; c'est la prompte mise en marche d'un générateur à gaz d'eau ; c'est le faible nombre d'ouvriers qu'il suppose et permet, de telle sorte qu'en cas de nécessité, de grève, les employés de l'usine à gaz peuvent pourvoir seuls à la production nécessaire.

Mais en dehors de ces quatre points, il y en a un plus saillant qui est toujours introduit dans le débat, c'est que la production de gaz à l'eau carburé dans les usines, à titre complémentaire, est si extraordinairement meilleur marché que la production du gaz de houille, que ce doit être là la raison principale de bâtir des usines auxiliaires de gaz à l'eau. En général, on cite l'Amérique et l'Angleterre. Il est vrai qu'en Amérique où les conditions sont favorables au gaz carburé, un tiers environ, et on affirme même récemment, la moitié de la quantité totale de gaz produit consiste en gaz d'eau carburé. Mais il est également vrai que le gaz n'est pas là bas meilleur marché qu'ici et que les usines n'ont pas de meilleurs revenus que chez nous. Cela doit nous faire penser qu'on ne doit guère s'attendre à un plus grand avantage financier par l'emploi du gaz à l'eau carburé aussi en Allemagne. En outre, si l'on donne si volontiers l'Amérique comme exemple, et si l'on emploie comme argument pour l'introduire ailleurs, sa diffusion en Amérique, il ne faudrait pas non plus oublier que, récemment en Amérique, les paroles de l'histoire des apôtres trouvent à s'appliquer au gaz à l'eau : « Les pieds de ceux qui t'ensevelissent, sont déjà devant la porte. »

Ceci se rapporte au syndicat du pétrole qui pousse les prix des carburateurs, de telle sorte que là bas plusieurs usines sont revenues au gaz de houille, ou pensent sérieusement à le faire, et ensuite c'est l'introduction d'une forme nouvelle, ou plutôt très vieille si l'on veut, de la distillation sèche, par l'introduction du four à coke dans les stations centrales des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

villes, en vue de la production d'un gaz pour l'éclairage et la force. Je ne doute pas un instant que cette affaire, qui vient d'être entreprise, n'ait devant elle un grand avenir.

Si l'on revient à l'Angleterre, où, depuis 1890, les usines de gaz à l'eau complémentaires sont nées en grand nombre, je ferai d'abord remarquer que je n'ai pas eu connaissance d'un abaissement de prix par suite de l'introduction du gaz à l'eau, pas plus que d'une élévation des revenus des usines à gaz, et je voudrais encore faire remarquer qu'on devrait se garder de voir d'un *seul côté* les progrès du gaz à l'eau. J'ai établi dernièrement, que déjà la capacité de production des nouvelles usines à gaz établies en Angleterre avec des cornues inclinées seulement, abstraction faite des autres systèmes de fours, dépasse notablement la capacité de production des nouvelles usines de gaz à l'eau existant en Angleterre et je voudrais dire encore qu'à Édimbourg, où il y a quelques années quand l'ancienne usine à gaz ne suffisait plus, on a bâti une usine de gaz à l'eau, maintenant qu'on en a fait l'expérience, et après qu'une commission a fait en Angleterre et sur le Continent une série d'examens des usines les plus diverses, la nouvelle usine qu'Édimbourg doit construire ne sera pas pour le gaz à l'eau, *mais pour le gaz de houille*. On y a bâti en son temps une usine de gaz à l'eau pour une production journalière de 2 millions de pieds cubes. Mais la nouvelle usine à gaz de houille d'après l'estimation de M. Herring fournira par jour 42 millions de pieds cubes !

Et qu'en est-il chez nous ? Brême et Kœnigsberg se sont fait construire des usines de gaz à l'eau complémentaires, mais ces deux villes bâtissent en même temps de grandes usines à gaz de houille devant coûter plusieurs millions. Cela serait tout à fait incompréhensible et impardonnable de la part de ces villes si réellement le gaz à l'eau carburé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

devait présenter d'aussi notables avantages financiers, que les brochures-réclames et le livre de Geisel le prétendent, et je crois devoir trouver dans les faits que je vous présente *un avertissement à se précautionner contre l'enthousiasme pour le gaz à l'eau.*

Je voudrais ajouter encore qu'on nous donne comme autre raison d'introduire le gaz à l'eau carburé, la nécessité de ménager les réserves en charbon de la terre, d'en ménager pour nos descendants, parce qu'ainsi on traite les houilles de la façon la plus économique ; et on essaye de toutes manières de nous faire croire ou tout au moins de persuader au public profane, qu'avec le gaz à l'eau on peut obtenir un meilleur rendement du charbon. Je vais examiner à ce point de vue le rendement calorifique dans les alimentations concurrentes de force et de chaleur par station centrale.

Prenons d'abord l'usine d'électricité : du wagon de charbon qui y entre, ou de sa valeur calorifique, quand l'usine fonctionne au moyen de machines à vapeur, il n'y a qu'un très faible pour cent transformé en énergie électrique. On sait que la machine à vapeur ne rend que 10 à 12 0/0 de la chaleur en réserve dans le charbon, sous forme de force mécanique. La dynamo a un rendement environ de 95 0/0 : dans l'accumulateur et le transformateur se perdent souvent 20 0/0. On pourra donc considérer comme satisfaisant, le rendement d'une usine d'électricité lorsqu'elle donnera en énergie électrique utilisable 9 à 10 0/0 de l'énergie qu'elle a reçue.

Qu'arrive-t-il dans nos usines à gaz de houille ? De la valeur calorifique de la houille qui y est gazéifiée, 20 à 21 0/0 se transforment en gaz, 40 à 45 0/0 et même plus en coke vendable. De plus, une partie de la valeur calorifique de la houille reste dans le goudron, et comme nous savons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

employer utilement ce produit, cette portion d'énergie soit environ 5 à 6 0/0 n'est en tout cas pas perdue ; je ferai remarquer que les premiers nombres s'appliquent aux petites usines et les seconds aux grandes, et j'ajouterai que ce ne sont pas là des résultats d'essais de quelques jours, mais de l'exploitation durant des années entières. On arrive au total de 65 à 72 0/0 de rendement calorifique pratique dans le procédé du gaz de houille. C'est là assez pour qu'on ne puisse attendre plus.

D'après le compte rendu de M. le Conseiller aulique Professeur Dr Bunte, qui a fait exécuter des essais sur le procédé Dellwik, on voit que ce système a donné en sa présence 70 0/0 de la chaleur du charbon sous forme du gaz, et 30 0/0 de perte. Vous vous accorderez avec moi pour dire, que le procédé du gaz à l'eau, n'a pas au point de vue économique national un avantage tel que nous devions l'adopter généralement.

Après cette digression, j'arrive au dernier de nos concurrents, *le gaz à l'air*. C'est encore une ancienne connaissance, car il y a déjà 20 ou 25 ans qu'il a joué un assez grand rôle pendant quelque temps. Lorsque nous n'avions que des brûleurs à fente et que le prix du gaz était encore un peu plus élevé que maintenant, différents gaz à l'air carburé par le benzol, la ligroïne, ou l'hydririne, etc., sont venus nous concurrencer dans des installations particulières. L'affaire s'endormit et ne se réveilla que par l'introduction de l'incandescence. Il nous faut donc maintenant nous en occuper, puisque l'automne dernier, le système *Van Vriesland* a réussi à établir une petite usine centrale en Hollande, à Brenkelen près Amsterdam. Toute la ville est alimentée par le gaz à l'air.

J'ai entendu dire qu'une compagnie s'était formées pour exploiter ce système aussi en Allemagne, et pense faire de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

installations particulières aussi bien que des stations centrales pour les petites villes.

Ce gaz fournit la lumière, et aussi la force et la chaleur, le tout sous forme gazeuse, et à des conditions qui peuvent être regardées comme acceptables. Les prospectus des maisons intéressées, comme ceux des maisons d'acétylène se bornent toujours à faire un calcul commode, en disant : 1 kilog de gazoline donne 3 mètres cubes de gaz à l'air; le kilog de gazoline coûte 37,5 centimes : ainsi un mètre cube de gaz à l'air coûte 12,5 centimes. L'amortissement, les réparations, l'intérêt du capital engagé, etc., n'entrent généralement pas en ligne de compte dans ces brochures. En comptant ainsi, il semble que le gaz à l'air serait meilleur marché que le gaz de houille. Mais si l'on y ajoute les frais de distribution, on trouve toujours qu'il est plus cher, mais pas autant que l'acétylène.

La valeur calorifique du gaz à l'air est environ celle du gaz de houille : ce gaz pourrait donc être fourni dans des petites villes, de la même façon et à des prix peu différents de ceux du gaz de houille. Mais nous n'avons à nous effrayer ni des installations particulières à la gazoline, qui fonctionnent admirablement avec les manchons incandescents, ni des stations centrales. Les installations particulières ont montré en effet qu'elles ne faisaient que précéder le gaz de houille. J'ai vu dans la région de Dessau et ailleurs, et examiné de près différentes installations particulières de gaz à l'air, et j'ai trouvé qu'en général elles fonctionnent très bien et sans difficulté, et fournissent effectivement un gaz qui peut concurrencer le pétrole, et encore mieux l'acétylène. Mais j'ai vu qu'aussitôt que le réseau de canalisation — c'étaient en général des établissements à la limite de la banlieue — venait à s'allonger, le possesseur de l'installation particulière accueillait avec joie

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la proposition de se mettre sur la canalisation du gaz, et de vendre l'appareil à gazoline, pour s'épargner le service de l'appareil et profiter du gaz de houille encore moins cher. Ainsi, dans ces cas, le gaz à l'air était un précurseur bienvenu du gaz de houille, parce que l'installation pouvait s'y adapter telle quelle.

Pour cette raison, et parce que le gaz à l'air donne non-seulement la lumière mais encore la chaleur et la force, je serais porté à croire que, pour de toutes petites villes et des villages qui ne se fient pas à une régie propre pour bâtir une usine à gaz de houille, et qui ne peuvent trouver d'entrepreneurs privés, il peut être convenable d'introduire le gaz à l'air par distribution centrale, par ce motif que plus tard, quand la ville aura augmenté, on pourra passer sans modification au gaz de houille, auquel conviennent la canalisation et les brûleurs, ce qui n'est pas le cas pour les installations à l'acétylène.

Il reste toujours cependant une objection à ces usines centrales de gaz à l'air : c'est la dépendance où elles se trouvent de l'étranger. Car la gazoline, la ligroïne, l'hydririne ou quelque nom que portent tous ces produits, sont des sous-produits de l'industrie du pétrole et viennent principalement d'Amérique. Ils nous mettent ainsi en quelque sorte dans la dépendance de l'étranger. On a déjà émis l'idée, et à ma connaissance, elle a déjà été éprouvée avec succès, d'employer le benzol allemand à la production du gaz à l'air : cette objection tomberait alors complètement. Même si cet emploi ne convenait pas pour le gaz d'air seul mais seulement pour un mélange de gaz de houille et de gaz à l'air ; les spécialistes du gaz de houille pourraient toujours se dire : « Est-il nécessaire, si une usine à gaz ne suffit plus et s'il faut pourvoir promptement à une augmentation, de bâtir une usine à gaz à l'eau complémentaire, ou ne serait-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

il pas plus simple d'installer un appareil de gaz à l'air, et de compenser par du gaz à l'air, au moins pendant quelques hivers, ce que les fours à cornue ne donnent pas ? Si nous devons diluer le gaz de houille, faut-il absolument que ce soit avec du gaz à l'eau ? Ne pouvons-nous pas le faire avec de l'air, et enrichir le mélange de gaz et d'air par le benzol dans un appareil de gaz à l'air? » Tous les avantages qu'on met en avant pour le gaz à l'eau se trouvent à un plus haut degré dans l'addition du gaz à l'air. Une usine de ce genre est beaucoup plus avantageuse sous le rapport de la place nécessaire et du capital employé que l'augmentation des fours à cornues. Le procédé est extrêmement simple, beaucoup plus que celui du gaz à l'eau ; il demande peu d'ouvriers et marche presque automatiquement, il est ainsi très pratique et très commode. Comme je l'ai dit, ce n'est qu'une idée, une invitation, mais je crois que cette proposition mérite autant d'attention que la question du gaz à l'eau.

En terminant cette étude, je souhaite qu'elle contribue en quelque mesure à ce que, dans un avenir prochain, on puisse constater un développement plus important que jamais de l'éclairage au gaz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ville de Paris.

Direction administrative de la voie publique, des eaux, des égouts et de l'éclairage.

(*Service technique de la voie publique et de l'éclairage.*)

Éclairage.

I. — Éclairage public par le gaz.

La plupart des rues de Paris sont éclairées par le gaz que fournit à la ville la Compagnie parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz. Les relations entre la Ville et cette compagnie sont régies par un traité passé le 7 février 1870. Cette convention arrivera à expiration le 31 décembre 1905.

Les appareils d'éclairage public sont branchés sur la canalisation générale de la compagnie, dont la longueur dans Paris était :

En 1889.....	m 1.481.759
En 1899.....	m 1.620.766
Augmentation...	m 139.007

Plus du tiers de cette canalisation est en conduites de mm 108 de diamètre.

Les brûleurs sont renfermés dans des lanternes supportées par des candélabres en fonte creuse. On connaît le modèle simple et élégant des candélabres ordinaires qui ont remplacé les anciens poteaux carrés. Le nombre des lanternes en service au 1er janvier 1900 était de 50,516.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Vérification du gaz. — La Ville exerce sur la Compagnie du gaz un contrôle qui porte surtout, au point de vue technique, sur le pouvoir éclairant du gaz, d'une part, et, d'autre part, sur la pression dans les conduites.

La Compagnie doit fournir du gaz tel qu'un bec Bengel, en brûlant l 105 à l'heure sous une pression de mm 2 à 3 d'eau, donne le même éclat qu'une lampe Carcel consommant par heure g 42 d'huile de colza épurée.

Pour reconnaître si cette condition est remplie, le pouvoir éclairant du gaz est contrôlé chaque soir, de huit heures à onze heures, dans douze bureaux d'essais installés à proximité des conduites de fort diamètre et répartis entre les périmètres desservis par les diverses usines.

La chambre noire installée dans le pavillon de la ville de Paris (n° 614 *bis* du catalogue) constitue le type d'un de ces bureaux; on y a disposé le photomètre à plaque de verre amidonnée qui sert à comparer l'éclat des flammes, la balance avec laquelle on vérifie le poids d'huile consommé par heure et le compteur (avec colonne clepsydre), qui sert à constater le volume de gaz brûlé à l'heure.

Un graphique exposé sous le même numéro donne les résultats journaliers des essais effectués en 1899 dans chacun des douze bureaux. A part des variations accidentelles, qui dépassent rarement la limite de tolérance accordée, la quantité de gaz brûlée pour obtenir une flamme de l'éclat voulu ne s'écarte que très faiblement du chiffre réglementaire de l 105.

Les points de ce graphique non reliés aux courbes représentent des essais de jour non réglementaires.

D'autre part, aux termes de son traité, la Compagnie doit maintenir dans les conduites une pression d'au moins mm 20 d'eau. Dans chaque bureau d'essais et sur certains autres points, est installé un indicateur de pression

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(n° 614 *bis*) qui enregistre à chaque instant, sur une feuille journalière, la valeur de la pression du gaz.

Même dans les quartiers les plus bas, la pression ne descend guère au-desous de mm 40 ; elle n'a d'ailleurs jamais franchi la limite imposée par le traité.

Contrôle de la Compagnie du gaz. — Non seulement la ville de Paris a obtenu de la Compagnie du gaz l'avantage de payer le mètre cube ct 15 au lieu de ct 30, prix de la vente aux particuliers, mais encore elle perçoit à titre de droit d'octroi ct 2 par mètre cube de gaz consommé ; elle participe dans une certaine mesure au partage des bénéfices de la Compagnie et aura droit au retour gratuit de la canalisation à l'expiration du traité de 1870. Elle a donc intérêt à contrôler et la canalisation et la consommation. Ce double contrôle est assuré par le service de l'inspection de l'éclairage au gaz, déjà chargé des essais dont il a été question précédemment.

Ce service expose (n° 614 *bis* du catalogue):

1° Un plan d'ensemble des périmètres des usines à gaz. Paris est, en effet, divisé, au point de vue de la distribution du gaz, en huit secteurs dont sept alimentés respectivement par les usines d'Ivry, de Vaugirard, de la Villette, de Saint-Mandé, du Landy, de Clichy et de Passy, le dernier étant commun à cinq de ces usines. Le plan exposé comporte l'indication de la canalisation qui s'étend aujourd'hui à toutes les voies publiques de Paris.

On a vu plus haut quelle était la longueur des canalisations en 1889 et 1899; cette longueur était au 1er janvier 1900 de m 1,620,766 (dans Paris).

La consommation annuelle du gaz est indiquée par un graphique qui embrasse la période de 1861-1899. (Voir Pl. XIX.)

La quantité du gaz consommée pour l'éclairage public et l'éclairage privé a été (Paris et extra-muros) :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En 1889, m c 296,988,252, dont m c 45,628,927 consommés par la ville de Paris (voie publique et établissements municipaux).

En 1899, 303,000,000 de mètres cubes, dont m c 43,664,716 consommés par la ville de Paris.

Le nombre des abonnés, qui était en 1889 de 224,119, était en 1899 de 425,276.

Quant au nombre des colonnes montantes, il a passé de 28,070 en 1889 à 48,200 en 1899.

Les variations annuelles du nombre des abonnés et du nombre des colonnes montantes sont d'ailleurs figurées sur le graphique de consommation de gaz.(Voir Pl. XIX.)

Dépenses de l'éclairage public par le gaz. — Les dépenses de l'éclairage public par le gaz comprennent :

1° Le prix de la fourniture de gaz;

2° Le coût de l'allumage, de l'extinction et de l'entretien des appareils, opérations effectuées par la Compagnie du gaz au prix de 4 centimes par jour pour les appareils ordinaires et 6 centimes 5 pour les appareils riches;

3° Le coût de l'entretien des appareils spéciaux (becs intensifs, à récupération et à incandescence.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dépenses de l'éclairage public par le gaz.

