

I ✓
ENCYCLOPÉDIE LÉAUTE

L'INDUSTRIE DU GAZ

DISTILLATION DE LA HOUILLE

PAR

RENÉ MASSE

ANCIEN PRÉSIDENT
DU SYNDICAT PROFESSIONNEL
DE L'INDUSTRIE DU GAZ

et AUGUSTE BARIL

SOUS-DIRECTEUR
A LA SOCIÉTÉ D'ÉCLAIRAGE,
CHAUFFAGE ET FORCE MOTRICE

AVEC 77 FIGURES DANS LE TEXTE

MASSON & C^o — GAUTHIER VILLARS & C^o
PARIS

origine du mot gaz

D'après le professeur belge
de l'Université de Gand

Delacre, un historien de la chimie, sur l'origine du mot *gaz*. Van Helmont a, le premier, employé *gas*, qu'on a considéré comme venant du flamand *geest*, ayant à peu près le même sens. Or il paraîtrait que *gas* vient du grec *kaos*, d'où chaos. Van Helmont lui-même a expliqué pourquoi : parce qu'il considérait les fluides, les gaz, comme un chaos, quelque chose qui n'est ni substance, ni essence, quelque chose de plus formel que matériel, ou, du moins, très variable. À vrai dire, la conception de Van Helmont apparaîtra, elle-même, un peu chaotique au chimiste et au physicien. Mais, il le dit formellement : *halitum illud gas vocavi, non longe a chaos veterum sucetum*. La filiation est indiscutable. Et on peut conclure, avec M. Delacre, que *gas* représente, pour Van Helmont, « une sorte de chaos, une manière d'immensité où se réalisent les secrets de la nature ». Parmi ceux-ci, il y a des gaz, des vapeurs, etc. : de tout un peu. Mais Van Helmont envisageait plutôt le contenant que tel ou tel contenu, variable et indéfini.



ENCYCLOPÉDIE LÉAUTÉ (2^e Série)

Volumes parus :

- Les économies de combustibles. — Conduite rationnelle des foyers**, par PIERRE APPELL, Secrétaire général de l'Office de chauffe rationnelle. 1 volume de XIV-342 pages avec 72 figures. 17 fr.
- Les Progrès de la métallurgie du Cuivre**, par A. CONDUCHÉ, Professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Rennes. 1 volume de XVI-254 pages avec 26 figures dans le texte. 14 fr.
- L'Éclairage. — Solutions modernes des problèmes d'Éclairage industriel**, par E. DARMOIS, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy. Préface de M. A. BLONDEL, membre de l'Institut. 1 volume de 276 pages avec 99 figures dans le texte. 15 fr.
- L'Azote. — La fixation de l'azote atmosphérique, et son avenir industriel**, par L. HACKSPILL, Professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Strasbourg. 1 volume de 272 pages avec 39 figures dans le texte. 14 fr.
- Les Procédés Modernes de l'Industrie du Gaz. — Distillation de la houille**, par R. MASSE, ancien Président du Syndicat professionnel de l'Industrie du gaz, et A. BARIL, Sous-Directeur à la Société d'Éclairage, Chauffage et Force Motrice. 1 volume de 300 pages avec 77 figures dans le texte.. . . . 20 fr.
- Les Procédés Modernes de l'Industrie du Gaz. — Traitement des produits et sous-produits de la distillation de la houille**, par R. MASSE, ancien Président du Syndicat professionnel de l'Industrie du gaz, et A. BARIL, Sous-Directeur à la Société d'Éclairage, Chauffage et Force Motrice. 1 volume de 308 pages avec 115 figures dans le texte. 20 fr.

Volumes à paraître dans la même collection :

Les économies de combustibles. — **Combustibles artificiels et combustibles de remplacement**, par P. APPELL. 1 volume d'environ 300 pages.

Les combustibles liquides (*leur avenir industriel, leur utilisation, leur contrôle*), par M. AUBERT, chef de travaux pratiques à la Faculté des sciences de Paris. 1 volume d'environ 300 pages.

Les tubes électroniques et leurs applications industrielles, par MARIUS LATOUR, Ingénieur conseil. 1 volume d'environ 300 pages.

Carburation et Carburateurs, par LÉON POINCARÉ, Ingénieur de la Marine. 1 volume d'environ 300 pages.

La distillation des Bois, par G. DUPONT, Professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux. 1 volume d'environ 300 pages.

L'équipement électrique des installations industrielles. — **Les moteurs**, par J. BETHENOD, Ingénieur conseil, et H. GENKIN, Ingénieur. 1 volume d'environ 300 pages.

L'équipement électrique des installations industrielles. — **Les appareils de sécurité, de contrôle et de mesure**, par A. ILIOVICI, Ingénieur. 1 volume d'environ 300 pages.

La technique des fondations, par A. BRICE, Ingénieur conseil. 1 volume d'environ 250 pages.

Les alliages légers, par A. PORTEVIN, Ingénieur conseil, et de FLEURY, Ingénieur. 1 volume d'environ 300 pages.

La Chimie des parfums, par G. DARGENS, Professeur à l'Ecole polytechnique. 1 volume d'environ 300 pages.

4038981-192103

ENCYCLOPÉDIE LÉAUTÉ (2^e Série)

DIRECTEURS : ANDRÉ LÉAUTÉ et JEAN VILLEY

LES PROCÉDÉS MODERNES
DE L'INDUSTRIE DU GAZ

DISTILLATION DE LA HOUILLE

PAR

RENÉ MASSE

et AUGUSTE BARIL

ANCIEN PRÉSIDENT
DU SYNDICAT PROFESSIONNEL
DE L'INDUSTRIE DU GAZ

SOUS-DIRECTEUR
A LA SOCIÉTÉ D'ÉCLAIRAGE,
CHAUFFAGE ET FORCE MOTRICE

AVEC 77 FIGURES DANS LE TEXTE

MASSON & C^{ie} = GAUTHIER VILLARS & C^{ie}
120, Boul^d S^t-Germain = 55, Quai des Grands-Augustins

===== PARIS — 1923 =====

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

*Copyright 1923 by
Masson et C^{ie}*

ENCYCLOPÉDIE LÉAUTÉ

DEUXIÈME SÉRIE

INTRODUCTION

Le succès qu'a recueilli l'Encyclopédie scientifique des aide-mémoire dans son premier stade nous a encouragé à faire paraître sous le nom de son fondateur une deuxième série de volumes. Ils sont consacrés à des sujets techniques, économiques et financiers, touchant l'industrie.

Objet général.

Cette collection ne fait pas double emploi avec les autres Encyclopédies.

Elle ne vise pas, en effet, à présenter l'ensemble des connaissances de l'ingénieur; elle ne prétend pas fournir la documentation totale qui, au sens étymologique, constitue une Encyclopédie. Elle choisit, à chaque moment, les sujets les plus importants pour l'industrie et elle néglige les autres. Poussant plus loin sa doctrine, elle veut qu'au sein même de chaque ouvrage, une différence soit faite entre les parties du sujet suivant qu'elles ont peu

ou beaucoup progressé, et que, rapide touriste quand il parcourt les premières, l'auteur réserve son temps à approfondir les secondes.

C'est donc le mot : **Sélection**, que nous inscrivons au frontispice de notre Encyclopédie.

Une sélection : mais, pour l'opérer avec discernement, quel est notre fil conducteur? Eh bien! pour élaborer ce groupement d'ouvrages dédiés au public industriel, c'est le point de vue scientifique sur lequel nous nous appuyons. De la collaboration scientifique et industrielle, envisagée aujourd'hui comme un facteur de la renaissance française, nous avons déjà, par ailleurs, tenté de faire une réalité; cette Encyclopédie marque un nouvel effort dans le même sens. La science est la source vive des progrès dans les applications; malgré mille détours et mille obstacles qui, souvent, rendent ténu le fil qui les relie à elle, c'est bien d'elle qu'ils sortent tous. Voilà pourquoi les données scientifiques nous ont semblé fournir les meilleures bases des classifications industrielles et donner l'expression la plus claire de l'évolution qu'a subie la technique au cours des dernières années.

Le côté pratique.

De cette trame scientifique, une documentation extrêmement précise, remplit les mailles. Des dessins d'appareils, des tableaux de rendement, des chiffres de consommation. Qu'au lieu de lire un livre, il vous semble parcourir une usine!

Chaque fois qu'on le peut, les meilleurs mots sont des chiffres.

Et les prix de revient, dira-t-on? Point délicat, sur lequel nous aimons à nous expliquer. Le prix de revient est variable avec le cours des matières et les taux de la main-

d'œuvre; nulle époque n'a vu, autant que la nôtre, l'extraordinaire instabilité des uns et des autres.

Cependant, on essaie, dans cette collection, de dégager, du prix de revient instable, les fondements fixes qui, à une époque quelconque, servent à bâtir le calcul complet. Une fois chiffrés les quantités de matières et le nombre d'heures de travail, une fois déterminés les pourcentages habituels de frais généraux, la durée d'amortissement du matériel, etc..., le lecteur a en mains un clavier sur lequel il peut jouer pour obtenir le prix de revient qu'il recherche.

*
* *

Les volumes sont, en principe, suivis d'index où l'on s'efforce d'énumérer les établissements qui préparent les matières ou construisent les appareils mentionnés dans l'ouvrage. Cet index contient de courtes notices dans lesquelles ceux de ces établissements qui veulent bien s'y prêter, signalent les particularités les plus intéressantes de leurs produits.

Ainsi, après avoir acquis dans le corps de l'ouvrage les notions d'ensemble et les informations techniques les plus importantes, le lecteur reçoit de ces notices une première orientation, s'il veut lui-même aborder l'étude d'un projet ou effectuer un achat. Et cet index, qui jusqu'ici n'était pas dans les habitudes françaises, apparaît comme un pont nécessaire pour franchir la crevasse, souvent profonde, entre l'étude préalable et l'application personnelle.

ANDRÉ LÉAUTÉ.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

HISTORIQUE

I. — LE PASSÉ.

	Pages.
1. L'éclairage avant la découverte du gaz.	1
2. Le chauffage avant la découverte du gaz.	2
3. La force motrice avant la découverte du gaz.	2

II. — LA DÉCOUVERTE DU GAZ. LES DÉBUTS DE SON INDUSTRIE.

4. Les précurseurs.	3
5. Philippe Lebon.	4
6. Winzler-Winsor.	5
7. Fondation de la Compagnie Parisienne.	5

III. — APPLICATIONS DU GAZ. LEUR DÉVELOPPEMENT.

8. L'éclairage au gaz.	6
9. Le chauffage au gaz.	7
10. La force motrice par le gaz.	9

IV. — CARACTÉRISTIQUES DE L'INDUSTRIE DU GAZ. SON AVENIR.

11. Régime des concessions.	9
12. Avenir de l'Industrie du gaz.	10

DEUXIÈME PARTIE

APPROVISIONNEMENTS DE HOUILLE

V. — ORIGINE DES APPROVISIONNEMENTS.

13. Nécessité de recevoir des houilles de diverses provenances.	13
14. État actuel de la question du charbon.	14

	Pages.
15. Houilles à gaz françaises.	14
16. Houilles à gaz anglaises.	16
17. Houilles à gaz belges.	16
18. Houilles à gaz allemandes.	16
19. Houilles à gaz américaines.	17
VI. — CLASSIFICATION DES HOUILLES.	
20. Utilité des essais et analyses des houilles.	18
21. Classification des houilles.	19
22. Classification de M. Sainte-Claire Deville.	20
23. Classifications étrangères.	20
24. Caractéristiques des houilles à gaz.	21
25. Essais de combustibles. Échantillonnage.	22
26. Analyse industrielle.	22
27. Détermination de la teneur en eau hygrométrique.	23
28. Détermination de la teneur en matières volatiles et en coke.	23
29. Détermination de la teneur en cendres.	24
30. Dosage du soufre.	24
31. Dosage de l'azote.	24
32. Analyse au point de vue des sous-produits.	24
VII. — TRANSPORT ET RÉCEPTION DES HOUILLES.	
33. Transports par eau.	25
34. Transports par fer.	26
35. Réception des charbons par eau.	27
36. Réception des charbons par fer.	27
37. Pesage du charbon.	28
VIII. — MANUTENTION DES HOUILLES.	
38. Les diverses manutentions du charbon à l'intérieur de l'usine.	29
39. Mise et reprise au tas.	30
40. Les transporteurs. Leurs divers types.	31
41. Transporteurs verticaux.	31
42. Transporteurs horizontaux.	32
43. Transporteurs inclinés et aériens.	33
IX. — EMMAGASINAGE DES HOUILLES.	
44. Nécessité des stocks.	34
45. Magasins en plein air.	35
46. Magasins ouverts.	35
47. Altération des houilles à l'air.	37
48. Combustion spontanée.	37
49. Emmagasiner des charbons sous l'eau.	38

TROISIÈME PARTIE

DISTILLATION DE LA HOUILLE

X. — GÉNÉRALITÉS. CALORIMÉTRIE ET PYROMÉTRIE.

	Pages.
50. Généralités..	39
51. Combustion et chaleur de combustion..	39
52. Tableau des chaleurs de combustion.	40
53. Pouvoir calorifique.	41
54. Chaleurs d'échauffement. Chaleurs spécifiques.	41
55. Température de combustion.	44
56. Contrôle de la température.	46
57. Calorimètre à index de nickel.	46
58. Montre de Seger.	47
59. Pyromètre thermo-électrique de Le Chatelier.	48
60. Pyromètre thermo-électrique de Féry.. . . .	48
61. Lunette pyrométrique de Mesuré et Nouel.	49
62. Pyromètre optique de Wanner..	50

XI. — ÉTUDE THÉORIQUE DU CHAUFFAGE.

63. Description sommaire d'un four à distiller le charbon.	51
64. Rendement d'un four.	52
65. Générateurs à combustion simple.	53
66. Générateurs à combustion étagée ou gazogènes.	53
67. Générateurs de gaz à l'air.	54
68. Loi de la stabilité de l'équilibre.	54
69. Conditions optima de la production industrielle du gaz à l'air.	56
70. Température de combustion du gaz à l'air.	56
71. Mécanisme de la combustion.	57
72. Générateurs de gaz mixte.	57
73. Calcul de la quantité d'eau à injecter.	58
74. Influence de la quantité de vapeur introduite.	58
75. Conditions optima de la production industrielle du gaz mixte.	60
76. Température de combustion du gaz mixte.	60
77. Températures dans la masse du combustible.	60
78. Récupération.	60
79. Effets utiles de la récupération..	61
80. Avantages de la gazéification des combustibles.	63
81. Circulation des gaz dans les fours..	63
82. Circulation des gaz dans le laboratoire.	64
83. Carneaux et trainasses.	66
84. Cheminées. Tirage statique..	67

	Pages
85. Détermination des caractéristiques des cheminées.	68
86. Contrôle du tirage.	69
87. Contrôle chimique de la qualité des gaz.	70
88. Appareil d'Orsat.	70
89. Burette de Bunte.	72
90. Contrôle de la marche d'un four. Définitions.	73
91. Données nécessaires à la recherche pratique du rendement d'un four à gazogène et à récupération.	74
92. Recherche du rendement thermique du gazogène.	75
93. Rendement du four.	77
94. Rendement de la récupération.	80
95. Perte à la cheminée.	81
96. Perte par rayonnement de la récupération.	82
97. Représentation schématique du bilan thermique d'un four.	82

XII. — RÉALISATION DU CHAUFFAGE.

98. Foyer d'un four à combustion simple.	84
99. Grille.	86
100. Consommation de combustible.	87
101. Gazogènes ou générateurs à combustion étagée.	87
102. Gazogènes Siemens.	88
103. Alimentation en eau des gazogènes.	90
104. Grilles de gazogènes.	90
105. Gazogènes sans grilles.	90
106. Gazogènes à circulation horizontale.	91
107. Conduite des gazogènes.	93
108. Chargement des gazogènes.	93
109. Évacuation des cendres et mâchefers.	94
110. Piquage.	94
111. Décrassage.	95
112. Réglage de l'introduction de l'air primaire et de l'eau.	95
113. Réglage de la production.	96
114. Gazogènes indépendants et à décrassage mécanique.	97
115. Gazogènes de l'usine à gaz de Vienne-Léopoldau.	97
116. Différents types de gazogènes à décrassage mécanique.	100
117. Gazogènes à fusion de cendres.	101
118. Utilisation de combustibles spéciaux pour le chauffage des fours.	103
119. Laboratoire. Brûleurs.	105
120. Récupération discontinue.	106
121. Récupération continue.	108
122. Construction des fours. Matériaux réfractaires.	110
123. Briques de silice.	113
124. Armature des fours.	113

	Pages.
125. Carneaux. Cheminées trainantes. Registres.	116
126. Cheminées verticales.	117
127. Stabilité et résistance des cheminées.	118

XIII. — ÉTUDE THÉORIQUE DE LA DISTILLATION.

128. Phénomènes chimiques de la distillation.	120
129. Travaux de Berthelot.	121
130. Travaux de Meyer et Tauzen.	122
131. Critique de la théorie de Berthelot.	123
132. Travaux de Burghes et Wheeler et de Pictet.	124
133. Composition moyenne du gaz brut.	125
134. Phénomènes thermiques de la distillation. Chaleur de distillation.	125
135. Travaux de Melon et de Guéguen.	126
136. Travaux de Euchène.	126
137. Travaux de M. Mahler. Rendement thermique de la distillation.	129
138. Transmission de la chaleur à l'intérieur des récipients de distillation.	130
139. Transmission de la chaleur à travers le charbon. Travaux de Guéguen.	132
140. Répartition de la chaleur dans les cornues.	133
141. Variations quantitatives des produits obtenus par distillation. Rendements.	135
142. Influence du traitement thermique sur les rendements en produits de la distillation.	136
143. Influence du traitement thermique sur la qualité du gaz produit.	137
144. Influence du traitement thermique sur la qualité du goudron produit.	140
145. Influence du traitement thermique sur les produits azotés de la distillation.	140
146. Influence du traitement thermique sur les composés sulfurés de la distillation.	143
147. Influence du traitement thermique sur la qualité du coke produit. Travaux de MM. Charpy et Godchot.	145
148. Influence des mélanges de charbon sur la qualité du coke produit.	146
149. Influence du broyage du charbon sur la qualité du coke produit.	149
150. Influence du remplissage des récipients de distillation.	150
151. Influence de la pression dans les récipients de distillation.	150
152. Influence de l'introduction de la vapeur d'eau sur les produits de la distillation.	151

	Pages.
153. Régime ou durée de la distillation.	159
154. Meilleures conditions de réalisation de la distillation.	160

XIV. — RÉALISATION DE LA DISTILLATION.
DESCRIPTION ET EMPLOI DES APPAREILS.

155. Généralités.	161
156. Classification des fours.	162
157. Plan d'étude des fours.	162
158. Matériaux utilisés pour la fabrication des récipients de distillation.	162
159. Colonnes montantes.	163
160. Barillets. Plonge.	164
161. Fours à cornues horizontales. Forme et dimensions des cornues.	165
162. Têtes de cornues.	166
163. Fours à cornues horizontales à chauffage par combustion simple.	168
164. Fours à cornues horizontales à récupération par inversion.	168
165. Fours à cornues horizontales à récupération continue.	168
166. Chargement des cornues horizontales avec fond.	170
167. Déchargement des cornues horizontales avec fond.	171
168. Chargement des cornues horizontales avec ou sans fond.	171
169. Déchargement des cornues horizontales sans fond.	174
170. Disposition d'ensemble des ateliers de fours à cornues horizontales.	174
171. Résultats d'exploitation de fours à cornues horizontales.	175
172. Fours à cornues inclinées.	179
173. Résultats d'exploitation de fours à cornues inclinées.	180
174. Fours à cornues verticales à distillation discontinue.	182
175. Résultats d'exploitation de fours à cornues verticales à distillation discontinue.	185
176. Fours à cornues verticales à distillation continue.	185
177. Fours Woodall-Duckham.	186
178. Chauffage des fours Woodall-Duckham.	188
179. Chargement des fours Woodall-Duckham.	189
180. Départ de gaz dans les fours Woodall-Duckham.	190
181. Extraction et évacuation du coke dans les fours Woodall-Duckham.	190
182. Fours Glover-West.	192
183. Chauffage des fours Glover-West.	194
184. Départ de gaz dans les fours Glover-West.	194
185. Chargement des fours Glover-West.	196
186. Extraction et évacuation du coke dans les fours Glover-West.	196
187. Résultats d'exploitation de fours à distillation continue.	198

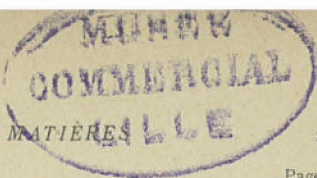


TABLE DES MATIÈRES LILLE xv

	Pages.
188. Fours à chambres.	202
189. Fours à chambres horizontales.	202
190. Fours à chambres inclinées. Généralités.	206
191. Description des fours à chambres inclinées.	207
192. Chargement des chambres inclinées.	208
193. Déchargement des chambres inclinées. Chariots extincteurs.	208
194. Appareils pousoirs.	210
195. Chauffage des fours à chambres inclinées.	211
196. Départs de gaz et barillets des fours à chambres inclinées.	213
197. Main-d'œuvre utilisée aux fours à chambres inclinées.	213
198. Résultats d'exploitation de fours à chambres inclinées.	214
199. Extinction et transport du coke.	216
200. Procédés non mécaniques d'extinction et de transport du coke.	217
201. Entraîneur-extincteur de Brouwer.	217
202. Entraîneur-extincteur par courant d'eau.	220
203. Autres procédés d'extinction et de transport du coke.	220
204. Allumage et extinction des fours.	222
205. Entretien des récipients de distillation.	223
206. Dégraphitage des récipients de distillation.	224

QUATRIÈME PARTIE

FABRICATIONS SPÉCIALES

XV. — GAZ A L'EAU.

210. Historique.	227
211. Gaz bleu. Gaz carburé.	228
212. Principe de la fabrication du gaz à l'eau.	228
213. Phase de production et phase de soufflage.	230
214. Composition du gaz à l'eau bleu.	230
215. Propriétés du gaz à l'eau bleu.	231
216. Étude thermique de la fabrication du gaz à l'eau.	231
217. Réalisation pratique de la fabrication du gaz à l'eau.	234
218. Décassage des grilles de gazogènes.	235
219. Appareil Dellwick-Fleischer.	238
220. Appareils Krammers et Aarts.	240
221. Appareil Humphreys et Glasgow.	241
222. Résultats d'essai des appareils Humphreys et Glasgow.	244
223. Caractéristiques des gaz obtenus.	244
224. Consommation.	245
225. Bilan du carbone.	247
226. Bilan thermique.	247
227. Régime de marche.	248
228. Main-d'œuvre.	249

XVI. — GAZ DE FOURS A COKE.		Pages.
229.	Le coke métallurgique.	250
230.	Historique succinct.	250
231.	Classification des fours à coke.	251
232.	Schémas de cokeries modernes.	252
233.	Caractéristiques du gaz de four à coke.	254
234.	Quantité de gaz disponible.	255
235.	Utilisation des gaz de fours à coke dans les distributions urbaines.	256
236.	Avantages et inconvénients du gaz de fours à coke pour les distributions urbaines.	256
237.	Parallèle entre la cokerie et l'usine à gaz.	258
238.	Création de cokeries gazières.	260
XVII. — GAZÉIFICATION INTÉGRALE.		
239.	Généralités.	261
240.	Appareil Strache.	262
241.	Appareil Dellwick-Fleischer.	264
242.	Appareil Rincker.	266
243.	Comparaison entre les gazéifications intégrales en une ou deux phases.	269
XVIII. — PROCÉDÉS DIVERS.		
244.	Généralités.	271
245.	Gaz à l'huile.	271
246.	Procédés de fabrication du gaz d'huile.	271
247.	Gaz de distillation du bois.	274
248.	Gaz de tourbe.	275
249.	Gaz de lignite.	276
250.	Gaz naturel.	277

PREMIÈRE PARTIE

HISTORIQUE

I. — LE PASSÉ

I. — L'éclairage avant la découverte du gaz. — Si l'on en croit Homère, dans la maison d'Ulysse, la salle du festin était éclairée par trois brasiers. Pline l'Ancien a décrit la « cendela » des Romains, sorte de lampe à huile solide dans laquelle le corps gras, en cire, en poix et plus tard en suif fondait au contact de la flamme. La mèche était de la moelle de jonc, du papyrus ou de l'étaupe.

Saint Jérôme nous apprend que, vers l'an 400, les carrefours de Jérusalem étaient éclairés par de grands feux de bois. Il y eut ensuite les chandelles des madones, les ex-voto expiatoires.

L'éclairage public à Paris commença réellement en 1662, le jour où Louis XIV concéda à l'abbé Laudati Caraffe un service de porte-flambeaux ; peu après, en 1667, M. de la Reynie obtint un édit royal prescrivant un éclairage fixe des rues de la Capitale, au moyen de chandelles fixées dans des cages de verre suspendues entre les maisons.

En 1765, ces chandelles furent remplacées par les premières lampes à huile de Bourgeois de Châteaublanc. Celles-ci furent perfectionnées par Argand qui, en 1783, eut l'idée d'augmenter et de régulariser la température de

Distillation.

combustion. Il employait pour cela une mèche de forme circulaire et amincie qui diminuait le refroidissement par rayonnement et permettait la création d'un double courant d'air intérieur et extérieur. Cette bonne alimentation en air assurait la combustion complète de l'huile et évitait la formation de la fumée.

La lampe d'Argand, lancée par Quinquet, était la meilleure au moment de l'apparition du gaz ; longtemps elle concurrença ce dernier pour l'éclairage privé, grâce aux perfectionnements apportés par Proust, Carcel et Franchot.

2. Le chauffage avant la découverte du gaz. — Le chauffage des habitations préoccupait peu les peuples civilisés d'autrefois, riverains de la Méditerranée et du golfe Persique. Toutefois, Pline décrit l'hypocaustum retrouvé à Pompéi, ancêtre de notre chauffage central à air chaud.

Puis, la civilisation s'effondrant, il faut attendre le Moyen Age pour voir apparaître des cheminées rudimentaires. Les architectes italiens de la Renaissance, peu experts dans l'art du chauffage, rendent ces cheminées plus artistiques qu'efficaces.

Ensuite, Granger, physicien français, crée la cheminée moderne à ventilation directe et à récupération.

En même temps, les Germains, soumis à un rude climat, inventaient et perfectionnaient le poêle, fils du « foculus » romain. Après la guerre de sept ans, les grands poêles de faïence de François Kessler furent introduits en France.

Enfin le chauffage central, à air chaud, à vapeur ou à eau chaude ne vint détrôner les anciens procédés de chauffage que durant la deuxième moitié du XIX^e siècle, malgré des essais bien antérieurs.

3. La force motrice avant la découverte du gaz. —

On ne commença à employer systématiquement les forces naturelles pour la production de la force motrice que vers le XII^e siècle, avec les moulins à vent et à eau. La chaleur fut utilisée, sans grand résultat, beaucoup plus tard par Edouard Somersset pour le pompage de l'eau des mines, puis, à la fin du XVII^e siècle, par Denis Papin qui créa la première machine à vapeur.

En 1713, un gamin ingénieux, Humphry Potter, chargé de manœuvrer à la main les robinets de distribution d'une machine à vapeur, s'affranchit de sa besogne en la faisant accomplir par un système de leviers et de ficelles. La distribution automatique était trouvée.

Après Smeaton, James Watt apporta, en 1776, à la machine de Papin de tels perfectionnements (marche à double effet, condenseur séparé, régulateur de vitesse, etc...) que toutes les machines à piston ultérieures ne diffèrent de la sienne que par des détails.

À la fin du XVIII^e siècle, avec John Barber et Robert Street, apparaissent, rudimentaires encore, les moteurs à explosion alimentés par l'air carburé.

II. — LA DÉCOUVERTE DU GAZ. LES DÉBUTS DE SON INDUSTRIE

4. Les précurseurs. — C'est au Français Philippe Lebon que revient l'honneur d'avoir indiqué le premier les procédés de fabrication du gaz d'éclairage et les principaux usages qu'on en pouvait retirer.

Des savants avaient certes, auparavant, étudié les gaz du sol ou provenant de la décomposition par la chaleur des substances les plus variées.

Ils leur avaient même donné des noms très divers comme :

« Les exhalaisons de la fontaine qui brûle » de Jean Tardin, en 1618 ;

« L'esprit de houille » (ou Geest, traduction hollandaise du mot « esprit », étymologie du mot « gaz ») de Van Helmont et Jean Clayton, en 1664 ;

« L'air inflammable » de Néret, en 1777 ;

« L'air de houille » de Minkelers, en 1783, qui servit à gonfler l'un des premiers ballons.

Mais, sauf dans cette dernière application, rien n'avait été encore tenté pour rendre pratique l'utilisation du gaz.

5. Philippe Lebon. — Philippe Lebon, ingénieur des Ponts et Chaussées, né à Brachay (Haute-Marne), en 1767, esprit éveillé et curieux, se plaisait à contempler les flammèches de son feu de cheminée durant les longues soirées d'hiver. Il crut, après avoir réfléchi aux phénomènes de la combustion, que le bois donnait sous l'influence de la chaleur, un gaz susceptible de s'enflammer.

Pour vérifier l'exactitude de son hypothèse, il eut l'idée, vers 1787, de placer dans une pipe un peu de sciure de bois. Après en avoir clos le fourneau, il se mit à chauffer fortement.

Ses prévisions se réalisèrent, la fumée qui se dégagait bientôt par le tuyau de la pipe put être facilement enflammée. Le gaz d'éclairage était découvert.

Dès lors, jeune et enthousiaste, Lebon s'efforça de communiquer sa confiance à tous. « La chaleur, disait-il, vous obéira comme ne le fera jamais domestique plus docile. »

Ses brevets montrent toute la puissance de création de ce génial inventeur dont la carrière fut malheureusement interrompue par la mort, le jour du sacre de Napoléon I^{er} (2 déc. 1804).

A peu près à la même époque, un Irlandais, William

Philippe Lebon

Extrait de l'"Intermédiaire des chercheurs
et des curieux" de Juillet 1924

Philippe Lebon (XXXVII, 424). —
Les renseignements donnés par M. A. Bogaert-Vaché sur Philippe Lebon ne correspondent pas avec ceux généralement admis :

On connaissait depuis longtemps la propriété de certains corps organisés, d'origine végétale ou animale, de donner, par leur distillation en vase clos, des gaz susceptibles de brûler au contact de l'air.

Mais ce ne fut qu'en
1785 & 1786. que Philippe
Lebon eut le premier
idée d'utiliser ces
produits gazeux
pour des usages
économiques.

Dans ce but, il construisit un appareil qu'il appela "Thermolampe" dont il fit l'installation dans diverses maisons particulières.

(Voir sa notice sur
les thermolampes ou
poêles qui chauffent,
éclairent avec économie
et offrent, avec plusieurs
mérites précieux

une force motrice
applicable à toute
espèce de machines)
L'appareil primitif
de Lebon, qui distillait

lait le bois, n'eut aucun succès par ce que les gaz fournis par ce combustible sont peu éclairants. Néanmoins il faut dire que cet inventeur avait indiqué la houille comme propre à remplacer le bois avec avantage.

En Angleterre après quelques essais peu importants, Murdoch fit en 1792 une expérience publique sur le gaz d'éclairage produit par la distillation de la houille.

Toutefois, ce ne fut qu'en 1798 qu'il installa son premier appareil dans l'usine de MM. Boulton, Watt et C^{ie} à Soho (Birmingham). En 1805, ayant perfectionné son procédé, il éclaira la filature de coton de MM. Phillips et Lée à Manchester.

C'est alors que l'attention publique ayant été attirée sur ce mode d'éclairage, un appareil fut construit à Paris à l'hôpital St-Louis (en 1812).

C'est donc Lebon qui le premier a construit un appareil produisant du gaz d'éclairage par distillation de combustible.

H. D. L.

Murdoch appelé « le père du gaz » par les Anglais, avait obtenu dans la même voie des résultats fort intéressants.

6. Winzler-Winsor. — Ni Lebon, ni Murdoch, suivant la règle trop souvent vérifiée, ne devaient profiter de leurs découvertes.

Celles-ci furent véritablement lancées par Winzler dit Winsor, qui entreprit une campagne de publicité opiniâtre à Londres où il finit par obtenir une Charte royale pour sa compagnie. Incompétent lui-même au point de dire que le gaz est excellent pour les poumons — et que le gaz mélangé à l'air est ininflammable — il s'adjoignit un ingénieur éclairé en la personne de Sir Samuel Clegg.

L'affaire étant lancée à Londres, Winsor vint à Paris, nous rapportant d'Outre-Manche l'invention de Lebon. Il fallut dix ans pour l'acclimater en France, les affaires des diverses compagnies qui s'étaient fondées ne prospérant guère.

La routine, l'inertie et l'intérêt des concurrents détrônés — en l'espèce les marchands d'huile et de suif — retardèrent l'évolution; on entendit même le grand savant Gay-Lussac dire spirituellement pour combattre le gaz :

« Si l'on s'était toujours éclairé au gaz et que quelqu'un se fût présenté avec une bougie en disant : j'ai solidifié le gaz et je peux porter ma provision de lumière dans ma poche sans avoir à craindre d'accident, on aurait été dans l'admiration et l'on n'aurait pas manqué d'adopter ce nouveau moyen qui permettrait de transporter la lumière où on voudrait, au lieu de l'avoir fixée dans une place à demeure. »

7. Fondation de la Compagnie parisienne. — Le 1^{er} janvier 1829, apparurent les quatre premières lanternes

à gaz sur la place du Carrousel, suivies de 12 autres le lendemain, rue de Rivoli.

De nouvelles sociétés gazières se formèrent; de 1834 à 1839, on vit naître successivement la Compagnie de Belleville, la Compagnie Lacarrière, la Compagnie Parisienne et la Compagnie de l'Ouest. Toutes finirent par se grouper pour former, le 25 décembre 1855, la Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz qui, après cinquante ans d'existence, fit place, pour le service de la Capitale, à une régie intéressée dite Société du Gaz de Paris.

Parallèlement, en province et à l'étranger, au prix de difficultés de toute espèce, des usines se créent et les quantités de gaz distribuées s'accroissent sans répit. Un moment l'apparition de l'électricité fait craindre un arrêt dans le développement de l'usage du gaz, il n'en est rien, les ventes totales continuent à augmenter.