ANNÉES	FOURNITURES DE GAZ	ENTRETIEN DES APPAREILS			TOTAUX (fourniture et ent
		PAR LA COMPAGNIE DU GAZ	ENTRETIENS SPÉCIAUX	TOTAUX	
	francs	francs	francs	francs	francs
1889.... .	4.141.164,32	1.024.443,90	55.909,30	1.080.353,20	5.221.517,52
1898 (1)...	4.1077.71,32	1.240.399,19	92.567,45	1.341.967,64	5.449.738,96

(1) Renseignements non encore établis pour 1899.

II. — Éclairage des établissements municipaux.

La Compagnie du gaz doit fournir le gaz au prix de 15 centimes le mètre cube pour certains établissements qui lui sont désignés par l'administration.

Ces établissements se divisent en deux catégories :

1° La première comprend les établissements uniquement municipaux dans lesquels le service de l'éclairage est chargé de relever la consommation et d'y empêcher les abus tout en assurant aux locaux l'éclairage qui leur convient ; il y effectue d'ailleurs, depuis 1884, tous les travaux d'entretien et depuis 1898, tous les travaux neufs d'éclairage. Les dépenses sont à la charge de la ville.

2° La seconde catégorie comprend 987 établissements pour lesquels les frais d'éclairage sont directement payés par les administrations intéressées (assistance publique, octroi, préfecture de police, tribunaux, établissements militaires, édifices départementaux, etc.). Il n'y a rien de particulier à indiquer en ce qui touche cette seconde catégorie,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le rôle des ingénieurs se restreignant ici à la simple vérification des comptes de la Compagnie du gaz.

Établissement uniquement municipaux. — Dans ces établissements, l'allumage, l'extinction et l'entretien des appareils sont faits en régie ; il en sera question au paragraphe V (Applications du système de la régie).

Le nombre des appareils à gaz en service dans les édifices municipaux est relativement considérable. On compte :

Becs papillons	24.302
Becs avec cheminée ou globe	32.140
Becs intensifs	536
Becs à incandescence	1.126
Total	58.104

non compris évidemment les 86,171 becs de rampes et motifs d'illumination. Dans le total de 58,104 becs les écoles entrent pour 35.128; les commissariats de police, casernes de la garde républicain et de sapeurs-pompiers pour 5,572; les mairies et bibliothèques publiques pour 4.113, etc.

En 1889, les dépenses effectuées pour l'éclairage des établissements municipaux se chiffraient ainsi qu'il suit :

Fourniture de gaz	1.223.154 45
Entretien des appareils	237.913 11
Total	1.461.067 56

En 1898, ces dépenses se sont élevées à :

Fourniture de gaz	998.504 23
Entretien des appareils	249.047 86
Total	1.247.552.09

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La diminution considérable qui s'est produite provient non seulement des économies réalisées par l'application de certaines mesures (installation de régulateurs et de compteurs, remplacement de becs ordinaires par des brûleurs à incandescence de moindre débit, etc.) mais aussi de la substitution dans nombre d'établissements de l'éclairage électrique à l'éclairage au gaz.

Il y a lieu de faire remarquer ici que certains établissements municipaux sont encore éclairés à l'huile, mais leur nombre tend à diminuer. Les dépenses effectuées de ce chef qui s'élevaient à fr. 38.200 en 1889 n'étaient plus en 1898 que de fr. 15.331 64. Il n'existe plus d'ailleurs que 56 becs à l'huile en service.

III. — Éclairage remboursable.

On entend par éclairage remboursable :

1° L'éclairage d'intérêt privé sur la voie publique (candélabres-réclames, kiosques et urinoirs lumineux, etc.) ;

2° L'éclairage des rues, galeries et passages particuliers livrés à la circulation publique;

3° L'éclairage des locaux occupés par certains agents dans les mairies, casernes, abattoirs, théâtres, halles, lycées, écoles, etc.;

4° L'éclairage des locaux occupés par les sociétés autorisées à se réunir dans les établissements municipaux.

Les sommes payées à la Compagnie du gaz au titre de l'éclairage remboursable se sont élevées :

En 1889, à ..... fr 720.000;
En 1898, à ..... — 937.000.

Vérification des compteurs. — Si les quantités de gaz

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

consommées sur la voie publique sont évaluées d'après le nombre d'heures de fonctionnement des appareils, dans les établissements municipaux et pour l'éclairage remboursable on a recours aux compteurs. Aucun compteur, ceux des particulier eux-mêmes, — et c'est là une garantie accordée par l'administration aux consommateurs obligés en fait de s'adresser à la Compagnie du gaz, — ne peut être mis en service à Paris (1) sans avoir été, au point de vue de l'exactitude du mesurage et de la confection réglementaire, vérifié par les agents municipaux et poinçonné par eux.

Lorsque la vérification et le poinçonnage s'effectuent au domicile des fabricants, qui possèdent tous un laboratoire spécial, la Ville perçoit une taxe proportionnelle à la capacité des compteurs. Mais le poinçonnage est gratuit lorsque les appareils sont présentés au laboratoire municipal des compteurs ; les fabricants n'usent jamais de cette faculté, mais seulement les particuliers qui doutent de l'exactitude du mesurage de leurs compteurs. La vérification est alors faite en présence de l'abonné et d'un délégué de la Compagnie du gaz.

On a vérifié et poinçonné, en 1899, 71,081 compteurs représentant une capacité de 491,145 becs. Le montant des taxes perçues de ce chef s'est élevé à fr 44.203 05.

On trouvera au pavillon de la ville de Paris (n° 614 *bis*) le matériel d'un laboratoire pour vérification de compteurs, comprenant un gazomètre, une table d'essai pour 6 compteurs et 1 compteur-contrôleur de 80 becs. On a également exposé 12 modèles de compteurs admis par l'administration et se rattachant aux trois types suivants : 1° modèle

(1) Le nombre des compteurs en service à Paris était au 1er janvier 1899 de 397,039 contre 211,984 au 1er janvier 1889.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Compagnie du gaz ; 2° compteur à mesure invariable ; 3° type courant d'abonné.

IV. — Perfectionnements apportés dans l'éclairage public par le gaz.

Avant 1899, on n'employait que le brûleur ordinaire dit « papillon » et les becs intensifs à air froid constitués par six brûleurs disposés en couronne et généralement employés dans les carrefours. C'est ainsi que le nombre des brûleurs en service en 1889 était de :

Becs papillons de 100, 110, 120 et 1 140 à l'heure	49.365
Becs intensifs de 1 875 à l'heure	434
— de 1 1,400 à l'heure	1.148
Total	59.947

Déjà cependant on avait mis à l'essai 27 becs à récupération de chaleur. Le principe de ces appareils est le suivant : échauffer l'air qui entre dans la lanterne au moyen de la chaleur de combustion du gaz. L'air étant ainsi réchauffé en se mélangeant au gaz lui permet de donner un rendement lumineux plus considérable.

De 1889 à 1897, on avait installé 3,442 becs à récupération. Entre temps, en 1894, on avait mis à l'essai 40 becs à incandescence du système Auer. Depuis lors l'emploi de ces becs s'est considérablement accru ; l'on a d'ailleurs mis également en service des becs intensifs à incandescence des systèmes Denayrouze et Saint-Paul, qui ont remplacé un certain nombre de foyers à récupération.

Le nombre de brûleurs en service sur la voie publique en 1899 se décomposait ainsi :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Papillons de l 100, 110, 120 et 140.....	50.110
Becs intensifs de l 875 et 1,400.....	51
Becs à récupération de chaleur (de l 145 à l 1,200	3.309
Becs Auer de l 115 et 150..	1.840
Becs Denayrouze et Saint-Paul....	110
Total.....	55.420

Le service expose sous le n° 614 *bis* (catalogue de la ville de Paris) une série de lanternes renfermant divers types de brûleurs, en particulier des becs à incandescence. Les manchons qui garnissent ces becs étant très fragiles, on a cherché à les soustraire aux conséquences des chocs que subissent souvent les candélabres et à l'influence des trépidations en les munissant de dispositifs particuliers de suspension (ressort à boudin, suspension Chénier, etc.). D'autre part, pour éviter la manœuvre habituelle d'allumage obligeant à ouvrir les lanternes, on a essayé différents systèmes d'allumage nouveaux permettant d'enflammer le gaz à l'extérieur (allumage à la rampe Bunsen, à la rampe Céard, à la cuiller, etc.) ou de l'enflammer à l'intérieur au moyen d'une étincelle électrique.

Les lanternes exposées sont munies de ces différents dispositifs d'allumage et de suspension.

V. — Application du système de la Régie.

Jusqu'en 1884 l'allumage, l'extinction et l'entretien des appareils à gaz installés dans tous les établissements municipaux étaient confiés à des entrepreneurs. Non seulement ceux-ci n'entretenaient pas comme il eût convenu les objets remis à leurs soins, mais encore ils ne surveillaient pas ou presque pas les heures d'allumage et d'extinction, n'ayant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aucun intérêt à réduire la consommation. Il en résultait un excès de consommation inutile.

A ce sujet l'attention des ingénieurs fut d'abord attirée sur les Halles centrales qui consommaient environ 1.500.000 mètres cubes de gaz par an. On renonça pour cet établissement au régime de l'entreprise et l'on y substitua le système de la régie. En quatre années, la dépense de gaz était tombée de fr 226.404,30 (1884) à fr 143.703,15 (1887). En présence de ce résultat si favorable, on appliqua le même système à tous les édifices communaux des quatre premiers arrondissements.

Depuis le 1er janvier 1891, chacune des huit sections d'ingénieurs est pourvue d'un atelier en régie auquel sont attachés des ouvriers qui effectuent dans les établissements municipaux toutes les réparations que demande l'appareillage d'éclairage et également, depuis 1898, les travaux neufs de même nature.

Le personnel des ateliers de l'éclairage comprend :

Contremaîtres	10
Plombiers-gaziers	17
Aides plombiers	20
Monteurs, broyeurs, vitriers, peintres, etc	24
Auxiliaires temporaires	14
Total	85

En dehors de ce personnel, on emploie environ 80 allumeurs auxiliaires qui ne font pas partie intégrante du personnel et sont chargés, moyennant une petite rétribution, de l'allumage et de l'extinction des brûleurs dans les édifices où cette tâche n'est pas assumée par le personnel de service.

Depuis 1898, l'atelier de la 1re section est chargé à titre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'essai de l'entretien des appareils riches en service sur la voie publique dans les quatre premiers arrondissements.

L'économie réalisée par l'exécution directe des réparations est essentiellement variable selon la nature des travaux. On peut avoir une idée du résultat obtenu à cet égard en relevant pour un travail déterminé les dépenses effectuées en régie par l'atelier municipal, les majorant de 10 p. 100 pour frais de direction et divers (ce qui est sensiblement au-dessus de la réalité) et comparant ensuite le total obtenu avec ce qu'aurait coûté le même ouvrage exécuté par un entrepreneur, rabais déduit.

En opérant ainsi, on constate que l'économie réalisée sur les travaux neufs est une moyenne de 10 p. 100 et que celle réalisée sur les réparations courantes varie de 15 à 25 p. 100.

On a pu, grâce aux économies ainsi réalisées, installer sur un grand nombre des appareils en service des rhéomètres ou régulateurs poinçonnés par le laboratoire des compteurs et qui ont permis de proportionner le débit des becs à l'importance des locaux à éclairer. On a pu également, toujours à l'aide des mêmes économies, remplacer un grand nombre de papillons de l 140 par des becs Auer de l 40 à 50 dans les couloirs et escaliers et de l 100 à 115 dans les classes et bureaux; on a de même remplacé les anciens appareils des salles de dessin, qui consommaient l 500, par des becs Auer de l 150 qui donnent une fois et demie autant de lumière.

Cet ensemble de mesures a permis d'enrayer l'accroissement que la consommation de gaz tendait à prendre dans les établissements municipaux et même de réduire cette consommation. (Voir VI. — Résultats obtenus.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

VI. — Résultats obtenus.

Éclairage des établissements municipaux. — La dépense résultant de l'éclairage des établissements municipaux (fourniture de matière et entretien du matériel), s'est chiffrée en 1889 et en 1898 de la façon suivante :

	En 1889	En 1898
Gaz.....	1.461.067 56	1.247.552 09
Huile.....	38.200 »	15.331 64
Electricité.....	24.997 41	710.009 30
Totaux.....	1.524.264 97	1.972.893 03

L'augmentation provient : 1° de ce que depuis 1889 le nombre des établissements municipaux s'est accru dans une proportion notable ; 2° de ce que dans nombre de locaux on a remplacé l'éclairage au gaz par l'éclairage électrique plus coûteux actuellement que le premier.

Éclairage public. — Le tableau ci-dessous indique les dépenses de l'éclairage public de Paris pendant diverses périodes de ce siècle :

De 1821 inclus à 1833 inclus le total des dépenses d'éclairage s'est élevé à fr. 8,400,000.

De 1834 à 1846, fr 13.300.000.
De 1847 à 1859, fr 19.700.000.
De 1860 à 1872, fr 38.800.000.
De 1873 à 1885, fr 50.600.000.
De 1886 à 1898, fr 72.000.000.

Mais si les dépenses ont été en croissant le matériel a reçu de nombreux perfectionnements. C'est ainsi que grâce sur-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tout à l'emploi des becs Auer et à l'usage de l'électricité la puissance lumineuse des appareils en service sur la voie publique qui n'atteignait en 1889 que Ca 75.360 était au 1er janvier 1899 de Ca 145.117.

La valeur du matériel d'éclairage installé sur la voie publique (candélabres et lanternes), s'élevait au 1er janvier 1899, à environ fr 8.500.000.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Instruction des ingénieurs gaziers.

Il a été fait, en 1898, à l'École polytechnique de Karlsruhe, sur l'instigation de l'Association allemande des Gaziers et Hydrauliciens, deux créations en vue de l'instruction des ingénieurs de l'éclairage, savoir :

I. — Un plan d'enseignement pour les élèves qui se consacrent spécialement aux questions d'éclairage ;

II. — Un cours quotidien sur le gaz, qui a pour but de faire connaître aux ingénieurs-gaziers, déjà pratiquants, les nouveaux progrès de la science et leur application dans l'exploitation d'une usine.

I.— Le plan d'enseignement de la technique de l'éclairage offre aux élèves dans les deux premiers semestres les principes fondamentaux des sciences naturelles et mathématiques et comporte l'étude générale des machines et de l'électrotechnique. Le troisième et le quatrième semestres comprennent les leçons de chimie spéciale, ainsi que la construction des machines à l'atelier ; le cinquième semestre est consacré à des cours spéciaux sur la connaissance théorique des machines, la technologie chimique, les applications de l'éclairage, du chauffage, ainsi que des leçons de chimie avec l'analyse des gaz et des travaux au laboratoire de mécanique. Le sixième semestre est consacré à des cours et des travaux sur l'électrotechnique. Enfin, les deux derniers semestres sont réservés aux travaux individuels des élèves, principalement dans le laboratoire de chimie technique ou à l'Institut électrotechnique pour acquérir le diplôme de « Docteur Ingénieur ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dix élèves ont poursuivi leurs études pendant l'année dernière ; ce chiffre est assez important si l'on considère le but spécial de l'enseignement donné.

II. — Un cours sur le gaz est créé à l'Institut de chimie technique dans le but de faire connaître aux ingénieurs, déjà pratiquants, les progrès réalisés dans les applications de l'éclairage, ainsi que les moyens nouveaux qu'ils pourront appliquer dans une usine à gaz pour contrôler le travail. Ce cours a déjà été suivi à deux reprises par dix-huit ingénieurs.

L'enseignement, qui est donné par le Directeur de l'Institut, avec le concours de professeurs assistants, comporte des leçons et des travaux à l'Institut même, ainsi que des travaux exécutés avec les appareils de l'usine à gaz.

La répartition générale de l'enseignement est donnée par le tableau ci-après (voir p. 1092).

Les matières suivantes pourront encore trouver place dans le programme d'enseignement des cours pratiques de technique gazière.

Les conférences sur la chimie gazière seront complétées par des expériences propres à donner aux élèves une connaissance approfondie de la fabrication du gaz d'éclairage ; elles comprendront :

1° La théorie des procédés de fabrication et l'étude de la matière première (charbons à gaz) ;

2° Les appareils de fabrication du gaz (gaz de houille et gaz à l'eau, fours et leur chauffage), l'épuration ; les causes de la formation de la naphtaline, de l'ammoniaque, des cyanures ; la suppression des troubles, de la congélation, etc., etc.

3° Essais et emploi du gaz pour l'éclairage (incandescence au gaz), le chauffage, et la force motrice (explosion du gaz) ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cours pratique de technique gazière

	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI
			Matin			
	Cours avec démonstrations du Docteur H. BUNTE sur la :					Travaux de photométrie. — Etude des procédés de carburation (au Laboratoire).
De 9 heures à 10 heures 1/2	Chimie gazière	Chimie gazière	Chimie gazière	Chimie gazière	Chimie gazière	
	Cours avec démonstrations des Docteurs F. HABER et P. EITNER					
De 11 heures à midi et demi.	Analyse du gaz, 1re partie.	Analyse du gaz, 2e partie.	Etude des charbons.	Etude de l'eau et de son épuration.	Etude des sous-produits et des matières épurantes.	
			Soir			
A partir de 3 heures.	Travaux de laboratoire sur l'analyse du gaz.	Examen et étude des Fours. Analyse des gaz. Etude des températures.	A l'Usine: étude du gaz non épuré. Vérification de l'épuration.	Travaux de laboratoire sur l'analyse du gaz, sa valeur calorifique et l'épuration de l'eau.	Travaux sur l'épuration du gaz, la fabrication du gaz à l'eau, l'emploi de l'eau dans l'exploitation des usines à gaz.	Recherches sur les détériorations des canalisations, etc... Examen des usines hydrauliques. — Etude du chauffage au coke appliqué aux chaudières à vapeur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4° Les sous-produits et leur traitement : ammoniaque, goudron, matière épurante, cyanures ; matières premières accessoires de l'industrie du gaz (agents de carburation, etc., etc.).