III. — APPLICATIONS DU GAZ, LEUR DÉVELOPPEMENT

8. L'éclairage au gaz. — Contrairement aux vues de Lebon, l'industrie du gaz fut orientée dans ses débuts exclusivement vers l'éclairage et, sauf en Angleterre, il en fut ainsi jusqu'à la fin du siècle dernier.

Dès 1855, presque toutes les rues et de très nombreuses maisons de Paris étaient éclairées au gaz, mais il fallut attendre 1879 pour voir, sous la poussée de la concurrence, le bec papillon ordinaire faire place au bec à récupération de chaleur.

Un progrès énorme fut réalisé en 1892 par l'emploi du manchon incandescent de Auër von Welsbach. Ce manchon en ramie, soie ou coton, sert de support à un mélange de 99 pour 100 d'oxyde de thorium et de 1 pour 100 d'oxyde

de cérium qui, fortement chauffé par la flamme du gaz (1600° environ), devient incandescent et fournit une belle lumière brillante ayant un éclat de 5 à 7 bougies par centimètre carré (Ives et Luckiesh).

Depuis, on a amélioré la résistance du manchon, le rendement du bec, etc... mais sans modifier les principes.)

La concurrence de l'électricité a fortement stimulé les chercheurs : après les becs ordinaires à incandescence, on a trouvé les becs renversés, puis la suppression du gaz a permis la production très économique de foyers lumineux de grande puissance.

Si l'on met de côté les lampes « demi-watt » qui ne sont pas encore complètement au point pour les petites intensités lumineuses, la comparaison entre l'électricité et le gaz peut se faire sur les bases suivantes : par carcel et par heure, une ampoule électrique exige 10 à 13 watts et le manchon renversé 8 à 10 litres de gaz, aux tarifs parisiens actuels (1923) de 0 fr. 86 le kilowatt pour l'électricité et 0 fr. 55 pour le mètre cube de gaz, la même quantité de lumière coûte dans le premier cas 0 fr. 0086 à 0 fr. 0111, dans le second, 0 fr. 0044 à 0 fr. 0055. La supériorité reste au gaz.

9. Le chauffage au gaz. — La grande facilité et l'extrême rapidité avec lesquelles on peut allumer, régler ou éteindre les foyers à gaz devaient en permettre une application rapidement généralisée à la cuisson des aliments, au chauffage des appartements et des objets ou matières les plus diverses.

Ce n'est cependant qu'en 1837 que commencèrent en France les essais pratiques de cuisine au gaz et c'est seulement à la fondation de la Compagnie parisienne, en 1855, que se développa véritablement cet emploi, en raison surtout de ce qu'à partir de cette date, il fut décidé d'en assurer la distribution aussi bien le jour que la nuit.

L'Angleterre était entrée beaucoup plus tôt dans cette voie, si bien qu'en 1850 Liverpool consommait plus de gaz pour le chauffage que pour l'éclairage.

Aujourd'hui, grâce à la variété, à la grande commodité et à la propreté de fonctionnement des appareils utilisés, la cuisine au gaz est universellement répandue et les radiateurs à gaz sont très employés pour le chauffage partiel ou total des habitations.

Depuis quelques années, des chaudières à vapeur à basse pression, alimentées au gaz, permettent le chauffage rationnel des appartements.

Le gaz trouve un emploi idéal dans les chauffe-bains et chauffe-eau instantanés; l'ouverture d'un robinet permettant d'avoir immédiatement de l'eau chaude.

Dans le domaine industriel son utilisation se développe chaque jour davantage. Les fabriques de produits alimentaires (conserves, chocolat, biscuits, pain, etc.) en font un usage intensif; on l'utilise pour le blanchissage et le repassage du linge; les manufactures les plus diverses en consomment des quantités croissantes pour le grillage des tissus, le gaufrage du carton, la fabrication des produits émaillés, des instruments d'optique, des perles, des lampes électriques, du caoutchouc vulcanisé, des isolants électriques, etc... Partout où un chauffage à température constante est nécessaire, on n'emploie que le gaz comme combustible, par exemple dans les laboratoires, les fabriques de pierres précieuses synthétiques, les objets d'orfèvrerie, etc...

Enfin l'industrie métallurgique l'apprécie tout particulièrement parce qu'il ne contient pratiquement ni soufre, ni phosphore et les types de fours les plus variés ont été étudiés et construits soit pour fondre le plomb, le bronze, le laiton, l'aluminium, le zinc, les caractères d'imprimerie, ainsi que pour tremper, recuire, forger, emboutir, cémenter ou opérer d'une manière générale tous les traitements ther-

miques des métaux. On peut affirmer que le champ d'action des applications du gaz pour le chauffage est illimité.

10. La force motrice par le gaz. — Lebon avait prévu avec netteté l'emploi du gaz pour la force motrice ; néanmoins, malgré les tentatives de Rivaz (1807), Samuel Brown (1824), James Johnston, Wellmann Wright et William Barnett (1838), il faut attendre 1860 pour trouver le premier moteur à gaz pratique : celui de Lenoir. Ayant profité des progrès réalisés dans l'art de la construction mécanique, cet inventeur créa un moteur à double effet, où les gaz aspirés par le piston, grâce à des tiroirs commandés par un excentrique, étaient allumés par une étincelle électrique. Le succès que Lenoir rencontra dans la petite industrie lui attira de nombreux imitateurs.

Ensuite, Rochas établit le principe du moteur à 4 temps (1862) qu'Otto réalisa en 1876. Et à partir de cette époque apparaissent successivement des moteurs à 4 temps de plus en plus perfectionnés : Lenoir (1883), Simplex (1884), Crossley, Charron, Niel (1889). Enfin, en 1890, Letombe, en utilisant à la fois la compression élevée et la marche à double effet, crée le premier type des moteurs à gaz modernes à rendement économique (500 litres de gaz par cheval-heure) dont l'emploi se généralise de plus en plus.

IV. — CARACTÉRISTIQUES DE L'INDUSTRIE DU GAZ, SON AVENIR

11. Régime des concessions. — Dès ses premiers pas, les autorités administratives s'occupèrent de l'industrie du gaz : en 1824, l'État établit des règlements de sécurité ; puis, après la période d'essai, on vit apparaître le système de concessions consenties par les municipalités à des com-

pagnies pour une période déterminée, moyennant le paiement d'une redevance et l'observation d'un cahier de charges : c'est le système encore en vigueur.

Mais les charges imposées aux entrepreneurs devinrent plus lourdes avec les progrès de l'industrie. En 1860, Dumas et Regnault donnèrent les instructions qui servirent longtemps de base technique aux différents contrats.

Jusqu'en 1914, les traités de concessions prescrivaient généralement la vente à prix fixe du mètre cube durant toute la durée de la concession. Ce système a montré son grave défaut durant la grande guerre : les prix de revient augmentant dans des proportions vertigineuses, les usines à gaz accusaient des déficits impressionnants. Aussi, après une période transitoire d'augmentations temporaires et successives du prix de vente, les pouvoirs publics ont conseillé aux municipalités d'adopter le système logique connu actuellement sous le nom d'« échelle mobile », qui tient compte des variations de la valeur des éléments principaux du prix de revient¹.

12. Avenir de l'Industrie du gaz. — On a pu croire, à une certaine époque, que l'avènement de l'électricité marquait la déchéance de l'Industrie du gaz. Il n'en est rien.

Tout d'abord, pour certaines applications, l'emploi du gaz présente des avantages d'économie et de commodité qui assurent, pour longtemps encore, à l'Industrie gazière, des débouchés qui sont non seulement suffisants mais encore croissants. Les ventes de gaz des Sociétés gazières, loin de diminuer, augmentent constamment. Pour ne citer qu'un exemple, dans la banlieue parisienne, la Société d'Éclairage, Chauffage et Force Motrice en vendait 50 mil-

1. Voir « Les Procédés Modernes de l'Industrie du Gaz — Le Traitement des produits et sous-produits de la distillation de la houille » par R. Masse et A. Baril, 9^e partie.

lions de mètres cubes en 1906 et, en 1920, malgré le bouleversement terrible causé par la guerre, ses ventes ont atteint 180 millions de mètres cubes.

D'autre part, s'il paraît y avoir, en certains points, concurrence entre l'Industrie électrique et l'Industrie du gaz, il n'y a pas entre elles rivalité irréductible. Ces deux industries sont plutôt destinées à devenir associées.

Les vicissitudes de la Guerre ont en effet attiré — dans tous les pays — l'attention sur la nécessité vitale qu'il y a d'économiser le combustible en l'utilisant rationnellement¹.

La technique d'utilisation complète consiste en une distillation préalable, avec récolte de sous-produits, suivie d'une gazéification du résidu solide.

On peut entrevoir le moment où tout notre territoire sera parsemé de grandes centrales de distillation et de grandes centrales de gazéification, ces dernières destinées surtout à alimenter des centrales électriques. On obtiendra ainsi le rendement maximum.

Or, l'Industrie du gaz est, avec l'Industrie cokière, une industrie de distillation. Ses dirigeants et ses techniciens seront en outre particulièrement bien placés pour créer une grande industrie de gazéification. Une part très importante peut donc lui revenir dans la réalisation du plan d'utilisation rationnelle du combustible.

Il est permis de dire que l'Industrie du gaz, loin d'être une industrie en décadence, est une industrie de grand avenir.

1. Voir René MASSE : « Vers une utilisation rationnelle du charbon, élément primordial de la production nationale. Une économie de matière première et d'argent assimilable à une véritable production par la concentration et l'organisation — vues et programme d'ensemble » (*Chimie-Industrie* ; novembre 1918).

DEUXIÈME PARTIE

APPROVISIONNEMENTS DE HOUILLE

V. — ORIGINE DES APPROVISIONNEMENTS

13. Nécessité de recevoir des houilles de diverses provenances. — Les Sociétés gazières ayant à assurer un service public qui ne souffre ni arrêt ni retard, doivent se préoccuper de ne jamais manquer de la matière première indispensable : le charbon. Pour satisfaire à cette obligation, elles sont donc dans la nécessité de multiplier, autant que possible, leurs sources d'approvisionnement, afin de réduire au minimum les risques de non-livraison ou de retards causés par les grèves dans les bassins houillers, les arrêts de la batellerie (grèves, chômage, gelées), les irrégularités plus ou moins grandes des transports par voie ferrée.

D'ailleurs, au point de vue de la fabrication, il y a souvent intérêt à mélanger des charbons de sources différentes, ayant chacun ses qualités et ses défauts propres. Les propriétés du mélange sont ordinairement intermédiaires entre celles des constituants, mais peuvent en différer totalement. Ainsi, d'après MM. Charpy et Godchot, la résistance du coke fourni par des mélanges en proportions variées de deux charbons d'origine différente peut passer par un maximum plus élevé que la résistance du coke ob-

tenu en traitant seul le meilleur des deux charbons étudiés¹.

Dans tous les cas, le mélange de plusieurs charbons permet de faire varier entre certaines limites la quantité et la qualité du gaz et des sous-produits de la distillation : il facilite grandement le réglage de la fabrication.

14. État actuel de la question du charbon. — Le marché du charbon a été, comme beaucoup d'autres, profondément bouleversé au cours de la guerre de 1914-1918. La production européenne est tombée de 680 000 000 de tonnes en 1913 à environ 453 000 000 en 1919. Les prix ont subi ces dernières années et subissent encore des fluctuations considérables, tant en raison des variations dans l'offre et la demande qu'à cause de la grande instabilité des cours des devises étrangères. D'autre part, l'approvisionnement de l'Europe n'est assuré que d'une façon provisoire et reste encore soumis aux variations de la situation politique mondiale.

Dans ces conditions, nous nous abstenons de toute étude économique trop précise qui, vraie aujourd'hui, pourrait ne plus l'être demain ; disons seulement que l'utilisation de plus en plus rationnelle du charbon et l'appel sans cesse accru fait aux autres sources d'énergie nous permettent d'espérer que notre pays sera de moins en moins tributaire de l'étranger en matière de combustibles de toutes sortes.

Passons maintenant rapidement en revue les divers bassins houillers d'où l'on tire les charbons employés dans l'Industrie du gaz.

15. Houilles à gaz françaises. — Les principaux bassins français producteurs de houilles à gaz sont ceux :

1. Voir § 148. Influence des mélanges de charbon sur la qualité du coke produit.

du Nord et du Pas-de-Calais,
de la Loire,
du Centre,
du Gard,
du Tarn et de l'Aveyron,
de la Lorraine.

Ils produisaient ensemble avant guerre 39 700 000 tonnes par an ; en 1922, ils ont fourni 31 940 000 tonnes.

Le bassin du Nord et du Pas-de-Calais est de beaucoup le plus important des bassins houillers français. Pendant la guerre, en raison de sa proximité du front, il a beaucoup souffert des bombardements de l'ennemi ; mais les dévastations ainsi survenues ne sont rien à côté du noyage et des destructions systématiques qui ont rendu nos ennemis si tristement célèbres.

Les travaux de reconstruction malgré les difficultés de toutes espèces sont conduits avec une rapidité qui fait grand honneur à leurs auteurs, ainsi qu'on peut en juger par les chiffres suivants¹ :

Production des houillères sinistrées en :

Janvier 1919..	1 535 tonnes.
Janvier 1920..	122 055 —
Janvier 1921..	353 297 —
Janvier 1922..	580 726 —
Janvier 1923..	838 274 —

En 1921, la production totale du bassin du Nord et du Pas-de-Calais a été de 13 636 890 tonnes contre 28 895 000 tonnes en 1913 (toutes qualités comprises).

Heureusement le déficit de la production française est en partie comblé par le charbon de la Sarre qui nous a été attribué par le traité de Versailles.

Les mines domaniales de la Sarre donnent une forte proportion de houilles flambantes à gaz. Elles ont vu leur production augmenter fortement sous la gestion des techni-

1. Discours de M. Darcy à l'Assemblée générale des Houillères de France (mars 1923).

ciens français ; leur production a atteint 11 240 000 tonnes en 1922¹.

16. Houilles à gaz anglaises. — Les principaux bassins anglais producteurs des houilles à gaz sont ceux de l'Ecosse, du Nord (Durham), du Yorkshire, du Lancashire et du Sud du Pays de Galles.

L'importation anglaise, d'abord localisée dans les départements côtiers de la France, a peu à peu pénétré à l'intérieur du pays. L'augmentation de la consommation des houilles à gaz, les perfectionnements permettant d'employer, sans inconvénient, des houilles légèrement sulfureuses, ont contribué à déterminer et à maintenir ce mouvement d'importation qui a pris ces dernières années des proportions considérables ; il ne s'atténuera que par la reconstitution progressive des charbonnages français et la concurrence des autres provenances étrangères.

17. Houilles à gaz belges. — Le bassin du Hainau., qui est le principal bassin belge producteur de houilles à gaz, n'en renferme que dans la région comprise entre la frontière française et la ville de Mons, région dans laquelle se trouve un ensemble de concessions groupées sous les désignations générales de *Couchant-de-Mons* ou *Borinage*. D'autre part, on a reconnu l'existence de toute la série des houilles dans le bassin de la Campine.

18. Houilles à gaz allemandes. — Les principaux bassins allemands producteurs de houilles à gaz sont ceux :

de la Ruhr (dit Rhénan-Westphalien),
de la Basse-Silésie
et de la Haute-Silésie.

1. Discours de M. Darcy à l'Assemblée générale des Houillères de France (mars 1923).

Nous ne dirons rien des deux derniers, car leur situation géographique ne permet pas aux charbons qu'ils fournissent l'accès des marchés français.

Le bassin de la Ruhr qui recouvre une partie de la province rhénane et de la Westphalie, possède une série de 136 couches de houille ayant 108 mètres d'épaisseur totale formant quatre zones qui sont, de haut en bas :

la zone des houilles	flambantes à gaz,
—	— à gaz,
—	— grasses,
—	— maigres.

Sur ces 136 couches, il y en a 44 dans la zone des charbons à gaz, avec 35 mètres d'épaisseur; et 25 dans les houilles flambantes, avec 23 mètres d'épaisseur.

L'importation des houilles allemandes en France s'était beaucoup développée avant 1914, grâce aux conditions spéciales de prix que consentaient, pour l'exportation, les Syndicats allemands.

Depuis 1918, cette importation a été réglée par des dispositions spéciales sur lesquelles nous n'insisterons pas, en raison de leur caractère provisoire.

19. Houilles à gaz américaines. — On distingue parmi les charbons à gaz des États-Unis et du Canada ceux :

de Pensylvanie (région de Pittsburg),
de West-Virginia,
et du Canada.

La richesse houillère des États-Unis est considérable, puisque leurs terrains houillers couvrent plus de 700000 kilomètres carrés, alors que l'Angleterre n'en a que 31000 kilomètres carrés. Pendant longtemps, l'Amérique a gaspillé ces richesses mais de plus en plus pénètrent dans ce pays les procédés rationnels appliqués de longue date en

Europe, où l'économie est de règle. La consommation s'assagit et déjà l'Amérique s'apprête à exporter une très importante quantité de charbon.

La comparaison au point de vue économique des charbons américains et européens est du plus haut intérêt, mais sortirait du cadre de cet ouvrage. Qu'il nous suffise de rappeler qu'en fait les houilles américaines ont pu, pendant un moment, concurrencer efficacement en 1920 les houilles à gaz anglaises, malgré l'inconvénient qui résulte, pour l'industrie gazière, de leur teneur élevée en soufre. Mais en raison de la grande instabilité du marché, il est impossible d'en tirer aucune conclusion pour l'avenir.

VI. — CLASSIFICATION DES HOUILLES

20. Utilité des essais et analyses des houilles. — La houille n'est pas la seule substance susceptible de produire du gaz d'éclairage, par sa distillation en vase clos : les lignites, le bois, les huiles, les goudrons, etc... jouissent de la même propriété ; mais en pratique et, par obligation contractuelle, sauf dans quelques cas particuliers, c'est le charbon qu'on emploie pour cet usage.

Toutes les houilles n'ont pas la même composition chimique et ne conviennent pas pour la production du gaz. D'autre part, les conditions qu'elles doivent remplir pour satisfaire aux exigences techniques de la distillation sont nombreuses. Pour savoir si une houille convient bien à l'usage auquel elle est destinée, et pour comparer entre elles des houilles de provenances différentes, il est donc nécessaire de les soumettre au laboratoire à une série d'essais et de déterminer leurs *éléments caractéristiques* (matières volatiles, coke, etc.).

Pour faciliter l'appréciation des qualités d'une houille, on a groupé dans une même catégorie toutes celles pour lesquelles un au moins de ces éléments a des valeurs voisines. On a ainsi dressé des classifications des houilles. Nous allons examiner succinctement celles d'entre elles qui sont d'un usage courant.

21. Classification des houilles. — Les différentes catégories de charbon sont habituellement classées en France d'après la longueur de la flamme et la facilité de la combustion (ce qui revient indirectement à apprécier le taux des matières volatiles).

Cette classification est représentée sur les tableaux suivants :

CLASSE OU TYPE	COKE POUR 100 DE HOUILLE PURE	MATIÈRES VOLATILES, POUR 100 DE HOUILLE PURE	NATURE ET ASPECT DU COKE	POUVOIR CALORIFIQUE
1 ^o Houilles sèches à longue flamme.	55 à 60	45 à 40	pulvérulent ou légèrement fritté.	8 000 à 8 500
2 ^o Houilles grasses à longue flamme (charbon à gaz).	60 à 68	40 à 32	complètement aggloméré et le plus souvent fondu.	8 500 à 8 800
3 ^o Houilles grasses proprement dites (charbons de forge).	68 à 74	32 à 26	fondu et plus ou moins boursoufflé.	8 800 à 9 300
4 ^o Houilles grasses à courte flamme (charbons à coke).	74 à 82	26 à 18	fondu compact.	9 300 à 9 600
5 ^o Houilles maigres ou anthraciteuses.	82 à 90	18 à 10	légèrement fritté et le plus souvent pulvérulent.	9 200 à 9 500
6 ^o Anthracites.	90 à 92	10 à 8	pulvérulent.	9 000 à 9 200

Composition élémentaire.

CLASSE OU TYPE	C	H	O ET N	$\frac{O + N}{H}$
Houilles sèches à longue flamme.	70 à 80	5,5 à 4,5	19,5 à 15,5	entre 4 et 5
Houilles grasses à longue flamme.	80 à 85	5,8 à 5	14,2 à 10	entre 3 et 2
Houilles grasses proprement dites.	84 à 89	5 à 5,5	11 à 5,5	entre 2 et 1
Houilles grasses à courte flamme.	88 à 91	5,5 à 4,5	6,5 à 4,5	voisin de 1
Houilles maigres ou anthraciteuses.	90 à 93	4,5 à 4	5,5 à 3	inférieur à 1
Anthracites.	93 à 95	4 à 2	3	1 à 0,5

22. Classification de M. Sainte-Claire Deville. —

M. Sainte-Claire Deville a étudié l'influence de la teneur en oxygène des houilles sur le rendement en coke, en matières volatiles, en goudron, etc... ainsi que sur la composition du gaz, et a montré que la proportion d'oxygène pouvait, dans une certaine mesure, caractériser une houille. Il distingue les cinq types suivants :

Type I.	5,0 à 6,5	pour 100 d'oxygène		
Type II.	6,5 à 7,5	—	—	
Type III.	7,5 à 9,0	—	—	
Type IV.	9,0 à 11,0	—	—	
Type V.	11,0 à 12,0	—	—	

23. Classifications étrangères. — Les charbons

anglais sont classés en :

- a) Lignites contenant environ 26 pour 100 d'oxygène et 67 pour 100 de carbone,
- b) Cannel-coal, que l'on rencontre surtout en Écosse et dans le Lancashire, très employé dans l'industrie du gaz,
- c) Charbons bitumineux, contenant 75 à 90 pour 100 de carbone, 5 à

20 pour 100 d'oxygène, comportant deux catégories : l'une collante (caking), l'autre non collante (not caking),

- d) Charbons à vapeur (steam-coal).
- e) Anthracites.

Les Allemands distinguent :

- a) La houille collante (Back Kohle), correspondant à peu près aux charbons à gaz et de forge de la classification française,
- b) La houille maigre (Mager Kohle), plus difficile à allumer,
- c) La houille sablonneuse (Sand Kohle), très difficile à allumer, qui comprend à la fois les houilles sèches et les houilles maigres de la classification française,
- d) Anthracites.

La classification belge comprend :

- a) Les houilles sèches à grande flamme ou flénus secs,
 - b) Les houilles grasses ou flénus gras de Mons,
 - c) Les houilles demi-grasses
 - d) Les houilles maigres
- } ou Charleroi.

Enfin les États-Unis se contentent de la division sommaire en charbons bitumineux et anthracites.

24. Caractéristiques des houilles à gaz. — Les houilles à gaz ou houilles grasses à longue flamme de la classification française, comprises dans les types 2 et 3 de la classification de M. Sainte-Claire Deville, doivent remplir les conditions suivantes :

1° La décomposition doit se faire à une température pas trop élevée et ne pas absorber une trop grande quantité de chaleur ;

2° Elles ne doivent contenir qu'une faible proportion d'impuretés et surtout de soufre, pour éviter de trop grands frais d'épuration ;

3° Elles doivent produire par 100 kilogrammes 29 à 31 mètres cubes d'un gaz ayant un bon pouvoir calorifique ;

4° Le coke produit à raison de 66 à 70 kilogrammes par

100 kilogrammes de houille ne doit être ni trop friable ni trop boursoufflé.

En dehors de ces conditions, il faut encore considérer la teneur en eau qui ne doit pas dépasser 4 à 5 pour 100 (autrement le rendement en gaz diminue), ainsi que la proportion de cendres pour laquelle on prend généralement, comme limite supérieure, 10 pour 100. Enfin la grosseur des morceaux influe sur l'altération des houilles à l'air, ainsi que nous le verrons plus loin.

25. Essais des combustibles. Échantillonnage. —

Pour savoir si une houille déterminée répond bien aux diverses conditions qui viennent d'être énumérées, on effectue, au laboratoire, une série d'essais sur un échantillon dont la composition doit être aussi voisine que possible de la composition moyenne du lot à examiner.

Pour arriver à ce résultat, on opère d'abord une prise d'essai en prélevant en différents endroits du tas ou du chargement des quantités de houille plus ou moins importantes, dont le poids total variera, selon l'importance du lot, de 20 à 50 kilogrammes. Cette prise d'essai est finement broyée puis divisée en 4 lots égaux, dont 2 seulement sont retenus, mélangés et partagés comme la première prise, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'un kilogramme de charbon qui constitue l'échantillon définitif.

La prise d'essai est très délicate et trop souvent négligée. Pour que la composition de la matière prélevée représente bien la valeur la plus probable de la composition du lot, il est nécessaire qu'on ait éliminé, par un examen minutieux des conditions de chargement et de déchargement, toutes les causes tendant à introduire des erreurs systématiques.

26. Analyse industrielle. — Nous laisserons de côté

l'analyse élémentaire de la houille qui se fait rarement dans les laboratoires industriels.

Pratiquement, on se borne à déterminer les teneurs en :

- a) eau hygrométrique,
- b) matières volatiles,
- c) cendres,
- d) coke produit,
- e) soufre,
- f) et azote.

27. Détermination de la teneur en eau hygrométrique. — Dans une étuve bien ventilée, on chauffe pendant une heure environ à une température comprise entre 100° et 105° un poids de 100 ou 200 grammes de houille réduite en poudre fine. La perte de poids indique la quantité d'eau hygrométrique contenue dans la houille. Cette méthode n'est pas parfaite, car certaines houilles se décomposent au-dessous de 100°, mais pratiquement les erreurs sont négligeables.

28. Détermination de la teneur en matières volatiles et en coke. — Un procédé rapide consiste à chauffer sur brûleur Bunsen une masse de 1 à 2 grammes de houille pulvérisée, préalablement séchée, dans un creuset de platine muni d'un couvercle et que l'on a taré, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de dégagement de gaz combustible (quelques minutes). On éteint sans toucher au creuset, on laisse refroidir et on pèse.

Cette méthode introduit une légère cause d'erreur provenant des rentrées d'air possibles dans le creuset à la fin de la distillation; mais en pratique elle suffit largement. Toutefois, il est facile d'éviter l'inconvénient signalé en enfermant le creuset dans un autre plus grand avec interposition de charbon. On laisse refroidir complètement avant d'enlever le couvercle extérieur.

La quantité de coke produit est pesée directement.
La perte de poids représente le poids des matières volatiles.

29. Détermination de la teneur en cendres. — Elle s'obtient en incinérant complètement le coke provenant de la distillation et en pesant le résidu.

30. Dosage du soufre. — Dans le procédé Eschka, on chauffe ensemble 1 gramme de houille pulvérisée, 0^{gr},5 de carbonate de soude pur et 1 gramme de magnésie calcinée. Après refroidissement, on reprend par 100 centimètres cubes d'eau chaude, on ajoute de l'eau bromée en excès pour oxyder les sulfures alcalins, on fait bouillir, on filtre et, dans le liquide obtenu, on dose l'acide sulfurique par le chlorure de baryum après avoir acidulé par l'acide chlorhydrique.

En faisant la même opération pour le coke, on a, par différence, le soufre contenu dans les matières volatiles.

31. Dosage de l'azote. — Ce dosage s'effectue le plus souvent par le procédé Kjeldahl : l'azote des matières azotées organiques chauffées longtemps avec SO^+H^2 et HgO (ou du mercure métallique) est transformé en sulfate d'ammoniaque, dont on distille et dose l'ammoniac.

32. Analyse au point de vue des sous-produits. — Il peut être intéressant de déterminer la nature et la quantité des sous-produits fournis en effectuant une véritable distillation complète portant sur une petite quantité de houille.

M. Marchal a imaginé (*Revue Industrielle*, juin 1911) un appareil spécial permettant de traiter 1 kilogramme de combustible. Il consiste principalement en une petite corne verticale suivie de flacons réfrigérants (dosage du goudron) et de laveurs contenant, les uns, de l'acide sulfurique

dilué (dosage de l'ammoniaque), les autres, de l'huile de goudron (dosage du benzol).

Il ne reste plus qu'à déterminer la qualité du gaz au point de vue de sa composition et de son pouvoir calorifique.

Nous verrons cette question dans un autre chapitre ¹.

VII. — TRANSPORT ET RÉCEPTION DES HOUILLES

33. Transports par eau. — La voie d'eau est, sous bien des rapports, inférieure à la voie ferrée ; elle est localisée d'une façon immuable, tandis que la voie ferrée peut s'installer partout où sa présence est indispensable. La navigation est lente, tandis que les transports par fer sont rapides et tendent à s'accélérer de plus en plus. Elle est sous la dépendance des conditions atmosphériques (gelée, sécheresse). Les travaux d'entretien annuel l'arrêtent parfois pendant des semaines. En outre, la lenteur de ce système de transport oblige souvent le gazier à posséder sur péniches, entre la mine et son usine, un stock flottant important et coûteux.

Mais à côté de ces inconvénients, le transport par eau présente de réels avantages. Une usine installée près d'une voie d'eau peut, avec des moyens de déchargement suffisamment perfectionnés, assurer la manutention de la houille du bateau au magasin ou aux fours dans des conditions d'économie que ne connaît pas le plus souvent une usine desservie seulement par la voie ferrée, même lorsqu'elle possède un embranchement particulier, ce qui n'est pas toujours possible.

1. Voir *Les Procédés modernes de l'Industrie du gaz. — Traitement des produits et sous-produits de la distillation de la houille* par R. Massé et A. Baril Chapitre IX.

Si le charbon arrive par mer, il est transbordé à meilleur prix du steamer sur des chalands ou péniches que sur wagons.

Enfin les tarifs de transport par eau sont en général plus avantageux que les tarifs de chemins de fer.

34. Transports par fer. — Les transports par fer

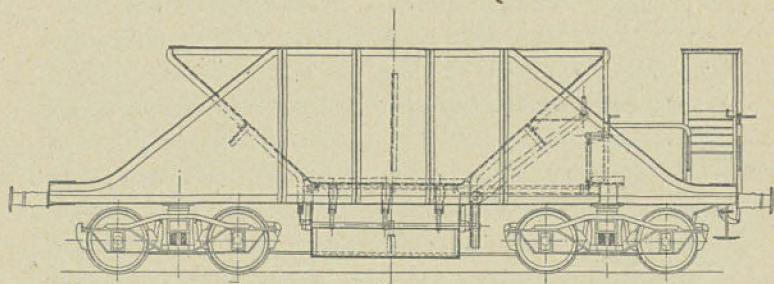


Fig. 1. — Wagon à déchargement automatique.

peuvent être effectués soit dans les wagons ordinaires des compagnies, soit dans des wagons spéciaux.

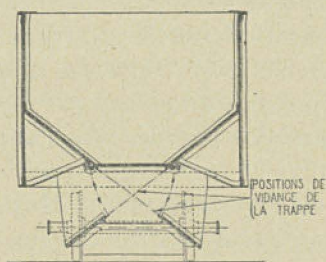


Fig. 2.
Wagon à déchargement automatique.

L'emploi des wagons ordinaires est seul possible pour les usines de petite et moyenne puissance. Dès que le tonnage transporté devient important, il y a un avantage pour une société gazière à acheter des wagons aménagés spécialement pour un déchargement facile et rapide.

D'une part, en effet, le tarif des Compagnies de chemin de fer, lorsque les wagons sont fournis par les expéditeurs ou les destinataires, comporte des réductions qui com-

pensent généralement dans d'assez larges proportions les frais d'amortissement et d'entretien desdits wagons.

D'autre part, à la condition de choisir un modèle à déchargement complètement automatique, on évite les frais importants de main-d'œuvre au déchargement, occasionnés par l'emploi de wagons ordinaires.

Les figures 1 et 2 montrent un modèle de wagon à déchargement automatique.

35. Réception des charbons par eau. — Nous ne décrivons pas en détail tous les dispositifs employés pour le déchargement des chalands et péniches ; nous renverrons pour ce point le lecteur aux ouvrages spéciaux¹. Nous nous bornerons à mentionner :

La chaîne à godets qui convient bien aux usines de moyenne et grande puissance ;

Les grues, à vapeur ou électriques, pourvues de bennes preneuses, universellement employées ;

Les élévateurs, dans lesquels on cherche à supprimer le mouvement tournant de la charge et à réduire au strict minimum les poids morts à mouvoir.

D'ailleurs, le dispositif employé dépend étroitement des conditions locales et varie d'une usine à l'autre.

Le charbon enlevé par ces divers appareils est en général déversé dans des wagons qui le transportent ensuite, soit au parc ou magasin, soit aux ateliers de distillation.

36. Réception des charbons par fer. — Lorsque les wagons sont à déchargement automatique, leur vidange est simple et rapide. Dans le cas contraire, les wagons sont déchargés, soit à la pelle, soit au moyen de basculeurs-culbuteurs.

1. Voir notamment *Le Gaz*, par René MASSE, t. 1, p. 111 à 146.

Les culbuteurs à fosse (fig. 3) sont des sortes de plates-formes portant des rails et mobiles autour d'un axe horizontal, soit parallèle à l'axe (culbuteur latéral), soit perpendiculaire (culbuteur en bout). Ils ne nécessitent aucun moteur ; le poids de la charge seul met l'appareil en mouvement.

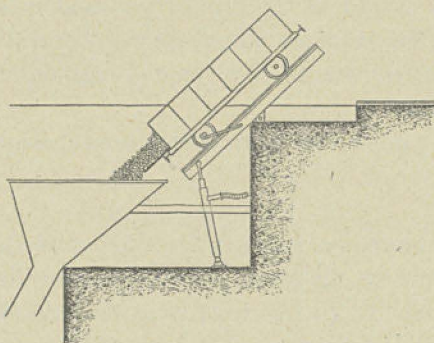


Fig. 3. — Culbuteur de wagon à fosse.

Les culbuteurs-élévateurs sont des monte-charges dont les plates-formes peuvent basculer. Ils sont mus par commande hydraulique ou électrique.

37. Pesage du charbon. — Le mouvement du charbon dans une usine à gaz doit être à chaque instant contrôlé par de nombreuses pesées, tant pour permettre de se rendre compte de la bonne marche de la fabrication que pour éviter les fraudes.

La première série de pesées se fait à la réception des houilles. Dans les grandes usines comportant un réseau ferré, on fait passer les wagons sur des ponts à bascule placés sur les voies qui relient la gare au parc de stockage et aux ateliers de distillation ou sur celles qui, venant du quai, vont aux mêmes endroits, si la réception se fait par eau.

Enfin, il est possible, même sur les transporteurs continus, d'organiser le pesage automatique.