On étudiera, dans l'*analyse gazière*, les principales méthodes et les appareils employés dans les recherches sur le mélange simple des gaz par absorption et combustion, principalement en ce qui concerne le gaz de chauffage, recherche de la valeur calorifique des gaz, détermination de l'effet utile et de la perte de chaleur dans les appareils de chauffage.

On procurera aux élèves la facilité de faire des analyses simples du gaz et des mesurages pyrométriques tant au Laboratoire que dans l'Usine, et d'apprendre à connaître les méthodes principales de contrôle de l'exploitation. On joindra à cela des explications avec démonstrations sur l'essai des principales matières premières et des sous-produits (composition et détermination de la valeur calorifique des charbons, essais et épuration de l'eau des générateurs et de l'eau potable, évaluation de la teneur de l'eau ammoniacale), ainsi que des recherches photométrique, sur les becs à gaz et l'incandescence par le gaz ; enfin, on s'occupera de l'essai des agents de carburation, du pétrole et des huiles de graissage.

Les cours et les travaux des élèves leur permettent de se familiariser avec les conditions de la pratique. Il s'établit ainsi des relations entre les élèves et les professeurs à l'occasion de ces cours, dont on peut espérer la continuation dans l'avenir.

Dr H. Bunte.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Programme de l'École des Maîtres gaziers de la Compagnie allemande continentale du gaz de Dessau.

Le besoin marqué qui se faisait sentir depuis de nombreuses années déjà par suite du manque de bons maîtres gaziers, d'installateurs, d'inspecteurs de ville et principalement, du personnel technique auxiliaire, a conduit la Compagnie allemande continentale du gaz de Dessau à créer une École spéciale privée, connue sous le nom d' « École des maîtres gaziers ».

Cette École est destinée spécialement à recevoir les jeunes ouvriers, tels que serruriers, maçons, ferblantiers, etc., travaillant à l'Usine à gaz de Dessau, et à leur donner les connaissances théoriques et pratiques, ainsi que l'habileté nécessaire pour occuper les emplois de maîtres-gaziers ou d'installateurs.

Cette École, qui trouve son complément dans l'École des métiers, à Dessau, placée sous le contrôle de l'État, est gratuite ; la Compagnie allemande continentale du Gaz alloue aux élèves, pendant les quatre semestres de leur séjour à l'École, un salaire assez élevé pour qu'ils puissent se suffire à eux-mêmes sans avoir à recevoir des secours de leur famille.

La Compagnie allemande continentale se réserve, en plus du travail des élèves, le droit de préférence de les employer pendant un minimum de trois années consécutives dans l'une de ses usines.

Les conditions suivantes ont été arrêtées pour l'admission à l'École :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° Être âgé de vingt ans, au minimum ;

2° Posséder une bonne instruction générale qui sera constatée au moment de l'admission à l'École;

3° Avoir terminé la carrière d'apprenti chez un principal, connu comme fort instruit;

4° Être libéré du service militaire actif ou en être exempté, aucune interruption dans la durée des études ne pouvant avoir lieu pour ce motif; des exceptions seront faites cependant à la suite de demandes spéciales ;

5° Fournir des certificats de moralité et de bonne santé.

L'enseignement de l'Ecole des maîtres-gaziers de la Compagnie allemande continentale du Gaz est réparti en quatre semestres consécutifs ; il se poursuit d'après un plan théorique et pratique dont l'application est laissée au Directeur de l'École.

Les demandes d'admission faisant connaître l'âge et le degré d'instruction du candidat, doivent être adressées à la Direction de l'Usine à gaz de Dessau.

Compagnie allemande continentale du gaz.
Signé : VON OECHELHAEUSER.

Plan d'enseignement (1) de l'École des Maîtres gaziers de la Compagnie allemande continentale du Gaz de Dessau.

L'instruction des élèves a lieu :

1° Par une participation pratique au travail courant de l'usine à gaz et de l'installation ;

(1) On se réserve d'apporter des modifications à ce plan dans le cours du semestre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° Par un enseignement donné dans la salle d'études de l'usine par les fonctionnaires de la Compagnie du gaz;

3° Pour ceux des élèves qui n'ont pas suivi une école supérieure avec succès, par la fréquentation de l'école des arts et métiers à Dessau, placée sous le contrôle de l'État.

I. — Semestre d'été 1899.

I. — *Travaux pratiques* dans toutes les branches possibles de l'exploitation de l'usine à gaz au point de vue de l'instruction générale.

Tous les jours, huit à neuf heures par jour.

II.—*Enseignement donné dans la salle d'études de l'usine à gaz :*

a) Fabrication du gaz en général;

Historique. Production et nature du charbon, du coke, des sous-produits, etc.;

b) Instruction sur la préservation contre les explosions de gaz; cas d'explosions; étude des matières employées, des machines et des outils; pose des conduites de gaz et transport du gaz jusqu'au compteur;

c) Emploi des générateurs de vapeur, des machines à vapeur et des moteurs à gaz.

Trois à quatre soirées par semaine, de cinq à six heures.

III. — *Enseignement donné dans les cours du soir de l'École des Arts et Métiers :*

a) Dessin à main levée et esquisse d'après modèles;

b) Dessin spécial;

c) Calcul pratique;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d) Géométrie : évaluation des volumes et des surfaces ;
e) Écriture allemande et appliquée (cursive).

Quatre soirées par semaine et la matinée du dimanche.

II. — Semestre d'hiver 1899-1900.

I. — *Travaux pratiques*, dirigés suivant le choix fait par l'élève, soit pour être maître gazier, soit pour être maître intallateur, mais sans relations avec le public.

Tous les jours, neuf heures.

II. — *Enseignement donné dans la salle d'études de l'usine à gaz :*

a) Principes de physique : généralités, poids spécifique, mécanique, hydraulique, pneumatique ;
b) Fabrication du gaz à un point de vue spécial : construction des fours, théorie de leur chauffage, appareils d'exploitation ;
c) Éclairage public. Troubles dans les conduites et dans l'éclairage public ;
d) Notions de chimie inorganique, généralités, métalloïdes.

Quatre soirées par semaine, de cinq à six heures.

III. — *Enseignement donné dans les cours du soir de l'École des Arts et Métiers :*

a) Dessin à main levée d'après modèles ;
b) Dessin spécial ;
c) Calcul pratique ;
d) Géométrie ;
e) Écriture allemande et appliquée.

Quatre soirées par semaine et la matinée du dimanche.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

III. — Semestre d'été 1900.

I.—*Travaux pratiques,* dirigés suivant le choix de l'élève pour l'usine ou l'installation, en relations avec le public.

Tous les jours, dix heures.

II. — *Enseignement donné dans la salle d'études de l'usine à gaz :*

a) Étude de la lumière, de la chaleur, de l'électricité et du magnétisme;

b) Extraction et traitement des sous-produits, fabrication de l'ammoniaque, etc.;

c) Alcalis, métaux, détermination pratique de l'acide carbonique, de l'ammoniaque; recherches sur les gaz des fumées.

Deux soirées par semaine, de cinq à six heures.

VI. — Semestre d'hiver 1900-1901.

I. — *Travaux pratiques*, exploitation de l'usine et installation, en relations avec le public.

Tous les jours, dix heures.

II.—*Enseignement donné dans la salle d'études de l'usine à gaz :*

a) Éclairage au gaz, becs usuels et leurs effets; chauffage au gaz, appareils usuels; force motrice par le gaz; compteurs ordinaires et compteurs automatiques;

b) Une heure d'entretien sur l'exploitation et interrogations posées aux élèves;

c) Comptabilité, feuilles de paye, registres de l'exploitation; tenue des magasins et de leur comptabilité.

Deux soirées par semaine, de cinq à six heures.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Conditions pour l'admission et le séjour à l'École des Maîtres gaziers de la Compagnie allemande continentale du Gaz de Dessau.

Je soussigné, m'engage par les présentes à fréquenter régulièrement et ponctuellement l'École des Maîtres gaziers de la Compagnie continentale allemande du gaz de Dessau et cela pendant quatre semestres dont le premier commence le

Je m'engage à me soumettre aux règlements de l'École et, d'une façon spéciale, à me conformer aux instructions qui me seront données par le directeur, les professeurs et maîtres au cours de l'enseignement théorique et pratique.

Je compterai, pendant la durée de mon instruction, comme « agent » (employé) de l'usine à gaz de Dessau.

Je m'engage, en outre, en échange du salaire qui me sera payé pendant toute la durée de mon instruction, à demeurer en service pendant un minimum de trois années, après ma sortie de l'École et suivant la volonté de la Compagnie allemande continentale, dans l'une de ses usines ci-après :

Francfort-sur-l'Oder,	Potsdam,	Dessau,
Luckenwalde,	M. Gladbach,	Eckesey,
Varsovie,	Erfurt,	Nordhausen,
Gotha,	Ruhrort,	Herbesthal.

La Compagnie continentale, etc..., tiendra compte, dans la mesure du possible, du désir motivé des anciens élèves de l'École des Maîtres gaziers comme des circonstances des affaires (vacances, etc.) dans le choix de l'usine. Je reconnais, néanmoins, d'une façon expresse, que la Compagnie continentale, etc., ne prend pas, par mon admission à l'Ecole des Maîtres gaziers, d'engagement pour un emploi ultérieur.

La Compagnie continentale, etc., conserve le droit, à toute

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

époque, aussi bien pendant qu'après l'engagement, de rompre la durée de l'instruction, après un avertissement préalable de quatorze jours, si je lui en donne le motif pour insuffisance d'instruction ou manque de moralité dans ma conduite.

La Compagnie continentale, etc..., s'engage, d'autre part, à m'accorder pendant l'instruction :

1° L'enseignement théorique et pratique gratuit à l'École des Maîtres gaziers, comme à l'École des Arts et Métiers de Dessau, conformément au plan ci-joint ;

2° La fourniture et l'emploi gratuits des moyens d'enseignement;

3° Un salaire de 16 à 18 marks (de 20 à 22 fr. 50) par semaine, pendant le 1er semestre, suivant capacités.

Un salaire de 3 marks (3 fr. 75) par jour, pendant le 2e semestre, pour une durée de travail, c'est-à-dire d'instruction de dix heures.

Un salaire de 3 marks 1/2 (4 fr. 375) par jour, pendant les 3e et 4e semestres, pour une durée de travail, c'est-à-dire d'instruction de dix heures;

4° Un salaire de 4 marks (5 fr.) par jour ou 100 marks (125 fr.) par mois ou davantage, suivant capacités, en cas d'engagement éventuel comme contremaître ou maître, après l'instruction achevée;

5° Le voyage gratuit en 3e classe, à Dessau comme, dans le cas de nomination ultérieure, dans l'une des usines indiquées ci-dessus.

Approuvé les conditions ci-dessus.

Dessau, le...

Signature de la Compagnie continentale allemande du Gaz de Dessau :

Signature du Postulant (ou de son tuteur) :

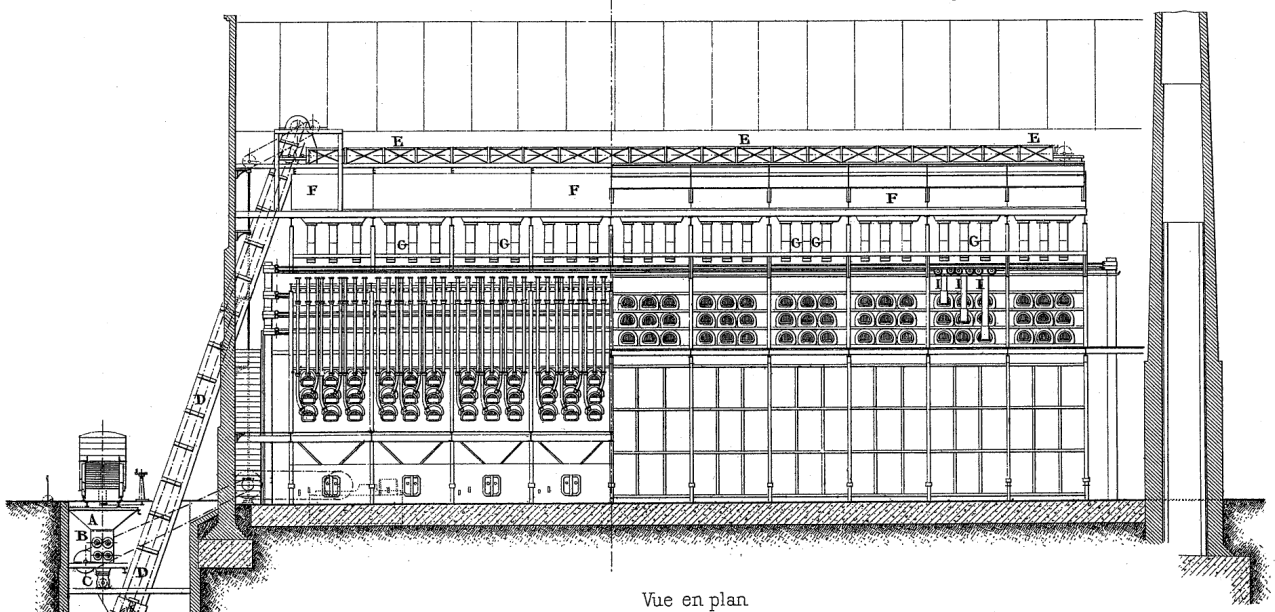
PARIS. — IMPRIMERIE P. MOUILLOT, 13, QUAI VOLTAIRE.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

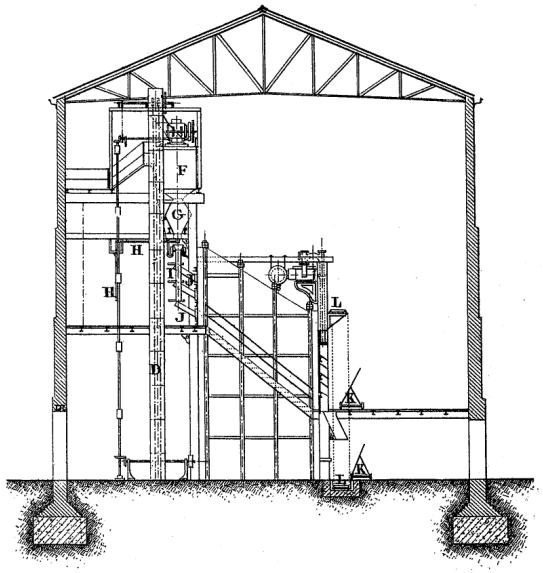
INSTALLATION DE FOURS A CORNUES INCLINÉES TYPE ANGLAIS (Communication de M. C. E. BRACKENBURY)

Côté du déchargement

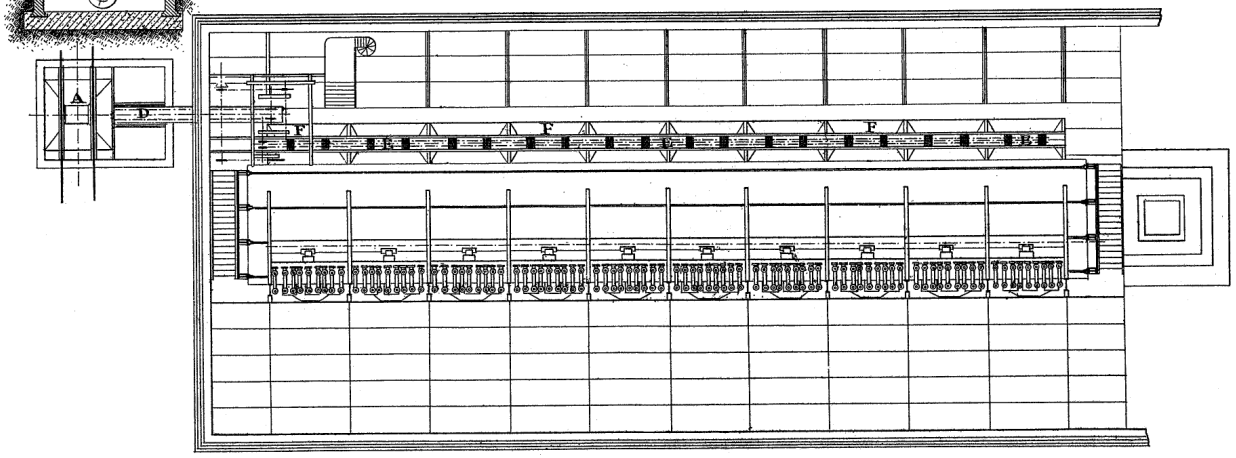
Côté du chargement



Vue en bout



Vue en plan



Légende

A	Trémie en forme d'entonnoir.
B	Broyeur à charbon.
C	Tambour d'alimentation Graham.
D	Elévateur à godets
E	Transporteur à palettes
F	Réservoir à charbon
G	Chambres de mesurage.
H	Manœuvre des chambres de mesurage.
I	Goulottes de chargement.
J	Bec de chargement
K	Bouclier mobile.
L	Entraîneur-extincteur

L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1 à 4.

Plan d'installation d'une batterie de 10 fours à huit cornues chauffée par une batterie de gazogènes au coke séparée des fours, avec récupérateurs, système E. Hovine

Echelle de 0m005 p.m.