VIII. — MANUTENTION DES HOUILLES

38. Les diverses manutentions du charbon à l'intérieur de l'usine. — Le charbon, déchargé des wagons ou des bateaux, doit être amené, selon l'importance des arrivages et les besoins de la consommation, soit aux fours de distillation, soit aux parcs d'emmagasinage.

Les manutentions sont celles représentées sur le schéma suivant :

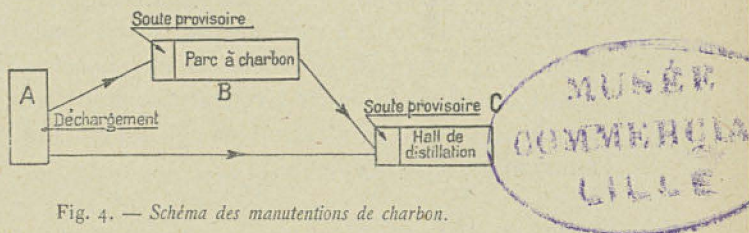


Fig. 4. — Schéma des manutentions de charbon.

Le charbon, arrivant en A peut à volonté ou bien être transporté en B, où il est mis en tas, puis repris au moment de l'emploi et amené en C, ou bien être transporté directement de A jusqu'aux ateliers de distillation C.

Nous ne parlerons pas des petites usines dans lesquelles les manutentions se font à la pelle ou avec un outillage plus ou moins rudimentaire. Dans le cas le plus général, les diverses opérations sont les suivantes :

- 1° Transport de A en B ;
- 2° Déchargement en B dans une soute provisoire ;
- 3° Reprise du charbon dans cette soute et mise au tas ;
- 4° Reprise du charbon au tas et chargement dans un transporteur ;
- 5° Transport de B en C ;
- 6° Déversement en C dans une soute provisoire ;
- 7° Reprise au moyen de transporteurs verticaux et horizontaux, et déversement dans les trémies d'alimentation des fours.

Naturellement certaines dispositions locales permettent de simplifier cette marche, plusieurs opérations étant alors confondues en une seule.

Les transports du charbon du point de déchargement au parc et du parc aux ateliers de distillation peuvent, si la distance à parcourir est faible, être réalisés au moyen des transporteurs horizontaux dont nous dirons quelques mots plus loin.

En général, on établit à l'intérieur de l'usine des voies ferrées sur lesquelles circulent des wagons spéciaux servant aux divers transports de houille, de coke, etc. Ils sont mus soit par des locomotives, soit par des cabestans.

Les chemins de fer à voie normale sont souvent les plus avantageux, parce qu'ils évitent les transbordements. Par contre, les chemins de fer à voie étroite présentent plus de souplesse, ils sont en outre moins encombrants et leur installation est moins coûteuse.

39. Mise et reprise au tas. — Pour former le tas, il est nécessaire d'avoir accès sur toute l'étendue du parc à charbon. Si le déversement ne peut avoir lieu qu'en un point, le tas a la forme d'un cône. S'il a lieu le long d'une droite, le tas a la forme d'un prisme triangulaire à arêtes horizontales. Pour pouvoir couvrir convenablement toute la surface du parc, il est nécessaire que les points ou les lignes suivant lesquels se fait le déversement soient suffisamment rapprochés les uns des autres.

Une solution parfaite est fournie par l'emploi de ponts transbordeurs servant à la fois à la mise au tas et à la reprise du charbon. On peut aussi — et ce procédé est employé dans beaucoup d'usines — faire circuler les wagons sur des estacades auxquelles on parvient par une rampe d'accès et du haut desquelles le charbon est déversé automatiquement. Pour la reprise au tas, on utilise le plus

souvent des wagons ou des wagonnets circulant sur des voies mobiles que l'on installe le long des parcs au pied des tas (fig. 5).

40. Les transporteurs. Leurs divers types. — Le charbon, après avoir été déversé dans les soutes des ateliers de distillation, doit être repris et transporté jusqu'aux trémies d'alimentation des fours. Il subit alors une série de

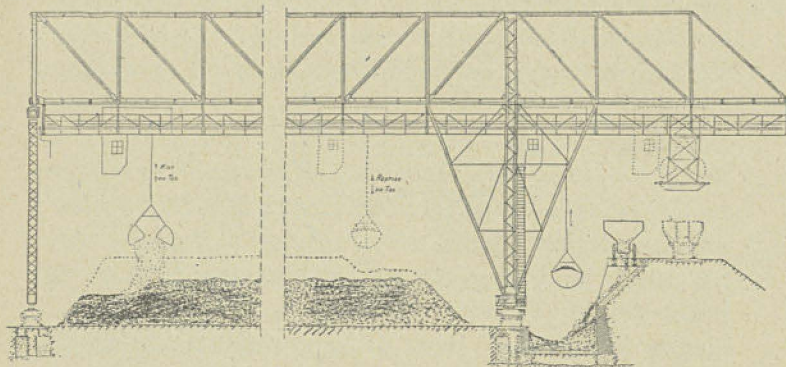


Fig. 5. — Magasin à charbon de l'usine à gaz de Gennevilliers.

manutentions qui varient naturellement beaucoup avec les diverses installations ; mais les transporteurs qui le véhiculent rentrent tous dans l'une des trois catégories suivantes :

1° Les appareils produisant une élévation verticale simple ou combinée avec un transport horizontal : ascenseurs, monte-charge, chaînes à godets ;

2° Les appareils produisant un déplacement horizontal : voies ferrées, convoyeurs, transporteurs à secousses, etc. ;

3° Les transporteurs aériens : plans inclinés, câbles transporteurs, monorails, etc.

41. Transporteurs verticaux. — Les transporteurs à

godets sont d'un emploi très général et permettent de faire suivre au charbon les chemins les plus variés.

La noria classique comprend une chaîne aux maillons de laquelle sont fixés les godets transporteurs. Elle tourne sur deux tambours polygonaux dont l'un sert à la commande. A la partie inférieure, elle puise dans un bac la matière à élever.

Indépendamment des monte-charges ordinaires, nous

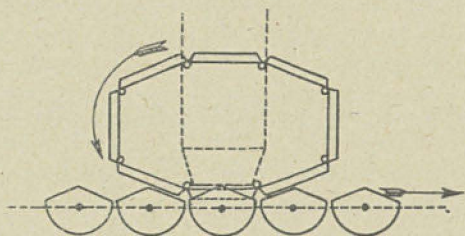


Fig. 6. — Schéma de l'appareil remplisseur de godets des chaînes Hunt.

citerons le convoyeur Hunt. Il comprend deux chaînes à longs maillons dont les articulations portent des galets, roulant sur rails et constamment graissés par des éponges imbibées d'huile placées dans les moyeux creux. Entre ces deux chaînes, des godets sont suspendus aux axes des galets. Ils peuvent osciller librement, mais restent constamment horizontaux. On les remplit au moyen d'une chaîne d'entonnoirs sans fin (fig. 6), tournant sur elle-même, dont les éléments viennent se placer exactement au-dessus des godets, au fur et à mesure que ceux-ci avancent. Pour vider les godets, on les fait basculer au moyen de taquets qui peuvent être immobilisés à volonté en un point quelconque du parcours horizontal supérieur.

42. Transporteurs horizontaux. — Pour les transports horizontaux, on peut également employer des wagons ou

des wagonnets traînés mécaniquement. Pour cela on utilise quelquefois un câble, ou une chaîne sans fin, enroulé sur poulies. L'un des brins entraîne les wagons pleins, l'autre ramène les wagons vides.

Les transporteurs à courroie sans fin conviennent particulièrement aux transports horizontaux ou à faible inclinaison. Le brin transporteur est supporté de place en place par des galets qui l'empêchent de prendre une flèche appréciable et lui donnent un profil convenable. On peut obtenir le déchargement total ou partiel des matières transportées, en un point quelconque, au moyen de chariots culbuteurs.

Les chaînes à raclettes sont constituées par des palettes droites et incurvées se déplaçant dans une goulotte en fonte ou en tôle, percée ou non de trous à trappes pour le déchargement. La chaîne repose soit par des galets sur des chemins de roulements établis sur les côtés du couloir, soit par de simples taquets sur des chemins de glissement (entraîneur de Brouwer).

Enfin, on peut effectuer des transports horizontaux par nombre d'autres appareils, comme vis d'Archimède, spirales, couloirs oscillants, transporteurs à secousses, couloirs à inertie, etc.

43. Transporteurs inclinés et aériens. — Les plans inclinés sont d'un emploi très fréquent en raison de leur facilité d'installation et d'utilisation. En général, ils sont à deux voies avec double convoi, l'un montant, l'autre descendant; les convois sont reliés à des treuils par des câbles, soutenus de distance en distance par des rouleaux fixés au milieu des voies. Les plans inclinés fonctionnent, soit automatiquement (et on règle alors le mouvement à l'aide de freins), soit au moyen de moteurs (à vapeur, à gaz, électriques, etc.). Si la pente dépasse 30°, les wagon-

nets ne circulent pas directement, mais sont supportés par un bâti spécial ou chariot porteur.

Les câbles transporteurs aériens sont de plus en plus employés. On distingue :

— le système tricâble, dans lequel deux câbles fixes servent uniquement à porter, l'un les wagonnets pleins, l'autre les wagonnets vides ; le troisième câble, dit tracteur, est continu et se meut parallèlement aux câbles porteurs ;

— le système monocâble, dans lequel il n'y a qu'un câble, continu, qui sert à la fois de tracteur et de porteur ;

— le va-et-vient qui comporte deux wagonnets seulement : celui qui est chargé remonte celui qui est vide.

Enfin les transports horizontaux peuvent encore se faire par des voies suspendues ou par des transporteurs monorails. Ces derniers, très répandus, présentent, sur les voies de chemin de fer ordinaires, les avantages suivants : encombrement plus réduit, utilisation appropriée à une configuration quelconque du sol, franchissement des pentes d'inclinaison atteignant 45° et faible consommation d'énergie. Le roulage se fait soit à la main, soit pour les longueurs importantes au moyen d'un câble tracteur.

Nous citerons également les transporteurs monorails à godets dans lesquels les godets sont suspendus des deux côtés de la file unique de rails.

IX. — EMMAGASINAGE DES HOUILLES

44. Nécessité des stocks. — Pour assurer sans à-coups la marche d'une usine à gaz et parer notamment aux variations de consommation ou aux arrêts possibles de l'approvisionnement en charbon (par suite d'accident de chemin de fer, de gelée de canaux, d'inondations, de grèves de mineurs ou de transporteurs, etc.), il est nécessaire de tenir

en réserve une certaine quantité de charbon, dont l'importance est pratiquement comprise entre le $1/12$ et le $1/3$ de la consommation annuelle.

45. Magasins en plein air. — Les parcs en plein air présentent sur les magasins couverts l'avantage de ne nécessiter, pour leur installation, que des frais de premier établissement très peu élevés. Mais comme les tas ne doivent avoir qu'une hauteur relativement faible afin d'éviter les risques de combustion spontanée, la surface occupée est beaucoup plus grande ; de plus, le charbon est soumis à l'action de la pluie, ce qui facilite son altération.

L'emplacement du parc, son niveau, son étendue, dépendent naturellement des conditions locales et notamment des appareils utilisés pour le transport du charbon jusqu'aux ateliers de distillation et à l'intérieur même de ces ateliers. A chaque cas particulier correspond donc une solution particulière ; le but principal à poursuivre est toujours de diminuer le nombre et l'importance des manipulations, particulièrement de celles qui doivent s'opérer à bras d'hommes.

46. Magasins couverts. — Les magasins couverts, employés souvent en Allemagne et en Suisse, quelquefois en France, semblent convenir principalement aux usines de moyenne importance. Les uns sont constitués par des bâtiments divisés par des murs longitudinaux en un certain nombre de compartiments ; la reprise du charbon se fait alors au moyen de wagonnets circulant au-dessus des tas (fig. 7). Les autres, beaucoup plus nombreux, sont à plancher incliné. Les magasins de ce type sont souvent divisés en compartiments, formant de vastes trémies (fig. 8). A la partie inférieure se trouvent des trappes permettant la reprise du charbon. L'inclinaison des planchers est suffi-

sante pour que le charbon s'écoule toujours spontanément, quelle que soit sa grosseur.

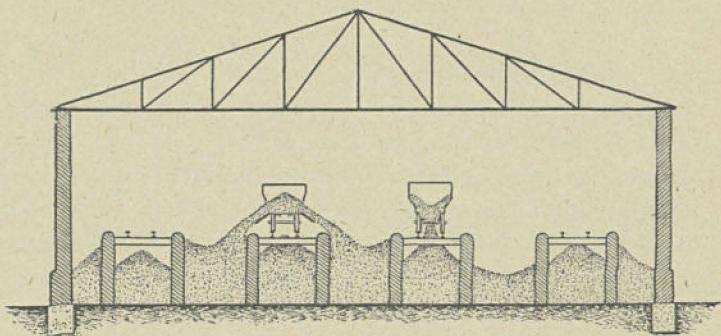


Fig. 7. — Magasin à charbons de l'usine à gaz de Brême.

La reprise du charbon par le bas facilite beaucoup la

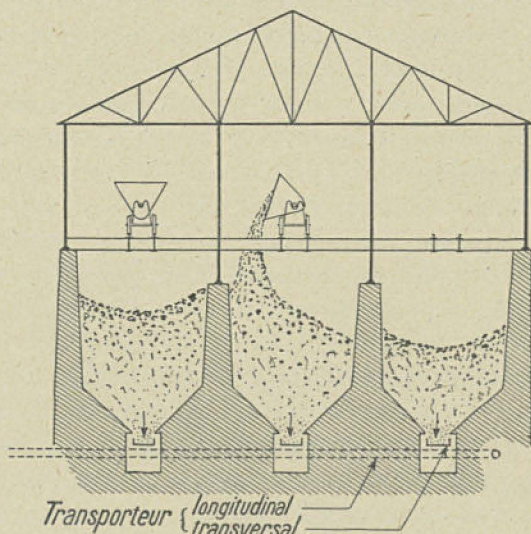


Fig. 8. — Magasin à charbons de l'usine à gaz de Zurich.

manutention ; il est aisé de ménager sous les trappes des

passages dans lesquels se meuvent des transporteurs horizontaux. De plus, ce procédé présente l'avantage, au point de vue des dangers de combustion spontanée du charbon, de permettre de reprendre d'abord les couches inférieures qui sont toujours les plus chaudes.

47. Altération des houilles à l'air. — Pratiquement le stockage à l'air de la houille à gaz a pour effet :

1° de réduire le rendement en gaz (la diminution peut atteindre pour certaines qualités 10 pour 100 en 6 mois), en ammoniacque et en goudron ;

2° de diminuer la qualité du coke.

Il est facilement visible que la houille abandonnée à l'air s'effrite et change d'aspect sous l'influence combinée de l'eau, de l'air et de la chaleur.

Une étude systématique de cette question a montré que d'abord l'évaporation de l'eau contenue dans la houille provoque une diminution de poids ; puis l'oxydation due à l'air fait peu à peu remonter ce poids au point de lui faire dépasser sa valeur initiale.

Enfin, au bout d'un certain temps, la température s'élève et le poids diminue de nouveau d'une manière continue. Il se produit alors une véritable combustion, avec dégagement d'anhydride carbonique : c'est la combustion spontanée.

48. Combustion spontanée. — L'oxydation du charbon est accompagnée d'un dégagement de chaleur. L'échauffement, favorisé d'ailleurs par la présence de certaines matières minérales, comme les pyrites, n'est pas trop considérable si le charbon est en couche peu épaisse et se refroidit par rayonnement. Si au contraire le tas a une grande hauteur, sa surface rayonnante relativement faible peut être insuffisante pour permettre le refroidissement et, comme l'oxydation est d'autant plus rapide que la tempé-

rature est plus élevée, la réaction peut aller en s'accélégrant, jusqu'à provoquer l'inflammation spontanée de la masse. On évitera ce grave inconvénient en ne donnant jamais aux tas de houille plus de 2^m,50 environ de hauteur.

49. Emmagasinage des charbons sous l'eau. — La nécessité de stocker des quantités importantes de charbon entraîne des immobilisations coûteuses. Il est nécessaire de renouveler périodiquement les stocks, ce qui exige des manipulations d'autant plus onéreuses qu'on a le souci d'éviter les pertes par altération à l'air que produisent des séjours excessifs sur parc. On peut résoudre ces difficultés par la mise en stock sous l'eau. Le charbon, emmagasiné sous l'eau, se conserve en effet très longtemps sans modification sensible. Cependant, comme il paraît difficile d'appliquer intégralement cette solution aux installations déjà existantes, et qu'en raison de la nouveauté de ce procédé on peut craindre des inconvénients possibles non encore décelés, nous avons proposé la « méthode du stock mixte », aérien et aquatique¹.

Ce stock comprendrait :

1° Une partie mise en tas à l'air, destinée à être liquidée et reconstituée au moins une fois chaque année, mais réduite au strict minimum imposé par les nécessités journalières de l'exploitation (irrégularités dans les arrivages, par exemple);

2° L'autre mise en réserve sous l'eau, destinée à n'être utilisée qu'en cas d'arrêt prolongé des arrivages ayant occasionné l'épuisement de toutes les autres ressources.

1. Communication de M. René MASSÉ au Congrès de la Société Technique du Gaz, Marseille, 1912.

TROISIÈME PARTIE

DISTILLATION DE LA HOUILLE

X. — GÉNÉRALITÉS, CALORIMÉTRIE ET PYROMÉTRIE

50. Généralités. — La distillation de la houille est la partie la plus importante des opérations concernant la fabrication du gaz. Elle s'opère par chauffage.

Avant d'en aborder l'étude, il est utile de rappeler quelques définitions et quelques renseignements concernant les phénomènes physiques et chimiques relatifs à la production de la chaleur. De même il peut être intéressant de décrire les moyens et appareils employés pour mesurer les températures.

51. Combustion et chaleur de combustion. — La combustion est une oxydation : elle dégage de la chaleur.

On appelle chaleur de combustion à pression constante, ou plus simplement chaleur de combustion d'un corps simple ou composé, chimiquement défini, le nombre de calories dégagées par la combinaison avec l'oxygène d'un nombre de grammes de ce corps égal à son poids moléculaire.

L'unité de quantité de chaleur adoptée est la grande calorie. C'est la quantité de chaleur nécessaire pour échauffer

52. — Tableau des Chaleurs de Combustion.

40

NOM DU CORPS BRÛLÉ	FORMULE COR-RESPONDANT AU VOLUME MOLÉCULAIRE	POIDS DE LA MOLÉCULE	VOLUME COR-RESPONDANT	RÉACTION DE COMBUSTION	CHALEUR DE COMBUSTION GRANDES CALORIES DÉGAGÉES	OBSERVATIONS
		grammes	litres			
Hydrogène.	H ²	2	22,32	H ² + O = H ² O	58,2	Eau vapeur ⁽¹⁾
Oxyde de carbone.	CO	28	—	CO + O = CO ²	69,0	Eau liquide
Formène.	CH ⁴	16	—	CH ⁴ + 4O = CO ² + 2H ² O	68,2	—
Acétylène.	C ² H ²	26	—	C ² H ² + 5O = 2CO ² + H ² O	191,8	Eau vapeur 3 mol.
Carbone amorphe.	C ²	24	—	C ² + 4O = 2CO ²	213,4	Eau liquide
Éthylène.	C ² H ⁴	28	—	C ² + 2O = 2CO	315,7	Eau liquide
Propylène.	C ³ H ⁶	42	—	C ² H ⁴ + 6O = 2CO ² + 2H ² O	2 × 97,6	2 volumes
Benzine (vapeur).	C ⁶ H ⁶	78	—	C ³ H ⁶ + 9O = 3CO ² + 3H ² O	2 × 29,4	moléculaires
				C ⁶ H ⁶ + 15O = 6CO ² + 3H ² O	341,2	Eau liquide
					499,3	Eau liquide
					783,0	Eau liquide

1. Noter que de ces renseignements, il résulte que la chaleur de vaporisation de l'eau à 0° serait 69 — 58,2 = 10,8 calories, alors que la formule de Regnault (606,5 + 0,305t = λ) donne 606,5 × 0,018 = 10,917 calories.

DISTILLATION DE LA HOUILLE

1 kilogramme d'eau de la température de 0° à la température de 1° .

Les chaleurs de combustion des corps les plus usités ont été déterminées expérimentalement par différents chimistes ou physiciens et en particulier par Berthelot. Nous donnons ci-contre, d'après l'Annuaire du Bureau des longitudes, un tableau indiquant les chaleurs de combustion indispensables à l'étude des fours utilisés dans l'industrie du gaz.

53. Pouvoir calorifique. — Le pouvoir calorifique est la quantité de chaleur dégagée par la combustion d'un kilogramme d'un corps de composition chimique complexe (houille, coke, tourbe, bois).

Il est déterminé expérimentalement. L'appareil généralement utilisé est la bombe calorimétrique de Berthelot, Vieille et Mahler.

54. Chaleurs d'échauffement. — **Chaleurs spécifiques.** — On appelle chaleur d'échauffement d'un gaz entre les températures de T_0 et T degrés¹ le nombre de calories qu'il faut lui céder, à pression constante, pour faire passer sa température de T_0 à T degrés.

La chaleur spécifique d'un corps est la quantité de chaleur nécessaire, à une température déterminée, pour élever de un degré centigrade la température de ce corps, à pression constante.

A moins d'indication contraire, la chaleur spécifique et la chaleur d'échauffement correspondent à un poids du corps égal à 1 kilogramme.

1. Les températures indiquées par des majuscules sont les températures absolues, c'est-à-dire rapportées au zéro absolu (-273°C) ; elles sont donc égales aux températures ordinaires augmentées de 273° :

$$T = t + 273, \quad T_0 = t_0 + 273.$$

MM. Mallard et Le Chatelier ont indiqué que la chaleur d'échauffement entre deux températures absolues T_0 et T , rapportée au poids moléculaire, était définie par la relation :

$$Q = a \frac{T - T_0}{1000} + b \frac{T^2 - T_0^2}{1000^2},$$

dans laquelle :

a est une constante commune à tous les gaz, égale à 6,5 ;

b varie au contraire avec chacun d'eux.

Pour les gaz parfaits (N^2 , H^2 , O^2 , CO)	$b = 0,6$
Pour H^2O	$b = 2,9$
Pour CO^2	$b = 3,7$
Pour CH^4	$b = 6,0$

La chaleur spécifique, à une température quelconque, rapportée au poids moléculaire, est la fonction dérivée de la précédente. Elle est donc donnée par la formule :

$$C_m = \frac{dQ}{dT} = \frac{a}{1000} + \frac{2b}{1000^2} T.$$

En appliquant cette formule à l'eau, on voit que sa chaleur spécifique varie de 0,00708 à 0,0181 (c'est-à-dire plus que du simple au double) lorsque la température passe de 100° à 2000°.

On utilise quelquefois, mais beaucoup plus rarement, les chaleurs d'échauffement et chaleurs spécifiques à volume constant Q_v (et non plus à pression constante Q_p). Les lois de la thermochimie permettent de passer facilement d'une de ces valeurs à l'autre par la formule :

$$(Q_p)_{t_1}^{t_2} = (Q_v)_{t_1}^{t_2} + \frac{R}{J} (t_2 - t_1)$$

dans laquelle R est la constante du gaz considéré, c'est-à-dire égale $\frac{P_0 V_0}{273}$, et J l'équivalent mécanique de la chaleur.

Enfin lorsque l'on rapporte la chaleur d'échauffement et la chaleur spécifique au poids moléculaire du corps (et non plus à 1 kilogramme de ce corps), on désigne expressément ces valeurs par les dénominations chaleur d'échauffement moléculaire et chaleur spécifique moléculaire, en admettant implicitement qu'il s'agit d'une transformation à pression constante.

Les tableaux suivants fournissent quelques valeurs usuelles de chaleurs d'échauffement aux diverses températures.

VALEUR DES CHALEURS D'ÉCHAUFFEMENT DU VOLUME MOLÉCULAIRE DE QUELQUES GAZ USUELS DE 0° A 3 000° ET DE LA CORRECTION $\frac{Rt}{J}$ = 0,002t PERMETTANT DE PASSER (PAR SOUSTRACTION DE CELLE-CI) DE LA CHALEUR D'ÉCHAUFFEMENT A PRESSION CONSTANTE A LA CHALEUR D'ÉCHAUFFEMENT A VOLUME CONSTANT.

TEMPÉRATURES t	GAZ PARFAITS (O ² , N ² , H ² , CO)	VAPEUR D'EAU (H ² O)	ANHYDRIDE CARBONIQUE (CO ²)	MÉTHANE (CH ⁴)	$\frac{Rt}{J} = 0,002t$
0°	0	0	0	0	0
200	1,4	1,7	1,9	2,2	0,4
400	2,8	3,7	4,0	4,9	0,8
600	4,3	5,9	6,4	8,0	1,2
800	5,8	8,3	9,2	11,7	1,6
1 000	7,4	11,0	12,2	15,8	2,0
1 200	9,1	13,9	15,6	20,4	2,4
1 400	10,7	17,0	19,2	25,5	2,8
1 600	12,5	20,4	23,1	31,0	3,2
1 800	14,2	23,9	27,3	37,0	3,6
2 000	16,1	27,8	31,8	43,6	4,0
2 200	17,9	31,8	36,7	50,6	4,4
2 400	19,8	36,1	41,8	58,0	4,8
2 600	21,8	40,6	47,2	66,0	5,2
2 800	23,8	45,3	52,9		5,6
3 000	25,9	50,3	58,9		6,0

VALEUR DES CHALEURS D'ÉCHAUFFEMENT A PRESSION CONSTANTE
DU KILOGRAMME DE QUELQUES GAZ USUELS DE 0° A 3 000°.

TEMPÉRATURES	OXYGÈNE	AZOTE ET OXYDE DE CARBONE	HYDROGÈNE	VAPEUR D'EAU	ANHYDRIDE CARBONIQUE
0°	0	0	0	0	0
200	43,7	50	700	96	43,1
400	88	100	1 400	205	91
600	134	154	2 150	327	145
800	181	207	2 900	463	208
1 000	232	264	3 700	611	277
1 200	284	325	4 500	772	354
1 400	334	383	5 350	946	435
1 600	391	445	6 250	1 133	523
1 800	444	506	7 100	1 333	618
2 000	503	575	8 050	1 546	723
2 200	558	637	8 950	1 772	835
2 400	620	705	9 890	2 011	950
2 600	681	777	10 900	2 262	1 070
2 800	745	850	11 900	2 527	1 200
3 000	810	921	12 950	2 805	1 335

55. Température de combustion. — On appelle température de combustion la température à laquelle sont portés les produits de la combustion après que celle-ci s'est effectuée sous pression constante, en supposant le phénomène assez rapide pour que le rayonnement soit négligeable et pour que l'enceinte puisse être considérée comme athermane. Elle s'exprime ainsi :

$$t = \frac{Q}{\Sigma pc}$$

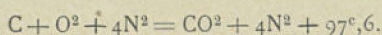
Q étant la chaleur de combustion,
p le poids des gaz produits,
c la chaleur spécifique des gaz produits.

La variation de c avec la température rend cette formule inutilisable pour le calcul. M. Le Chatelier a indiqué un procédé de détermination graphique, basé sur l'équivalence

qui, par définition, existe entre la chaleur de combustion d'un mélange et la somme des chaleurs d'échauffement des produits de la combustion, prises entre la température initiale des combustibles et la température finale des produits.

Précisons ce procédé par son application à la recherche de la température de combustion du carbone froid dans l'air froid.

Cette combustion s'effectue suivant la formule :



Les produits de la combustion sont formés par un volume moléculaire de $\text{CO}^2 + 4$ volumes moléculaires de N^2 en admettant, pour simplifier, que la composition de l'air est 1/5 d'oxygène et 4/5 d'azote.

Avec les tables précédentes, il est facile d'établir une courbe des chaleurs de combustion, en portant les températures en abscisses et les sommes des chaleurs d'échauffement en ordonnées.

Nous avons, en effet, les valeurs suivantes :

PRODUITS DE LA COMBUSTION	CHALEURS D'ÉCHAUFFEMENT		
	1 800°	2 000°	2 200°
CO^2	27 ^e ,3	31 ^e ,8	36 ^e ,7
4N^2	56,8	64,4	71,6
	84,1	96,2	108,3

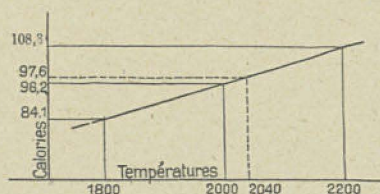


Fig. 9. — Détermination graphique de la température de combustion du carbone.

En portant (fig. 9) la chaleur de combustion du poids moléculaire de carbone 97^e,6 en ordonnées, nous trouvons,

par l'intersection avec la courbe, la température de combustion cherchée qui est 2040°.

56. Contrôle de la température. — Les températures élevées modifient la couleur de tous les corps solides. Un œil exercé peut donc reconnaître une température au seul aspect extérieur de l'objet chauffé; mais il est évident qu'un pareil procédé demande une très grande pratique et reste néanmoins imprécis.

A titre d'indication, nous donnons ci-dessous les évaluations généralement admises :

Rouge sombre.	700°
Rouge.	800°
Rouge cerise.	900°
Rouge clair.	1 000°
Orange.	1 100°
Orange clair.	1 200°
Blanc naissant.	1 300°
Blanc.	1 400°
Blanc éblouissant : au-dessus de.	1 500°

57. Calorimètre à index de nickel. — On peut déterminer assez exactement la température d'une enceinte au moyen d'un calorimètre à eau. Le procédé généralement employé consiste à introduire dans le four un index de fer, ou mieux de nickel, reposant dans un petit creuset réfractaire. Cet index est ensuite brusquement plongé dans le calorimètre et sa température est donnée par la formule :

$$\Theta = \frac{P(t_1 - t_0)}{pc} + t_1$$

- Θ étant la température à déterminer,
 P — le poids d'eau du calorimètre,
 t_0 — la température initiale de l'eau,
 t_1 — la température finale de l'eau,
 p — le poids de l'index,
 c — la chaleur spécifique du métal de l'index.

58. Montres de Seger. — Les montres ou cônes de Seger sont de petits cônes d'environ 6 centimètres de hauteur, en argile mélangée de sable, de feldspath et de marbre en proportions variables. Ils se ramollissent à des températures différentes suivant les proportions de leurs constituants.

NUMÉROS DES CÔNES	TEMPÉRATURE ÉVALUÉE EN DEGRÉS CENTIGRADES	NUMÉROS DES CÔNES	TEMPÉRATURE ÉVALUÉE EN DEGRÉS CENTIGRADES
022	590	8	1 290
021	620	9	1 310
020	650	10	1 330
019	680	11	1 350
018	710	12	1 370
017	740	13	1 390
016	770	14	1 410
015	800	15	1 430
014	830	16	1 450
013	860	17	1 470
012	890	18	1 490
011	920	19	1 510
010	950	20	1 530
009	970	21	1 550
008	990	22	1 570
007	1 010	23	1 590
006	1 030	24	1 610
005	1 050	25	1 630
004	1 070	26	1 650
003	1 090	27	1 670
002	1 110	28	1 690
001	1 130	29	1 710
1	1 150	30	1 730
2	1 170	31	1 750
3	1 190	32	1 770
4	1 210	33	1 790
5	1 230	34	1 810
6	1 250	35	1 830
7	1 270	36	1 850

La déformation conventionnellement fixée d'un cône de

composition connue indique la température correspondante recherchée. Voir page 47 le tableau relatif à ces cônes.

59. Pyromètre thermo-électrique de Le Chatelier. —

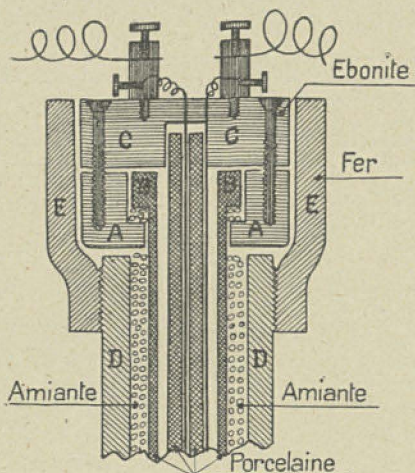


Fig. 10. — Pyromètre Le Chatelier.

Il comprend simplement une pile thermo-électrique dont l'échauffement produit un courant dont l'intensité est mesurée par un galvanomètre (fig. 10).

Le couple est constitué par deux fils soudés, l'un en platine, l'autre en platine rhodié. Il est protégé contre les risques de détérioration au moyen d'une

gaine isolante en porcelaine B, enveloppée elle-même par un tube de fer D.

Le couple est introduit à l'intérieur de l'enceinte dont on veut mesurer la température.

60. Pyromètre thermo-électrique de Féry. — Cet appareil a l'avantage de ne pas nécessiter d'introduction de matériel dans le four.

Il est constitué par une lunette permettant la production de l'image d'un point lumineux et calorifique sur une soudure en croix de deux fils métalliques, l'un en cuivre, l'autre en constantan (alliage de 60 parties de Cu et 40 de Ni).

D'après une loi expérimentale, la température de l'image

d'un corps est proportionnelle à la quantité de chaleur qui entre dans l'objectif utilisé pour l'obtention de cette image. D'autre part, d'après la loi de Stéfán, la quantité de chaleur rayonnée par l'orifice d'un four est proportionnelle à la quatrième puissance de la température absolue du four. L'image obtenue est donc chaude et le couple qui la reçoit produit un courant électrique dont l'intensité dépend de la température du four : il suffit de la mesurer avec un galvanomètre convenablement réglé.

Ce pyromètre fonctionne entre 900 et 1700°. Son défaut provient de la difficulté qu'il y a à mettre au point un objet, tel que la paroi d'une cornue chaude, dont la couleur est la seule caractéristique.

M. Féry a aussi construit un appareil à lecture directe, basé également sur la loi de Stéfán et sur les phénomènes de dilatation de lames bi-métalliques.

61. Lunette pyrométrique de Mesuré et Nouel. —

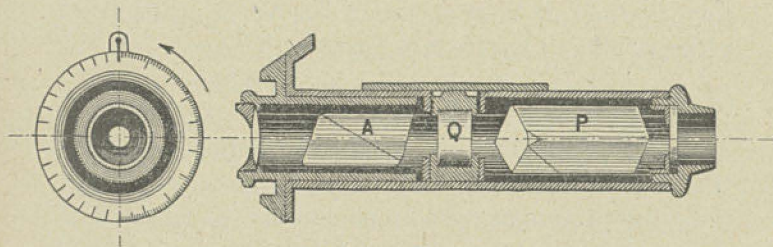


Fig. 11. — Lunette pyrométrique Mesuré et Nouel.