Fig. 3.
Coupe longitudinale sur les gazogènes

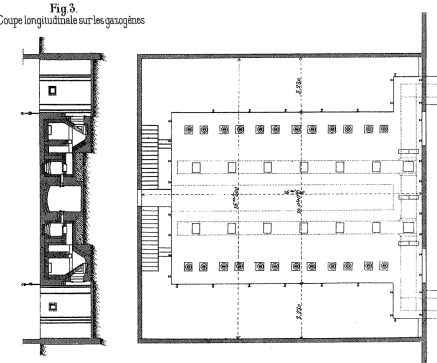


Fig. 1. Plan-coupe par les chapelles des fours

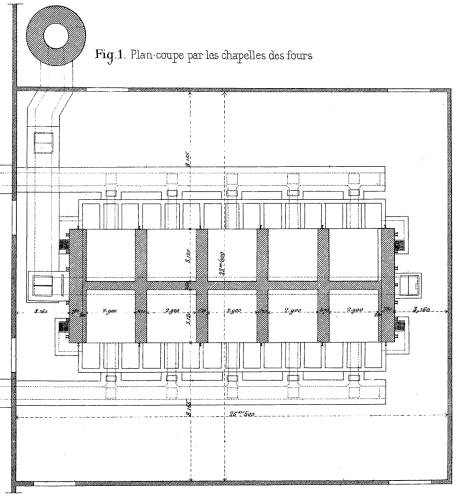


Fig. 4
Coupe longitudinale sur les fours

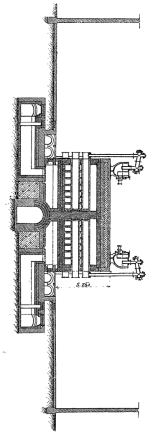


Fig. 2. Vue de face et coupe sur les fosses de service

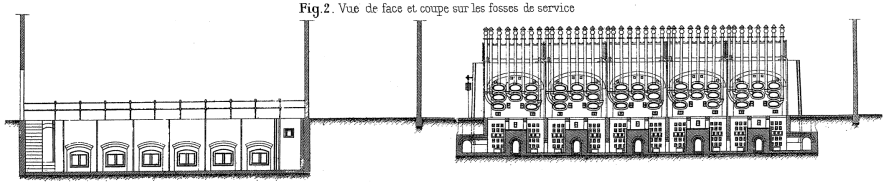
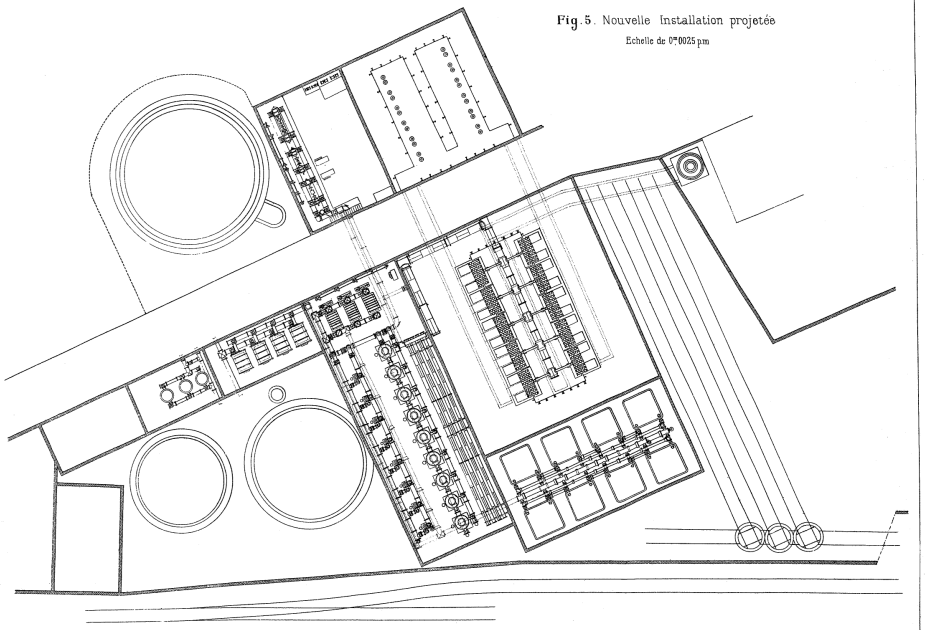


Fig. 5. Nouvelle Installation projetée

Echelle de 0m0025 p.m.



Sim.
L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

RÉACTIONS THERMIQUES DANS LA DISTILLATION DE LA HOUILLE (Communication de la Cie Parisienne d'Éclairage et de Chauffage par le Gaz faite par M. EUCHÊNE)

Fig. 1 et 2. Four ordinaire à 7 cornues

Fig. 1. Coupe longitudinale

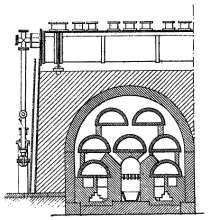


Fig. 2. Coupe transversale

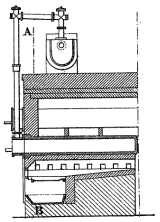
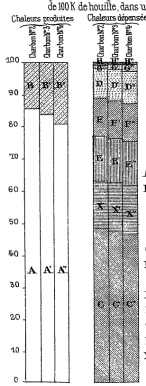


Fig. 3.
Chaleurs produites et dépensées en centièmes dans la distillation de 100 K de houille, dans un four ordinaire



Légende

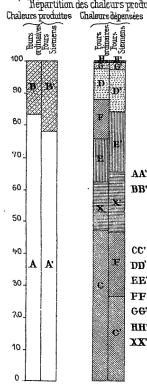
1° Chaleurs produites

AAA' Chaleur du coke
BBB' Chaleur des produits volatils

2° Chaleurs dépensées

CCC' Chaleur emportée par les fumées
DDD' Chaleur emportée par les produits volatils
EEE' Coke
FFF' Pertes par rayonnement
GGG' Formation des carbures
HHH' Mâchefer
XXX' Décomposition de la houille

Fig. 6.
Comparaison du four ordinaire à 7 cornues et du four Siemens à 8 cornues.
Répartition des chaleurs produites et dépensées en centièmes



Légende

1° Chaleurs produites

AA' Chaleur du coke
BB' Chaleur des produits volatils

2° Chaleurs dépensées

CC' Fumées
DD' Produits volatils
EE' Coke
FF' Pertes par rayonnement
GG' Formation des carbures
HH' Mâchefer
XX' Décomposition de la houille

Fig. 4 et 5. Four Siemens à 8 cornues

Fig. 4. Coupe longitudinale par le carneau des gaz combustibles EF

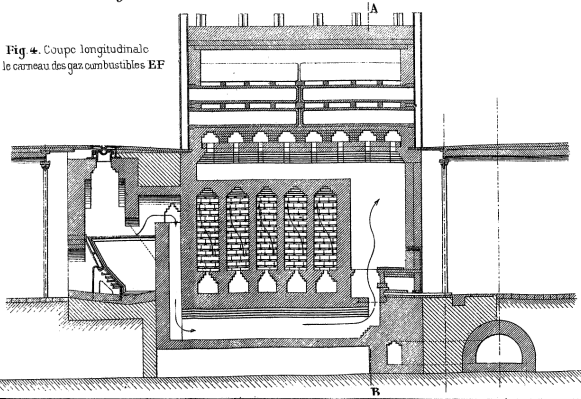


Fig. 5. Coupe transversale AB

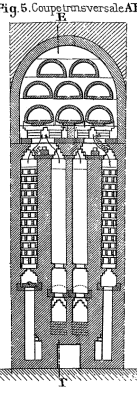


Fig. 13.
Décomposition de l'acide carbonique dans le Gazogène

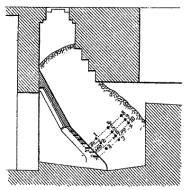


Fig. 14.

Fig. 7 à 10. Distribution des courants gazeux.

Fig. 7. Four Siemens à inversion.

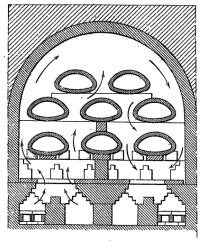


Fig. 8. Four à 9 cornues à circulation continue

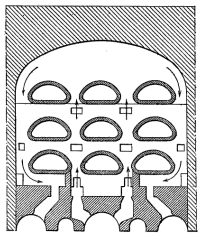


Fig. 11 et 12. Température des fours

Fig. 11. Four Siemens à 8 cornues

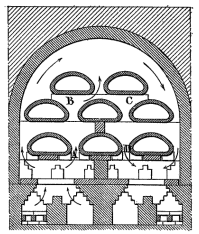


Fig. 9. Four ordinaire

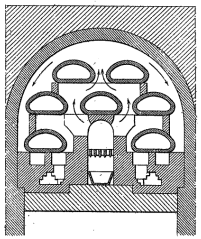


Fig. 10. Four Siemens à circulation continue

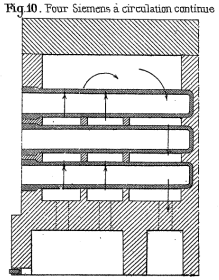


Fig. 12. Four ordinaire

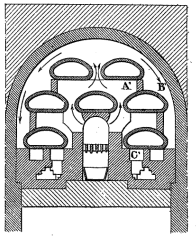


Fig. 14 bis et 15. Progression de la température pendant la distillation.

Fig. 14 bis. 1° A 1m30 de l'entrée de la cornue

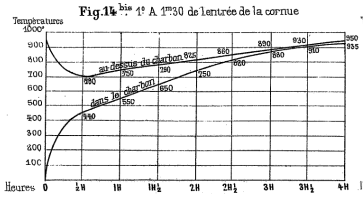


Fig. 15. 2° A 0m45 à l'entrée de la cornue

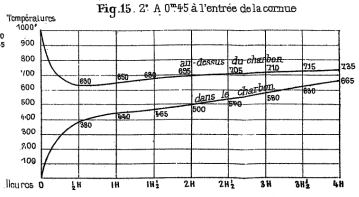


Fig. 16.
Rendement en gaz de 100 Kil de charbon N°2 pendant 4 heures de distillation

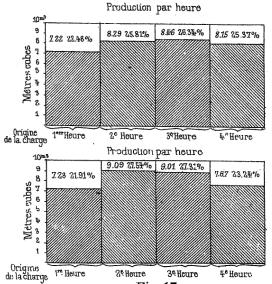
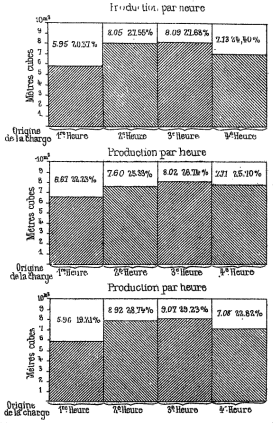


Fig. 17.
Rendement en gaz de 100 Kil de charbon N°4 pendant 4 heures de distillation



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

RÉACTIONS THERMIQUES DANS LA DISTILLATION DE LA HOUILLE (Communication de la Cie Parisienne d'Éclairage et de Chauffage par le Gaz faite par M. EUCHÊNE)

Fig. 1.
Tracé graphique donnant la production horaire de gaz avec 4 fours à 7 cornues chargés en même temps avec du Charbon N° 2.
(les charges ont lieu toutes les 4 heures, 6h Midi, 4h 8h Minuit, 4h, 8h)

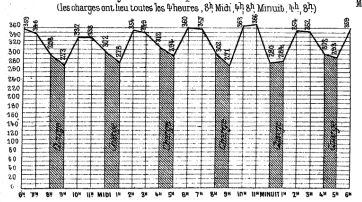


Fig. 2.
Tracé graphique donnant la production de gaz toutes les demi-heures avec 4 fours à 7 cornues chargés en même temps avec du Charbon N° 2
(les charges ont lieu toutes les 4 heures, 6h 10h 2h)

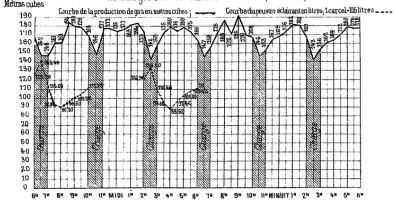


Fig. 3.
Tracé graphique donnant la production horaire de gaz avec 4 fours à 7 cornues chargés en même temps avec du Charbon N° 4.
(les charges ont lieu toutes les 4 heures, 6h Midi, 4h 8h, Minuit, 4h 8h)

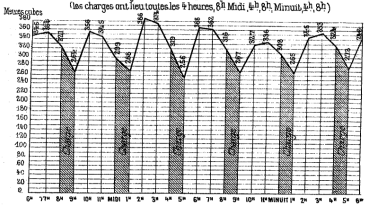


Fig. 4.
Tracé graphique donnant la production de gaz toutes les demi-heures avec 4 fours à 7 cornues chargés en même temps avec du Charbon N° 2
(les charges ont lieu toutes les 4 heures, 6h 10h 2h)

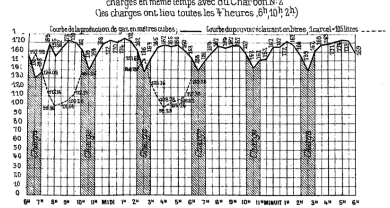


Fig. 5.
Tracé graphique donnant la production horaire de gaz avec 4 fours à 7 cornues chargés en même temps avec du Charbon N° 2.
(les charges ont lieu toutes les 4 heures 6h Midi, 4h 8h Minuit, 4h 8h)

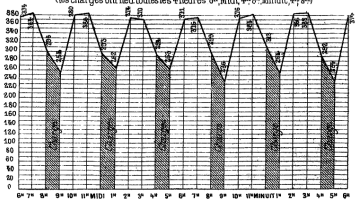


Fig. 6.
Répartition des matières volatiles pendant la distillation

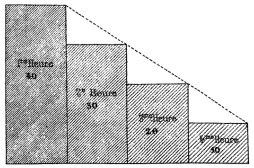


Fig. 7
Cornue

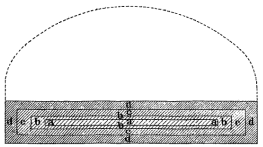


Fig. 8
Répartition en centièmes des quantités de chaleur produites et dépensées dans l'intérieur de la cornue suivant la marche de la distillation

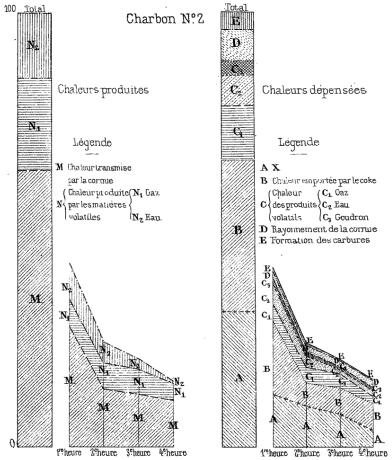


Fig. 9.
Répartition en centièmes des quantités de chaleur produites et dépensées dans l'intérieur de la cornue suivant la marche de la distillation

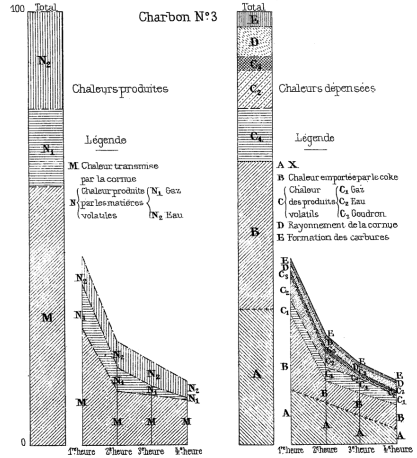


Fig. 10
Répartition en centièmes des quantités de chaleur produites et dépensées dans l'intérieur de la cornue suivant la marche de la distillation

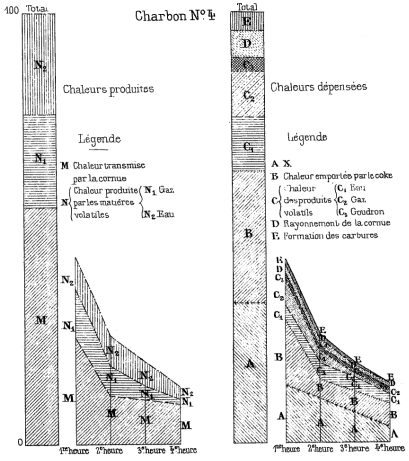


Fig. 11. Pyromètre Le Chatelier

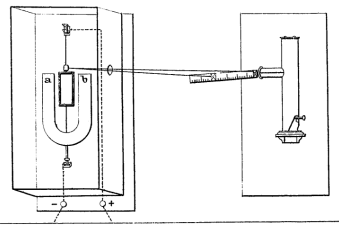
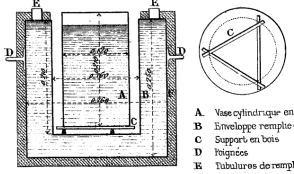


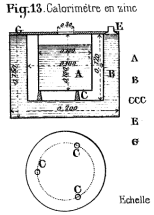
Fig. 12 et 13. Calorimètres

Fig. 12 Calorimètre en cuivre



A. Vase cylindrique en cuivre mince
B Enveloppe remplie d'eau
C Support en bois
D Poignées
E Tubulures de remplissage
F Garniture en feutre de 15mm d'épaisseur

Fig. 13. Calorimètre en zinc



A Vase en zinc
B Enveloppe pleine d'eau
CCC Supports en liège
E Tubulure de remplissage
G Couvercle en carton

Échelle des Fig. 12 et 13 : 0m.15 p.m.

L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'INDUSTRIE DU GAZ EN 1900

RÉACTIONS THERMIQUES DANS LA DISTILLATION DE LA HOUILLE

(Communication de la Cie Parisienne d'Éclairage et de Chauffage par le Gaz faite par M. EUCHÊNE)

Pl. V.

Fig. 1. Chaleurs d'échauffement du fer à différentes températures

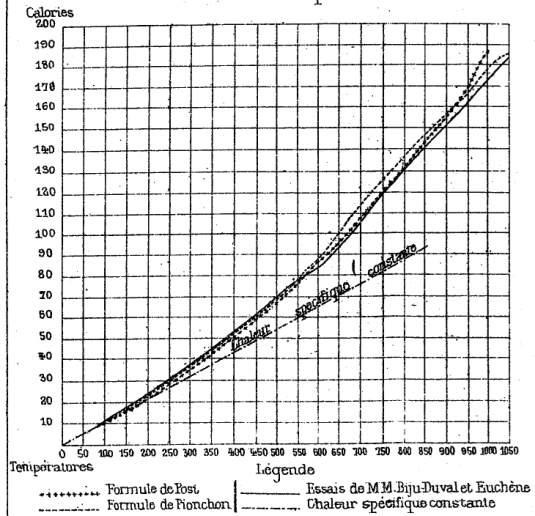


Fig. 2. Chaleurs d'échauffement du nickel à différentes températures

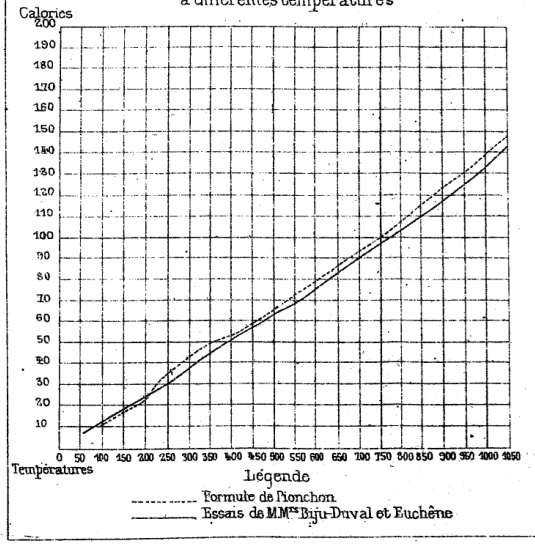
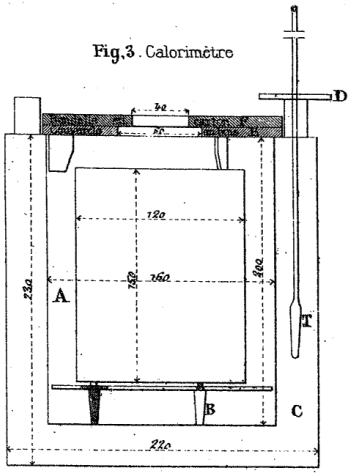


Fig. 3. Calorimètre



Légende de la Fig. 4.

A — Calorimètre entôle de Nickel de 1/10 millimètre d'épaisseur

B — Petit trépied en bois

C — Bâche en zinc remplie d'eau

D — Rondelle de caoutchouc, servant de support pour le thermomètre.

T — Thermomètre gradué en cinquièmes de dégré

Fig. 4. Creuset

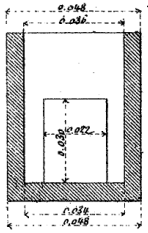


Fig. 5. Tenailles

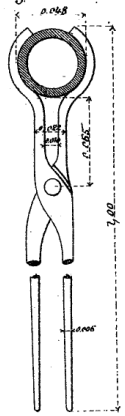


Fig. 6. Brique support

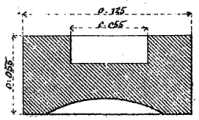


Fig. 7. Chaleurs d'échauffement du graphite à différentes températures

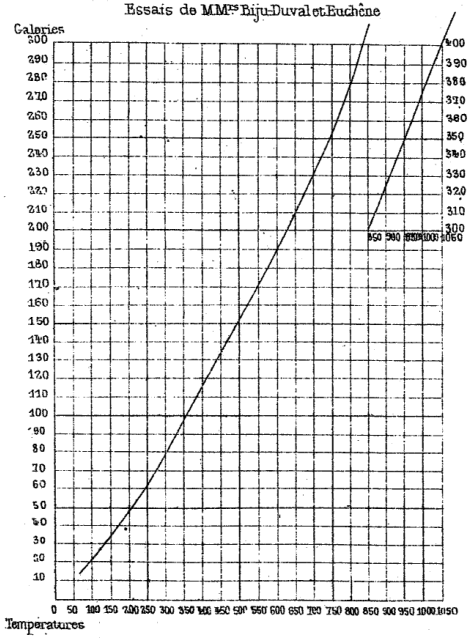


Fig. 8 et 9. Calorimètre pour paroi horizontale.

Fig. 8. Élévation. Coupe CD

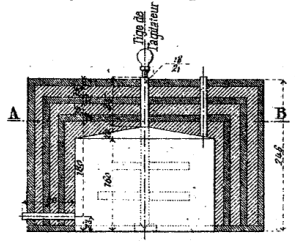
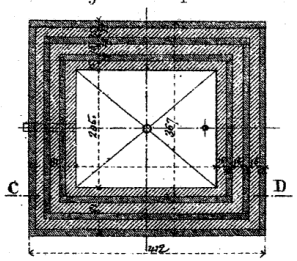


Fig. 9. Plan. Coupe AB



Échelle des Fig. 8 à 11 : 0m.10 p.m.

Fig. 10 et 11. Calorimètre pour paroi verticale

Fig. 10. Élévation. Coupe CD

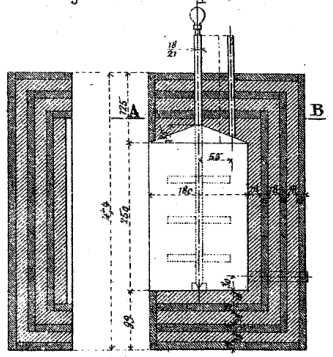
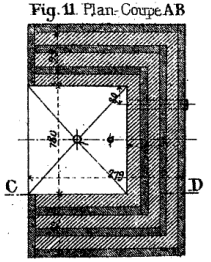


Fig. 11. Plan. Coupe AB



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1.

Coupe en long
Sectional Elevation

Emmagasinage du charbon, Système Marshall
Coal Stores, fitted with West Marshall Patent
Elévation

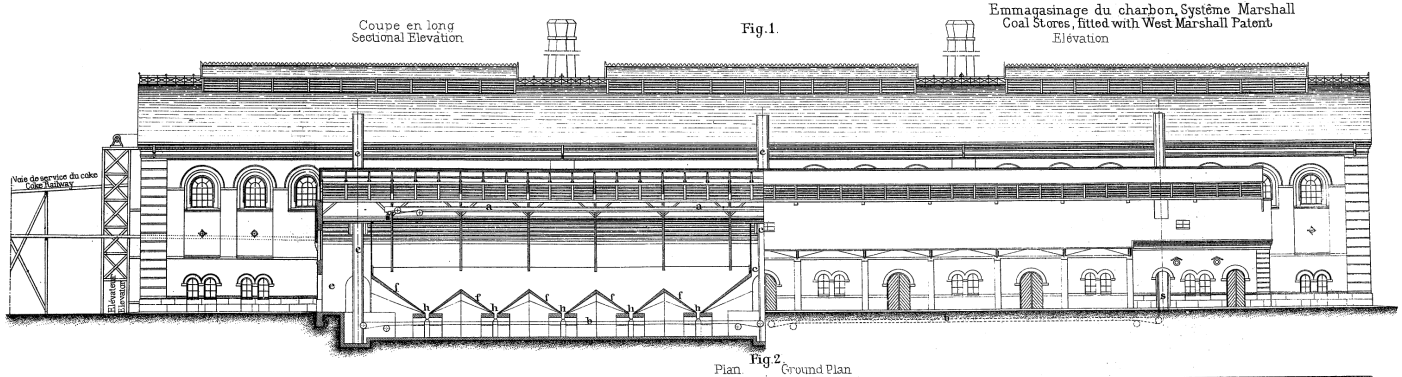


Fig. 2.

Plan — Ground Plan

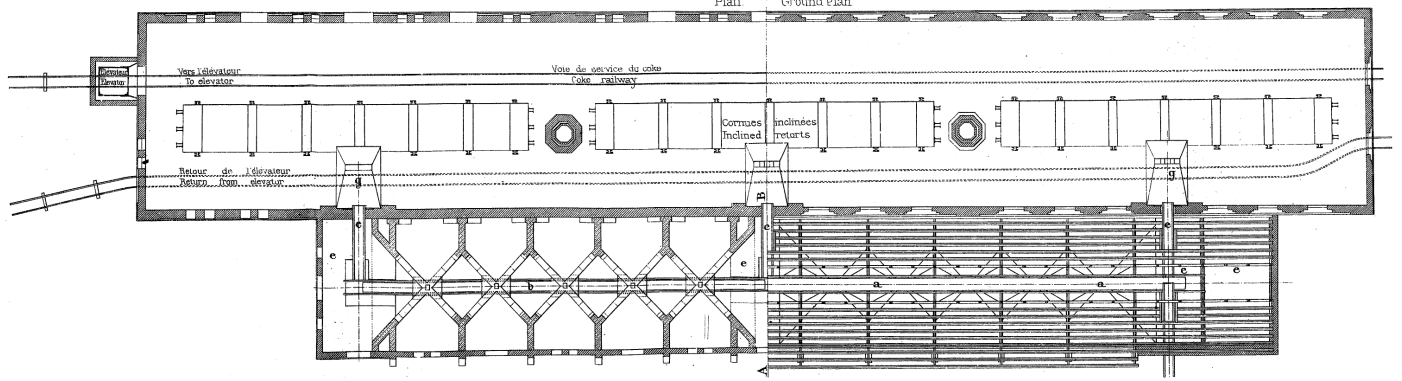


Fig. 3.
Section AB

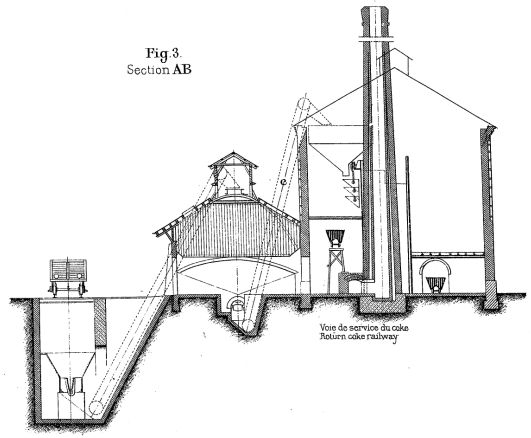
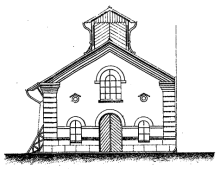


Fig. 4.



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1.
Vue en bout du bâtiment des Réservoirs ou poches à charbon.
End View of Pocket buildings

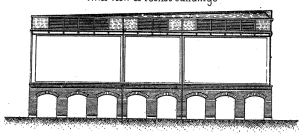
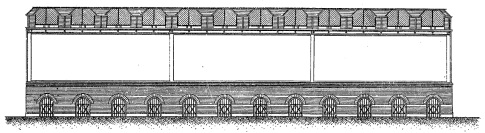


Fig. 2
Elévation du bâtiment des Réservoirs de charbon.
Front Elevation



Il y a 3 bâtiments semblables
3 buildings similar to this.

Fig. 3.
Disposition Générale
General Arrangement

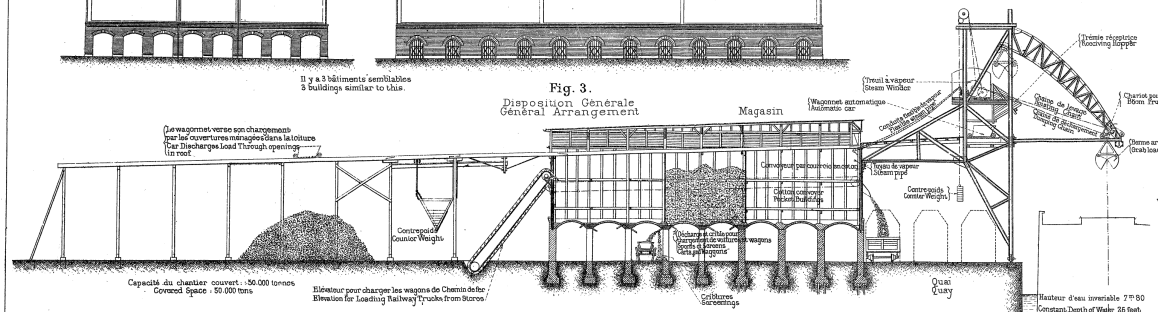


Fig. 1 à 7
Installation mécanique pour le déchargement des charbons au Port franc de Copenhague
Coal discharging Machinery Copenhagen free Harbour

Fig. 4.
Plan
Ground Plan

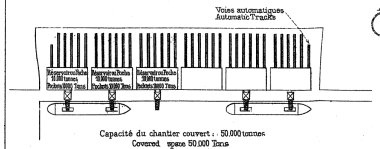


Fig. 5.
Diagramme montrant la disposition du câble
Diagram shewing cable arrangement

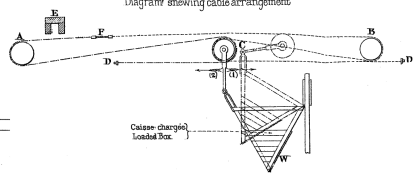


Fig. 6.
Wagonnet automatique 7 tonnes
Automatic car 7 Tons

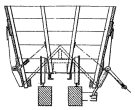


Fig. 7.

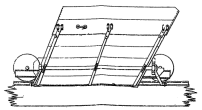


Fig. 8.
Coupe en travers
Cross Section

Fig. 9.
Section CD

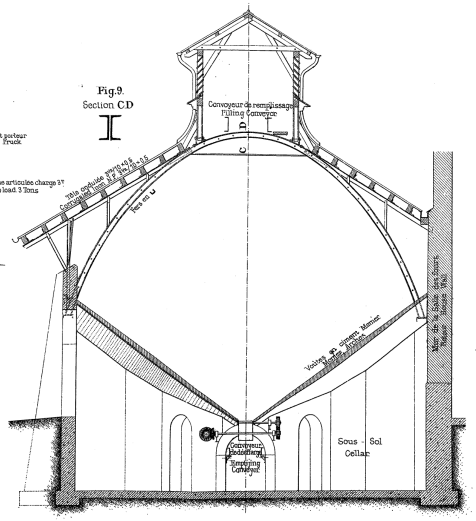


Fig. 8 à 11
Emmagasinage automatique du charbon.
Automatic coal store (System Marshall)

Fig. 10.
Plan des réservoirs ou poches à charbon, la toiture et les voûtes en ciment Monier enlevées
Plan of coal pockets, with roof and Monier arches removed

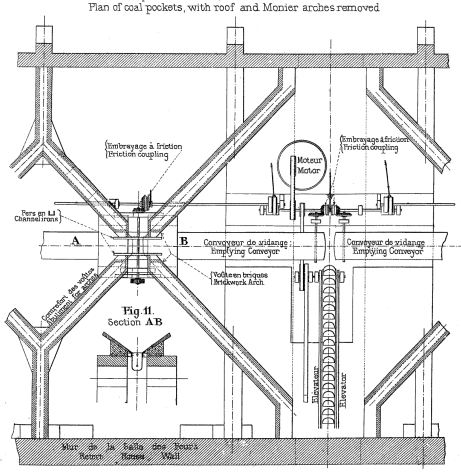


Fig. 11.
Section AB

L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1.

TOMBEREAU A HAYON AUTOMATIQUE

Échelle de 0m02 p. m.

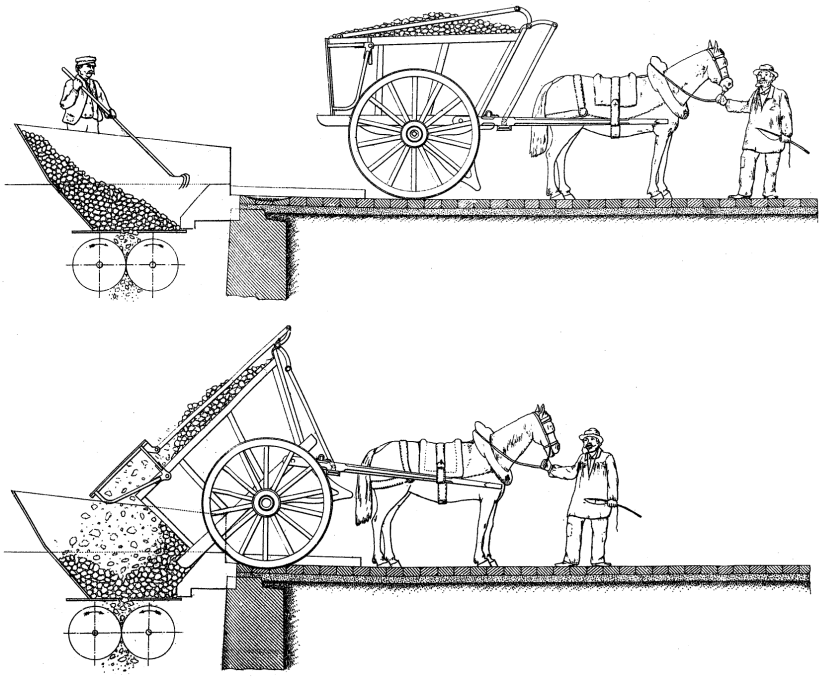
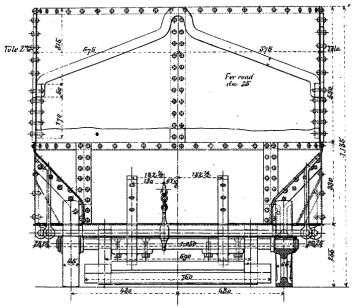


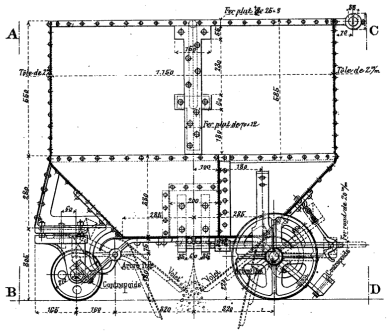
Fig. 2.

BENNE POUR LE TRANSPORT ET LE CHARGEMENT DU COKE EN WAGONS

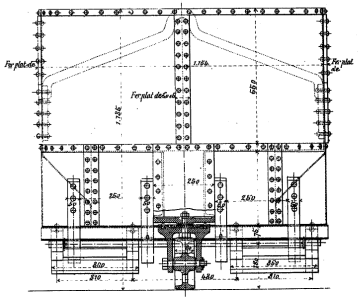
Vue de côté **CD**



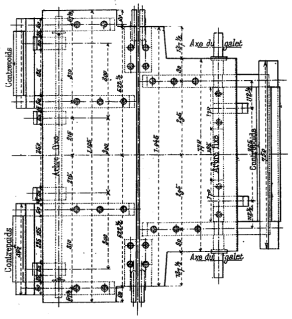
Élévation



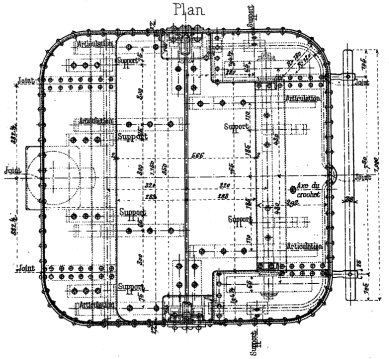
Vue de côté **AB**



Plan des Volets de la Benne



Plan



Légende

Volume de la Benne	10 hectolitres
Poids de la Benne vide	340 kil.
Poids de la Benne chargée	740 kil.