Lorsque la température d'un corps s'élève, il émet une proportion de plus en plus grande de radiations réfringibles. C'est sur ce principe qu'est basée la construction de la lunette de Mesuré et Nouel (fig. 11).

Cet appareil est constitué par un prisme de Nicol polarisateur P, une plaque de quartz Q, et un prisme de Nicol analyseur A. Le polarisateur est fixe par rapport à la

lunette, l'analyseur est mobile et sa rotation est mesurée au moyen d'un disque gradué. Les nuances que fait apparaître la rotation du Nicol, à partir du rouge, sont successivement le jaune, le vert et le bleu, suivant que la température du corps observé est plus ou moins élevée (le bleu correspondant à la température la plus élevée). L'angle de rotation nécessaire pour faire passer du rouge à l'autre couleur varie avec la température et, par suite, peut servir à la mesurer.

Cet appareil est commode car il permet de faire des opérations très rapides, mais il demande une très grande pratique, comme tous les instruments basés sur l'observation de variations de couleurs.

62. Pyromètre optique de Wanner. — Cet appareil est à la fois un spectroscope et un photomètre.

Il permet de mesurer l'intensité de la partie du spectre correspondant à la raie C de Fraunhofer, cette intensité étant fonction de la température d'après la loi de Wien vérifiée d'ailleurs par les expériences de Wanner.

La mesure de l'intensité se fait par polarisation.

A l'extrémité de l'appareil que l'on pointe sur la source de chaleur à examiner est adaptée une petite lampe électrique, dont la lumière traverse la lunette et qui sert de comparaison, comme dans un photomètre, au moyen d'un champ visuel partagé en deux moitiés.

On amène ces deux moitiés à la même intensité par la manœuvre d'un oculaire contenant un prisme de Nicol et muni d'un cercle gradué. La température correspondante est donnée par une table qui accompagne chaque appareil.

Ce pyromètre donne des mesures assez exactes et est d'un maniement commode. Il ne sert que pour les températures supérieures à 900°.

XI. — ETUDE THÉORIQUE DU CHAUFFAGE

63. Description sommaire d'un four à distiller le charbon. — Un four à distiller le charbon comprend habituellement un foyer ou un générateur, un laboratoire contenant les cornues, des carneaux et une cheminée.

Le foyer, siège de la production de la chaleur, reçoit le combustible et le comburant. Dans le cas le plus simple, le combustible est solide (coke le plus souvent) et le comburant est de l'air froid. Dans les fours perfectionnés, on utilise au lieu du foyer un appareil appelé gazogène ou générateur qui sert à faire passer, par combustion incomplète, le combustible de l'état solide à l'état gazeux.

Le laboratoire est une capacité où la chaleur de combustion est mise en œuvre ; il contient les cornues, vases clos qui reçoivent le charbon à distiller. Dans les grands fours des usines modernes, les cornues sont souvent remplacées par des organes de grands volumes nommés chambres. Celles-ci, comme les cornues, peuvent être horizontales, verticales ou inclinées.

Dans les fours simples, les gaz de combustion se rendent du laboratoire à l'extérieur par les carneaux et la cheminée. Ils en sortent à une température élevée, ce qui cause une perte de chaleur ; on peut l'atténuer en interposant entre le laboratoire et les carneaux des appareils nommés récupérateurs.

Ces derniers ont le plus souvent pour fonction de permettre, aux dépens de la chaleur des fumées, le réchauffage de l'air indispensable pour brûler le combustible solide ou gazeux utilisé.

64. Rendement d'un four. — Théoriquement, le rendement d'un four est le rapport du nombre des calories U , nécessaires à la production de l'effet cherché (chauffage, réaction chimique, distillation) au nombre Q de calories que peut dégager par combustion parfaite le combustible employé pour cela. Le rendement théorique est :

$$\rho = \frac{U}{Q}$$

Dans notre cas, cette notion du rendement est sans intérêt pratique, car le nombre de calories U nécessaires pour distiller un poids donné de houille n'est pas connu. D'après Euchène¹, il serait négatif et, s'il en est ainsi, le rendement du four est mathématiquement négatif, c'est-à-dire industriellement nul. A noter que le rendement serait encore nul si les calories dégagées par la combustion fournissaient des gaz brûlés à une température inférieure à celle qui est nécessaire au travail du four.

Pratiquement, le « rendement industriel » R du four est le rapport du nombre D des calories dépensées dans le laboratoire au nombre Q défini ci-dessus :

$$R = \frac{D}{Q}$$

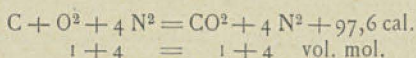
D est plus grand que U ; il comporte en effet la chaleur d'échauffement des produits et sous-produits de la distillation et les pertes par rayonnement du laboratoire.

C'est en grande partie au constructeur à faire en sorte que D soit le plus petit possible ; c'est ensuite à l'exploitant de veiller à la limitation de Q .

Nous examinerons (§ 90 et suivants) comment on détermine pratiquement ce rendement dans le cas d'un four à gazogène et à récupération.

1. Compte rendu du Congrès de la Société Technique de l'Industrie du Gaz en France (année 1900).

65. Générateurs à combustion simple. — Dans ces appareils, la combustion s'opère directement sur une grille où le combustible (généralement du coke) brûle au contact de l'air, d'après la formule suivante :



La température de combustion du carbone dans l'air froid est théoriquement de 2040°. En réalité, on n'obtient guère que 1500°.

Les générateurs à combustion simple ont l'avantage d'être de construction facile, mais ils ont le défaut de ne pas permettre un réglage aisé de la quantité d'air à introduire.

En pratique, l'air est souvent admis librement sous la grille et il s'ensuit que son introduction se fait toujours en excès considérable.

Théoriquement la chaleur d'échauffement des produits de la combustion à 1000° est dans ce cas

pour CO ²	12,2 cal.
pour 4 N ²	29,6 cal.
TOTAL.	<u>41,8 cal.</u>

Quand ces gaz sortent du laboratoire, ils emportent donc 41^e,8 sur les 97,6 qui ont été produites.

Le rendement maximum est donc :

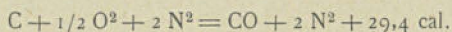
$$\frac{97,6 - 41,8}{97,6} = 0,572.$$

66. Générateurs à combustion étagée ou gazogènes — Ils servent à transformer le coke en un combustible gazeux que l'on brûle ensuite au contact de l'oxygène de l'air : la combustion se fait ainsi en deux temps.

Si l'on se contente de transformer le carbone en oxyde de carbone, on utilise les générateurs de gaz à l'air.

En introduisant de la vapeur d'eau en même temps que l'air, on obtient outre l'oxyde de carbone un peu d'hydrogène ; les appareils utilisés s'appellent dans ce cas générateurs de gaz mixte.

67. Générateurs de gaz à Pair. — Le carbone à haute température, en couche épaisse, traversé par un courant d'air donne :

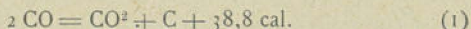


On appelle « air primaire » la quantité d'air admise dans le générateur pour la formation du gaz à l'air, par opposition à l'« air secondaire » qui est la quantité nécessaire à la combustion dudit gaz.

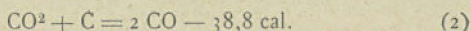
La composition théorique du gaz à l'air est donc la suivante :

	POIDS	VOLUME	
	grammes	litres	pour 100
CO:	28	22,32	33,33
2N ²	56	44,64	66,66
Totaux.	84	66,96	100

Pratiquement, cette réaction ne se produit pas seule ; on a aussi en même temps, et dans des proportions variables, formation d'un peu d'anhydride carbonique suivant la formule :



Cette réaction peut se produire aussi en sens inverse :



68. Loi de la stabilité de l'équilibre. — C'est à M. Le Chatelier qu'on doit de connaître comment et sous quelles influences varient les proportions de CO² et de CO dans le gaz produit.

Sa loi sur la stabilité de l'équilibre s'exprime ainsi :

« Tout système en équilibre chimique éprouve, du fait

de la variation d'un seul des facteurs de cet équilibre (pression, température, force électro-motrice, concentration des corps en réaction), une transformation dans un sens tel que, si elle se produisait seule, elle amènerait une variation de signe contraire du facteur considéré. »

En somme, toute variation de l'un des facteurs de l'équilibre provoque une réaction qui fait penser à l'accommodation. Les systèmes chimiques résistent aux variations qu'on cherche à leur imposer : ils sont en équilibre stable.

Ainsi, dans le cas présent, si on chauffe un mélange de CO^2 et CO , c'est la réaction (2) qui se produit, parce qu'elle absorbe de la chaleur ; inversement, si on refroidit, c'est la réaction (1) qui prend place, parce qu'elle dégage de la chaleur.

En fait, M. Le Chatelier a montré que le rapport entre les proportions de CO et CO^2 varie suivant les températures comme l'indique le tableau ci-dessous :

TEMPÉRATURES	RAPPORT $\frac{\text{CO}}{\text{CO}^2}$
500°	0,106
600°	0,94
700°	3,70
800°	11,1
900°	64
1 000°	165

Ce tableau montre qu'il est impossible de faire disparaître l'anhydride carbonique du gaz à l'air, comme on l'a parfois cherché, en augmentant l'épaisseur de la couche de charbon traversée par le mélange gazeux : il y a en effet une limite pour la teneur en CO^2 , limite qui dépend exclusivement de la température de sortie des gaz du gazogène. On pourra se servir utilement des chiffres précédents pour étudier pratiquement la marche d'un appareil ¹.

1. Pour plus de détails sur les travaux de M. LE CHATELIER à ce sujet, voir son livre intitulé *Introduction à l'étude de la Métallurgie*.

69. Conditions optima de la production industrielle du gaz à l'air. — Les intéressantes expériences de M. Boudouard ont montré que l'équilibre entre les proportions de CO et CO², en contact avec du charbon incandescent et de l'azote, ne s'établit pas instantanément. Il importe donc pour obtenir un bon gaz dans un générateur :

- 1° de fonctionner à température aussi haute que possible ;
- 2° d'employer un combustible en morceaux de dimensions sensiblement égales pour que la circulation des gaz produits soit régulière ; une partie de CO² pourrait échapper à la transformation en CO si elle pouvait sortir trop rapidement du gazogène en trouvant un chemin de moindre résistance créé par exemple par la superposition de très gros morceaux de coke au sein d'une masse de menus grains ;
- 3° de donner au combustible une hauteur d'autant plus grande que ses morceaux sont gros (0^m,50 à 2 mètres). Le gros calibre des morceaux facilite la circulation rapide des gaz et peut diminuer la durée pendant laquelle le mélange gazeux est soumis à l'action de la chaleur.

Pratiquement, le gaz à l'air contient toujours une petite quantité d'anhydride carbonique. On y trouve aussi parfois de l'hydrogène et, en faible proportion, des composés sulfureux SO² ou H²S provenant de la petite quantité d'eau présente au cours de l'opération et de la légère teneur en soufre du combustible employé.

70. Température de combustion du gaz à l'air. — La construction graphique indiquée au § 55 permet de déterminer la température théorique de formation du gaz à l'air, car cette opération est une combustion ; on trouve ainsi 1 290°. C'est à cette température que le gaz à l'air doit arriver aux brûleurs en contact avec l'air froid pour qu'on obtienne les mêmes résultats théoriques que dans la combustion simple, c'est-à-dire un dégagement de 97°,6 par

molécule de CO^2 obtenue et une température de combustion théorique de 2040° .

71. Mécanisme de la combustion. — Pratiquement, les choses se passent autrement; en effet, dans une couche de combustible un peu épaisse, lorsqu'on fait arriver l'air en proportion convenable, il y a deux zones distinctes de combustion. Dans la partie inférieure, le carbone brûle avec un excès d'air en donnant du CO^2 . Dans la partie supérieure, le CO^2 formé se réduit au contact du coke incandescent pour former finalement de l'oxyde de carbone.

D'autre part, le carbone qui arrive par le haut du gazogène s'échauffe progressivement; cela a pour effet d'augmenter la température des réactions.

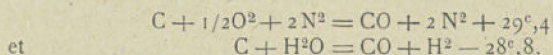
M. Le Chatelier a calculé la température théorique des zones successives et a trouvé les valeurs suivantes :

Zone de combustion pour CO^2.	. . . . .	2 260°
Zone de formation du CO}.	. . . . .	1 630°
Gaz à l'air à la sortie.	. . . . .	1 290°

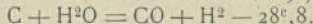
En tenant compte de ce que, par conductibilité, le charbon cède de la chaleur aux parois du gazogène, M. Le Chatelier admet que, dans un appareil alimenté à l'air sec, la température maximum est de 1950° .

72. Générateurs de gaz mixte. — La décomposition de la vapeur d'eau injectée dans le gazogène produit de l'hydrogène qui, mélangé au gaz à l'air, donne le gaz mixte.

Les deux réactions qui se produisent en même temps sont les suivantes :



et



La seconde de ces réactions étant endothermique, il est évident que la quantité d'eau fournie doit être limitée sous peine de voir le gazogène se refroidir et s'éteindre.

73. Calcul de la quantité d'eau à injecter. — Il est donc particulièrement utile de calculer théoriquement quelle est cette limite.

Afin de la déterminer, on peut se fixer cette condition que la décomposition de la vapeur d'eau doit être aussi complète que possible tout en n'abaissant pas la température de l'appareil au-dessous de 800°. Les lois de MM. Le Chatelier et Boudouard indiquent en effet qu'au-dessous de 800° la réduction de CO² en CO se fait trop lentement pour donner des résultats industriels intéressants.

Le calcul¹ montre que, dans ce cas, la quantité d'eau à injecter est de 342 grammes par kilogramme de carbone.

Si l'on admet ce chiffre, la composition théorique du gaz mixte est :

	EN POIDS		EN VOLUME	
	grammes	pour 100	litres	pour 100
CO.. . . .	28	39,6	22,32	36,55
H ²	0,456	0,646	5,08	8,32
N ²	42,232	59,754	33,66	55,13
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	70,688	100,000	61,06	100,00

Pratiquement, la composition du gaz mixte est très différente de celle-ci, en raison des phénomènes d'équilibre signalés au sujet du fonctionnement du générateur de gaz à l'air, phénomènes qui sont d'autant plus complexes que le nombre des composants est grand.

74. Influence de la quantité de vapeur introduite. —

L'examen du tableau ci-après, qui condense les résultats obtenus par Bone et Wheeler, montre l'influence de la quantité de vapeur d'eau introduite dans le gazogène sur la composition du gaz produit.

1. Voir le calcul complet dans l'ouvrage *Le Gaz* de René MASSE, tome II, p. 85.

On voit notamment que, lorsque son pourcentage rapporté à la quantité de combustible dépasse celui indiqué ci-dessus (0^{kg},342 de vapeur par kilogramme de carbone combustible) une partie de cette vapeur n'est pas décomposée. Elle traverse alors le gazogène en diluant le gaz produit.

75. Conditions optima de la production industrielle du gaz mixte. — Ce sont les mêmes que celles que nous avons indiquées précédemment pour le gaz à l'air. Il faut y ajouter que l'injection de vapeur d'eau devient funeste lorsque sa proportion dépasse le chiffre que nous avons indiqué ci-dessus ; en effet, si elle augmente, elle abaisse la température de combustion et, comme elle sort du four non condensée, sa chaleur de vaporisation et une partie de sa chaleur d'échauffement sont perdues.

76. Température de combustion du gaz mixte. — La température de combustion du gaz mixte défini plus haut (§ 73) est de 1 925°, au lieu de 2 040° dans le cas du gaz à l'air.

77. Températures dans la masse du combustible. — D'après M. Le Chatelier, les températures du combustible à l'intérieur du gazogène seraient, pour une injection de 375 grammes d'eau par kilogramme de carbone :

Zone de combustion pour CO ²	2 000°
Zone de combustion pour CO.	1 000°
Gaz mixtes à la sortie du gazogène.	770°

En tenant compte de la conductibilité, on admet que la température maximum ne dépasse pas 1 500°.

78. Récupération. — La récupération consiste dans l'utilisation de la chaleur sensible des fumées pour échauffer

un ou plusieurs des éléments gazeux mis en œuvre dans la combustion étagée, c'est-à-dire le gaz combustible, l'air primaire et l'air secondaire ; dans la majorité des cas, on ne réchauffe que l'air secondaire.

La récupération provoque une élévation de la température de combustion, mais ce phénomène n'intéresse qu'accessoirement les gaziers qui n'ont pas besoin de températures très élevées pour réaliser la distillation du charbon.

Les appareils utilisés présentent des dispositions très variées. En principe, ils appartiennent à 2 types très nettement définis :

- 1° Récupérateur par inversion,
- 2° Récupérateur à courants parallèles.

La partie principale d'un récupérateur à inversion consiste en des empilages de briques réfractaires logés dans les épanouissements spéciaux de 2 conduits qui unissent aux carneaux la sortie du laboratoire du four. Un de ces conduits est parcouru par les fumées qui cèdent leur chaleur, pendant que l'autre est emprunté par l'air secondaire qui se réchauffe. Par un jeu de vannes, on inverse périodiquement les passages ; là où pénétraient les fumées passe l'air secondaire et vice versa.

Dans les récupérateurs à courants parallèles, les fumées circulent, toujours dans le même sens, dans des canaux constitués par des poteries à parois minces au travers desquelles elles cèdent leur chaleur à l'air qui circule en sens inverse.

On obtient ainsi, sans manœuvre de vannes, une récupération continue et méthodique.

79. Effets utiles de la récupération. — Si l'on se borne à étudier le cas simple de la récupération par l'air secondaire, le tableau suivant condense les résultats obtenus en supposant que les fumées sortent du laboratoire à 1000°

pour échauffer l'air de 0 à 800°. On suppose aussi, bien entendu, que les gaz du gazogène ne sont pas refroidis avant de rencontrer l'air secondaire.

TEMPÉRATURES DE L'AIR SECONDAIRE	0°	200°	400°	600°	800°
Calories reprises par l'air secondaire. $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} O^2. \\ 2N^2. \end{array} \right.$	0	0,7	1,4	2,15	2,9
	0	2,8	5,6	8,60	11,6
Total.	0	3,5	7,0	10,75	14,5
Chaleur perdue.	41 ^c ,8	38 ^c ,3	34 ^c ,8	31 ^c ,05	27 ^c ,3
Chaleur utilisée.	55,8	59,3	62,8	66,55	70,3
Calories au foyer.	97,6	97,6	97,6	97,60	97,6
Rendement pour 100.	57,2	61,8	64,3	68,20	72
Calories aux brûleurs.	97,6	101,1	104,6	108,35	112,1
Températures de combustion.	2 040°	2 080°	2 135°	2 195°	2 260°

La récupération permet donc théoriquement de ramener au laboratoire environ 1/3 de la chaleur des fumées, soit 15 pour 100 des calories du foyer, et d'élever notablement la température de combustion; le rendement passe alors de 57,2 à 72 pour 100 et la consommation de combustible pour un même effet utile se trouve théoriquement diminuée, de 20,5 pour 100. Pratiquement le pourcentage d'économie réalisée est nettement supérieur à ce taux parce que le rendement de 57,2 pour 100 n'est jamais atteint dans les fours à cornues sans récupération, alors que dans ceux où l'on pratique normalement le réchauffage de l'air secondaire, on récupère facilement le tiers de la chaleur des fumées sortant du laboratoire. Cela explique pourquoi le poids du coke consommé pour distiller 100 kilogrammes de houille a été réduit en moyenne de 21 à 15 kilogrammes, c'est-à-dire de 28,5 pour 100, par la substitution des fours à récupération aux fours à grilles.

80. Avantages de la gazéification des combustibles.

— La forme du laboratoire et la place qu'il occupe dans l'ensemble du four sont indépendantes des conditions d'établissement du générateur de chaleur, lorsque celui-ci est un gazogène ; il ne peut pas en être ainsi lorsqu'on chauffe avec un foyer à grille. La gazéification permet donc, mieux que la combustion simple, d'employer des dispositions qui soient adaptées à une bonne utilisation de la chaleur. De plus, le réglage des appareils devient plus facile.

D'autre part, l'ouverture de la porte de chargement ou celle du cendrier du gazogène n'occasionne pas dans le laboratoire les refroidissements fâcheux qu'on constate lorsqu'on charge ou qu'on dégrasse la grille d'un four à combustion simple.

Enfin, les fours à combustion étagée se prêtent mieux, dans l'état actuel de la technique du chauffage, à l'emploi des récupérateurs de chaleur.

Pour ces diverses raisons, la gazéification des combustibles solides procure des économies appréciables. Ajoutons que certains combustibles de très mauvaise qualité ne peuvent pas être utilisés autrement que par gazéification préalable.

81. Circulation des gaz dans les fours. — L'étude théorique du mouvement des gaz à l'intérieur d'un four est un travail assez complexe. Nous ne ferons que l'esquisser.

Pour faire entrer dans le foyer, au travers de la masse de combustible, tout l'air nécessaire à sa combustion ou à sa gazéification, il faut pousser cet air. Pour cela, on peut intervenir mécaniquement à l'aide de ventilateurs ou de trompes à vapeur dont le travail s'appelle alors le soufflage ; on emploie peu cette solution dans les fours à gaz.

Généralement, la différence de densité entre l'air ambiant

et les gaz du foyer suffit pour faire pénétrer l'air au travers de la grille.

L'importance de la quantité de combustible brûlée à l'heure fixe le volume d'air à faire entrer dans le foyer; la différence de pression nécessaire à cette opération est fonction de l'épaisseur de la couche de ce combustible, de sa nature physique, de la forme des conduits du four; elle varie avec le carré de la vitesse de circulation. Ainsi, pour passer du régime de 30 kilogrammes de combustible par mètre carré de surface de grille à celui de 90 kilogrammes, la pression motrice devrait passer de 1 à 9.

Selon une expression très imagée de M. Groume-Grjimaïlo¹: le foyer pompe les éléments nécessaires à la formation de la flamme, la cheminée évacue les produits de la combustion. Autrement dit, dans un four bien étudié, le foyer suffit à produire la circulation de l'air et des gaz depuis la grille jusqu'au laboratoire et la cheminée aspire dans ce laboratoire à une allure qu'on peut régler; ceci explique pourquoi le laboratoire peut être ou en pression (cas où il règne autour des cornues une pression qui est supérieure à la pression atmosphérique) ou en dépression (cas inverse).

On calcule aisément la pression statique² qui peut régner à la partie haute du laboratoire d'un four à gaz, en multipliant la différence entre le poids du mètre cube d'air ambiant et celui du mètre cube de gaz incandescents par la hauteur qui sépare le niveau de la grille du ciel du laboratoire.

82. Circulation des gaz dans le laboratoire. — Nous

1. *Essai d'une théorie des fours à flamme*, par GROUME-GRJIMAÏLO.

2. Voir § 84, la méthode de calcul du tirage statique des cheminées.

ne pouvons entrer dans le détail de cette question; signalons toutefois un point important concernant la subdivision des courants de gaz chauds.

Soit un canal horizontal A divisé en deux canaux verticaux et égaux 1 et 2 qui sont parcourus dans le sens des flèches (fig. 12). Si pour une raison quelconque le canal 1 se refroidit, le poids de la colonne gazeuse (q_1) devient plus

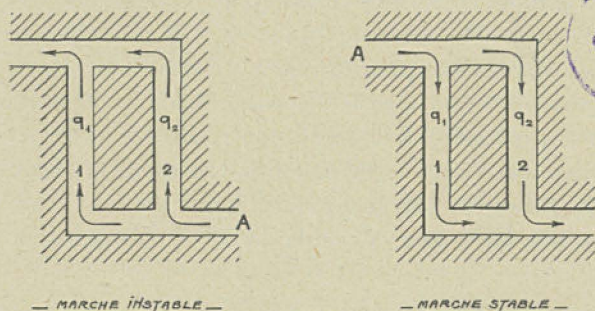


Fig. 12. — Subdivision des courants de gaz chauds.

grand que celui de la colonne (q_2): par suite la vitesse en 1 va diminuer.

Cette circonstance va favoriser un abaissement additionnel de température en 1 pendant que, dans le canal 2, la circulation s'intensifiant, la température va s'élever. Ce système est donc défectueux en raison de l'instabilité de son fonctionnement; par conséquent, à moins de disposer d'un tirage important et d'un réglage sur chaque dérivation, on ne devra pas subdiviser un courant de gaz chauds qui se refroidissent en des veines ascendantes identiques.

Par contre, le même raisonnement appliqué au mouvement en sens inverse montre que le partage des courants descendants des mêmes gaz donne automatiquement une marche stable.

83. Carneaux et trainasses. — Les carneaux réunissent le laboratoire aux trainasses, lesquelles aboutissent à la cheminée. Les sections de ces carneaux et de ces trainasses sont déterminées par la quantité de combustible brûlée, la température des fumées et la vitesse de circulation. Cette dernière est fixée généralement entre 4 et 10 mètres par seconde.

On compte en chiffres ronds qu'un kilogramme de coke donne 10 mètres cubes de fumées (à 0° et 760 millimètres).

Il est indispensable de donner aux conduits de fumées des sections telles que la perte de charge totale qu'ils occasionnent soit inférieure à la dépression réalisée, en régime normal des fours et en toute saison, à la base de la cheminée.

Les pertes de charge peuvent être calculées¹ avec une exactitude suffisante, à l'aide de la formule générale suivante :

$$h = \frac{\alpha l p v^2 \delta}{S}$$

dans laquelle :

h est la perte de charge exprimée en kg/m^3 ou en millimètres d'eau ;

l est la longueur rectiligne du carneau, en mètres ;

p est le périmètre de la section droite, en mètres ;

v est la vitesse d'écoulement, en mètres par seconde ;

S est la section droite, en mètres carrés ;

δ est le poids spécifique des fumées, à la température de régime, en kg/m^3 ;

α est un coefficient numérique qui dépend de la grandeur et de la forme de la section droite, de la rugosité des parois. On peut admettre :

Pour les carneaux de récupération et les carneaux individuels des fours :
 $\alpha = 0,00045$;

Pour les trainasses ou carneaux collecteurs : $\alpha = 0,00033$.

À ces pertes de charge s'ajoutent celles dues aux changements de direction ; ceux-ci se font généralement d'équerre pour simplifier la construction. Dans ce cas, on doit comp-

1. « Étude sur l'aéragé des travaux préparatoires » (*Bulletin de l'Industrie minérale*, t. XIV, 1900) par P. PETIT.

ter que toute l'énergie cinétique du gaz est perdue ; elle a pour expression :

$$h' = \frac{\delta v^2}{2g}$$

h' , δ et v ont la même signification que précédemment ;
 g est la constante de la gravité = 9,81 m./sec.

84. Cheminées. — Tirage statique¹. — Le rôle de la cheminée est de créer une dépression motrice supérieure à celle qui est nécessaire pour vaincre toutes les résistances opposées à la circulation des fumées (frottements, changements de direction, etc...), depuis le laboratoire jusqu'à leur évacuation dans l'atmosphère. L'excès du tirage sur ces résistances est absorbé par des registres échelonnés sur le parcours des fumées. Le tirage de la cheminée résulte de la différence qui existe entre le poids des gaz chauds contenus dans la partie verticale de la cheminée et celui d'une colonne d'air froid de même hauteur et de même section.

Le tirage statique est la dépression qui existerait au bas d'une cheminée idéale remplie de gaz chauds dont le débit serait nul. Sa valeur en mètres d'eau est donnée par la formule suivante (la pression barométrique étant 760 millimètres) :

$$H = L \times \frac{1,3}{1\ 000} \times \frac{273}{273 + \theta} - L \times \frac{1,3}{1\ 000} \times \frac{273}{273 + t}$$

ou

$$H = L \times \frac{1,3}{1\ 000} \times \frac{273(t - \theta)}{(273 + t)(273 + \theta)}$$

dans laquelle :

- L est la hauteur de la cheminée en mètres ;
- t est la température moyenne dans la cheminée ; cette température est sensiblement constante dans les cheminées en briques ;
- θ est la température de l'air extérieur.

1. Cette étude est due à M. LE CHATELIER.

On admet que la densité des fumées par rapport à l'air est égale à 1 et que le poids du mètre cube d'air à 0° et 760 millimètres est 1^{kg},3.

Le tableau suivant donne les valeurs du tirage statique pour des cheminées de diverses hauteurs.

HAUTEUR DES CHEMINÉES EN MÈTRES	TEMPÉRATURE DES FUMÉES				
	100°	200°	400°	600°	INFINIE
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
25 mètres.	7	12	17,5	20,5	30,7
50 —	14	24	35	41	61,5
75 —	21	36	52,5	61,5	92,2
100 —	28	48	70	82	123

Ces chiffres sont tout particulièrement utiles à connaître non seulement parce qu'ils indiquent des maxima qu'il est impossible d'atteindre, mais encore parce qu'ils servent de base au calcul des tirages et des débits réels des cheminées. Ils montrent aussi qu'on peut accroître le tirage en augmentant la hauteur de la cheminée ou la température des fumées.

85. Détermination des caractéristiques des cheminées. — La hauteur fixée par le tirage statique doit être corrigée pour tenir compte de deux pertes qui absorbent une partie de la dépression théorique H; ces pertes sont celles dues au frottement et à l'énergie cinétique des fumées débouchant dans l'atmosphère.

Les frottements, ou pertes de charge proprement dites, de la cheminée se calculent par la formule :

$$h = 0,00132 \frac{lv^2\delta}{D}$$

c'est la même formule que celle indiquée § 83 pour les canaux, l , v , δ , y ont la même signification; D est le dia-

mètre de la cheminée, la section circulaire étant généralement adoptée. On a simplement, pour arriver à cette nouvelle formule, remplacé $\frac{P}{S}$ par $\frac{4}{D}$ et incorporé le facteur 4 au coefficient.

Quant à la perte à la sortie, elle est : $h' = \frac{\delta v^2}{2g}$.

Le tirage net disponible est :

$$H_1 = H - (h + h').$$

Dans le tableau ci-après nous donnons, à titre d'exemples, les vitesses, dépressions, pertes de charges et rendements de plusieurs cheminées fonctionnant dans des conditions différentes.

DIMENSIONS DE LA CHEMINÉE		TEMPÉRATURE	VITESSE	DÉPRESSION STATIQUE AIR À 20°	PERTES		TIRAGE DISPONIBLE	RENDEMENT
l	D				DANS LA CHEMINÉE	À LA SORTIE DE LA CHEMINÉE		
m.	m.	t	v m. s.	H mm. d'eau	h mm. d'eau	h' mm. d'eau	$H_1 = H - (h + h')$ mm. d'eau	$\frac{H_1}{H}$
20	1	200°	4	9,3	0,31	0,61	8,38	0,90
—	—	400	4	13,3	0,22	0,43	12,85	0,95
—	—	200	10	9,3	1,97	3,80	3,57	0,38
—	—	400	10	13,3	1,39	2,74	9,37	0,69
40	2	200°	4	18,6	0,31	0,61	17,68	0,95
—	—	400	4	26,9	0,22	0,43	26,25	0,97
—	—	200	10	18,6	1,97	3,80	12,83	0,69
—	—	400	10	26,9	1,39	2,74	22,77	0,84

Ce tableau montre que la vitesse de 4 mètres par seconde est celle dont il convient de se rapprocher le plus souvent dans la pratique, puisqu'elle permet de n'absorber dans la cheminée que 5 à 10 pour 100 de la pression motrice disponible.

86. **Contrôle du tirage.** — Il consiste à déterminer les

pressions qui règnent dans les différentes parties du four par rapport à la pression atmosphérique.

Elles sont évaluées en hauteur de colonne d'eau.

On peut donc se servir dans ce but de tous les manomètres à eau ordinaires. On les raccorde, au moyen d'un tuyau de caoutchouc, à des tubes de fer passant dans la maçonnerie par des ouvertures bien lutées. Les pressions observées étant toujours très faibles, il y a souvent intérêt, pour plus d'exactitude, à employer des manomètres à tube incliné donnant une précision supérieure.

Dans certains cas, on utilise des appareils métalliques contenant un volet très léger dont l'inclinaison provoquée par la dépression du tirage est mesurée au moyen d'un cercle gradué convenablement étalonné.

87. Contrôle chimique de la qualité des gaz. — Toute usine de quelque importance doit posséder un appareillage pratique lui permettant de procéder rapidement et fréquemment à des analyses chimiques des gaz.

Il est nécessaire de faire ces analyses sur place et à côté des fours, car les gaz sont difficilement transportables et, de plus, leur solubilité partielle dans l'eau sur laquelle on les recueille oblige à opérer immédiatement après la prise de l'échantillon.

88. Appareil d'Orsat. — On emploie communément pour effectuer ces analyses l'appareil d'Orsat qui est simple, pratique et facilement transportable.

Son principe réside dans l'absorption isolée de chacun des éléments du gaz par des solutions convenables. Entre chaque absorption on mesure, dans une éprouvette graduée, le volume restant ; on a, par différence, la quantité disparue déterminant la proportion contenue dans l'échantillon.

Cette burette graduée (fig. 13) entourée d'une enveloppe d'eau est en communication, d'une part avec un flacon aspirateur D, d'autre part avec un tube capillaire qui porte en dérivation trois capacités M', N', O', dont les

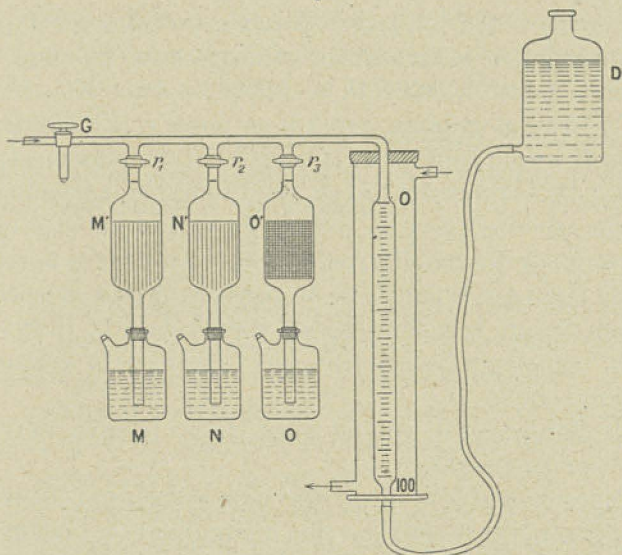


Fig. 13. — Appareil d'Orsat.

extrémités plongent dans trois flacons M, N et O contenant les solutions absorbantes suivantes :

Dans M, une solution de potasse destinée à retenir l'anhydride carbonique.