Échelle de 0m066 p. m.

L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1.

CONVOYEUR-PORTEUR-SÉCHEUR

Elévateur pour le chargement en wagon du coke séché

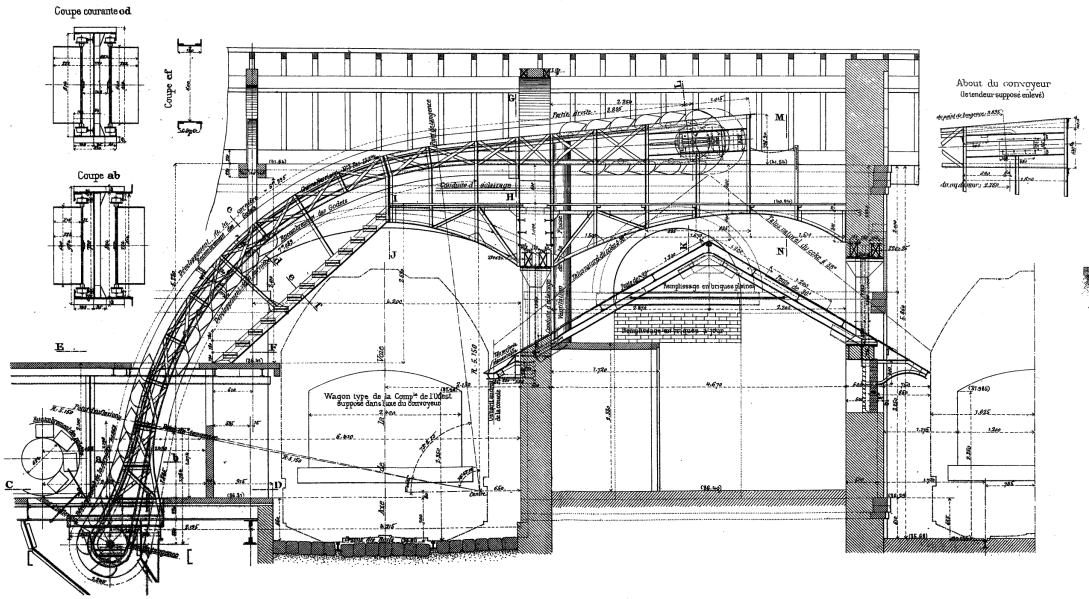
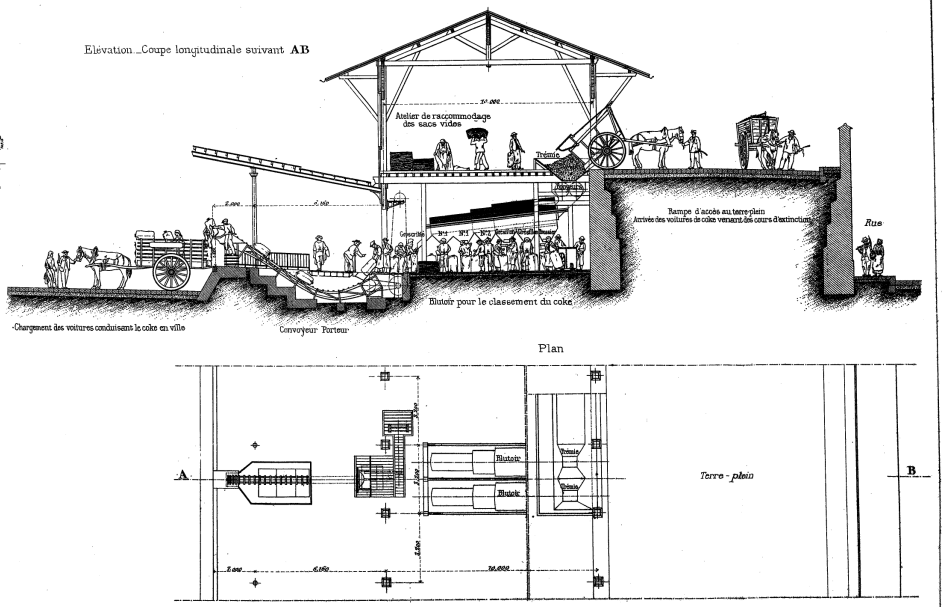


Fig. 2.

APPAREIL TRANSPORTEUR POUR LE CHARGEMENT DES VOITURES



L. Gauthier, 45, rue de Dunkerque, Paris.

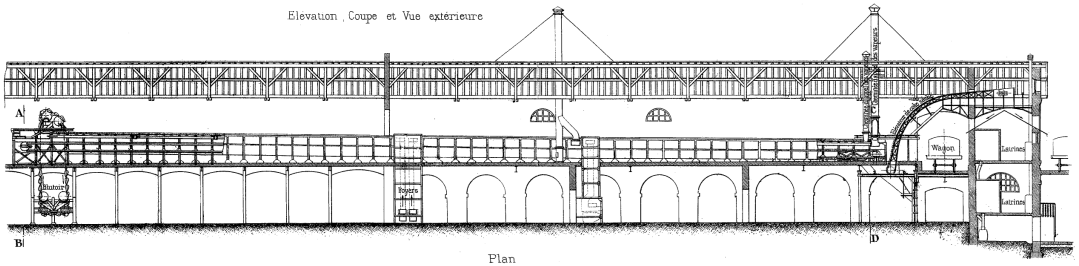
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MANUTENTION MÉCANIQUE DU COKE DANS LES USINES DE LA Cie PARISIENNE DU GAZ (Communication de la Cie Parisienne d'Éclairage et de Chauffage par le Gaz faite par M. LOUVEL)

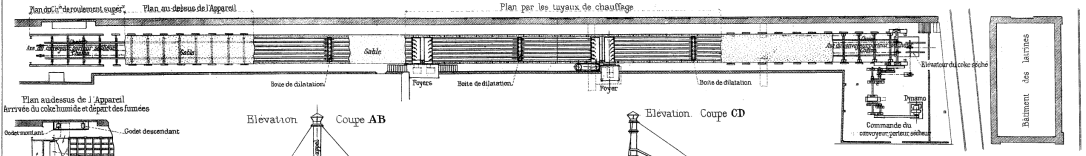
Fig. 1.

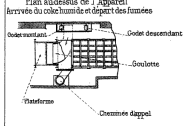
CONVOYEUR-SÉCHEUR-PORTEUR DE COKE

Elevation, Coupe et Vue extérieure

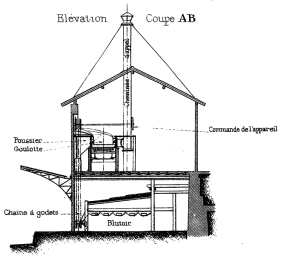


Plan





Elevation Coupe **AB**



Elevation. Coupe **CD**

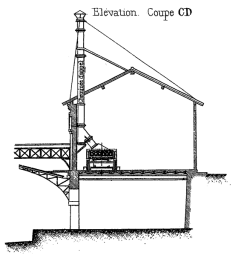


Fig. 2.

DRAGUE POUR LA REPRISE DU COKE AU TAS (DERNIER TYPE)

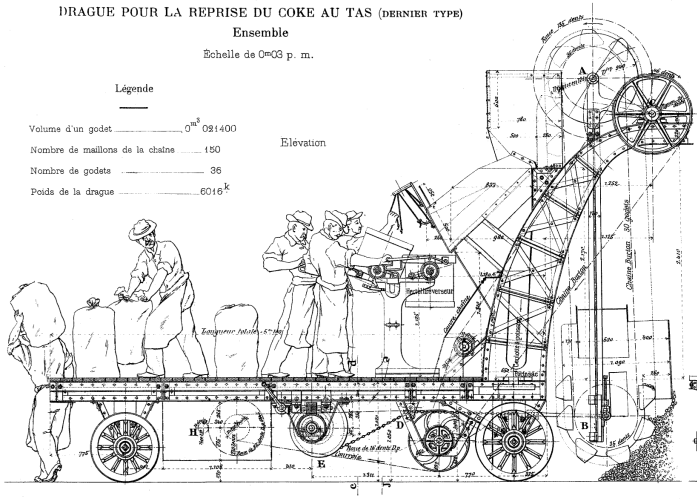
Ensemble

Échelle de 0m03 p. m.

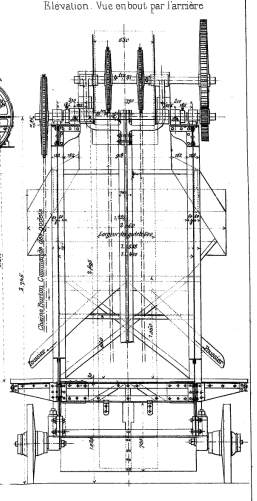
Légende

Volume d'un godet 0m3 021400
Nombre de maillons de la chaine 150
Nombre de godets 36
Poids de la drague 6016k

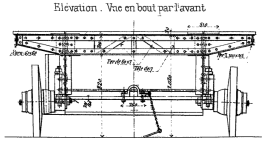
Elévation



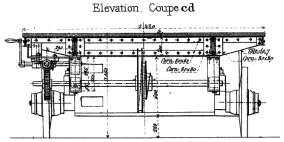
Elévation. Vue en bout par l'arrière



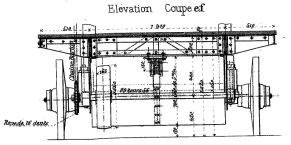
Elevation. Vue en bout par l'avant



Elevation. Coupe **cd**



Elevation Coupe **ef**

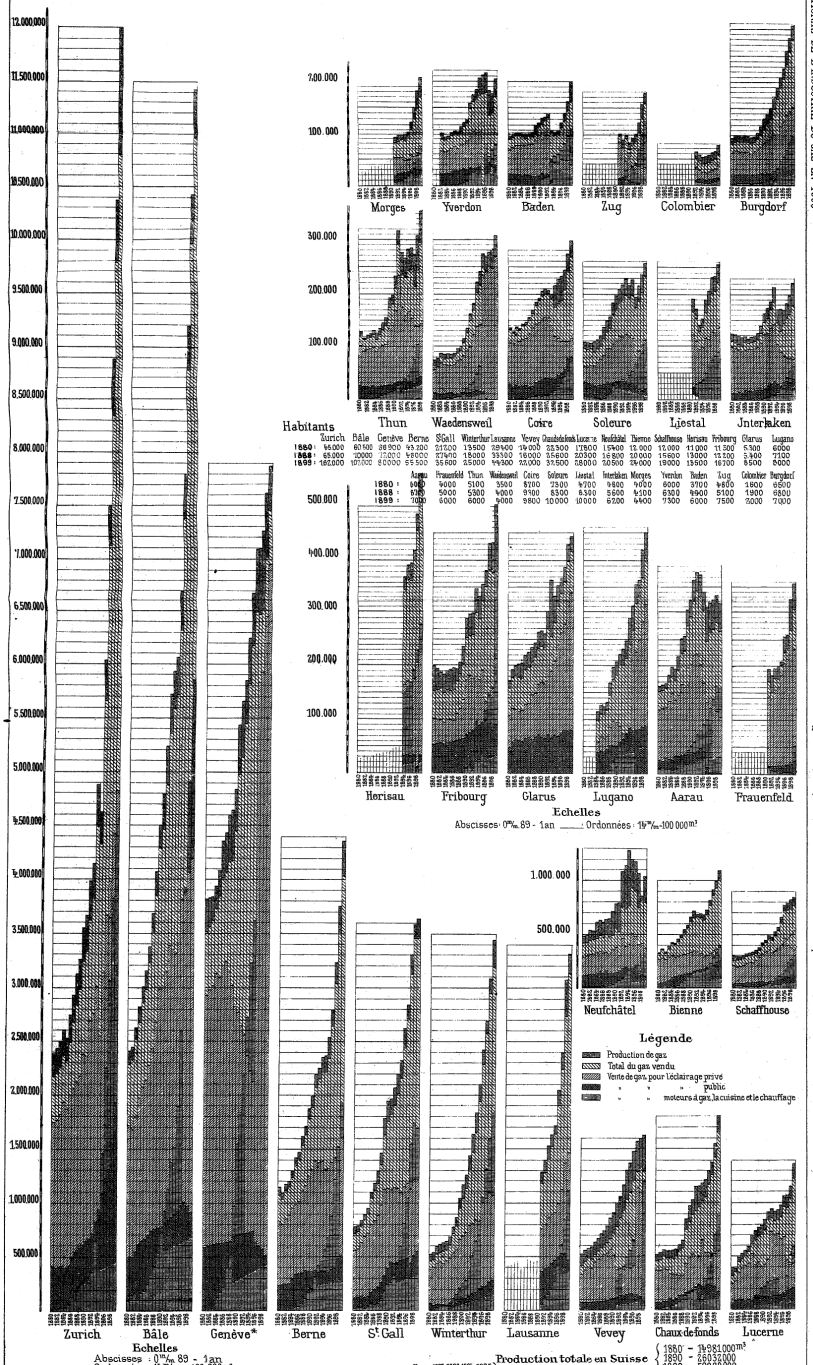


L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

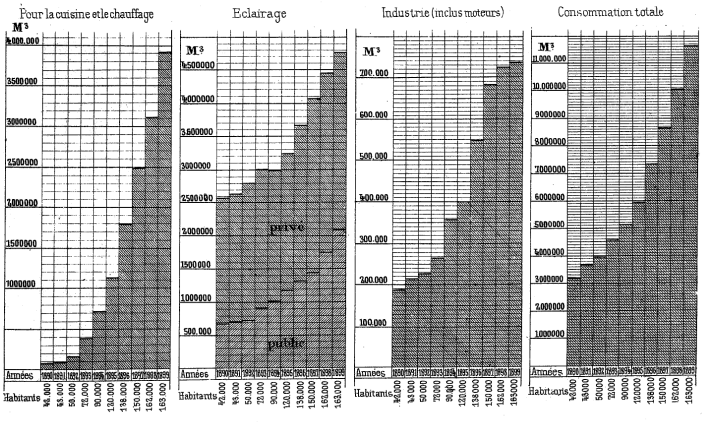
DÉVELOPPEMENT DES PRINCIPALES USINES A GAZ DE LA SUISSE

pendant les années 1880–1899



USINE A GAZ DE LA VILLE DE ZURICH

Graphique de la consommation de gaz



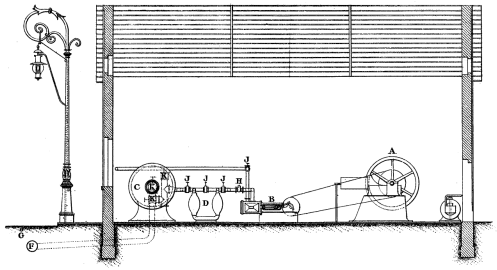
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

STATION CENTRALE, A L'USINE A GAZ POUR 200 LAMPES
de 1000 bougies l'une

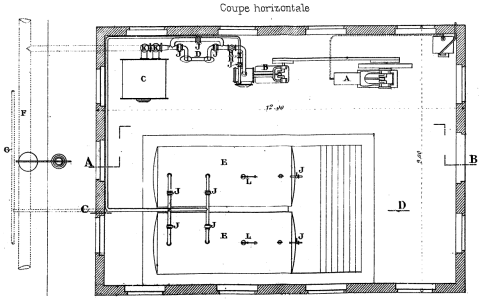
(Surface 10,5 × 15 m. = 157,5 m²)

Fig. 1.

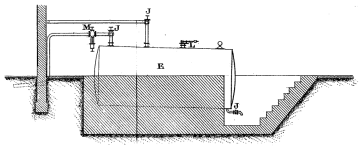
Coupe AB



Coupe horizontale



Coupe CD



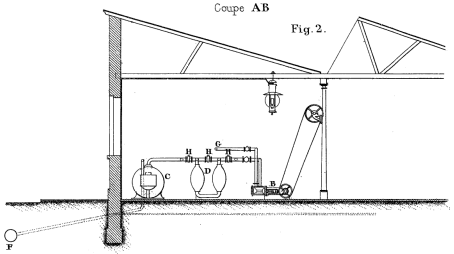
Légende

A Moteur à gaz de 90 Cv. avec compteur pour mesurer le gaz nécessaire à la force motrice.
B Compresseur à gaz pour 840 m³, au maximum, d'aspiration par heure et compression à 3,5 atm. de surpression dans le réservoir de gaz comprimé.
C Compteur de station pour 933 m³ de débit par heure.
D Poches en caoutchouc, soupapes, conduite de dérivation et soupape de retenue entre le compteur de station et le compresseur.
E Réservoir à gaz comprimé, contenance totale mc 60
F Conduite principale existante de 400 mm.
G Conduite du gaz comprimé en fer forgé de 76 mm Perte de charge dans la conduite principale avec cette dimension : 0,45 kg par 1 cm², sur 3000 m (moitié de la conduite circulaire posée autour de la ville).
Par suite : Pression au départ 1,45 kg par 1 cm²
» » » à l'extrémité 1,00 » »
H Soupapes de retenue.
J Robinets.
K Soupapes.
L Soupapes de sûreté.
M Détendeurs.

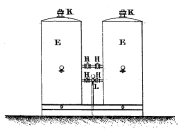
STATION D'USINE OU DE FABRIQUE POUR 30 LAMPES
de 1000 bougies l'une

Fig. 2.

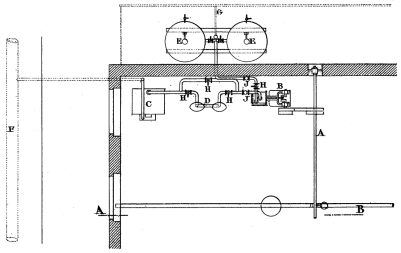
Coupe AB



Élévation des réservoirs de gaz comprimé



Coupe horizontale



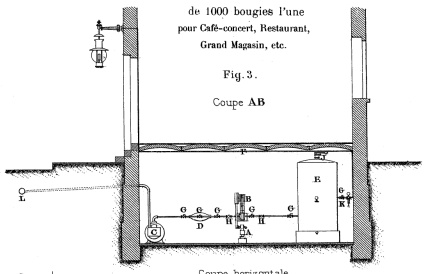
Légende

A Transmission existante.
B Compresseur à gaz pour 50,4 m³, au maximum, d'aspiration par heure, et compression à 3,5 atm. de surpression dans le réservoir de gaz comprimé.
C Compteur à gaz pour 900 becs.
D Poches en caoutchouc, soupapes, conduite de dérivation et soupape de retenue entre le compteur et le compresseur.
E Réservoir à gaz comprimé, contenance totale 9,36 m³.
F Conduite générale existante de 300 mm.
G Conduite de gaz comprimé en fer forgé, de 27 mm. Perte de charge avec cette dimension : 0,93 kg par 1 cm², sur 600 m de longueur.
Par suite : Pression au départ 1,93 kg par 1 cm²
» » » à l'extrémité 1.00 » »
H Robinets.
J Soupapes de retenue.
K Soupapes de sûreté.
L Détendeurs.

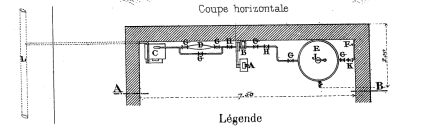
PETITE STATION DE 10 LAMPES
de 1000 bougies l'une
pour Café-concert, Restaurant, Grand Magasin, etc.

Fig. 3.

Coupe AB



Coupe horizontale



Légende

A Moteur électrique de 1 Cv : Dépense de force effective avec compresseur refroidi 0,67 Cv.
B Compresseur à gaz pour 10,64 m³, au maximum, d'aspiration par heure et compression à 3,5 atm. de surpression dans le réservoir de gaz comprimé
C Compteur à gaz pour 80 becs.
D Poches en caoutchouc, soupapes, conduite de déviation et soupape de retenue entre le compteur et le compresseur.
E Réservoir à gaz comprimé, contenance 3,36 m³
F Conduite du gaz comprimé, en fer forgé, de 20 mm. Perte de charge avec cette dimension : 0,095 kg par 1 cm², sur 100 m de longueur.
Par suite : Pression au départ 1,125 kg par 1 cm²
» » » à l'extrémité 1,100 » »
G Robinets.
H Soupapes de retenue.
J Soupapes de sûreté
K Soupapes de réduction
L Conduite générale existante de 300 mm.

Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

COMPARAISON ENTRE LES ÉCLAIRAGES USUELS (Communication de M. Ad. BOUVIER)

Graphique de comparaison des éclairages usuels (au point de vue de la consommation) à éclairage égal

Unités commerciales : Mètre cube, Kilowattheure, Kilogramme

Tableau N°1

	Brûleur ou groupe de brûleurs pris en moyenne	Nombre d'unités nécessaires pour produire 1 carcel-heure	
I	Gaz. Bec papillon, Essais M. Bouvier 1888	m c	0,125
II	Gaz. Bec rond, Essais M. Bouvier 1886	m c	0,090
III	Gaz. Chemlétemoyenne ayant 10% de bec Auer	m c	0,075
IV	Gaz. Chemlétemoyenne ayant 50% de bec Auer	m c	0,050
VIII	Electricité incandescence 3,5 W par bougie	KWH	0,0325
VII	Pétrole éclairage de M. Bouvier et divers	Kg	0,033
V	Gaz. Bec Auer Lyon 1899	m c	0,018
IX	Electricité, Arc	KWH	0,010
VI	Gaz forcé avec bec Auer incandescence	m c	0,010
X	Acétylène	m c	0,0015

Nombres proportionnels
(se lisent sur les lignes horizontales)

Graphique de comparaison des éclairages usuels (au point de vue de la dépense) à Lyon

Tableau N° 2

	Brûleur ou groupe de brûleurs pris en moyenne	Prix des éclairages usuels en centimes par carcel-heure à Lyon.	
VIII	Electricité incandescence	ct	2,8125
I	Gaz. Bec papillon	»	2,5
II	Gaz. Bec rond	»	1,8
III X	Gaz. Chemlétemoyenne Acétylène	»	1,5
VII	Lampe à pétrole	»	1,33
IV	Gaz { Chemlété à 50% becs Auer	»	1,0
IX	Electricité, Arc	»	0,75
V	Gaz. Bec Auer	»	0,36
VI	Gaz forcé avec bec Auer	»	0,20

Nombres proportionnels
(se lisent sur les lignes horizontales)

Fig. 4.
Sous-détail du Tableau N° 1, plage OABC

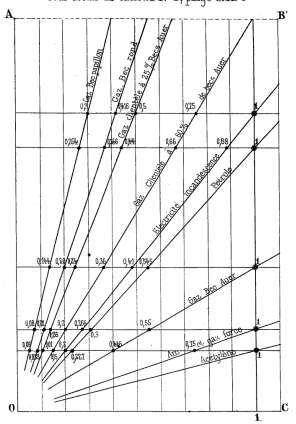


Fig. 5.
Sous-détail du Tableau N° 2, plage OEFG

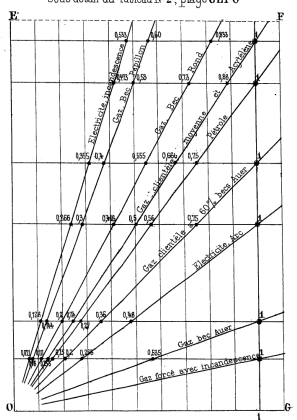


Fig. 3.

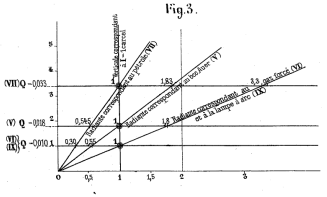
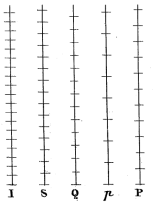


Fig. 6.



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1.

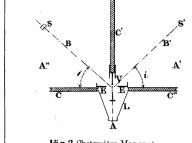


Fig. 2. Photomètre Mascart.

Fig. 3.

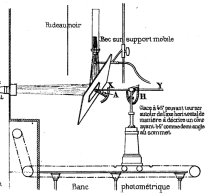


Fig. 4.

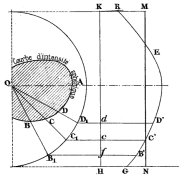


Fig. 7

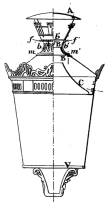


Fig. 5. Becs réglés à la pression de 200 m/m.

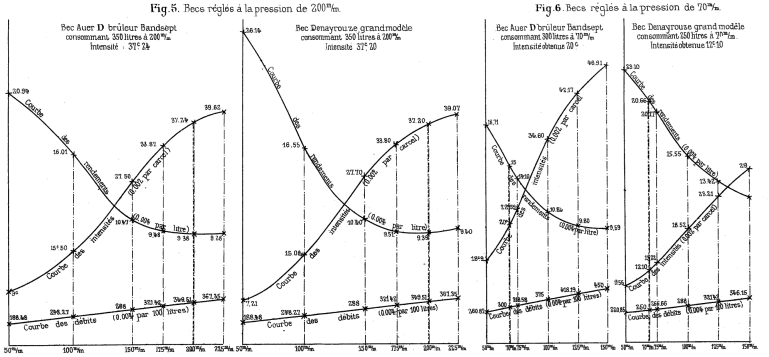


Fig. 6. Becs réglés à la pression de 70 m/m.

Eclairage intensif par le gaz, des parcs du Champs-de-Mars et du Trocadéro,

Fig. 8. Courbes d'intensité lumineuse des becs à incandescence, en lanternes, alimentés avec du gaz à la pression de 80 millimètres d'eau et types des candélabres employés

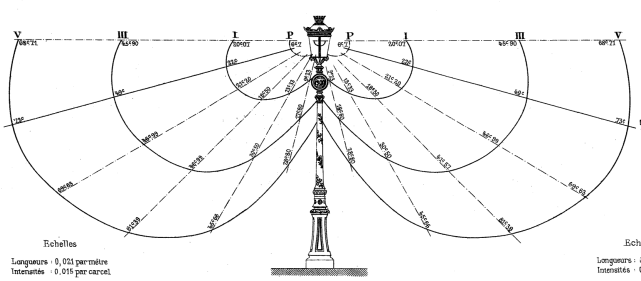
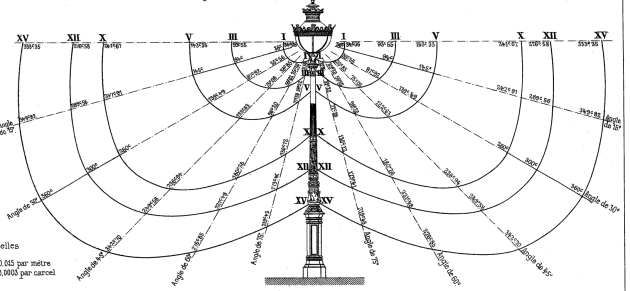


Fig. 9. Courbes d'intensité lumineuse des becs à incandescence, en lanternes, alimentés avec du gaz à la pression de 200 millimètres d'eau et types des candélabres employés



Bouquet à 3 branches

Candélabre ordinaire

Bouquet à 5 branches

I. — Lanternes de la Ville de Paris à 1 brûleur, consommant $0\,m^3\,300$ à l'heure. — Intensité hémisphérique inférieure : 18 carcels, 51. — Intensité maxima (sous l'angle de 15°): 23 carcels ou 230 bougies décimales — Débit par carcel : 13 litres 7.

III. — Lanternes de la Ville de Paris à 3 brûleurs, consommant $0\,m^3\,750$ à l'heure. — Intensité hémisphérique inférieure : 41 carcels, 55 — Intensité maxima (sous l'angle de 15°): 49 carcels ou 490 bougies décimales. — Débit par carcel : 15 litres 3.

V. — Lanternes de la Ville de Paris à 5 brûleurs, consommant $1\,m^3\,250$ à l'heure. — Intensité hémisphérique inférieure : 60 carcels, 43. — Intensité maxima (sous l'angle de 15°): 73 carcels ou 730 bougies décimales. — Débit par carcel : 17 litres 1.

O. — Lanterne de la Ville de Paris à 1 bec-papillon, consommant $0\,m^3\,140$ à l'heure. — Intensité horizontale 1 carcel 1/10. — Débit par carcel : 127 litres.

P. — Lanterne de la Ville de Paris à 1 bec à incandescence Auer N° 8, consommant $0\,m^3\,120$ à l'heure. — Intensité horizontale : 6 carcels 7/10. — Débit par carcel : 18 litres.

I. — Lanternes de la Ville de Paris à 1 brûleur consommant $0\,m^3\,350$ à l'heure. — Intensité hémisphérique inférieure : 28 carcels, 99. — Intensité maxima (sous l'angle de 15°): 36 carcels ou 360 bougies décimales — Débit par carcel : 9 litres 7.

III. — Lanternes de la Ville de Paris à 3 brûleurs consommant $1\,m^3\,050$ à l'heure. — Intensité hémisphérique inférieure : 78 carcels, 94. — Intensité maxima (sous l'angle de 15°): 94 carcels ou 940 bougies décimales. — Débit par carcel : 11 litres, 3.

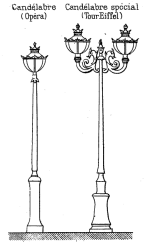
V. — Lanternes de la Ville de Paris à 5 brûleurs consommant $1\,m^3\,750$ à l'heure. — Intensité hémisphérique inférieure : 125 carcels, 09. — Intensité maxima (sous l'angle de 15°): 145 carcels ou 1450 bougies décimales. — Débit par carcel : 12 litres.

X. — Lanternes Opéra à 10 brûleurs consommant $3\,m^3\,500$ à l'heure. — Intensité hémisphérique inférieure : 298 carcels, 37. — Intensité maxima (sous l'angle de 30°): 950 carcels ou 9500 bougies décimales. — Débit par carcel : 13 litres, 5.

XII. — Lanternes Opéra à 12 brûleurs consommant $4\,m^3\,900$ à l'heure. — Intensité hémisphérique inférieure : 959 carcels, 89. — Intensité maxima (sous l'angle de 30°): 300 carcels ou 3000 bougies décimales — Débit par carcel : 14 litres.

XV. — Lanternes Opéra à 15 brûleurs consommant $5\,m^3\,950$ à l'heure. — Intensité hémisphérique inférieure : 293 carcels, 95. — Intensité maxima (sous l'angle de 30°): 980 carcels ou 9800 bougies décimales. — Débit par carcel : 14 litres, 6.

Candélabre (Opéra) Candélabre spécial (Tour Eiffel)



Ad. Lemercier, Paris — L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1. Plan d'ensemble du laboratoire des appareils à gaz du Landy

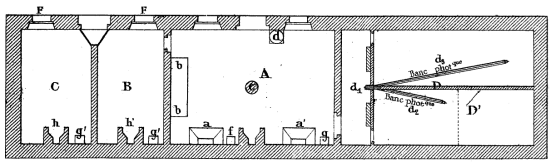


Fig. 2. Appareil de Mohr

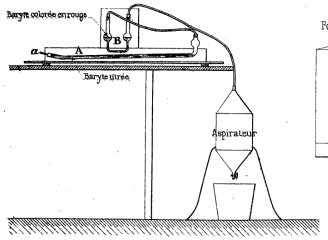


Fig. 3. Appareil Nicloux

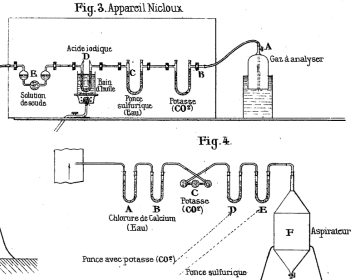


Fig. 4.

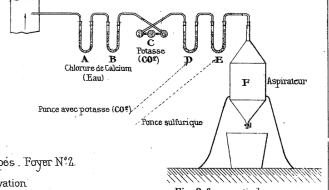


Fig. 5.

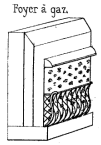


Fig. 5 à 10. Foyers rayonnants pans coupés. Foyer N°2.

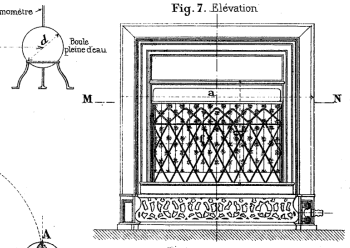


Fig. 7. Élévation

Fig. 8. Coupe verticale

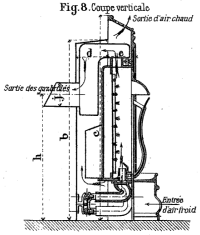


Fig. 5 bis

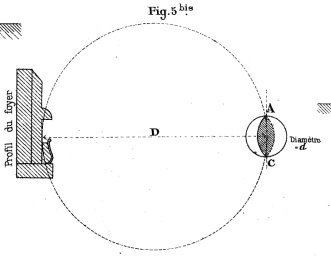


Fig. 6.

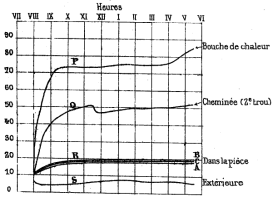


Fig. 9. Plan Coupe MN

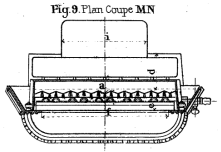


Fig. 10.

N°s des foyers	a Longueur extérieure	b Hauteur extérieure	c Hauteur intérieure	d Profondeur du bec renversé	e Profondeur du bec droit	f Largeur des barres	g Hauteur des barres	h Hauteur de la table	i j Dimensions de la table
1	465	490	555	85	85	265	205	330	180×120
2	570	595	605	95	80	370	280	370	250×120

ROTISSOIRE-GRILLADE AU GAZ EN SERVICE AUX GRANDS MAGASINS DU BON MARCHÉ

pouvant cuire à la fois 650 côtelettes et fournissant les grillades et rôtis à un service de 5.300 personnes

Fig. 11. Élévation et Coupe

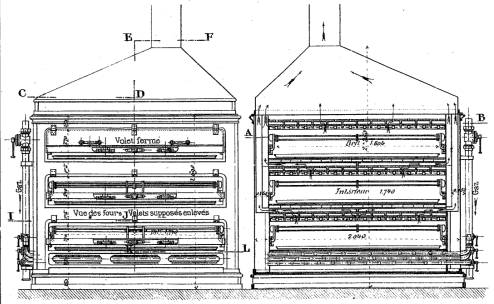


Fig. 13. Vue de côté. Coupe par GH

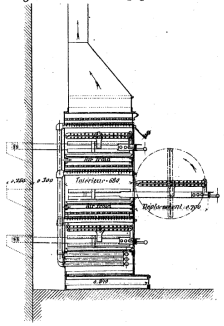


Fig. 14. Vue de côté

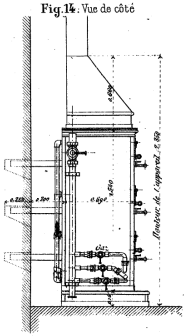


Fig. 12. Plan.

Coupe par CDEF

Coupe par AB

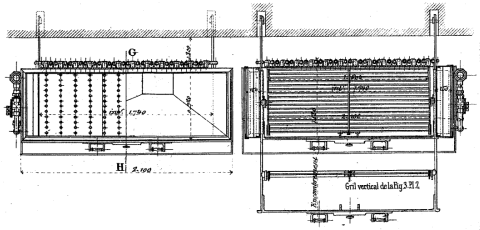


Fig. 15. Plan

Coupe par IJKL

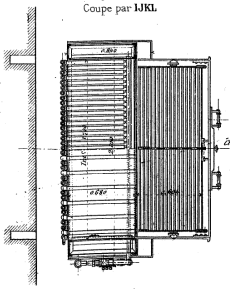
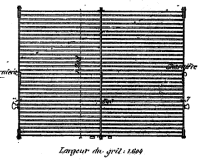


Fig. 16. Plan.