Dans N, une solution de pyrogallate de potasse destinée à retenir l'oxygène.

Dans O, une solution de chlorure cuivreux ammoniacal destinée à retenir l'oxyde de carbone.

Les robinets G, r_1 , r_2 et r_3 permettent d'effectuer les manœuvres nécessaires.

On amène successivement, en se servant du flacon D comme aspirateur, les liquides absorbants jusqu'aux traits de repère situés immédiatement au-dessous des robinets

r_1 , r_2 et r_3 . On purge soigneusement l'appareil de l'air qu'il contient et on introduit, en manœuvrant D, une quantité de gaz suffisante pour remplir la burette jusqu'aux environs de la graduation 100. On lit le volume ainsi prélevé que l'on mesure à la pression atmosphérique en amenant sur le même plan les niveaux de l'eau dans la burette et dans le flacon D.

On ferme alors le robinet G et on ouvre r_1 . En montant et en abaissant le récipient D, on fait circuler plusieurs fois le gaz dans la capacité M', en ayant soin que le liquide ne monte pas au-dessus du robinet r_1 . Quand on juge que l'absorption est complète, on ramène le gaz dans la burette B, de façon que le liquide de M' regagne son trait de repère, et on mesure le volume de gaz restant dans B, en ayant soin, comme précédemment, de le faire à la pression atmosphérique.

La diminution de volume constatée est relative au CO^2 contenu dans le gaz.

On recommence la même opération successivement avec les flacons N et O ; les nouvelles diminutions sont relatives aux volumes d'oxygène et d'oxyde de carbone absorbés.

Il est indispensable de procéder aux absorptions dans l'ordre indiqué : CO^2 , O et CO. En effet, si l'on voulait doser d'abord l'oxygène, l'anhydride carbonique serait absorbé, en même temps que lui, par le pyrogallate de potasse. De même le chlorure cuivreux ammoniacal pourrait absorber non seulement l'oxyde de carbone mais aussi l'oxygène ; il doit donc être employé en dernier lieu.

89. Burette de Bunte. — La burette de Bunte est basée sur le même principe que l'appareil d'Orsat.

Toutefois, elle est agencée pour recevoir successivement les réactifs destinés à être mis en contact avec les gaz à étudier : ces réactifs sont versés directement dans la

burette. De la sorte, les manipulations sont plus rapides et les résultats plus précis.

Cet appareil, moins rustique que le précédent, est surtout destiné à être manié dans les laboratoires.

Il sert également pour l'analyse complète du gaz d'éclairage ; nous en donnerons la description complète au chapitre « Services accessoires de la fabrication¹ ».

90. Contrôle de la marche d'un four. Définitions. — Nous avons défini (paragraphe 64) le rendement global industriel d'un four par la formule :

$$R = \frac{D}{Q}$$

D étant le total des calories dépensées dans le laboratoire ;
Q, le nombre des calories dégagées par le poids total du combustible employé dans le foyer ou le gazogène.

Lorsque le four comporte un gazogène et des récupérateurs, il est indispensable de connaître le rendement particulier de chacune de ces parties. On les définit ainsi :

Le rendement du gazogène est le rapport du nombre des calories exprimant la chaleur totale des gaz qu'il produit par kilogramme de combustible au nombre des calories représentant le pouvoir calorifique du combustible employé.

Si p est le pouvoir calorifique du combustible,
 c la chaleur latente du gaz de gazogène produit par kilogramme de combustible,

d la chaleur sensible du même gaz,

R_g le rendement du gazogène,

on a :

$$R_g = \frac{c + d}{p}$$

Cette définition suppose que l'air et le combustible entrent dans le gazogène à la température ambiante.

1. Voir « les Procédés Modernes de l'Industrie du Gaz. — Traitement des produits et sous-produits de la distillation de la houille » par R. Masse et A. Baril, chapitre IX.

Le rendement des récupérateurs est exprimé par la formule :

$$R_r = \frac{s}{f}$$

s étant la chaleur apportée aux brûleurs par l'air secondaire ;

f la chaleur totale emportée par les fumées à la sortie du laboratoire.

Le rendement du four est le rapport :

$$R_f = \frac{D}{Q} = \frac{c + d + s - f}{p}$$

(Les lettres c , d , s , f et p , ont les mêmes significations que dans les formules précédentes.)

Pour plus de commodité, dans l'exemple que nous avons choisi ci-après, nous chercherons successivement le rendement du gazogène, puis celui du four et enfin celui des récupérateurs.

91. Données nécessaires à la recherche pratique du rendement d'un four à gazogène et à récupération. —

Pour trouver les rendements définis ci-dessus, on recherche d'abord la composition chimique du combustible, celle du gaz du gazogène et celle des fumées à leur entrée et leur sortie de la récupération ; de plus, il faut connaître le pouvoir calorifique du combustible et mesurer les températures du gaz à la sortie du gazogène, de l'air à son arrivée aux brûleurs ainsi que des fumées à leur entrée et à leur sortie de la récupération. Dans l'exemple relaté ci-après nous avons trouvé : pour le coke :

Cendres	15 pour 100
Eau	3 —
C	80 —
S et divers	2 —
Pouvoir calorifique sur sec.	6 480 calories
Température	15°

pour le gaz produit par le gazogène :

CO ².	. . . . .	6,4	pour 100	} 100	
CO.	. . . . .	25,6	—		
H ².	. . . . .	8,2	—		
N ².	. . . . .	59,8	—		
H ² O.	. . . . .	5	—	en plus.	
Température du gaz à la sortie du gazogène.					850°
Température de l'air secondaire à son arrivée aux brûleurs.					950°

pour les fumées à l'entrée de la récupération :

CO ².	. . . . .	19,5	pour 100	} 100	
CO.	. . . . .	0,5	—		
N ².	. . . . .	80,0	—		
H ² O.	8,2	—		en plus.
Température.	. . . . .				1050°

pour les fumées à la sortie de la récupération :

CO ².	. . . . .	18	pour 100	} 100	
O ².	. . . . .	2	—		
N ².	. . . . .	80	—		
H ² O.	7,4	—		en plus.
Température.	. . . . .				500°.

92. Recherche du rendement thermique du gazogène. — *Volume du gaz de gazogène produit par 1 kilogramme de coke.* — 1 mètre cube de gaz contient :

$$\frac{1000}{22,32} \times \frac{(25,6 + 6,4)}{100} \times 12 = 172 \text{ grammes de carbone.}$$

Par kilogramme de coke consommé, on a recueilli 27 pour 100 de mâchefer, soit 270 grammes.

La proportion de coke contenue dans ce mâchefer est égale à 44,6 pour 100, soit 0^{kg},120 contenant 0^{kg},120 × 0,80 = 0^{kg},096 de carbone pur.

A 1 kilogramme de coke correspondent donc 800 — 96 = 704 grammes de C gazéfié, et le volume de gaz produit est, en mètres cubes :

$$V = \frac{704}{172} = 4 \text{ m}^3,090.$$

Composition en volumes moléculaires du gaz produit par 1 kilogramme de coke. — 1 kilogramme de coke produit :

$$\frac{4,090}{22,32} = 183 \text{ volumes moléculaires de gaz.}$$

La composition en volumes moléculaires du gaz produit sera :

$$\text{CO} \quad 183 \times \frac{25,6}{100} = 46,9 \text{ vol. mol. de CO.}$$

$$\text{H}^2 \quad 183 \times \frac{8,2}{100} = 15 \quad \text{---} \quad \text{H}^2.$$

$$\text{CO}^2 \quad 183 \times \frac{6,4}{100} = 11,7 \quad \text{---} \quad \text{CO}^2.$$

$$\text{N}^2 \quad 183 \times \frac{59,8}{100} = 109,4 \quad \text{---} \quad \text{N}^2.$$

L'humidité de ce gaz étant de 5 pour 100, nous aurons en plus :

$$\frac{4,090}{22,32} \times \frac{5}{100} = 9,15 \text{ vol. mol. de H}^2\text{O.}$$

Ce gaz donne en brûlant CO^2 et H^2O (vapeur). L'expression de la chaleur utilisable se compose de deux termes : l'un c relatif à la chaleur latente ; l'autre d relatif à la chaleur sensible. Toutefois, dans ce qui suivra, nous ne tiendrons compte, en ce qui concerne la vapeur d'eau, que du terme relatif à sa chaleur sensible qui est la seule dont une partie soit utilisable dans un four.

Chaleur latente. — La chaleur latente c correspond à la chaleur que dégagent les gaz combustibles en brûlant.

1 vol. mol. de CO.	68°,2
1 — H ²	58°,2

ce qui donne dans le cas présent :

Pour CO : 68°,2 × 46,9.	3 198°
Pour H ² : 58°,2 × 15,0.	873°
TOTAL.	4 071°

Chaleur sensible. — La chaleur sensible d dépend de la

température que possède le gaz et se calcule par la formule de MM. Mallard et Le Chatelier¹.

$$Q = a \frac{(T - T_0)}{1000} + b \frac{(T^2 - T_0^2)}{1000^2}$$

Pour $T = 850 + 273$
 et $T_0 = 15 + 273$

on a :

CONSTITUANTS	Q	CHALEURS SENSIBLES	
CO, H ² , N ²	6 ^e ,1	6 ^e ,1 (46,9 + 15 + 109,4) =	1 045 ^e
H ² O	8,8	8,8 × 9,15 =	80
CO ²	9,8	9,8 × 11,7 =	115
		Total	1 240 ^e

- 1) Chaleur latente + chaleur sensible :
 $c + d = 4\ 071 + 1\ 240 = 5\ 311$ calories.
 77 % 23 % 100 pour 100.
- 2) Coke imbrûlé : $800 - 704 = 96$ grammes,
 correspondant à :
 $0,096 \times 8\ 100 = 778$ calories.
- 3) Perte par rayonnement et chaleur sensible des mâchefers, par différence : $6\ 480 - (5\ 311 + 778) = 391$ —

Bilan du gazogène :

- 1) Rendement :
 $R_g = \frac{c + d}{p} = \frac{5\ 311}{6\ 480} 82$ pour 100
 - 2) Coke imbrûlé : $\frac{778}{6\ 480} 12$ —
 - 3) Pertes (rayonnement, chaleur sensible des mâchefers, etc.) $\frac{391}{6\ 480} 6$ —
-
- 100 pour 100

93. Rendement du four. — Nous allons calculer chacun des termes de notre formule :

$$R_f = \frac{c + d + s - f}{p}$$

1. Voir § 54.

Chaleur apportée par le gaz. — La chaleur apportée par le gaz $c + d$ a été calculée plus haut; elle est égale à 5311 calories.

Chaleur apportée par l'air secondaire. — La chaleur s apportée par l'air secondaire est fonction de son volume; il faut donc déterminer ce dernier. Nous nous baserons pour cela sur la composition des fumées à l'entrée de la récupération, composition qui, comme nous l'avons vu plus haut, est la suivante :

CO ²	19,5	pour 100	}	100
CO	0,5	—		
N ²	80,0	—		
H ² O	8,2	pour 100, en plus.		

1 mètre cube de ce mélange comporte en carbone :

$$\frac{1\ 000}{22,32} \left(\frac{19,5 + 0,5}{100} \right) \times 12 = 107 \text{ grammes.}$$

1 kilogramme de coke correspond à 704 grammes de carbone gazéifié donnant :

$$\frac{704}{107} \times \frac{1\ 000}{22,32} = 293 \text{ volumes moléculaires de fumée (eau non comprise)}$$

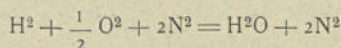
qui contiennent :

$$\frac{0,5}{100} \times 293 = 1,5 \text{ volume moléculaire de CO non brûlé.}$$

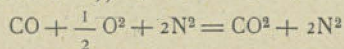
Dans le laboratoire, l'air secondaire admis brûle :

$$15 \text{ volumes moléculaires d'H et } 46,9 - 1,5 = 45,4 \text{ de CO.}$$

Les réactions correspondantes :



$$\text{en volumes : } 1 + 0,5 + 2 = 1 + 2$$



$$\text{en volumes : } 1 + 0,5 + 2 = 1 + 2$$

montrent qu'il faut :

2,5 vol. d'air pour brûler 1 vol. de CO
 2,5 — — 1 vol. d'H².

Le volume d'air utilisé pour la combustion est égal à :

pour H²: $15 \times 2,5 = 37,5$ volumes,
 pour CO : $45,4 \times 2,5 = 113$ —
 soit : $37,5$ volumes + 113 volumes = $150,5$ volumes d'air.

La chaleur sensible de cet air à 950°, calculée d'après la formule de MM. Mallard et Le Chatelier, est de : 7 calories par volume moléculaire.

L'air secondaire utilisé a donc apporté :

$S = 7 \text{ calories} \times 150,5 = 1053 \text{ calories}$
 soit : $\frac{1053}{6480} = 16,2$ pour 100 de la chaleur mise en jeu dans le gazogène.

Chaleur emportée par les fumées à la sortie du laboratoire. — Ces fumées sortent du laboratoire à la température de 1050°; leur chaleur latente est

$$1,5 \times 68,2 = 103 \text{ calories.}$$

puisqu'elles contiennent 1,5 de CO imbrûlé.

Leur composition en volumes moléculaires est la suivante :

$$293 \times \frac{(0,5 + 80)}{100} = 236 \text{ volumes moléculaires de CO et N}^2$$

$$293 \times \frac{19,5}{100} = 57 \quad \text{—} \quad \text{CO}^2$$

$$293 \times \frac{8,2}{100} = 24 \quad \text{—} \quad \text{H}^2\text{O}$$

Les chaleurs sensibles de ces volumes moléculaires de gaz à 1050°, calculées d'après la formule de Mallard et Le Chatelier, sont respectivement égales à :

CONSTITUANTS	Q	CHALEURS SENSIBLES
CO, N ²	7 ^e ,8	$7,8 \times 236 = 1833^{\circ}$
CO ²	13,0	$13 \times 57 = 741$
H ² O	11,6	$11,6 \times 24 = 278$
		Total. . . 2852 ^e

La chaleur totale, f , des fumées (chaleur latente + chaleur sensible) à la sortie du laboratoire est donc :

$$103 + 2852 = 2955 \text{ calories.}$$

La chaleur laissée dans le laboratoire $c + d + s - f$ est :

$$5311 + 1053 - 2955 = 3409 \text{ calories.}$$

Le rendement global du four a ainsi pour valeur :

$$R_f = \frac{c + d + s - f}{p} = \frac{3409}{6480} = 52,6 \text{ pour } 100.$$

94. **Rendement de la récupération.** — La chaleur totale des fumées à leur sortie du laboratoire, c'est-à-dire à leur entrée dans la récupération, est partiellement utilisée au réchauffage de l'air secondaire ; le reste est perdu sous forme de chaleur sensible des fumées qui s'échappent dans l'atmosphère par la cheminée, sous forme de chaleur rayonnée, etc.

Chaleur totale des fumées, f . — Nous l'avons calculée plus haut ; elle est égale à :

$$103 + 2852 = 2955 \text{ calories.}$$

Cette chaleur représente :

$$\frac{2955}{6480} = 45,6 \text{ pour } 100 \text{ des calories mises en œuvre.}$$

Chaleur utile. — Elle correspond au réchauffage de l'air secondaire ; c'est la valeur s calculée précédemment et égale à 1053 calories, soit 16,2 pour 100 de la chaleur mise en jeu dans le gazogène.

Il apparaît immédiatement que le rendement propre de la récupération est :

$$R_r = \frac{s}{f} = \frac{1053}{2955} = 36 \text{ pour } 100.$$

95. Perte à la cheminée. — 1 mètre cube de fumées, à la sortie de la récupération, contient :

$$\frac{1000}{22,32} \times \frac{18}{100} \times 12 = 97 \text{ grammes de C.}$$

1 kilogramme de coke, correspondant à 704 grammes de C gazéifié, produit :

$$\frac{704}{97} = 7,25 \text{ mètres cubes de fumées}$$

soit :

$$\frac{7250}{22,32} = 325 \text{ volumes moléculaires,}$$

qui se décomposent comme suit :

$$325 \times \frac{18}{100} = 58,5 \text{ volumes moléculaires de CO}^2$$

$$325 \times \frac{2}{100} = 6,5 \quad \text{—} \quad \text{O}^2$$

$$325 \times \frac{80}{100} = 260 \quad \text{—} \quad \text{N}^2$$

et, en outre,

$$325 \times \frac{7,4}{100} = 24 \quad \text{—} \quad \text{H}^2\text{O.}$$

Ces gaz étaient à 500°, leurs chaleurs sensibles moléculaires calculées comme précédemment sont :

CONSTITUANTS	Q	CHALEURS SENSIBLES
O ² , N ²	3 ^e ,6	3 ^e ,6 (260 + 6,5) = 959 ^e
CO ²	5,2	5,2 × 58,5 = 304
H ² O	4,6	4,6 × 24 = 110
		Total. . . 1373 ^e

soit :

$$\frac{1373}{6480} = 21,2 \text{ pour 100}$$

de la chaleur totale mise en jeu.

Telle est la quantité de chaleur perdue par la cheminée.

96. Perte par rayonnement de la récupération. —

La perte par rayonnement de la récupération est égale à la chaleur apportée par les fumées qui sortent du four, diminuée de la chaleur fournie à l'air secondaire et de la perte à la cheminée, soit :

$$2955 - (1053 + 1373) = 529 \text{ calories}$$

soit :

$$\frac{529}{6480} = 8,2 \text{ pour } 100$$

de la chaleur mise en jeu dans le gazogène.

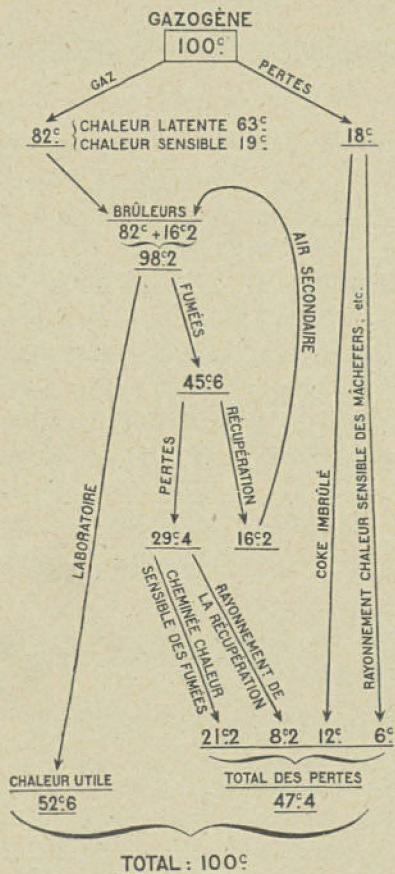


Fig. 14. — Représentation schématique du bilan thermique d'un four.

renseignements fournis par les calculs précédents rapportés à 100 calories (fig. 14).

97. Représentation schématique du bilan thermique d'un four. —

Pour illustrer aussi clairement que possible la production et la dispersion des calories au cours de la combustion parfaite du coke utilisé dans le four dont nous nous occupons, nous avons rassemblé sous forme schématique les renseignements

On voit ainsi que la chaleur nécessaire pour maintenir le laboratoire à la température convenable à la distillation représente 52,6 pour 100 des calories mises en œuvre dans le gazogène.

(C'est suivant cette méthode, avec certaines simplifications de forme, que se fait le contrôle permanent des fours à l'usine à gaz de la Société E. C. F. M., banlieue de Paris, à Gennevilliers.)

XII. — REALISATION DU CHAUFFAGE

98. Foyer d'un four à combustion simple. — Le foyer d'un four à combustion simple est la partie du four où l'on réalise la combustion ; c'est une chambre construite

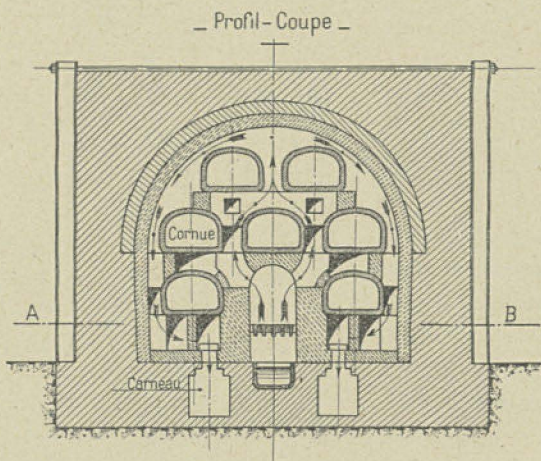


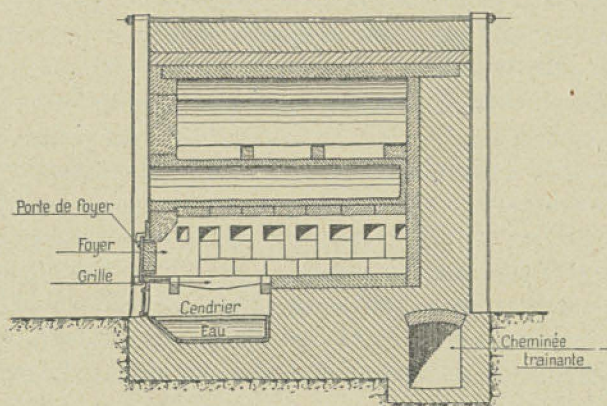
Fig. 15. — Four à grille à 7 cornues.

en matériaux très réfractaires, divisée en deux parties par son organe principal : la grille (fig. 15).

La partie supérieure, qui reçoit le combustible, est le foyer proprement dit, la partie inférieure est le cendrier.

Le foyer est généralement surmonté d'une voûte destinée à protéger les cornues contre les coups de feu et les rentrées d'air froid. Il est pourvu, comme le cendrier, d'une porte de service dont les dimensions doivent être suffi-

— Elévation - Coupe —



— Plan-Coupe AB —

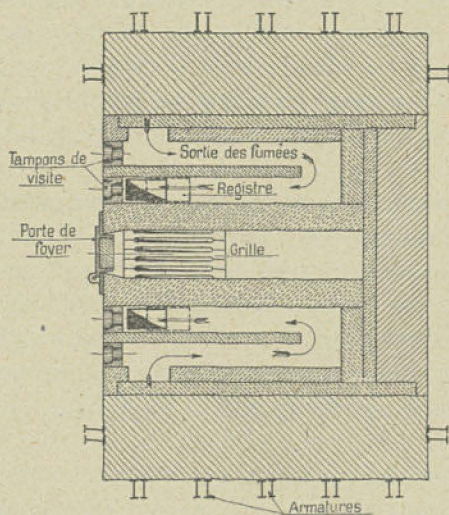


Fig. 15. — Four à grille à 7 cornues.

santes pour le passage des outils de travail (pelles, râteaux, etc...) ; souvent la porte du foyer est munie d'un trou de regard par lequel le chauffeur peut voir ce qui se passe sur la grille et, au besoin, admettre un peu d'air supplémentaire. En marche normale, ce trou est fermé par un volet.

On tend de plus en plus à remplacer les anciennes portes à charnières verticales par des portes à charnières horizontales. Elles sont alors équilibrées par un contre-poids, s'ouvrent de dehors en dedans et peuvent se fermer automatiquement sous l'influence d'une pression subite et anormale dans le foyer. On évite ainsi les accidents dont les chauffeurs pourraient être victimes en cas de retour de flammes.

La porte du cendrier permet le passage de l'air nécessaire à la combustion.

Dans certains fours, on règle la section offerte au passage de cet air par une ouverture plus ou moins grande de la dite porte, qui est alors pleine. Il est plus pratique d'utiliser des portes perforées d'une ouverture spéciale qu'on peut obturer plus ou moins à l'aide d'une trappe manœuvrée par une vis.

Le fond du cendrier est souvent constitué par une cuvette en fonte qu'on maintient pleine d'eau. Celle-ci est vaporisée par la chaleur rayonnante du foyer ; on provoque ainsi un refroidissement de la grille favorable à sa conservation ; la vaporisation étant d'autant plus active que l'allure de la combustion est accélérée, la température de la grille se trouve automatiquement régularisée.

99. Grille. — La grille est généralement plane, horizontale ou légèrement inclinée d'avant en arrière. Elle est composée d'une série de barreaux en fonte ou en fer, de section trapézoïdale, placés parallèlement les uns aux

autres et soutenus par deux sommiers encastrés dans la maçonnerie.

Ces barreaux sont maintenus écartés les uns des autres par des renflements qu'ils portent à leurs extrémités. Les vides ainsi formés permettent le passage de l'air nécessaire à la combustion, la chute des cendres et leur évacuation.

La surface de grille est d'environ 1 mètre carré par 100 kilogrammes de coke brûlé à l'heure. Les vides constituent 30 à 40 pour 100 de la surface totale. Ils sont de largeur d'autant plus faible que le calibre des morceaux du combustible employé est lui-même plus petit.

100. Consommation de combustible. — Le combustible le plus généralement employé dans les foyers de fours à gaz est le coke.

La consommation de coke dans les fours à foyer simple est environ de 20 à 24 kilogrammes par 100 kilogrammes de houille distillée.

101. Gazogènes ou générateurs à combustion étagée. — Dans l'industrie du gaz, les gazogènes sont en général accolés aux fours qu'ils desservent.

Ils sont constitués par des chambres verticales, de section rectangulaire, construites en briques ordinaires maintenues par des armatures métalliques et garnies intérieurement de briques très réfractaires.

Le gazogène possède à la partie supérieure une porte de chargement ; à mi-hauteur environ et du côté opposé à la façade, se trouve l'orifice de départ du gaz produit ; à la partie inférieure, une grille sépare le gazogène proprement dit de son cendrier ; ce dernier est fermé par des portes de service.

La section d'un gazogène est naturellement en rapport avec la capacité du four qu'il doit alimenter.

Tous les points de la grille devant être atteints aisément avec des outils de travail (ringards, pinces, etc...) de longueur et de poids raisonnables, une des dimensions de la section du gazogène reste sensiblement constante et l'autre varie seule avec la puissance des appareils.

On compte généralement une consommation de 15 à 20 kilogrammes de coke par 100 kilogrammes de houille distillée et pour des appareils fonctionnant à tirage naturel, 1 mètre carré de surface de grille pour 60 à 80 kilogrammes de coke brûlé à l'heure.

La hauteur du gazogène est rarement inférieure à deux mètres ; elle se trouve fréquemment déterminée par le fait que la porte de chargement doit être située sur le plancher de travail des fours, alors que la grille doit être desservie à l'étage inférieur. Grâce à cette circonstance, on dispose souvent, au-dessus du conduit de départ des gaz, d'une capacité dans laquelle on peut accumuler une réserve importante de combustible qui, sauf dans le cas où le gazogène est chargé directement avec le coke sortant des cornues, est réchauffée, sans dépense de calories, par le rayonnement de la partie active de l'appareil.

La couche de combustible utile pour la gazéification est celle qui se trouve comprise entre la grille et l'orifice de départ des gaz.

Afin de permettre à la gazéification de s'effectuer le plus complètement possible, il est nécessaire de donner à cette couche une épaisseur qui, pratiquement, ne soit pas inférieure à 0^m,50 (voir § 69).

Dans un gazogène alimentant un four à gaz muni d'une récupération de chaleur par l'air secondaire, la quantité de coke brûlé varie généralement entre 15 et 18 kilogrammes par 100 kilogrammes de houille distillée.

102. Gazogène Siemens. — Le type de gazogène le plus

communément employé est le gazogène Siemens (fig. 16).

Le combustible est introduit par l'ouverture *a* que ferme une porte étanche. Il remplit la capacité *b* et est maintenu à sa partie inférieure par une grille *d*. Une voûte de barrage

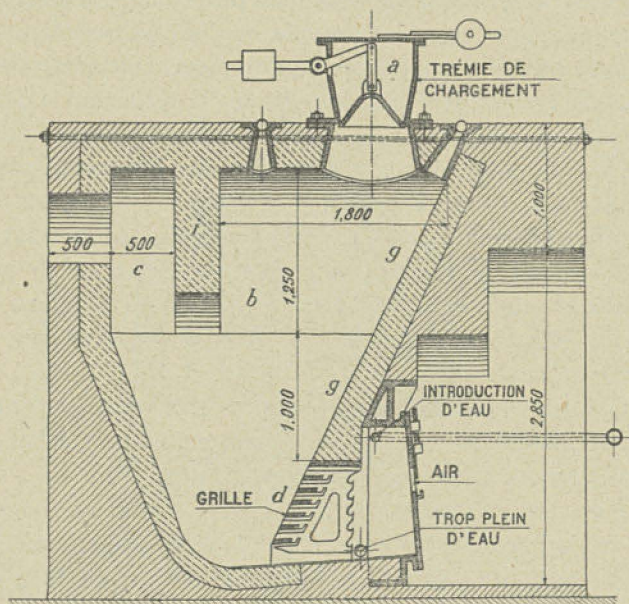


Fig. 16. — Gazogène type Siemens.

i évite que le combustible ne vienne obstruer le conduit de dégagement du gaz *c*.

Une porte munie de volets réglables ferme le cendrier devant la grille et permet de faire varier la section d'entrée de l'air primaire.

C'est un fait d'expérience que, lorsque la paroi antérieure du gazogène est verticale, la circulation de l'air primaire s'opère avec plus de facilité le long de cette paroi qu'au sein de la masse de combustible. Pour éviter les conséquences fâcheuses de cette circulation, on donne à la paroi *g* une

inclinaison en sens inverse du mouvement des gaz, dont la direction est naturellement celle de *d* vers *c*.

103. Alimentation en eau des gazogènes. — Le fond du cendrier contient toujours une petite nappe d'eau alimentée d'une manière continue et dont le niveau reste constant grâce à un orifice de trop-plein. Quelquefois on cherche également à produire, devant la grille, un rideau de pluie en utilisant soit une série de tubes déversant simultanément des jets d'eau, soit un sommier horizontal percé de trous, soit une cornière maintenue horizontalement de manière à former rigole et munie d'encoches permettant le déversement de l'eau en petits filets verticaux. L'air primaire se sature de vapeur d'eau en traversant ce rideau de gouttelettes et en léchant la nappe liquide contenue dans le cendrier.

Grâce à ce procédé, on refroidit la grille et ses supports métalliques, et on obtient en même temps du gaz mixte sans introduction spéciale de vapeur d'eau.

Dans certains gazogènes bien réglés, il n'est pas besoin de recourir à cet artifice du rideau de pluie pour permettre à l'air primaire d'entraîner la quantité d'eau nécessaire au fonctionnement normal et indiquée au paragraphe 73.

104. Grilles de gazogènes. — Les appareils du type Siemens sont munis de grilles inclinées et à gradins. Toutefois certaines constructions utilisent des grilles horizontales.

Les premières sont préférables aux secondes en ce qui concerne particulièrement la surveillance, le nettoyage et aussi le remplacement éventuel des barreaux. L'exploitation est donc notablement facilitée par l'emploi des grilles à gradins.

105. Gazogènes sans grilles. — Enfin certains gazogènes ne comportent pas de grille. Ces appareils sont cons-

titués par des cuves en maçonnerie, de section généralement carrée ou circulaire, rétrécies à leur partie inférieure.

Le combustible repose sur le fond même du générateur, c'est-à-dire sur la cuve du cendrier; deux ouvertures opposées permettent d'extraire le mâchefer au fur et à mesure de sa production; ce raclage provoque ainsi la descente du combustible. La figure 17 montre le gazogène Didier utilisé

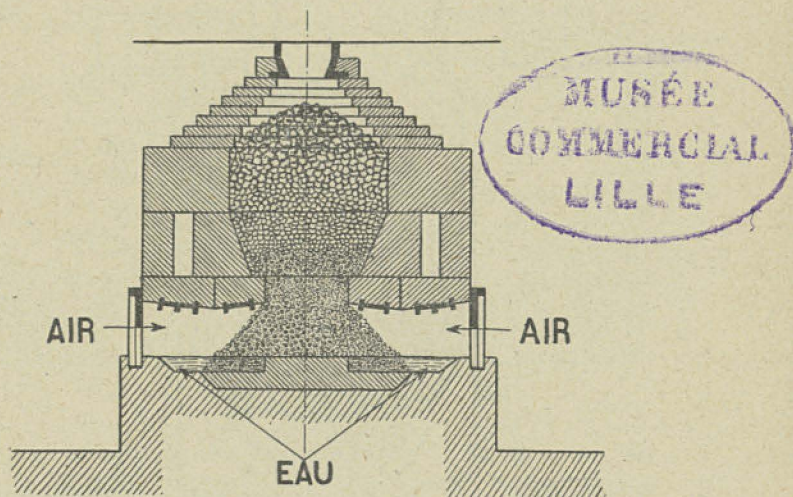


Fig. 17. — Gazogène type Didier.

en Allemagne; la figure 18 représente l'appareil Mond, très connu en Angleterre et employé notamment par l'usine à gaz de Saltley, à Birmingham.

106. Gazogènes à circulation horizontale. — Signalons enfin le gazogène type Parsy, où la circulation des gaz est horizontale, le départ des gaz se faisant à la partie inférieure de l'appareil, au niveau de la grille (fig. 19).

Cet appareil spécial a été créé, croyons-nous, pour permettre la transformation d'anciens fours à grilles ordinaires

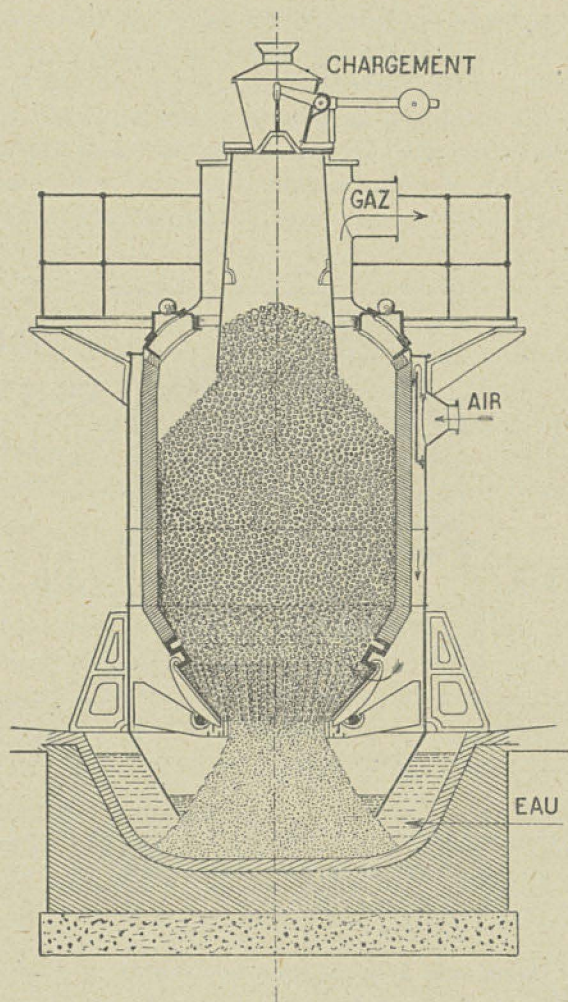


Fig. 18. — Gazogène type Mond.

en fours à gazogènes, là où le développement du four en profondeur était impossible.

107. Conduite des gazogènes. — La conduite des gazogènes comprend :

- 1° L'introduction du combustible ou chargement ;
- 2° L'évacuation des cendres et mâchefers, appelée communément piquage et décrassage ;
- 3° Le réglage de l'air primaire et de l'eau d'évaporation ;
- 4° Le réglage de la production.

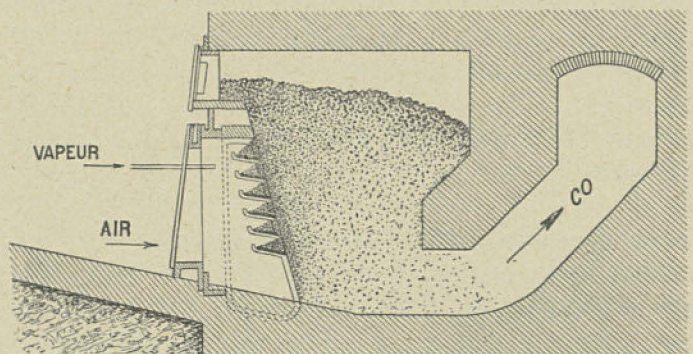


Fig. 19. — Gazogène type Parsy.

108. Chargement des gazogènes. — L'ouverture de chargement des gazogènes est généralement fermée soit par un lourd tampon s'emboîtant dans un siège conique, soit par un couvercle dont l'étanchéité est assurée par un joint de sable, soit par une porte en fonte appliquée sur son siège au moyen d'un contrepoids ou d'un excentrique mù par un levier.

Les appareils modernes sont munis d'une trémie de chargement identique au « cup and cone » des gueulards de hauts fourneaux.

Dans beaucoup d'installations, les orifices de chargement des gazogènes sont situés juste au-dessous de l'extrémité des cornues, ce qui permet de verser directement dans le gazogène, au moyen d'une simple goulotte en forme

d'entonnoir, le coke rouge recueilli à la fin de la distillation.

Lorsque cette disposition ne peut être adoptée, les gazogènes sont alimentés en coke froid, soit à la pelle dans les petites usines, soit au moyen de chariots roulants dans les grandes installations. Les appareils employés pour cet usage sont très variés. Le plus souvent, ce sont des wagonnets pourvus d'un orifice inférieur adapté exactement à l'ouverture de chargement. La manœuvre d'une trappe permet ainsi le déversement automatique du combustible.

Le chargement des gazogènes s'opère environ toutes les quatre heures. Naturellement l'intervalle entre deux charges varie avec la consommation de combustible et la capacité de l'appareil.

109. Évacuation des cendres et mâchefers. — Les cendres des combustibles minéraux fondent ou deviennent simplement pâteuses. entre 1100° et 1400° , température qui est inférieure à celle de la zone la plus chaude du foyer ou du gazogène.

En cheminant vers la grille et vers les parois, c'est-à-dire en se rapprochant des parties du foyer qui sont les plus refroidies par rayonnement, ces cendres, en voie de solidification, s'agglutinent et forment finalement des blocs plus ou moins spongieux, très durs et difficiles à extraire, auxquels on a donné le nom de mâchefer.

Pour remédier à cet inconvénient, on cherche à diminuer la température de combustion par l'introduction de vapeur d'eau. Malgré cela on n'évite pas complètement la formation du mâchefer, et il est nécessaire de procéder périodiquement à sa désagrégation et à son enlèvement.

110. Piquage. — L'opération qui porte le nom de piquage a pour but de désagréger les blocs de mâchefer et de les décoller des parois avant qu'ils n'aient durci par refroidis-

sement. On cherche en même temps à faire tomber la masse du combustible, afin de détruire les chemins qui pourraient se créer dans son sein et de rétablir l'homogénéité nécessaire à la circulation régulière des gaz. Le travail se fait au moyen de ringards, longues tiges en fer dont l'extrémité est aplatie ou tordue en forme de crochet.

111. Décrassage. — Le décrassage consiste à sortir les morceaux de mâchefer hors du gazogène.

Ce travail se fait avec les instruments que nous venons de décrire.

Afin de le faciliter, on constitue souvent une grille provisoire au moyen de tiges en fer, appelées « faux barreaux », que l'on introduit horizontalement au-dessus de la grille. La plus grande partie du combustible étant ainsi retenue, on peut enlever tous les barreaux de la grille et retirer la masse de cendres et de mâchefer située à la partie inférieure.

On remet ensuite en place la grille ordinaire et on enlève les faux barreaux. Le coke descend par son propre poids et le gazogène est de nouveau en bon état de fonctionnement.

Pour diminuer le travail des chauffeurs, on a cherché à réaliser l'enlèvement mécanique du mâchefer au moyen d'appareils portatifs à commande pneumatique et hydraulique; jusqu'à présent, il ne semble pas qu'on ait trouvé dans cette voie une solution convenable de cet intéressant problème.

112. Réglage de l'introduction de l'air primaire et de l'eau. — Le volume de l'air introduit dans le gazogène est à la fois fonction de la section de passage qui lui est offerte et de la vitesse qu'il possède.

Nous avons vu que des volets mobiles, ménagés sur les

ouvertures de la porte du cendrier, permettent de régler l'admission de l'air.

D'une manière générale, il est prudent, si l'on recherche une marche économique, de n'agir sur ces volets qu'après avoir bien examiné ce qui se passe dans tout le four, notamment en procédant sur place à des analyses de gaz et de fumées. Les manœuvres à exécuter sont dictées par les résultats obtenus. Si, par exemple, dans un gaz de gazogène dont la température est à peu près normale, on trouve de l'oxygène, c'est la preuve qu'il rentre de l'air primaire en excès, il faut alors en réduire l'arrivée par une fermeture partielle des orifices d'admission.

L'introduction de l'eau dans le cendrier est réglée au moyen d'un robinet spécial. La quantité entraînée par l'air est fonction seulement de la température de celui-ci; elle ne peut donc être modifiée à volonté que lorsque l'eau est introduite directement à l'état de vapeur.

113. Réglage de la production. — Dans les fours bien compris, les canaux qui font communiquer le gazogène et le laboratoire sont pourvus de registres à l'aide desquels on peut répartir à volonté la production de gaz de chauffage.

Ces registres permettent aussi de faire, ou non, sentir la dépression due à la cheminée jusque dans le gazogène; autrement dit, ils servent à régler la pression de fonctionnement de ce dernier. Leur manœuvre permet de faire varier la production de l'appareil. Ils influencent, en effet, la vitesse de passage de l'air primaire dans les portes du gazogène pendant que les volets placés sur ces dernières règlent seulement la section de passage de cet air.

Il y a intérêt, chaque fois que cela se peut, à conserver dans le gazogène une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique, de façon à éviter les rentrées d'air par les fissures de la maçonnerie.

Toutefois cette pratique oblige à rechercher ces fissures et à les obturer soigneusement pour éviter toute déperdition de gaz, c'est-à-dire de calories. La fermeture momentanée des registres est un moyen qui facilite la recherche des fuites.

114. Gazogènes indépendants et à décrassage mécanique. — Nous avons indiqué que la plupart des fours à gaz actuellement en usage possèdent chacun son propre gazogène, dont le décrassage est généralement opéré à bras d'homme.

Pour faciliter l'exploitation, les gazogènes peuvent être centralisés dans un même bâtiment; ils sont alors reliés par canalisations spéciales aux fours qu'ils doivent desservir. On emploie dans ce cas les appareils qui sont utilisés dans l'industrie métallurgique et dont le décrassage est assuré mécaniquement.

Ce système procure toujours une très grosse économie de main-d'œuvre et aussi une diminution de la perte par imbrûlé; par contre, il a souvent l'inconvénient de laisser dissiper sans profit la presque totalité de la chaleur sensible des gaz de chauffage qui peut représenter 20 pour 100 des calories mises en œuvre dans le gazogène (voir § 97). Cette perte résulte soit du rayonnement des conduites de distribution, soit du refroidissement dû au lavage du gaz. Cette opération est indispensable pour extraire les poussières dont la présence rendrait impossible le fonctionnement vannes métalliques qui servent à l'inversion des courants gazeux dans les fours à récupération du type Siemens.

On peut, pour compenser cet inconvénient, réchauffer le gaz combustible aux dépens de la chaleur des fumées, en installant sur le four une récupération spéciale; quelquefois même cette possibilité devient une obligation pour obtenir

la température de combustion indispensable à la bonne marche des fours.

115. Gazogènes de l'usine à gaz de Vienne-Léopoldau.

— Un groupe de 12 gazogènes indépendants fonctionne

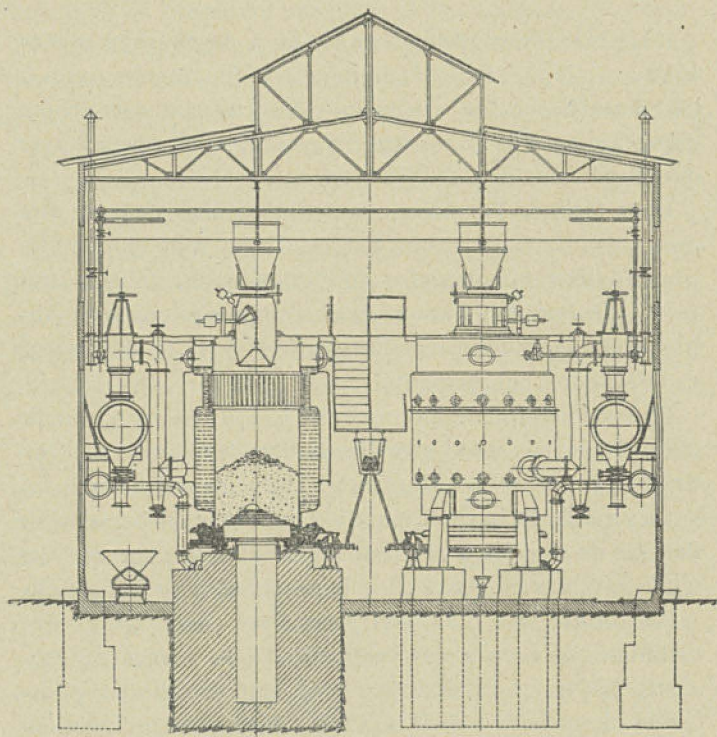


Fig. 20. — Installation de gazogènes type Kerpely.

depuis longtemps aux usines municipales de Vienne-Léopoldau (Autriche).

Nous en donnons la description à titre d'exemple (fig. 20).

Les gazogènes employés sont du type Kerpely-Marischka, auto-producteurs de vapeur. La cuve de ces appareils est

constituée par un water-jacket qui forme une véritable chaudière à vapeur avec faisceau tubulaire. L'alimentation en coke se fait au moyen de wagonnets basculants circulant au-dessus des trémies de chargement, elles-mêmes constituées par de doubles fermetures à cône.

Le décrassage est entièrement mécanique. La sole du gazogène est constituée par une large cuvette mobile remplie d'eau et solidaire de la grille à gradins, qui est de forme pyramidale et excentrée par rapport à l'axe du gazogène. La sole est animée d'un mouvement de rotation très lent.

L'agitation provoquée par le mouvement de la grille s'oppose à la formation de blocs de mâchefer. Un soc fixe oblige les scories à déborder de la cuvette mobile et à tomber dans un wagonnet d'évacuation placé en dessous. Le gazogène est soufflé au moyen d'une trompe à vapeur aboutissant dans l'axe de l'appareil. La garde d'eau est suffisante pour permettre l'évacuation du mâchefer sans qu'il soit nécessaire d'abaisser la pression dans l'appareil.

Le gaz produit est lavé et emmagasiné dans un gazomètre; il est ensuite amené par des canalisations vers les fours Koppers où il sert à chauffer 63 chambres horizontales de chacune 11 tonnes de capacité. Ces fours possèdent des récupérateurs Siemens à inversion. Le gaz pauvre est réchauffé avant son utilisation aux brûleurs.

L'installation a donné de bons résultats et elle conduit à une économie de main-d'œuvre considérable (pour 7 appareils en marche il suffit de 1 contremaître et de 4 hommes par poste de 12 heures).

La vapeur produite sert à la force motrice nécessaire pour le service des gazogènes (rotation des soles et dépoussiérage du gaz); le surplus est utilisé pour le traitement des eaux ammoniacales.

116. Différents types de gazogènes à décrassage mé-

canique. — D'autres installations analogues sont actuellement en exploitation, notamment à l'usine de Tottenham (Angleterre) où une batterie de 4 gazogènes Kerpely alimente 50 cornues du type Woodall-Duckham.

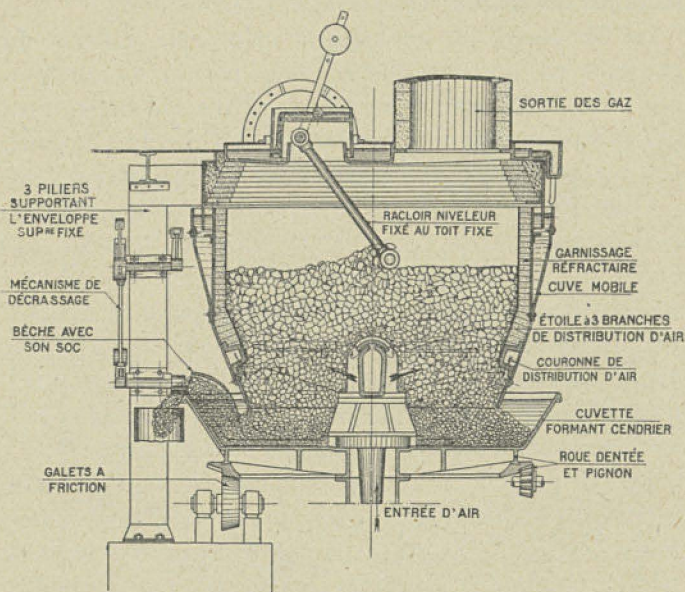


Fig. 21. — Machine à gazéifier Morgan.

Malgré le prix élevé de telles installations, il est possible que l'économie considérable de main-d'œuvre réalisée conduise les grandes usines à gaz à entrer dans cette voie.

Elles pourront, dans ce cas, utiliser les gazogènes automatiques présentés actuellement par les différents constructeurs :

En France, les gazogènes Fichet-Heurtey, Loy et Aubé, Stein, Parsy, Chavanne-Brun, etc...

En Angleterre, les gazogènes Mond à récupération d'ammoniaque.

En Amérique, les appareils Morgan, dits machines à gazéifier, qui peuvent traiter 20 tonnes de coke en 24 heures (fig. 21).

117. Gazogènes à fusion de cendres. — Depuis près d'un siècle (les premières expériences datent de 1840), de nombreux techniciens ont recherché la possibilité d'évacuer les cendres fondues à l'état liquide, comme les laitiers des hauts fourneaux. L'intérêt du problème consiste surtout dans le fait que la fusion des cendres correspond à une marche particulièrement intensive; par mètre carré et par heure, la gazéification dans ces appareils est de dix à vingt fois celles des gazogènes ordinaires.

Parmi les réalisations modernes de gazogènes à fusion de cendres, on peut citer celles faites par MM. Fichet et Heurtey, puis Heurtey et Sauvageon en collaboration, successivement, avec M. Sepulchre et M. Servais. Rappelons également l'appareil construit par M. Dessemont aux houillères de Saint-Étienne et les diverses installations présentées avant la guerre par M. Marconnet.

Des essais fort encourageants ont été faits tout récemment par la Compagnie Générale de Construction de Fours pour la mise en application des procédés de M. Marconnet.

L'appareil représenté figure 22 est caractérisé par une cuve à section rectangulaire munie de water-jacket et garnie d'orifices pour le soufflage du vent, le ringardage et l'introduction de vapeur d'eau.

La sole de la cuve est constituée par une aire en forme de dos d'âne munie de trous de coulée. La plate-forme supérieure possède, en plus des trémies de chargement, un dispositif spécial de tiges verticales munies de masses qui permet d'effectuer un pilonnage périodique et intermittent de la charge.

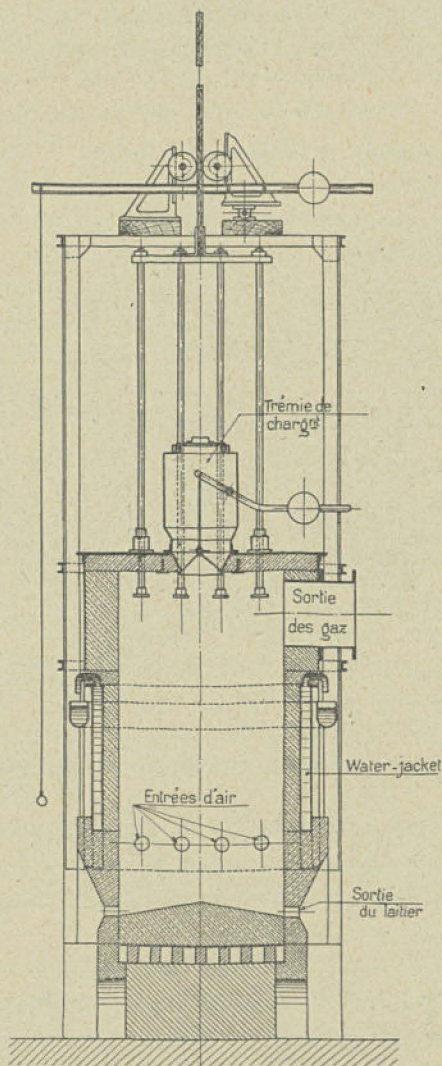


Fig. 22. — Gazogène à fusion de cendres type Marconnet.

Cet appareil a permis de gazéifier un mélange de grésil-

lons de coke de gaz d'origines très différentes, certains d'entre eux possédant jusqu'à 34 pour 100 de cendres.

La formation du laitier était facilitée par une addition à la charge de castine et de minerai de fer.

Dans ces conditions, on a pu obtenir une allure de 450 à 550 kilogrammes de coke brûlé par mètre carré heure et un gaz possédant la composition moyenne suivante (sans addition de vapeur d'eau) :

CO ²	1,7
O ²	0
CO.	28,8
H ²	2,15
N ²	66,99
Pouvoir calorifique.	937,7 calories.

Ces essais permettent d'espérer la mise au point prochaine d'appareils utilisant des produits très chargés en cendres et possédant de fortes puissances de fabrication.

118. Utilisation de combustibles spéciaux pour le chauffage des fours. — Normalement, nous l'avons déjà dit, les usines à gaz n'utilisent comme combustible que le coke. Cependant il est arrivé dans le passé que, pour des raisons spéciales, le prix du goudron s'est abaissé au point de constituer, par rapport au coke, un combustible économique. Les gaziers se sont alors préoccupés de l'employer au chauffage des fours.

Les dispositifs qu'ils ont adoptés ne diffèrent pas sensiblement de ceux qui sont communément employés pour le chauffage des chaudières.

Le goudron est en général emmagasiné au-dessus des fours, pour que la chaleur de rayonnement de ceux-ci le maintienne fluide.

Un injecteur à vapeur ou à air comprimé permet d'assurer sa pulvérisation et son mélange intime avec l'air.

Nous donnons ci-dessous le croquis d'un four de La-

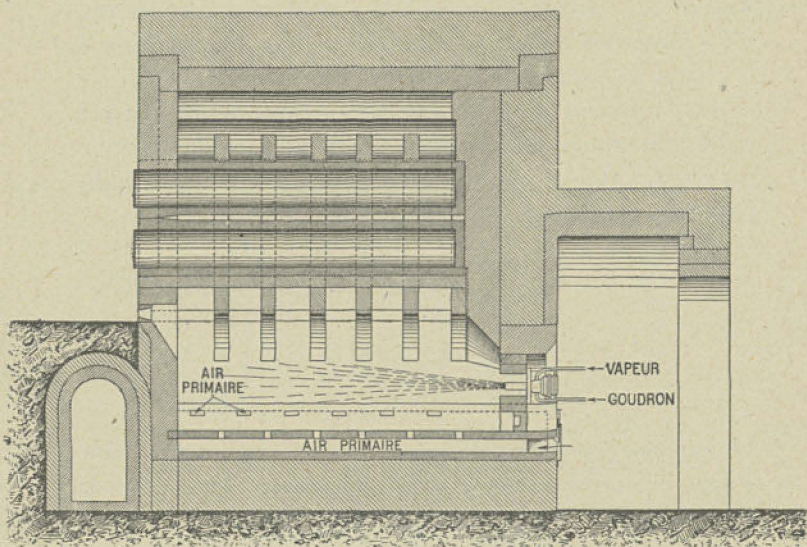


Fig. 23. — Chauffage au goudron d'un four type de Lachomette.

chomette et Villiers chauffé au goudron (fig. 23 et 24).

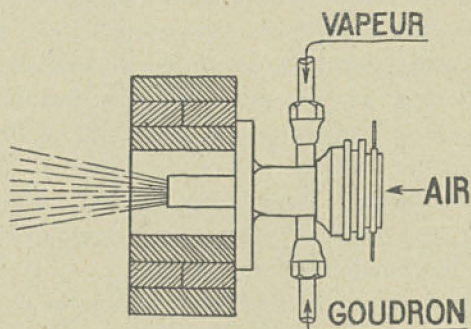


Fig. 24. — Détail du brûleur.

Il faut espérer que, dans l'avenir, ces procédés seront de moins en moins utilisés, car le goudron étant la source de

dérivés indispensables à la fabrication des produits chimiques, son prix, rapporté à son pouvoir calorifique, devra se maintenir au-dessus de celui du coke évalué dans les mêmes conditions.

Citons également pour mémoire la disposition appliquée par MM. Frère et Hovine pour l'utilisation du poussier de coke, dont on ne peut guère brûler que 10 à 15 pour 100 dans les gazogènes ordinaires sous peine d'étouffer le feu.

Le gazogène modifié dans ce but contient, en avant d'une grille horizontale, un plan incliné sur lequel on charge un mélange intime de poussier de coke et de houille grasse fine.

Pendant la descente de cette charge, la houille distille, se transforme en coke et agglomère le poussier en formant le combustible homogène indispensable au bon fonctionnement de l'appareil.

119. Laboratoire. Brûleurs. — La région du laboratoire où se rencontrent le gaz du gazogène et l'air secondaire venant des récupérateurs porte le nom de brûleurs. C'est là que s'amorce la combustion: la température y est donc très élevée, d'où la nécessité d'employer pour la construction de cette partie du four des matériaux très réfractaires.

La combustion est d'autant mieux réalisée que, par des dispositions appropriées des brûleurs, on facilite le mélange des gaz combustible et comburant.

La figure 25 montre des dispositions souvent adoptées.

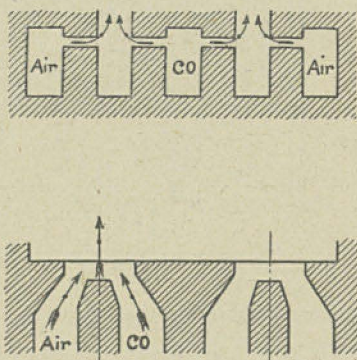


Fig. 25. — Types de brûleurs.

Les produits de la combustion se dispersent dans le laboratoire, entourent les cornues et les portent à la température de distillation.

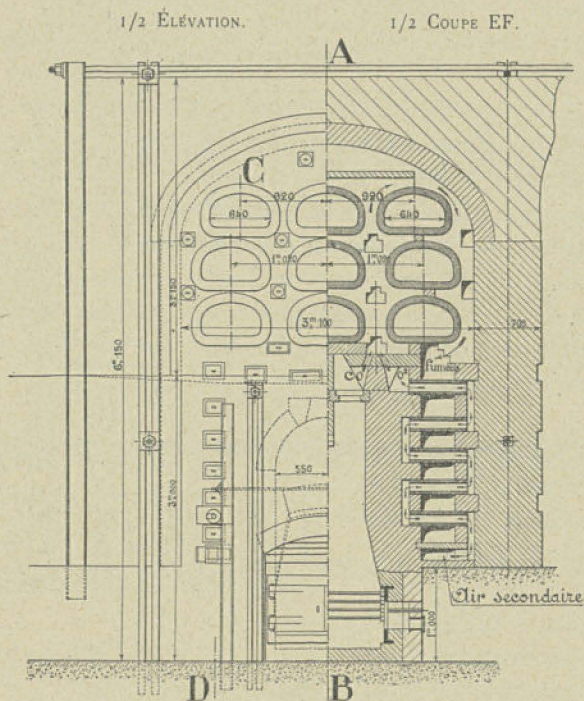


Fig. 26. — Chauffage d'un four à cornues type de Lachomette.

Quand cette combustion est complètement terminée, les fumées sont dirigées dans la récupération où elles servent généralement à réchauffer l'air secondaire avant d'être évacuées par la cheminée.

Les figures 26, 27 et 28 montrent le mode de chauffage d'un four à cornues de type courant.

120. Récupération discontinue. — La récupération des

chaleurs, dont nous avons exposé la théorie aux § 78 et 79, a été d'abord réalisée au moyen d'un dispositif discontinu appliqué aux fours Siemens, dont les premiers construits

COUPE AB.

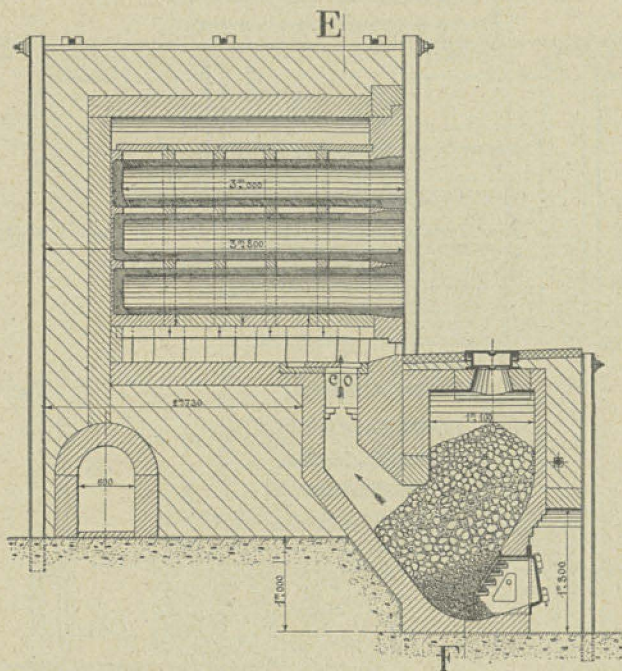


Fig. 27. — Chauffage d'un four à cornues type de Lachomette.

en France furent édifîés en 1862 à l'usine de Vaugirard de la Compagnie parisienne du gaz.

L'air secondaire s'y réchauffe en suivant un chemin qui a été préalablement suivi par les fumées. Cette particularité implique un renversement périodique du sens de la marche des courants gazeux et, par conséquent, l'existence de deux parties absolument symétriques.

On voit sur les figures 29 et 30 la série de chambres appe-

lées chapelles dans lesquelles sont empilées des briques réfractaires. Ces chapelles sont ouvertes à leur partie supérieure et communiquent avec la chambre de combustion.

Les registres d'inversion sont de simples carreaux de terre

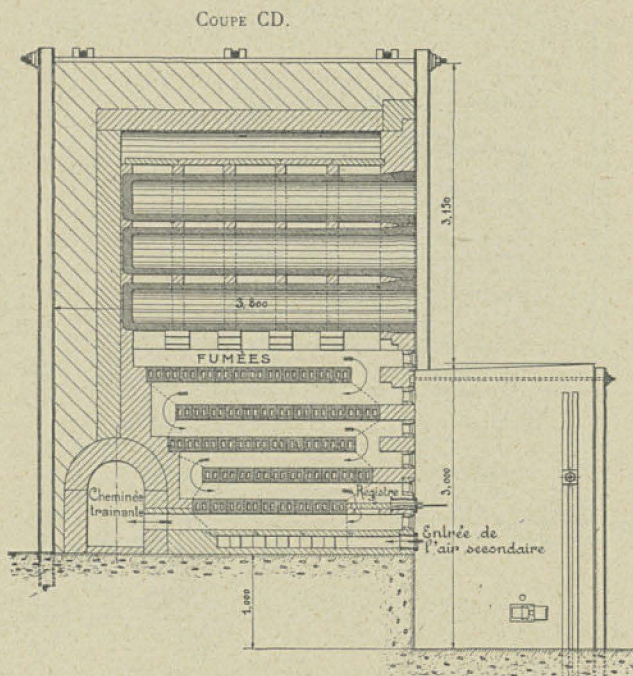


Fig. 28. — Chauffage d'un four à cornues type de Lachomette.

réfractaire, munis de tiges horizontales à crémaillère. Sur celles-ci peuvent agir des pignons, calés tous sur le même arbre, qu'on fait tourner à intervalles fixes (1 ou 2 heures) pour produire le renversement de la marche.

121. Récupération continue. — La récupération continue évite les manœuvres d'inversion des courants gazeux et supprime l'usage de vannes de commande. Elle est essen-

COUPE SUIVANT O P

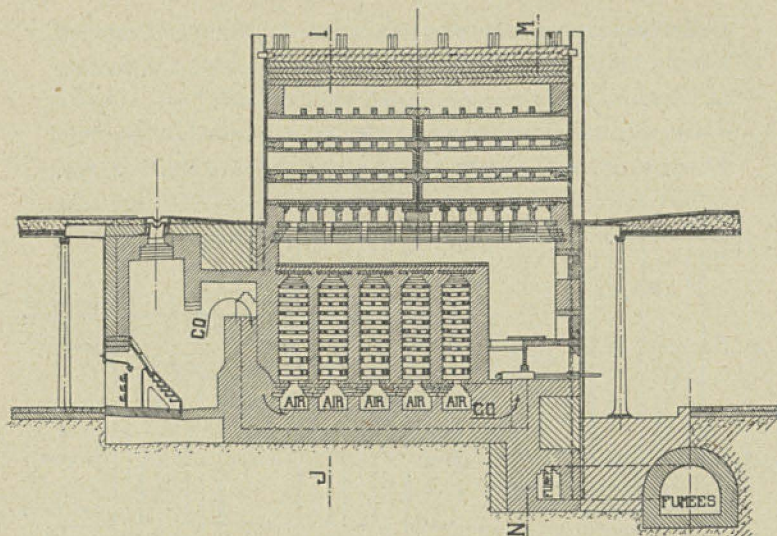


Fig. 29. — Chauffage d'un four type Siemens à récupération discontinue.

COUPE SUIVANT I J

COUPE SUIVANT M N

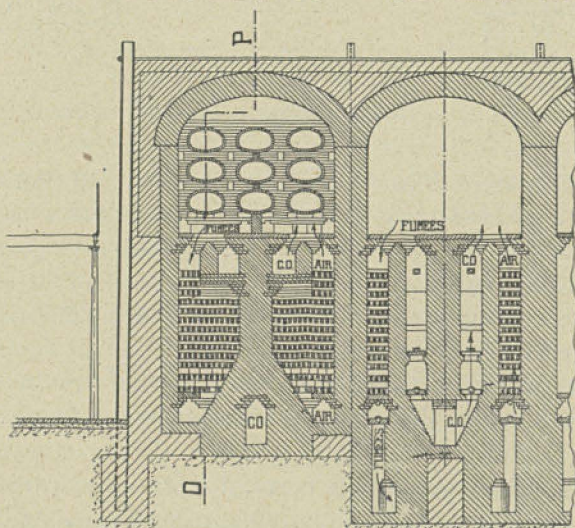


Fig. 30. — Chauffage d'un four type Siemens à récupération discontinue.

tiellement constituée par une série de poteries étanches s'assemblant les unes dans les autres et servant à assurer le parcours de l'air secondaire à réchauffer.

Ces poteries sont tantôt verticales comme dans le type Hovine (fig. 31), tantôt horizontales comme dans le type

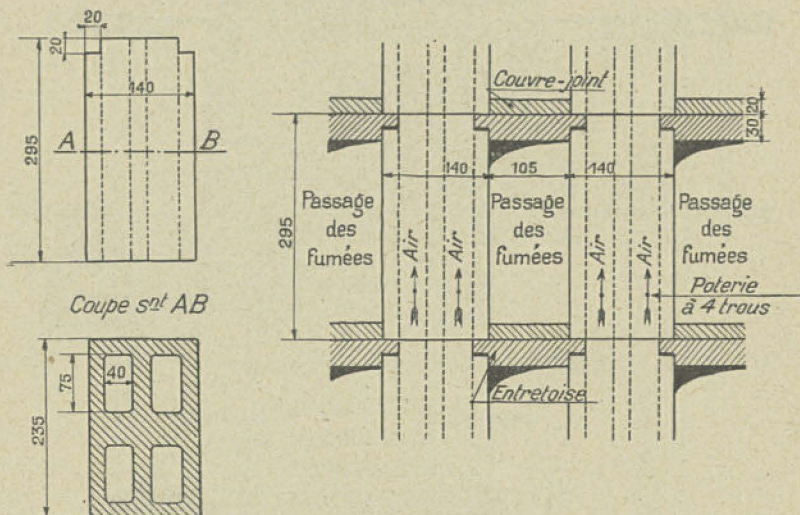


Fig. 31. — Dispositif de récupération à poteries verticales.

de Lachomette (fig. 32). Dans les deux cas, l'air secondaire circule de bas en haut et les fumées, au contraire, s'écoulent de haut en bas en faisant des mouvements en zigzag perpendiculairement au plan de la figure.

Des registres permettent de régler à la demande les deux courants d'air et de fumées.

Ces dispositifs, par suite de leur grande simplicité, sont aujourd'hui les plus répandus dans l'industrie du gaz.

122. Construction des fours. Matériaux réfractaires.

— Toutes les parties des maçonneries non exposées direc-

tement au feu sont construites en briques rouges ordinaires assemblées avec de la terre à four, produit naturel formé d'argile, de silice et d'oxyde de fer, auquel on mélange souvent du sable pour éviter sa contraction lors du chauffage. Les parties exposées au feu et aux fumées chaudes sont construites en briques ou en pièces spéciales réfractaires, à base d'argile. L'argile pure (kaolinite) est un sili-

— Poterie à 2 trous —

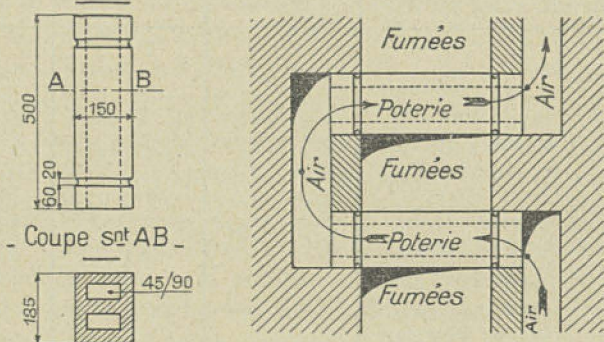


Fig. 32. — Dispositif de récupération à poteries horizontales.

cate d'alumine hydraté : Al^2O^3 , 2SiO^2 , $2\text{H}^2\text{O}$ contenant 46,4 pour 100 de silice, 39,7 pour 100 d'alumine, 13,9 pour 100 d'eau et fondant à 1830° à l'état pur. Son point de fusion diminue rapidement quand elle est mélangée à du quartz ou à du mica.

L'argile subissant au séchage et à la cuisson un retrait considérable, elle ne peut être employée seule à la fabrication des briques. On l'additionne de matières dites dégraissantes qui ne diminuent pas de volume à la cuisson. L'argile cuite et broyée constitue un bon dégraissant. On lui préfère souvent, par mesure d'économie, les débris de briques réfractaires provenant de la démolition des fours; pour les briques de seconde qualité, on prend du sable quartzueux.

Après moulage et séchage, on procède à la cuisson à une température voisine de 1300°. La chaleur spécifique des briques réfractaires est environ 0,190, leur poids spécifique 1,85.

Le tableau ci-après donne les résultats de l'analyse de quelques échantillons de produits de qualité courante.

DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS	PIÈCES DE LABORATOIRE DE FOUR		BRIQUES RÉFRACTAIRES		POTERIES DE RÉCU- PÉRATEURS
	1	2	3	4	5
Humidité.	0,40	0,06	1,00	0,10	0,10
Pertes au feu.	0,16	0,10	0,06	0,00	0,17
a) { Silice : SiO ₂	70,00	72,50	74,50	73,50	66,20
Alumine : Al ₂ O ₃	24,30	18,70	19,95	20,70	25,80
Sur { Oxyde de fer : Fe ₂ O ₃	3,70	6,80	3,55	3,60	5,70
sec { Chaux : CaO.	1,50	1,50	1,80	2,00	2,00
{ Magnésie : MgO.	traces	traces	traces	traces	traces
{ Non dosé : pertes.	0,34	0,40	0,14	0,20	0,13
b) { Température de fu- sion en degrés C.	1630	1650	1650	1670	1670
{ Montre correspon- dante.	28	29	29	30	30
{ Résistance à la com- pression en kg/cm ²	102	127	140	89	162

a) D'après analyse faite au Laboratoire de l'Usine à Gaz de la Société d'Éclairage, Chauffage et Force Motrice, à Gennevilliers.

b) D'après essai n° 26 100 du Conservatoire des Arts et Métiers (procès-verbal du 4 mars 1918).

Les briques et pièces réfractaires sont jointoyées au moyen d'un mortier spécial appelé coulis, obtenu le plus souvent en mélangeant à une bonne argile réfractaire trois fois son poids de débris de cornues ou de matériaux de même composition : le tout doit être très finement broyé. Il faut, pour obtenir de bonnes constructions, apporter le plus grand soin à la confection des joints qui doivent être aussi minces que possible.

Il existe, en outre, de nombreuses variétés d'autres matériaux réfractaires, parmi lesquels on peut distinguer ceux qui sont à base de magnésie, d'alumine, de chaux, de carbure de silicium (carbure de silicium) et de silice.

123. Briques de silice. — On commence, surtout en Amérique, à employer dans les cokeries et dans les usines à gaz les briques de silice, utilisées pour la construction des fours de verrerie et particulièrement pour les fours Martin.

Elles présentent l'avantage d'avoir un coefficient de dilatation très faible, mais cependant assez variable. A 1400°, 15 échantillons différents essayés au laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers ont donné des allongements variant de 0,17 à 1,73 pour 100, la moyenne étant environ 0,53 pour 100¹.

D'autre part, leur conductibilité étant supérieure à celle des briques réfractaires ordinaires, leur application à la construction des récipients de distillation permettrait de réduire dans de fortes proportions (3 à 2) la durée de la cuisson du charbon.

Enfin, ces mêmes briques seraient peu sensibles à l'action abrasive du coke.

La mise au point de la substitution de matériaux réfractaires très riches en silice aux matériaux couramment employés, serait donc de nature à provoquer un progrès considérable dans l'industrie du gaz.

124. Armature des fours. — Pour limiter autant que possible les pertes de chaleur par rayonnement, on donne aux parois des fours à gaz des épaisseurs relativement élevées. Il existe ainsi, en marche normale, entre les tem-

1. *Résumé des Travaux sur la fabrication des briques de silice* par le Commandant F. CELLERIER, directeur du laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.

pératures des faces internes et externes de ces parois, des différences pouvant atteindre plusieurs centaines de degrés.

C'est pourquoi, au moment de la mise en route d'un four, même s'il est construit avec des matériaux ayant un faible coefficient de dilatation, ses dimensions intérieures s'accroissent toujours beaucoup plus que ses dimensions extérieures. Ce fait provoque d'inévitables éclatements des parties externes de la maçonnerie et entraînerait des dislocations fâcheuses si, grâce à une forte armature, on ne cherchait pas à limiter un peu les déformations dues à la dilatation. On ne peut songer à s'y opposer complètement car elles s'accomplissent sous des efforts énormes.

L'armature d'un four comprend essentiellement des fers à double T, souvent appelés buxters, disposés verticalement contre les parois, scellés profondément dans le sol et réunis entre eux à la partie supérieure au moyen de tirants. Ces derniers travaillent à l'extension sur des ressorts ou des cales de bois susceptibles de céder partiellement sous les efforts de dilatation (fig. 33).

Une surveillance spéciale de ces dispositifs élastiques permet de juger du moment où il convient, pour éviter la rupture des tirants, de desserrer leurs écrous de fixation.

Notons en passant que pour de nombreuses raisons, lors du refroidissement d'un four, ni l'élasticité de l'armature, ni celle de ses ressorts ne permettent de ramener en contact les parties qui se sont séparées au moment de la mise en feu c'est-à-dire de faire reprendre à l'ouvrage ses dimensions primitives. D'abord les matériaux réfractaires, maintenus pendant plusieurs années à une température quelquefois supérieure à celle de leur cuisson et dans une atmosphère contenant des gaz susceptibles de se dissocier, peuvent avoir leur composition chimique modifiée; c'est notamment le cas des briques formant les parois des fours à chambres.

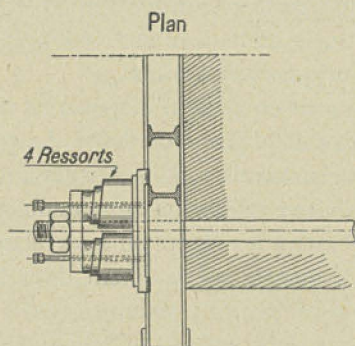
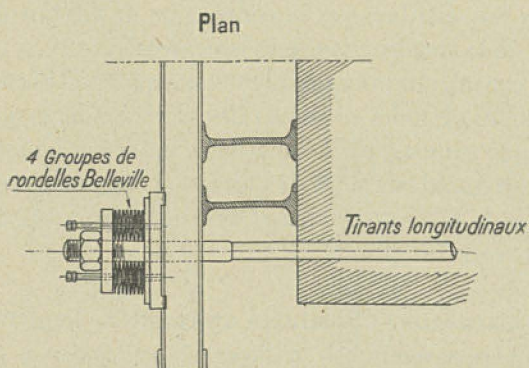
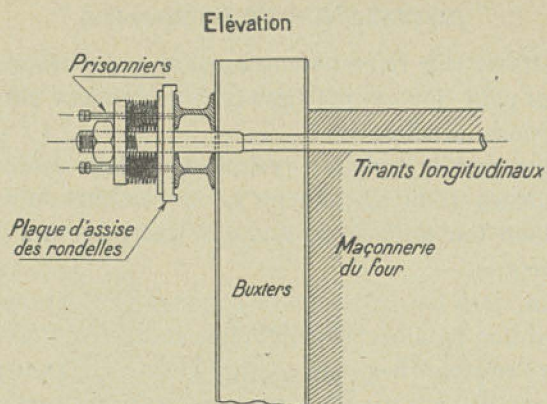


Fig. 33. — Ressorts compensateurs de dilatation.

Au cours de leur refroidissement, il y a de très grandes chances pour que ces matériaux ne reprennent pas leurs dimensions initiales.

D'autre part, le coulis qui a été introduit dans les crevasses et les fentes de la maçonnerie au fur et à mesure de leur apparition fait obstacle au retour à leur place des parties avoisinantes.

Enfin, dans les parties qui ne comprennent ni briques de composition modifiée, ni fentes rebouchées, les efforts exercés par l'armature ne peuvent suffire à vaincre les frottements correspondant aux mouvements à exécuter pour combler les espaces laissés libres par la contraction de chacun des éléments de la construction, pris isolément.

Ces considérations expliquent pourquoi les dimensions des massifs de fours subissent des accroissements au cours de chaque campagne¹, l'importance de ces accroissements dépend naturellement de la dilatation des matériaux des fours, de la taille de ceux-ci et de leur température de fonctionnement.

125. Carneaux. Cheminées trainantes. Registres. —

Les fumées se rendent à la cheminée verticale en parcourant les carneaux et la cheminée trainante, ou trainasse, qui sont construits en maçonnerie étanche doublée intérieurement de briques réfractaires.

Ces conduits sont en général disposés en sous-sol et leur paroi supérieure est en forme de voûte. Le tirage est réglé au moyen de registres; ils sont constitués souvent par des plaques en matériaux réfractaires maintenus par une armature en fer qui sert à les élever ou à les abaisser dans une fente verticale ménagée spécialement dans la maçonnerie (fig. 34).

1. Période comprenant le temps qui s'écoule entre un allumage et la fin de l'extinction pouvant atteindre 2 ou 3 ans, quelquefois plus.

Le déplacement du registre permet de faire varier à la demande la section du passage des gaz.

126. Cheminées verticales. — Les cheminées d'usines à gaz sont construites en maçonnerie. Elles comprennent trois parties : la base ou piédestal, le fût et la corniche.

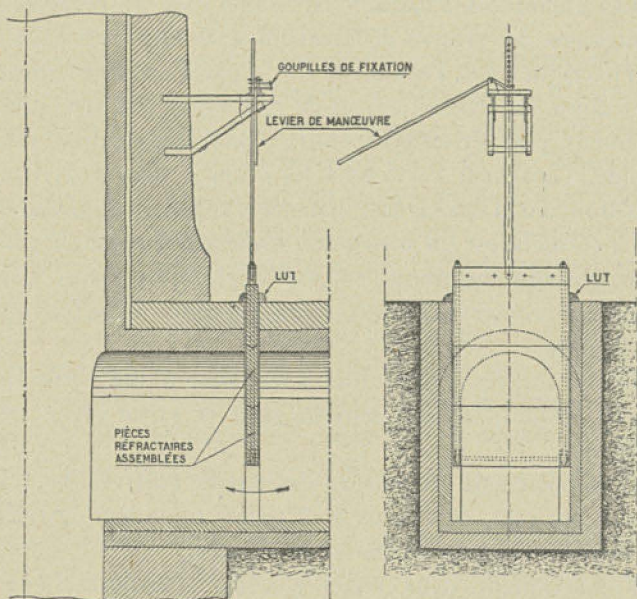


Fig. 34. — *Registre.*

La base est généralement de faible hauteur; elle a une grande surface, grâce à laquelle le taux de travail des fondations est faible; ce point est très important, un léger tassement pouvant en effet compromettre gravement la stabilité de la cheminée. On prend communément pour taux de travail du sol à la compression $1/10$ de la résistance limite déterminée expérimentalement sur le lieu de la construction.

Le cercle circonscrit à la base de la cheminée doit avoir un diamètre au moins égal au $1/10$ de la hauteur de celle-ci.

Le fût a une section carrée, polygonale ou plus souvent circulaire. Sa génératrice est inclinée sur la verticale de 18 à 35 millimètres par mètre (cette inclinaison est appelée le fruit).

Les cheminées à section circulaire sont souvent construites avec des briques de forme incurvée, dites « ciseaux ».

Théoriquement, l'épaisseur de la paroi d'une cheminée doit diminuer graduellement de la base au sommet; pratiquement, pour éviter un travail de maçonnerie trop compliqué, l'épaisseur varie tous les 7 ou 8 mètres environ. Les tronçons d'épaisseur constante s'appellent rouleaux.

La corniche est un ornement au-dessus duquel on place une couronne métallique en une ou plusieurs pièces, dans le but de protéger les joints de maçonnerie contre les effets de la pluie.

Les cheminées sont munies à leur base d'une porte murée en briques, facile à démolir pour la visite et les nettoyages.

Elles possèdent souvent, au-dessous de l'arrivée des traînaisses, un puits de 1 mètre à 1^m,50 de profondeur destiné à recueillir les dépôts de cendre et de suie.

Fréquemment, deux séries d'échelons disposés l'une à l'intérieur et l'autre à l'extérieur de la cheminée permettent d'atteindre son sommet.

Enfin, presque toujours les cheminées en briques sont consolidées par une série de cercles métalliques.

127. Stabilité et résistance des cheminées. — La construction des cheminées présente une difficulté spéciale résultant de leur grande hauteur et de leur faible diamètre.

L'effort exercé par le vent sur une cheminée est toujours inférieur à celui que supporterait le plan diamétral du cy-

lindre circonscrit frappé normalement. D'après M. Le Chatelier le coefficient de réduction est de 0,7 pour la forme carrée, 0,8 pour la forme octogonale et 0,67 (ou environ $\frac{2}{3}$) pour la forme circulaire.

Cette dernière est à peu près la seule employée aujourd'hui car elle a l'avantage, à égalité de section de passage des fumées, de présenter au vent la résistance minimum et d'être la plus facile à construire.

L'action du vent peut atteindre 270 kilogrammes par mètre carré pour une surface plane normale à sa direction. On admet en général que les cheminées construites dans les lieux habités doivent subir un effort de 200 kilogrammes par mètre carré, ce qui fait, avec le coefficient de réduction de 0,67, que la cheminée à section circulaire doit résister à un effort horizontal de 134 kilogrammes par mètre carré.

Les cheminées en maçonnerie empruntent leur stabilité à la pesanteur. Il faut que la résultante de leur poids et de l'action du vent vienne rencontrer le sol à l'intérieur du cercle de base et assez loin de la circonférence extérieure pour que la maçonnerie ne s'écrase pas aux points les plus comprimés.

La résistance limite à l'écrasement est de 5 kilogrammes par mètre carré pour une maçonnerie au mortier de chaux et de 10 kilogrammes par mètre carré pour une maçonnerie au mortier de ciment. On admet quelquefois comme règle pratique approchée que la résultante des deux forces auxquelles elle est soumise, pesanteur et action du vent, doit rencontrer le sol à l'intérieur de la partie vide de la cheminée. Le calcul exact se fait en employant les formules classiques de la résistance des matériaux.

XIII. — ÉTUDE THÉORIQUE DE LA DISTILLATION

128. Phénomènes chimiques de la distillation. — La distillation ou décomposition pyrogénée de la houille en vase clos fournit du coke et une multitude de composés, les uns gazeux à la température ordinaire, les autres liquides.

Parmi les produits gazeux se trouvent : l'hydrogène, le méthane et ses homologues, l'éthylène et la série des carbures éthyléniques, l'oxyde de carbone, l'anhydride carbonique, l'hydrogène sulfuré, le gaz ammoniac, le cyanogène, l'azote.

Parmi les produits à la fois présents dans le gaz et dans le goudron, indiquons :

Les carbures benzéniques : benzène et homologues ;

Les carbures naphthaléniques ;

Les carbures anthracéniques ;

Les composés oxygénés : phénols ;

Les composés azotés : pyridine, carbazol ;

Les composés sulfurés : thiophène et homologues.

Quels sont les phénomènes chimiques qui se produisent pendant la distillation et qui aboutissent à la formation de tous les corps que nous venons d'énumérer ?

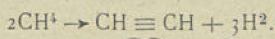
L'étude de cette question présente un grand intérêt. Si, en effet, la présence de certains produits gazeux est facile à comprendre — la décomposition de toute matière organique fournissant du méthane, de l'éthylène, de l'oxyde de carbone et de l'anhydride carbonique — la présence de composés benzéniques peut, par contre, surprendre puisque

les éléments susceptibles de produire ces composés ne nous apparaissent pas, à priori, comme constituants du charbon.

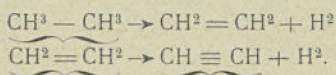
129. Travaux de Berthelot. — Berthelot, le premier, en 1865, chercha à expliquer le mode de production de ces composés divers.

Sa théorie consiste à admettre que la décomposition, à haute température, des carbures de la série du méthane donne de l'acétylène, suivant le processus ci-après :

Le méthane, par exemple, donne directement de l'acétylène :

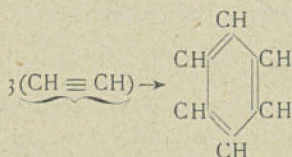


L'éthane en donne par l'intermédiaire de l'éthylène :



L'acétylène produit joue ensuite le rôle principal dans la genèse des produits aromatiques.

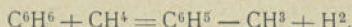
En effet, Berthelot a prouvé expérimentalement que trois molécules d'acétylène peuvent se combiner pour produire le benzène :



En même temps, il a montré que le benzène et ses dérivés pouvaient, par combinaison avec l'acétylène, donner les corps suivants :

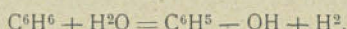
Le styrolène. . . .	$\text{C}^6\text{H}^6 + \text{C}^2\text{H}^2 = \text{C}^8\text{H}^8$
Le naphthalène. . .	$\text{C}^6\text{H}^6 + 2\text{C}^2\text{H}^2 = \text{C}^{10}\text{H}^8 + \text{H}^2$
L'anthracène. . . .	$2\text{C}^6\text{H}^6 + \text{C}^2\text{H}^2 = \text{C}^{14}\text{H}^{10} + \text{H}^4$
Le phénanthrène. .	$2\text{C}^6\text{H}^6 + \text{C}^2\text{H}^2 = \text{C}^{14}\text{H}^{10} + \text{H}^4$
L'acénaphène. . . .	$\text{C}^{10}\text{H}^8 + \text{C}^2\text{H}^2 = \text{C}^{12}\text{H}^{10}$

La formation des homologues du benzène, comme le toluène par exemple, fut considérée par Berthelot comme résultant de l'union d'une molécule de méthane et d'une molécule de benzène :

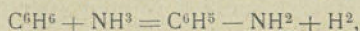


Il expliqua d'une façon analogue la formation des xylènes par l'action du méthane sur le toluène, etc.

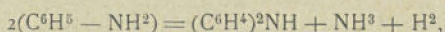
Il obtint enfin le phénol au moyen de vapeur d'eau passant sur du benzène au rouge :



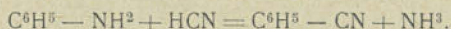
130. Travaux de Meyer et Tauzen. — En 1913, Richard Meyer et A. Tauzen se sont livrés, avec de plus grands moyens, à des expériences analogues à celles de Berthelot. Ils sont arrivés au même résultat que lui. Pour eux, « la condensation de l'acétylène est l'origine certaine de la formation des corps benzéniques dans les cornues à gaz ». Ces deux chimistes montrèrent aussi que le gaz ammoniac, agissant sur le benzène, fournit de l'aniline :



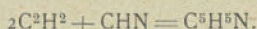
que cette aniline donne, par condensation, le carbazol :



ou, par chauffage avec l'acide cyanhydrique, le benzonitrile :

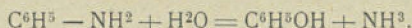


Meyer et Tauzen, suivant la méthode indiquée en 1877 par Ramsay, obtinrent la pyridine à une température inférieure à 650°, en condensant deux molécules d'acétylène avec une molécule d'acide cyanhydrique :



Par contre, ces deux expérimentateurs n'ont pas pu pro-

duire de phénol à l'aide de l'acétylène, du benzène et de la vapeur d'eau ; ils ont admis que ce corps provient vraisemblablement de la décomposition de l'aniline par la vapeur d'eau :



De même, ils supposent que le thiophène et ses homologues sont dus au passage de l'acétylène sur la pyrite chauffée :



131. Critique de la théorie de Berthelot. — La théorie de Berthelot a été, ces derniers temps, l'objet de nombreuses critiques.

Deux faits d'expérience tendent à mettre, en effet, les hypothèses précédentes en défaut :

1° Le gaz d'éclairage ne contient que très peu, sinon pas du tout, d'acétylène.

Il faudrait donc admettre que ce corps a été complètement transformé, ce qui paraît surprenant pour des réactions s'effectuant rapidement et donnant lieu vraisemblablement à des équilibres entre les corps réagissant et les produits formés.

2° Le méthane reste pratiquement inaltéré au-dessous de 800° et, entre 800° et 1 000°, il se décompose en ses deux éléments constitutifs C et H. C'est cette décomposition qui provoque le dépôt sur les parois très chaudes des cornues ou des chambres d'un carbone presque pur, connu sous le nom de charbon des cornues ou graphite.

Ces remarques ont conduit à penser qu'il devait exister dans le charbon un certain nombre de corps capables de fournir des carbures aromatiques sous l'action de la température.

La solution du problème a été cherchée dans cette voie par l'étude de la distillation du charbon dans le vide et à basse température.

132. Travaux de Burghes et Wheeler et de Pictet. —

Des expériences ont été faites d'abord par Burghes et Wheeler et reprises sur une grande échelle par Pictet et ses élèves.

Pictet a distillé sous pression réduite (18 millimètres de mercure) 1 500 kilogrammes de houille de Montrambert, sans dépasser la température de 450°; il a obtenu des gaz à odeur de carbures saturés, du goudron dit « goudron du vide » et du coke contenant encore des matières volatiles. Le goudron du vide est composé d'hydrocarbures saturés, d'hydrures de carbures aromatiques, de dérivés alcooliques et de produits basiques; à noter cependant qu'aucun carbure en C⁶, tel que C⁶H¹² ou C⁶H⁸, n'a été trouvé par Pictet.

Ce goudron spécial, porté à 800/900° dans un tube de fer chauffé au rouge, a donné d'une part des produits riches en hydrogène, en méthane et renfermant de l'éthylène mais pas d'acétylène et d'autre part un goudron, ressemblant au goudron ordinaire, dans lequel on a caractérisé :

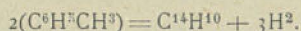
- 1° Des phénols ;
- 2° Des bases (pyridine, etc...) ;
- 3° Du benzène ;
- 4° Du toluène, des xylènes, du naphthalène et de l'anthracène.

Pictet explique la présence du benzène par la décomposition, sous l'action de la haute température, de ses homologues supérieurs, ceux-ci provenant de la déshydrogénation de leurs hydrures; de même, d'après lui, le phénol provient de la décomposition des méthylphénols. Quant au naphthalène et à l'anthracène, dont il n'a trouvé aucun dérivé hydrogéné dans le goudron à basse température, ils proviendraient :

* — le naphthalène, de la condensation du benzène avec l'éthylène :



— l'anthracène, de la condensation de deux molécules de toluène :



Pictet a conclu des expériences ci-dessus résumées que certains hydrocarbures existent dans la houille; pour en avoir une nouvelle preuve, il a traité 5 000 kilogrammes de houille par le benzène et obtenu un extrait dans lequel il a isolé certains des composés qu'il avait antérieurement retirés du goudron du vide.

Il semble donc que, malgré leur grand intérêt, les hypothèses de Berthelot ne soient pas, au moins en ce qui concerne leur point de départ, la représentation de la réalité.

133. Composition moyenne du gaz brut. — Nous donnons ci-dessous, à titre de renseignement, d'après Berthelot, la composition moyenne du gaz obtenu à la sortie des cornues, dans les usines à gaz de Paris.

VOLUMES POUR 100 VOLUMES
DE GAZ

Hydrogène..	45 à 50
Hydrogène sulfuré.	2 à 4
NH ³	0,5 à 0,2
CO ²	1 à 3,5
CO.	5 à 15
Cyanogène.	traces
Sulfure de carbone.	traces
Azote.	2 à 5
Benzène et homologues.	0,8 à 1,5
Méthane CH ⁴	33 à 37
Éthylène, acétylène et carbures C ⁿ H ²ⁿ .	2,5 à 2,8

134. Phénomènes thermiques de la distillation. Chaleur de distillation. — La détermination de la chaleur de distillation, c'est-à-dire du nombre de calories nécessaires pour distiller un kilogramme de charbon, a excité depuis longtemps et excite encore la curiosité de nombreux cher-

cheurs. Rien d'ailleurs n'est plus naturel, puisque le combustible consommé dans les fours pour chauffer et distiller la houille représente une partie importante des dépenses de fabrication du gaz.

D'autre part, cette notion est fondamentale pour l'étude des dimensions à donner à l'organe de chauffage et au laboratoire d'un four à distiller. Elle a été recherchée expérimentalement, surtout par Melon, Guéguen et Euchène¹.

135. Travaux de Melon et de Guéguen. — En 1881, Melon mesura sur un four à 7 cornues les quantités de coke consommé, de houille distillée et de chaleur perdue par les gaz de fumée; en évaluant certaines autres pertes par le calcul, il indiqua que la chaleur de distillation, x , était :

$$x = 0,11C.$$

C étant la quantité de chaleur produite dans le foyer du four.

Guéguen refit, dix ans plus tard, les mêmes expériences en prenant plus de précautions et trouva :

$$x = 0,01C.$$

136. Travaux de Euchène. — Euchène a repris cette question en détail avec le concours des divers régisseurs de la Compagnie Parisienne du Gaz et notamment de Biju-Duval et a communiqué les résultats de ces importants travaux au Congrès de la Société Technique du Gaz en 1900. La méthode qu'il a employée ne diffère pas de celle suivie par Melon et Guéguen.

1. Voir également à ce sujet les travaux de laboratoire de Constan et Kolbe, *Gas Journal* 1908, 103, 384; Lessing, *Journal of. Soc. Chem. Industry*, 1912, 465; Hollings et Cobb, *Gas Journal*, 1914, 126, 917; Geoffrey Weyman, *Journal of. Soc. Chem. Industry*, 30-6-1920.

Il a établi le bilan thermique de différents fours et a pris pour valeur de la chaleur de « décomposition » ou de distillation la différence, x , entre la chaleur A fournie par le coke de chauffage et la valeur M de l'ensemble de toutes les pertes; c'est-à-dire que :

$$x = A - M.$$

M comprend notamment :

- C, la chaleur emportée par les fumées;
- D, la chaleur emportée par les produits volatils de la distillation;
- E, la chaleur retenue par le coke rouge;
- F, les pertes par rayonnement;
- H, la chaleur emportée par le mâchefer.

Euchène a pu dresser un tableau dont nous avons extrait le suivant :

	HOUILLE N° 2		HOUILLE N° 3		HOUILLE N° 4	
	EN CALORIES	EN CENTIÈMES	EN CALORIES	EN CENTIÈMES	EN CALORIES	EN CENTIÈMES
A Chaleur du coke de chauffage. . . .	151 816		143 683		135 550	
C Pertes par les fumées à 975°. . . .	85 962	56,2	81 311	55,3	76 712	54,1
D Pertes par les produits volatils à 650°. . . .	16 680	10,9	17 999	12,2	20 017	14,1
E Pertes par le coke rouge à 950°. . . .	25 573	16,7	24 585	16,7	23 087	16,3
F Pertes par le rayonnement.	23 496	15,4	22 114	15,0	20 885	14,7
H Pertes par le mâchefer.	1 344	0,8	1 272	0,8	1 200	0,8
Total.	153 055	100,0	147 281	100,0	141 901	100,0
Valeur de x	- 1 239		- 3 598		- 6 351	

Euchène a trouvé pour x des valeurs négatives, varia-

bles avec la nature des houilles essayées et aussi avec le type de four utilisé.

Ainsi, dans un four ordinaire (c'est-à-dire un four à grille) à cornues horizontales, la chaleur de décomposition de la houille est la suivante :

Houille n° 2 :	—	1 239	calories	pour	100	kilogrammes ;
—	3 :	—	3 598	—	—	—
—	4 :	—	6 351	—	—	—

Dans le cas où la houille n° 3 est traitée dans un four Siemens, il trouve que :

$$x = - 1 419 \text{ calories.}$$

La chaleur totale du coke de chauffage employé dans ces quatre expériences est comprise entre 100 000 et 150 000 calories ; autrement dit, les valeurs trouvées pour la chaleur de distillation sont de l'ordre de grandeur des erreurs qu'on peut commettre dans de tels travaux à raison de leur importance et de leur complication.

Malgré le soin tout particulier que Euchène et ses collaborateurs ont apporté à leurs travaux, il n'est fait mention nulle part du procédé employé pour éliminer la cause d'erreur due à la porosité des cornues. Or l'expérience montre qu'au début de la distillation, à la faveur du dégagement abondant du gaz, la pression s'élève dans la cornue et une petite portion des matières volatiles du charbon traverse les parois de ladite cornue pour aller brûler dans le four.

Peut-être ce phénomène pourrait-il, dans de certaines limites, aider à expliquer pourquoi la consommation de combustible pour le chauffage des fours s'abaisse avec la quantité de gaz produit¹, et, aussi, pourquoi la chaleur dégagée par la distillation augmente au fur et à mesure que la quantité de gaz fournie par 100 kilogrammes de charbon diminue ?

1. Voir p. 25 du *Mémoire* de EUCHÈNE.

Toutefois, on peut conclure des travaux de Euchène que la chaleur nécessaire pour distiller la houille à gaz est très petite, et industriellement négligeable à côté du rayonnement des appareils de distillation.

137. Travaux de M. Mahler. Rendement thermique de la distillation. — Envisageant la distillation également au point de vue thermique, mais sous un aspect différent, M. Mahler a cherché à comparer le pouvoir calorifique du charbon avec la somme des puissances calorifiques des différents produits de la distillation. En opérant sur un charbon de Commentry, à l'usine expérimentale de la Compagnie Parisienne du Gaz, il obtint les résultats suivants :

	POUVOIR CALORIFIQUE OBSERVE POUR 1 KILOGRAMME DU PRODUIT (CALORIES)	RENDEMENT DE LA DISTILLATION POUR 100 KG. DE CHARBON	CHALEUR DE COMBUSTION DES PRODUITS DE LA DISTILLATION (CALORIES)
Charbon brut..	7 423,2	100	742 326
Produits de la distillation :			
Coke.	7 019,4	65,66	460 893,8
Goudron du barillet.. . . .	8 887,0	3,59	31 904,3
— collecteur.	8 942,8	0,87	7 780,2
— réfrigérant.	8 831,0	1,16	10 243,9
— condensateur.	8 538,4	1,89	16 137,6
Gaz sec.	11 111,0	17,09	189 887,0
Eau ammoniacale.	»	9,36	»
Total.		99,62	716 846,8

Chaleur de combustion du charbon. 742 326 calories
 — des produits de la distillation. 716 847 —
 Perte pendant la distillation. 25 479 calories

Ces expériences prouvent que l'on retrouve dans les pro-
Distillation.

duits de la distillation 96,5 pour 100 de la chaleur de combustion du charbon.

Ce résultat fait bien ressortir l'avantage que présente la distillation pyrogénée de la houille au point de vue de l'utilisation rationnelle des combustibles. Toutefois, il ne faut pas oublier que le pourcentage ci-dessus ne tient pas compte de 148 053 calories dégagées par le coke utilisé au chauffage des fours; si on les introduit, nous aurons le rendement thermique global de la distillation sèche, soit :

$$\left(\frac{716\,847}{742\,326 + 148\,053} \right) \times 100 = 80,55 \text{ pour } 100^1.$$

Euchène a fait remarquer que les expériences de M. Mahler confirmaient, quant au signe de la chaleur de distillation, les résultats de ses propres travaux.

Le bilan établi par M. Mahler montre en effet qu'il s'est dégagé, ou perdu, pendant la distillation environ 25 000 calories. Si l'on suppose qu'il n'y a pas eu de pertes, cela prouverait que la distillation de la houille dégage de la chaleur. Mais, là encore, il importe de contrôler soigneusement l'opération, car le gaz qui a pu passer à travers la paroi de la cornue et les fuites qui ont pu se produire par les portes de la cornue, peuvent causer des pertes pures et simples qui n'ont rien à voir avec la chaleur de distillation.

138. Transmission de la chaleur à l'intérieur des récipients de distillation. — La quantité Q de chaleur transmise, en une heure, à travers une paroi quelconque, est donnée par la formule :

$$Q = K \frac{(T - t)}{e}$$

1. Dans ce cas, il s'agit d'expériences faites sur un four à grille. Avec un four à gazogène, au lieu de 148 053 calories nous en aurions 90 000 à 100 000 : de rendement global serait alors 85 à 86 pour 100.

dans laquelle :

K est le pouvoir diathermane ou conductibilité calorifique;

T et t les températures des enceintes séparées par la paroi ;

e est l'épaisseur de cette dernière.

La conductibilité calorifique est, en calories-kilogrammes, la quantité de chaleur qui passe en une heure à travers une surface de 1 mètre carré pour une différence de température de 1° sur 1 mètre d'épaisseur de paroi. M. Wologdine, à la suite d'études faites au laboratoire de l'École supérieure des Mines de Paris, a obtenu pour la conductibilité de divers corps les résultats contenus dans le tableau ci-après :

PRODUITS	TEMPÉRATURE DE CUISSON	CONDUCTIBILITÉ
Briques réfractaires.	1 050°	1,32
—	1 300	1,45
Briques rouges.	1 050	1,34
Bauxite.	1 300	1,19
Silice.	1 050	0,71
—	1 300	1,12

Guéguen¹ a étudié spécialement la transmission de la chaleur à travers des cornues établies en matières différentes.

En supposant que les flammes ont une température de 1 250° et que les produits de la distillation sont en quantité telle que leur température moyenne reste constante et égale à 753°, il a trouvé que des cornues faites en graphite et en fonte de fer laissaient passer, par heure et par mètre carré, 34 790 calories pour le graphite et 391 139 calories pour la fonte de fer, alors que les cornues ordinaires ne laissent passer, dans les mêmes conditions, que 2 003 calories.

1. Société Technique de l'Industrie du Gaz (1891).

Afin de favoriser la transmission de la chaleur, il y a donc lieu :

- 1° D'augmenter au maximum la surface de contact des parois du récipient de distillation avec les gaz de chauffage ;
- 2° De diminuer l'épaisseur de ces parois dans toute la mesure compatible avec la solidité de l'ouvrage et sa durée ;
- 3° D'utiliser des matériaux de construction ayant les coefficients de conductibilité et de radiation les plus favorables.

Il faut également remarquer que la masse totale du récipient de distillation constitue une sorte de volant calorifique qui emmagasine, en fin de distillation, une certaine quantité de chaleur et la restitue au moment de la charge suivante en charbon froid.

139. Transmission de la chaleur à travers le charbon. Travaux de Guéguen. — Guéguen a également entrepris, dans le cas des fours à cornues, l'étude de la transmission de la chaleur à travers la houille.

Il a déterminé, à l'aide d'une formule due à Cauchy, que des couches successives de houille de 1 centimètre d'épaisseur prendraient, au bout d'une heure, les températures T' suivantes, T étant la température de la paroi chauffante :

	VALEUR DE T'
1 ^{re} couche..	» T
2 ^e —	» T
3 ^e —	0,944 T
4 ^e —	0,933 T
5 ^e —	0,918 T
6 ^e —	0,896 T
7 ^e —	0,884 T
8 ^e —	0,858 T
9 ^e —	0,846 T
10 ^e —	0,833 T
11 ^e —	0,800 T
12 ^e —	0,721 T

Ces résultats ne se rapportent qu'à la transmission de la chaleur par conductibilité.

Il y aurait lieu d'y ajouter l'influence importante, mais très complexe, de la circulation des gaz dégagés, elle-même fonction de l'état physique de la houille distillée.

M. G. Frère, en 1914, a déterminé expérimentalement les épaisseurs de charbon distillé pendant chacune des heures successives de la distillation, dans un four à chauffage normal et régulier. Les résultats obtenus sont donnés par les courbes de la figure 35 ; on peut en conclure que les charges épaisses gaspillent le combustible¹.

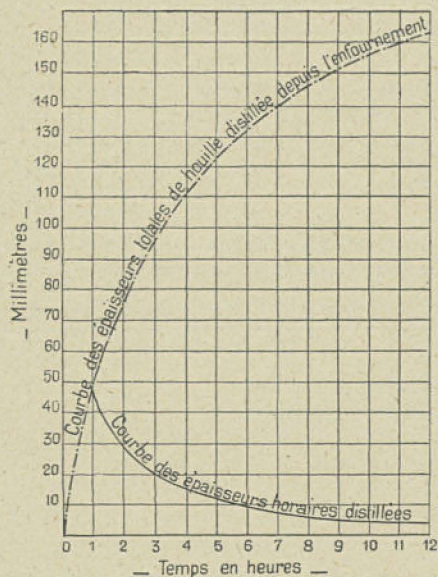


Fig. 35. — Graphique de la transmission de la chaleur à travers le charbon (d'après M. G. Frère).

140. Répartition de la chaleur dans les cornues. —

Euchène a dressé le bilan thermique de la distillation opérée dans une cornue en tenant compte des chaleurs dépensées et des chaleurs produites pendant chacune des quatre heures que durait la distillation.

1. Voir *Communication* de M. GODINET. Société Technique de l'Industrie du Gaz, 1921.

Le tableau ci-dessous donne les résultats relatifs à la houille n° 2 de la classification de M. Sainte-Claire Deville.

CHALEURS DÉPENSÉES	1 ^{re} HEURE	2 ^e HEURE	3 ^e HEURE	4 ^e HEURE	TOTAUX	
	calories	calories	calories	calories	calories	
Pertes par les têtes de cornues.	1 054	1 231	1 407	1 583	5 275	
Départ des produits volatils à 650°.	Goudron.. 1 151 Eau. . . . 2 775 Gaz. 2 558	598 1 655 2 706	317 647 2 503	79 233 1 457	2 145 5 310 9 224	} 16 679
Coke rouge.	13 000	3 856	4 192	4 525	25 573	
Totaux.	20 538	10 046	9 066	7 877	47 527	

CHALEURS FOURNIES	1 ^{re} HEURE	2 ^e HEURE	3 ^e HEURE	4 ^e HEURE	TOTAUX
	calories	calories	calories	calories	calories
Chaleur de distillation. . .	263	505	269	202	1 239
Chaleur transmise par la paroi de la cornue (par différence).	20 275	9 541	8 797	7 675	46 288
Totaux.	20 538	10 046	9 066	7 877	47 527

Si l'on compare ces chiffres aux valeurs données, pour le même charbon, dans le tableau de la page 127, on voit que pour 151 816 calories fournies par le coke brûlé dans le foyer, il n'y a que 46 288 calories qui soient transmises à l'intérieur de la cornue, soit environ 30 pour 100.

M. Le Chatelier a refait le calcul de la répartition de la chaleur dans un four à récupération de la Compagnie Parisienne en admettant que, d'après les expériences de M. Mahler, la décomposition de la houille est un phénomène exothermique dégageant 25 000 calories pour 100 kilogrammes de charbon.

Il a obtenu les résultats suivants : la distillation de 100 kilogrammes de houille nécessite la combustion de 15 kilogrammes de coke qui donnent en brûlant 95 000 ca-

lories ; en ajoutant les 25 000 calories dégagées par la décomposition de la houille, on obtient un total de 120 000 calories qui se répartissent de la façon suivante :

Chaleur emportée par les fumées..	35 000 calories.	30 pour 100.
— le coke rouge..	23 800 —	20 —
— le gaz et les goudrons..	18 000 —	15 —
— rayonnement..	26 500 —	22 —
Erreurs.	16 700 —	13 —
	<hr/>	<hr/>
	120 000 calories.	100 pour 100.

(Notons en passant que les erreurs, 16 700 calories, représentent 67 pour 100 de la chaleur de distillation d'après M. Mahler, ou de 300 à 1 000 pour 100 de cette même chaleur d'après Euchène pour les houilles n^{os} 2, 3, 4.)

141. Variations quantitatives des produits obtenus par distillation. Rendements. — On rapporte toujours à l'unité de poids de charbon les quantités de produits et sous-produits obtenus par la distillation. On obtient ainsi ce qu'on appelle les rendements de distillation.

Ainsi que nous l'avons indiqué précédemment la composition du charbon distillé a une influence considérable sur le résultat de la distillation, mais il faut entendre par composition la nature des composés contenus dans le charbon et non pas le résultat de l'analyse chimique élémentaire. M. Sainte-Claire Deville a bien proposé la teneur en oxygène du charbon comme mesure de sa valeur au point de vue du rendement en gaz, mais cette règle comporte de nombreuses exceptions et ne se rapporte d'ailleurs qu'aux matières volatiles dans leur ensemble, c'est-à-dire gaz, goudron et eau.

La qualité d'un charbon, au point de vue des résultats de sa distillation pyrogénée, ne peut donc être définie jusqu'à présent que par l'expérience.

C'est ce qui explique la nécessité, pour les usines à gaz

importantes, de posséder une station expérimentale leur permettant d'effectuer des essais industriels sur les houilles.

142. Influence du traitement thermique sur les rendements en produits de la distillation. — L'accroissement de la température moyenne à laquelle on opère la distillation provoque une augmentation de la quantité de gaz extraite d'un même charbon.

Elle diminue par contre fortement la production du goudron et très légèrement celle du coke.

Les résultats suivants indiquent l'ordre de grandeur des variations possibles :

DISTILLATION DE 100 KILOGRAMMES DE HOUILLE
A DES TEMPÉRATURES VARIABLES
(D'après EUCHÈNE).

	ROUGE SOMBRE (700°)	ROUGE VIF (900°)
Durée de l'essai	34 minutes	21 minutes
Gaz obtenu par 100 kilogrammes de houille.	19 m ³ ,710	28 m ³ ,710
Goudron obtenu par 100 kilogrammes de houille.	8 kg. 780	4 kg. 940

Au point de vue économique, la question de la température de distillation est jugée par M. Le Chatelier dans le passage suivant de son *Introduction à l'étude de la métallurgie* :

« Autrefois, avant la monopolisation du gaz entre les mains de la Compagnie Parisienne, la distillation se faisait, dans les usines de Paris, à basse température, durait 6 heures et donnait un faible rendement en gaz, à peine 200 mètres cubes à la tonne. Un des grands mérites de la Compagnie Parisienne, à laquelle les consommateurs n'ont pas rendu suffisamment justice vers la fin de sa concession a été d'introduire dans la fabrication du gaz la distillation à température élevée; cela lui a permis,

lorsqu'elle a obtenu son monopole, d'abaisser brusquement à moitié le prix de vente du gaz. »

Pourtant, malgré ces faits, de nombreux inventeurs cherchent encore à substituer la distillation à basse température à la distillation à haute température pratiquée maintenant dans les usines à gaz du monde entier.

143. Influence du traitement thermique sur la qualité du gaz produit. — La chaleur modifie profondément la nature et les proportions des composants du gaz.

Au cours d'une distillation, la température du charbon allant sans cesse en augmentant, on peut se faire une idée de l'influence de l'accroissement de la température sur la nature des produits distillés en analysant des échantillons prélevés périodiquement, dans des conditions identiques, pendant toute la durée de la distillation.

Le graphique de la figure 36 montre les résultats obtenus en pratiquant cette méthode sur le gaz produit par 18 tonnes de charbon distillées en 24 heures dans un four à chambres inclinées.

Pour indiquer l'influence de ces variations sur la valeur du gaz au point de vue de son utilisation, nous sommes forcés de faire appel dès maintenant aux notions de pouvoir éclairant et pouvoir calorifique¹.

Les courbes de la figure 36 montrent que plus on chauffe le charbon, plus le gaz produit s'appauvrit en carbures et s'enrichit en hydrogène, par suite de la décomposition même de ces carbures (nous avons expliqué la théorie de ces transformations chimiques aux paragraphes 128 et suivants).

L'accroissement de la température tend à faire disparaître notamment le benzène et ses homologues, causant ainsi un

1. Voir « Les procédés modernes de l'industrie du gaz ». Traitement des produits et sous-produits de la distillation de la houille, par R. Masse et A. Baril, chapitre IX.

abaissement important du pouvoir éclairant, ce dernier étant dû en majeure partie au benzol (pour 62 pour 100 d'après les expériences de M. Sainte-Claire Deville)

Ce fait est devenu aujourd'hui sans importance, car l'usage généralisé de l'éclairage à l'incandescence a fait com-

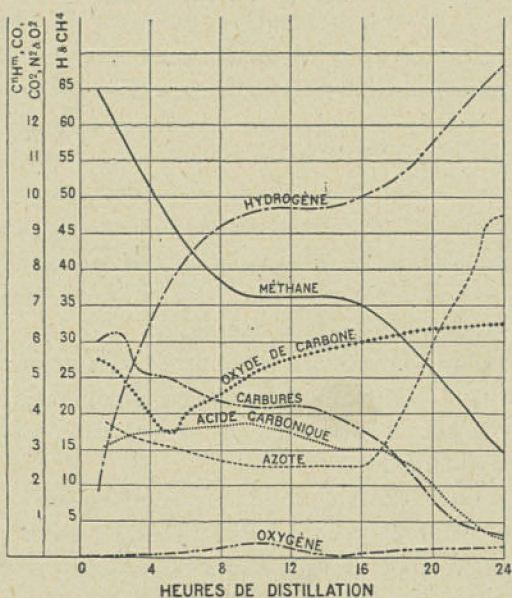


Fig. 36. — Graphique des variations de la composition en volumes du gaz aux différents stades de la distillation.

plètement disparaître l'intérêt pratique du pouvoir éclairant et c'est le pouvoir calorifique qui fixe seul maintenant la qualité du gaz. Or, on constate expérimentalement que l'élévation de la température de distillation abaisse beaucoup moins le pouvoir calorifique que le pouvoir éclairant.

La qualité du gaz produit étant ainsi des plus variables, il importe de la spécifier très exactement par son pouvoir

calorifique (inférieur ou supérieur) lorsqu'on veut faire connaître les rendements en gaz de différents charbons ou de différents procédés de distillation.

Il peut être intéressant de déterminer la résultante des

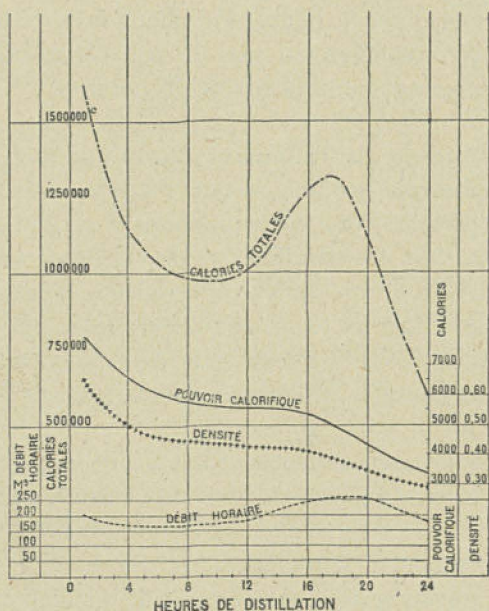


Fig. 37. — Graphique des variations du débit horaire, du pouvoir calorifique et de la densité du gaz dans une distillation en 24 heures.

deux influences contraires de l'élévation de température sur la quantité et sur la qualité du gaz fabriqué.

Il suffit pour cela de faire, dans chaque cas, le produit du volume total de gaz obtenu par son pouvoir calorifique moyen.

Cet élément « calories-totales » du gaz varie avec la température, et aussi avec la nature du charbon distillé : il ne peut être fixé qu'expérimentalement. Son maximum cor-

respond souvent à la production d'un gaz de pouvoir calorifique moyen très bas qu'on ne peut mettre en distribution ; on ne peut donc l'atteindre que rarement dans l'industrie du gaz.

Le graphique de la figure 37 (relatif aux mêmes essais que ceux qui ont fourni la figure 36) indique les variations horaires de la production du gaz, du pouvoir calorifique et des calories-gaz rapportées aux débits horaires.

144. Influence du traitement thermique sur la qualité du goudron produit. — Le goudron obtenu à très basse température (500° environ) contient surtout des produits de la série des paraffines et des oléfines. Il se rapproche du « goudron du vide » recueilli dans les expériences de Pictet et composé d'hydrocarbures saturés, d'hydrures de carbures aromatiques, de dérivés alcooliques, de produits basiques et d'homologues supérieurs de l'acide phénique.

Distillée au rouge vif, la houille fournit un goudron qui contient, en plus du carbone libre, du benzène, du toluène, des xylènes, du naphthalène, de l'anthracène, des phénols (acide phénique et homologues) et des bases (pyridine, etc...). L'élévation de la température de distillation provoquant la décomposition des hydrocarbures, le goudron produit devient plus épais et s'enrichit en carbone libre (carbone fixe).

145: Influence du traitement thermique sur les produits azotés de la distillation. — Des essais ont été exécutés à l'usine à gaz de Gennevilliers en vue de déterminer comment se partage l'azote du charbon au cours de la distillation. L'opération a été effectuée sur 2 échantillons de plusieurs tonnes, l'un de charbon anglais de Boldon (Durham) contenant 1,55 pour 100 d'azote, l'autre d'un charbon

de la Sarre qui en contenait 1,68 pour 100. En les distillant à température normale (950° à 1000°) dans des chambres inclinées, nous avons obtenu la répartition suivante de l'azote du charbon :

	BOLDON	SARRE
	pour 100	pour 100
- Azote dans le coke.	56	58,4
— le gaz ammoniac.	16,5	17
— les cyanures.	1,5	0,6
— le goudron.	4	4
— le gaz.	22	20
Total.	100,0	100,0

Short donne, dans le Journal de la Société de chimie industrielle anglaise de 1907, la moyenne de la répartition de l'azote sur 80 charbons écossais dont la teneur en ce gaz est comprise entre 0,915 et 1,87 pour 100 :

Répartition de l'azote dans les produits de la distillation.	{	Azote dans le coke.	58,3	pour 100.
		— le gaz ammoniac.	17,1	—
		— les cyanures.	1,2	—
		— le goudron.	3,9	—
		— le gaz.	19,5	—
Total.		100,0	pour 100.	

On voit donc que la fraction d'azote total qui se transforme en gaz ammoniac est relativement faible.

La formation du gaz ammoniac pendant la distillation n'a pas encore reçu d'explication fort satisfaisante. On constate que d'assez hautes températures, 750° à 800°, sont nécessaires à sa production intensive dans la cornue ; à 900° et au-dessus, le gaz ammoniac se décompose.

La décomposition d'après G.-E. Foxwell¹ est favorisée par le passage du gaz sur les parois des cornues ou des cham-

1. *Journal of the Society of Chemical Industry*, 29 avril 1922.

bres; ces parois ont, dit-il, un effet d'autant plus grand qu'elles sont moins riches en silice; d'autre part, le sulfure de fer, FeS , ayant pour origine la pyrite, FeS_2 , du charbon, faciliterait beaucoup la décomposition du gaz ammoniac.

L'expérience montre aussi que le rapide dégagement du gaz permet d'éviter les pertes de gaz ammoniac; l'injection d'eau dans la cornue agirait ainsi autant par l'accroissement

de vitesse de circulation qu'elle occasionne que par le refroidissement relatif qu'elle produit.

Simmersbach¹, opérant sur des charbons silésiens, a mis en lumière que l'élévation de la température de carbonisation au-dessus de 900° favorise le passage dans le gaz de l'azote qui reste dans le coke; la quantité de gaz ammoniac produite pendant le même temps diminue très légèrement tandis que la proportion de cyanogène augmente.

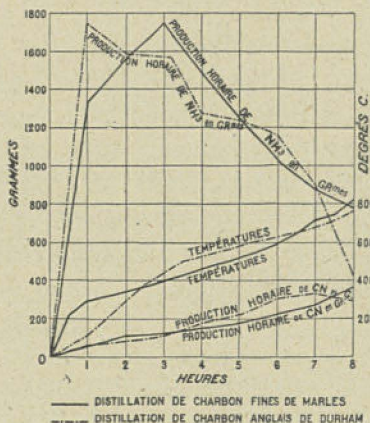


Fig. 38. — Graphique des variations de production de NH_3 et de CN .

minue très légèrement tandis que la proportion de cyanogène augmente.

Ce dernier composé résulte en effet de la décomposition du gaz ammoniac, sous l'action de la haute température, et de la combinaison de l'azote devenu libre avec le carbone.

Le graphique ci-dessus (fig. 38) montre, d'après les expériences faites à la station expérimentale de l'usine à gaz de Gennevilliers, les différentes proportions de gaz ammoniac et d'acide cyanhydrique contenus dans le gaz dégagé au

1. *Stahl und Eisen*, 1914, n° 34, pages 1153 et 1209.

cours de la distillation, avec l'indication de la température des chambres au moment de chaque prélèvement d'échantillon.

146. Influence du traitement thermique sur les composés sulfurés de la distillation. — Le soufre contenu dans le charbon provient des végétaux de l'époque carbonifère ou des minéraux qui se sont mélangés à la masse ayant formé la houille.

Il s'ensuit que ce soufre peut être de deux natures différentes, l'une d'origine organique, l'autre d'origine minérale.

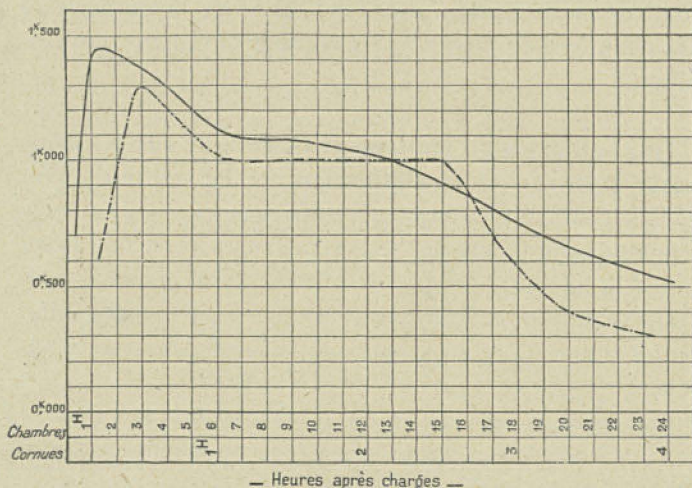
Le tableau ci-dessous, établi au laboratoire de l'usine à gaz de Gennevilliers, montre cette répartition dans quelques échantillons de charbons anglais.

SOUFRE POUR 100 DE CHARBON SEC

	SOUFRE MINÉRAL	SOUFRE ORGANIQUE	SOUFRE TOTAL
Boldon	1,45	0,67	2,12
Towneley	0,52	0,78	1,30
Londonderry	0,52	1,12	1,64
Easington	0,67	1,32	1,99
Ravensworth Pelaw	0,44	1,20	1,64

La pyrite de fer, FeS_2 , se décompose sous l'action de la chaleur en donnant du sulfure de fer et du soufre; c'est ce dernier surtout qui donne naissance aux impuretés gazeuses, H_2S , CS_2 et autres dérivés sulfurés. Le coke retient le sulfure de fer et la presque totalité du soufre d'origine organique.

Le graphique (fig. 39) montre la marche de production de l'hydrogène sulfuré pendant la distillation.

Fig. 39. — Graphique des variations de production de H²S.

Charbon distillé : Sarre.

- | | | |
|---|---|---|
| Courbe en trait plein d'après
usine expérimentale de
l'usine à gaz de Genne-
villiers. | } | Distillation du charbon dans les chambres. |
| | | Durée de la distillation : 24 heures. |
| Courbe en traits interrompus
d'après Witzeck. | } | Soufre total dans le charbon : 1,10 pour 100. |
| | | Soufre total du coke : 1,20 pour 100. |
| | | Teneur moyenne du gaz en H ² S pendant les 24 heures :
0 ^{gr} ,810 pour 100 m ³ . |
| | | Distillation du charbon dans les cornues. |
| Courbe en traits interrompus
d'après Witzeck. | } | Durée de la distillation : 4 heures. |
| | | Soufre total dans le charbon : 1,18 pour 100. |
| | | Soufre total du coke : 1 pour 100. |
| | | Teneur moyenne du gaz en H ² S pendant toute la distil-
lation : 0 ^{gr} ,840 pour 100 m ³ . |

Le tableau suivant indique la répartition du soufre dans les produits de la distillation :

	CHARBONS DE LA SARRÉ	CHARBONS ANGLAIS
Soufre total dans le charbon.	1,18 pour 100	2,90 pour 100
— volatil dans le charbon.	0,65 —	2,65 —
— total du coke.	1,00 —	2,97 —
— volatil du coke.	0,30 —	0,64 —
Valeurs moyennes. { S de H ² S pour 100 m ³	840 grammes	2 604 grammes
{ S de CS ² pour 100 m ³	32 —	138 —



XIV. — RÉALISATION DE LA DISTILLATION DESCRIPTION ET EMPLOI DES APPAREILS

155. Généralités. — Si l'on passe en revue les moyens employés, depuis la découverte du gaz d'éclairage jusqu'à nos jours, pour carboniser la houille, on constate que les novateurs ont été inspirés successivement par les directives principales suivantes :

- 1° Accroître la puissance des fours ;
- 2° Diminuer la consommation du combustible nécessaire pour en assurer le chauffage ;
- 3° Réduire, par l'emploi de machines ou par des dispositions spéciales, la main-d'œuvre nécessaire pour en assurer le service.

Nous ne pouvons retracer ici les différentes étapes des progrès accomplis ; nous nous bornerons à décrire quelques-uns des types de fours les plus répandus actuellement.

Remarquons cependant en passant que ces progrès ont été fortement influencés depuis une trentaine d'années par le développement de l'emploi de l'électricité. On constate alors deux ordres de faits bien distincts : d'une part, par sa concurrence, l'électricité impose la recherche de fours de plus en plus économiques et, d'autre part, elle permet la réduction du prix de revient du gaz en facilitant la réalisation, pour les ateliers de distillation, d'appareils de manutention variés à l'infini et relativement peu coûteux.

156. Classification des fours. — Les différents types de fours peuvent se classer d'après :

1° la forme des récipients de distillation : cornues ou chambres ;

2° la position occupée par ces parties essentielles dans le laboratoire du four : horizontale, verticale ou inclinée ;

3° le mode de distillation : discontinue ou continue.

Actuellement, les principales variétés de fours sont les suivantes :

1° Fours à cornues horizontales ;

2° Fours à cornues inclinées ;

3° Fours à cornues verticales à distillation discontinue ;

4° Fours à cornues verticales à distillation continue ;

5° Fours à chambres horizontales ;

6° Fours à chambres inclinées.

157. Plan d'étude des fours. — Un certain nombre d'organes communs à tous ces systèmes de fours doivent être examinés en premier lieu. Nous donnerons ensuite une description sommaire des principaux types de fours utilisés, ainsi que des appareils de manutention mécanique dont ils sont habituellement pourvus.

Nous indiquerons, d'une manière générale, les moyens les plus usités pour assurer l'extinction et le transport du coke produit.

Enfin, nous rappellerons les soins qu'il convient de prendre pour l'entretien des récipients de distillation.

158. Matériaux utilisés pour la fabrication des récipients de distillation. — Les premières cornues ont été construites en fonte. Puis Crafton, le premier, eut l'idée de les fabriquer en matériaux réfractaires, ainsi qu'on les fait encore actuellement.

Nous avons indiqué aux paragraphes 122 et 123 la com-

position et les caractéristiques de ces matériaux. Les cornues sont moulées à la main ou à la machine.

Dans le premier cas, assez rare aujourd'hui, elles sont faites par tronçons qu'on raccorde entre eux avant le séchage qui précède la cuisson.

Le moulage mécanique permet de fabriquer les cornues d'une seule pièce. Les machines utilisées sont le plus souvent à commande hydraulique. L'emploi de fortes pressions (50 à 100 atmosphères), en donnant une grande compacité à la matière, augmente la solidité et l'imperméabilité des pièces obtenues.

Après moulage, les cornues sont séchées, puis cuites lentement vers 1400° dans des fours spéciaux.

Les pièces des chambres de distillation, ainsi que les pièces utilisées dans les grandes cornues verticales type Glover-West qui doivent présenter des formes particulières, sont également moulées mécaniquement, puis séchées et cuites.

159. Colonnes montantes. — Le gaz produit dans les récipients de distillation est conduit dans le barillet au moyen de tuyaux, généralement en fonte, appelés colonnes montantes.

La disposition de ces tuyaux est très variable suivant les différents types de fours. Leur longueur peut atteindre jusqu'à 5 mètres. Leur diamètre intérieur est fonction du débit gazeux et par conséquent de la capacité du récipient de distillation, de la nature des charbons employés et de la rapidité de la cuisson ; dans les fours à cornues horizontales, il est généralement compris entre 0^m,152 et 0^m,205.

Le choix du diamètre et de la disposition générale de ces organes n'est pas sans importance. Les colonnes montantes sont en effet exposées à s'obstruer facilement par le fait

qu'au début de la distillation une certaine quantité de goudron se condense à l'intérieur des colonnes et ruisselle sur leurs parois intérieures, en retenant une grande partie des poussières de charbon entraînées par le gaz. Il se forme ainsi un dépôt pâteux de plus en plus consistant qui se trouve soumis à une véritable pyrogénéation lorsque la température des colonnes s'élève au cours de la distillation.

Le magma ainsi formé devient alors particulièrement dur et adhérent. Son épaisseur augmente progressivement et diminue la section libre du tuyau au point de gêner et même parfois d'empêcher complètement le passage du gaz.

On rétablit périodiquement ce passage en introduisant, par des ouvertures spéciales, situées à la partie supérieure des colonnes, des outils en forme de tarières ou des racloirs annulaires très lourds, appelés « cloches ». Quelquefois ces dernières sont suspendues à des chaînes passant sur des poulies de renvoi ; la manœuvre se fait alors du plancher de service des fours ; elle consiste à élever la cloche jusqu'en haut de la colonne, puis à la lâcher brusquement pour lui permettre d'agir par choc.

160. Barillets. Plonge. — Le barillet est à la fois un collecteur de gaz, de goudron et d'eau ammoniacale.

Il est constitué par un récipient en tôle ayant généralement la forme d'une auge ; il est toujours à moitié plein d'eau, le niveau de cette dernière étant maintenu à une hauteur convenable, réglable au moyen d'une valve à déversement.

Le gaz vient barboter dans l'eau du barillet en passant successivement de la colonne montante dans une tuyauterie descendante nommée pipe, puis dans un prolongement de cette dernière appelé plonger. La hauteur dont celui-ci est immergé constitue « la plonge ».

Le barillet porte, à sa partie supérieure, un orifice de

sortie pour le gaz et, dans le fond, un siphon permettant l'évacuation du goudron et de l'eau ammoniacale.

La détermination de la « plonge » a une grande importance, car elle fixe la pression dans la cornue.

La figure 42 montre que si H est la pression atmosphérique, mesurée en hauteur d'eau, e la dépression dans le barillet due à l'aspiration de l'extracteur, et p la hauteur de plonge, la pression à l'orifice de la plonge

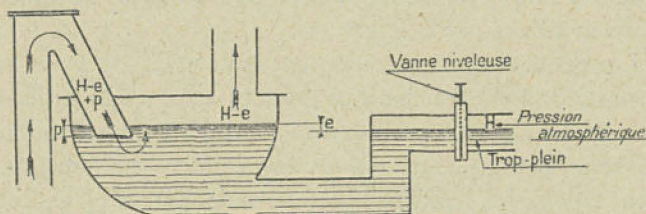


Fig. 42. — Schéma d'un barillet.

sera $H - e + p$. On voit donc qu'en faisant varier p , on peut obtenir une pression déterminée dans la colonne montante et par suite dans le récipient de distillation.

Pour obtenir une bonne distillation, on cherche d'ailleurs à maintenir la pression de distillation au voisinage de H . Si cette pression devenait exagérément inférieure à la pression atmosphérique, on risquerait de provoquer des rentrées d'air par suite du défaut d'étanchéité des portes et par suite des rentrées de fumées en raison de la porosité des parois.

La plonge présente encore le très grand avantage d'isoler les cornues des collecteurs de gaz et d'éviter toute communication des barillets avec l'extérieur au moment de l'ouverture des tampons de cornues nécessitée par les opérations de chargement et de délutage.

161. Fours à cornues horizontales. Forme et dimen-

sions des cornues. — Les cornues horizontales, seules employées dès le début de l'industrie du gaz, sont encore les plus répandues. Leur section fut successivement circulaire, puis elliptique (pour augmenter la surface de chauffe) et enfin en forme de \ominus .

Jusqu'à présent les dimensions des cornues ont été assez variables. On tend aujourd'hui à les uniformiser et, dans ce but, la Société Technique de l'Industrie du Gaz en France a adopté lors de son Congrès de 1920 les formes et dimensions montrées par la figure 43.

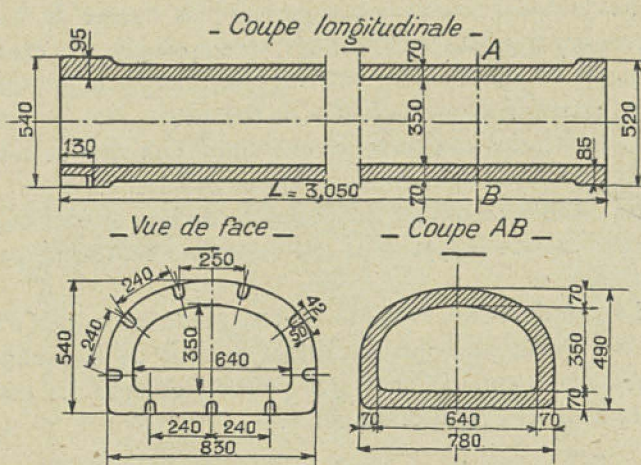
Les petites usines se contentent de cornues de 3 mètres dont le fond est bouché. Les grandes usines, qui utilisent la manutention mécanique, emploient des cornues doubles ouvertes aux deux extrémités et obtenues en réunissant bout à bout deux cornues ordinaires de 3 mètres de longueur, sans fond.

162. Têtes de cornues. — La tête de cornue est un prolongement en fonte de la cornue, qui sort du four, se ferme au moyen d'un tampon et porte, pour la sortie du gaz, une tubulure à laquelle on fixe la colonne montante. Cette tête en fonte, dont la section est la même que celle de la cornue, s'adapte sur la paroi réfractaire au moyen de boulons fixés dans des encastremets pratiqués à l'extrémité de la cornue. L'étanchéité du joint entre la tête et la cornue est obtenue avec un peu de mortier ou coulis réfractaire dont on se sert pour assembler les tronçons de cornues ou les briques réfractaires¹.

L'étanchéité de la fermeture du tampon de la cornue était autrefois assurée au moyen d'un « lut » constitué par de la terre à four. L'ouverture de la cornue nécessitait chaque fois la destruction de ce joint, ce qui explique l'expression

1. Voir § 122.

CORNUÉ SANS FOND A SOLE PLATE



CORNUÉ SANS FOND A SOLE CINTRÉE

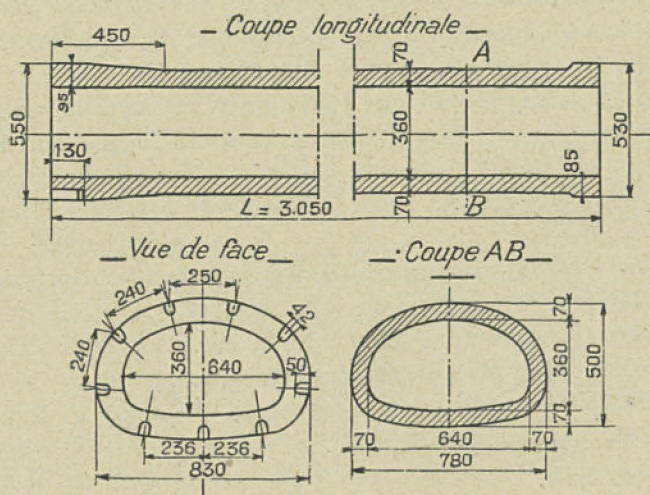


Fig. 43. — Dimensions standard des cornues.

« délutage » employée encore pour désigner l'opération