Gril ouvert



Échelle de 0.03 pour mètre

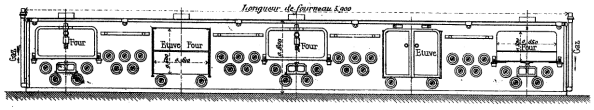
L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Grand Fourneau avec fours, étuves et brûleurs

Fig. 1 et 1bis Élévations

Vue extérieure



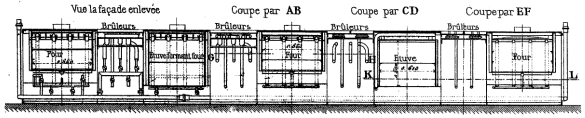
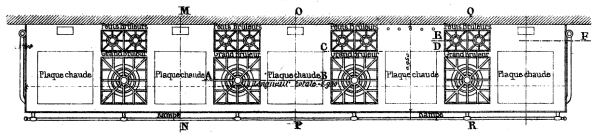
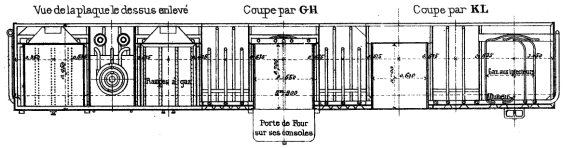


Fig. 2 et 3. Plans

Vue extérieure





Vues de côté

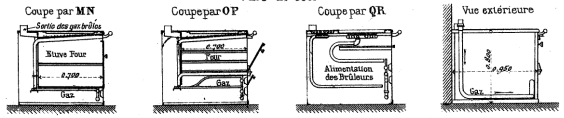


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

INSTALLATION DE CUISINE AU GAZ

Marmite basculante

Fig 8. Vue de côté

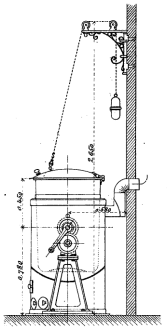


Fig. 9. Vue de face

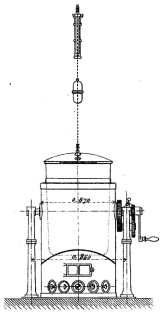
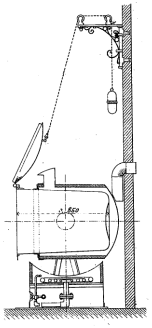


Fig. 10. Position de la marmite renversée



Grillade-braisière

Fig. 11. Vue de côté

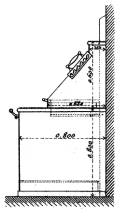


Fig. 12. Vue de face

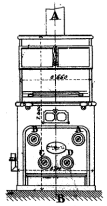
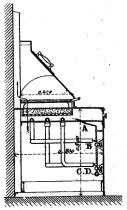


Fig. 13. Coupe suivant AB



Plan d'ensemble d'une des Cuisines de Restaurant au Panorama du Tour du Monde (au Champ de Mars)

M. BOULANT, propriétaire

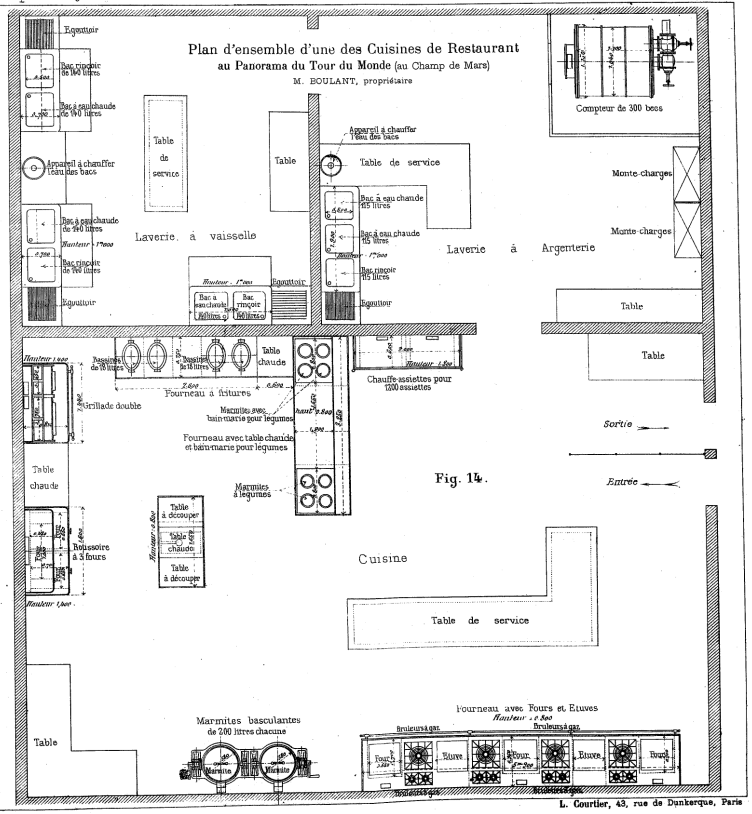
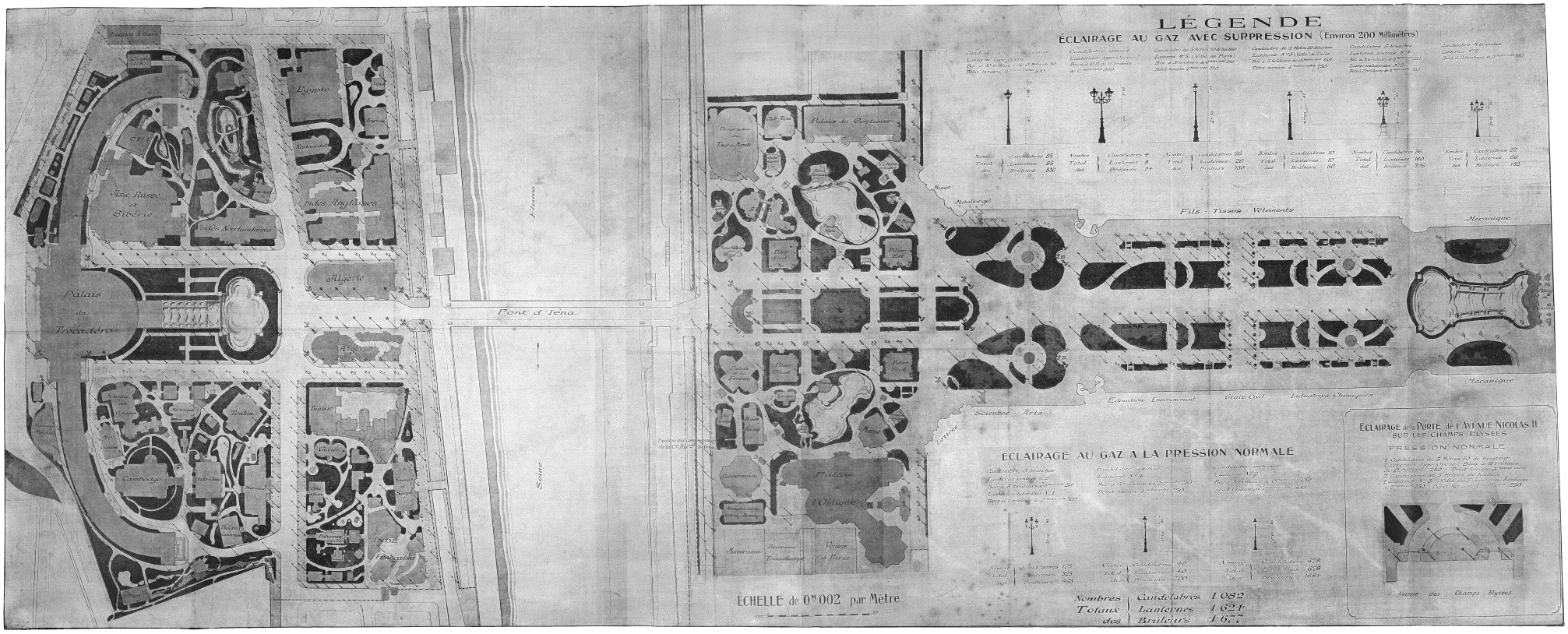


Fig. 14.

L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ÉCLAIRAGE INTENSIF AU GAZ DU CHAMP-DE-MARS ET DU TROCADÉRO (Communication de la Cie parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz. — M. Levy, rapporteur.)



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig.1.

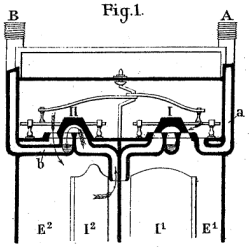


Fig.1 bis.

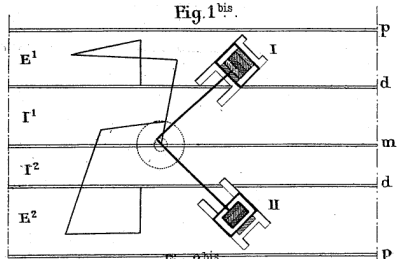


Fig.2.

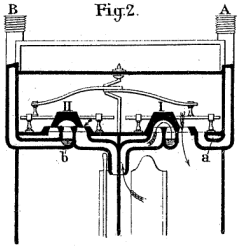


Fig.2 bis.

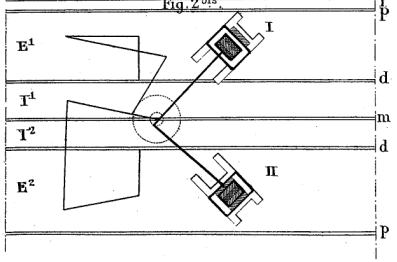


Fig.3.

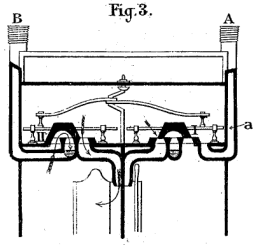


Fig.3 bis.

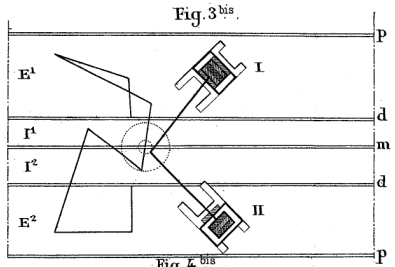


Fig.4.

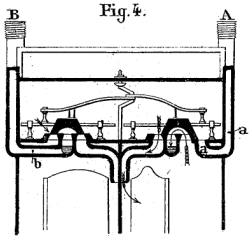


Fig.4 bis.

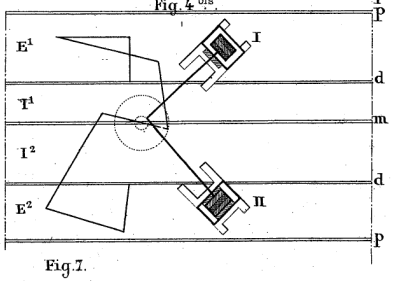


Fig.5.

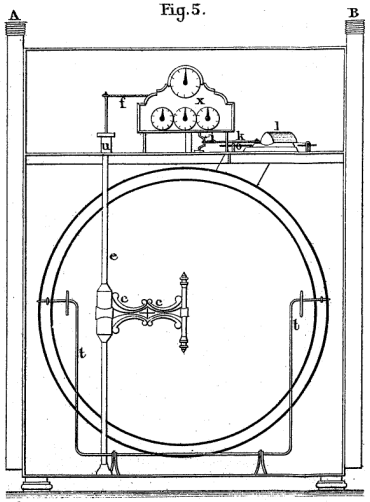


Fig.6.

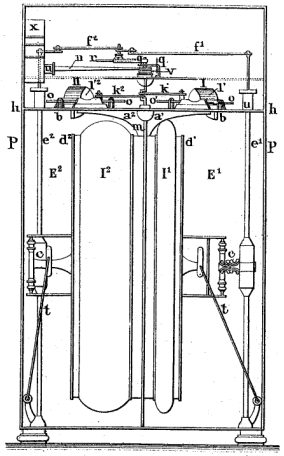
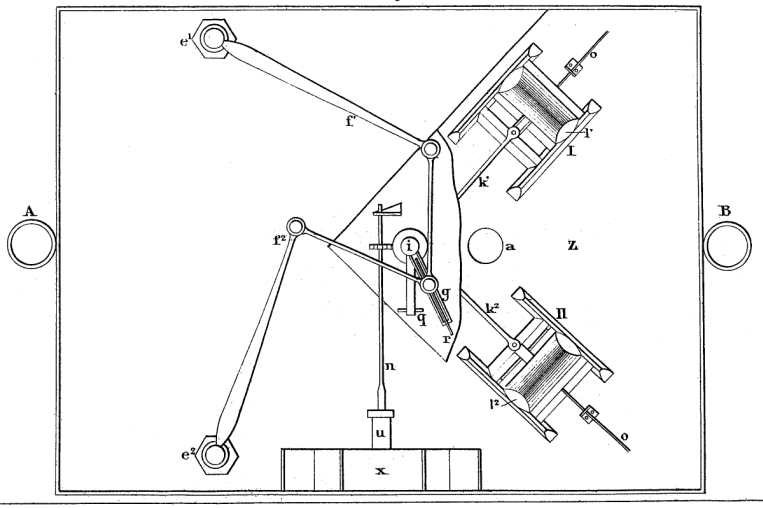


Fig.7.



Légende.

A	Entrée.
B	Sortie.
h. h.	Plaque horizontale ou plaque des soupapes
m	Cloison de milieu.
I I	Compartiments intérieurs.
E E	Compartiments extérieurs.
d d	Disques mobiles.
p p	Parois du compteur.
t t	Tringles de guidage pour assurer le mouvement parallèle des disques mobiles.
C	Charnières.
e	Arbre vertical.
f f	Arbres articulés.
g	Manivelle.
i	Arbre coudé.
k k	Tiges reliant les tiroirs à l'arbre coudé.
l l	Tiroirs des soupapes.
b	Canaux faisant communiquer la porte de milieu des soupapes avec la sortie du compteur.
o	Barres directrices.
e	Régulateur.
q	Cliquet.
v n	Vis sans fin et arbre horizontal transmettant le mouvement de l'arbre coudé, ou des disques, à l'horlogerie de l'index.
x	Index.
a	Boîte d'étoupe.
a a	Canaux faisant communiquer la boîte de distribution avec l'intérieur des soufflets.

L. Courner, 43, rue de Dunkerque, Paris.

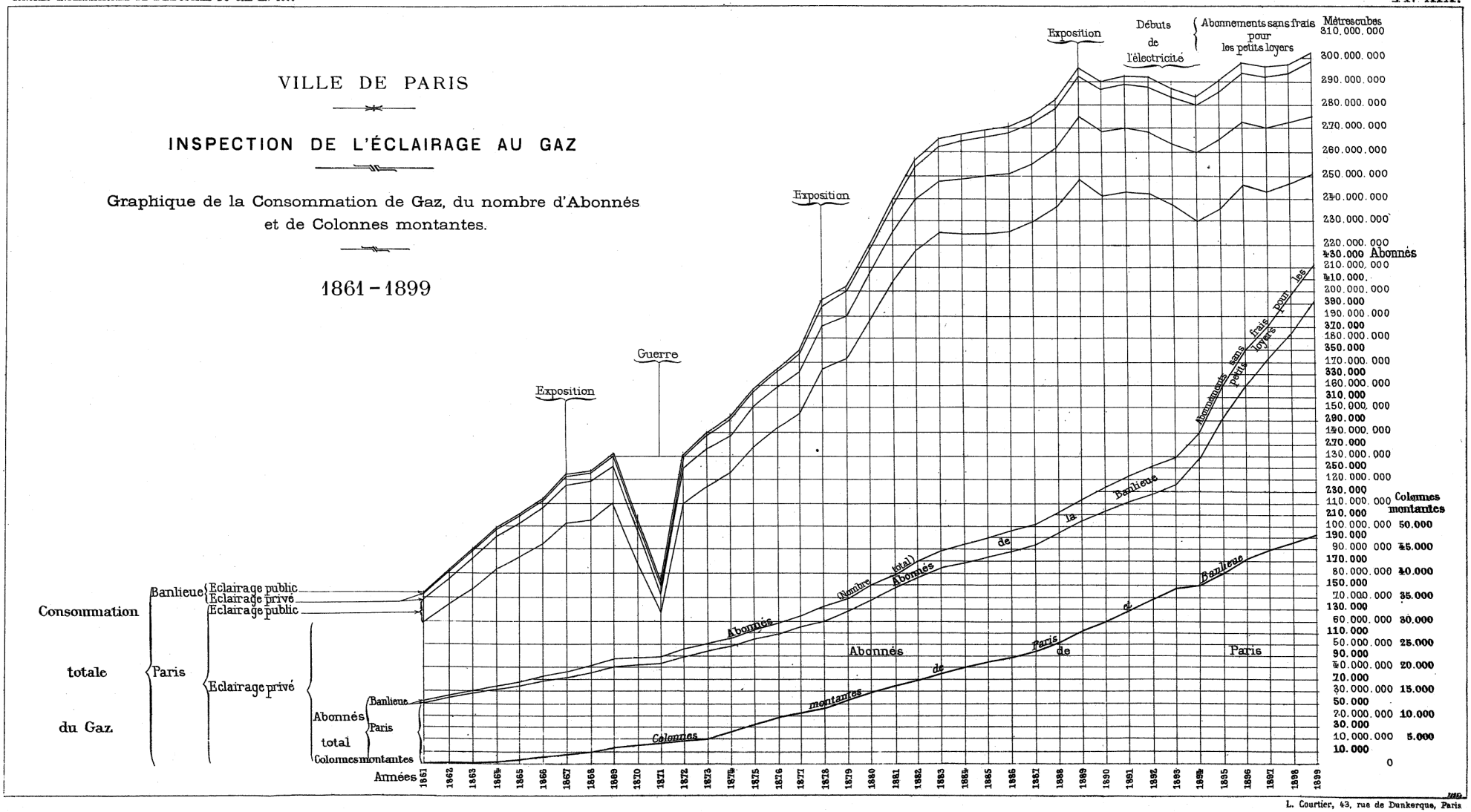
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

VILLE DE PARIS

INSPECTION DE L'ÉCLAIRAGE AU GAZ

Graphique de la Consommation de Gaz, du nombre d'Abonnés et de Colonnes montantes.

1861 – 1899



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires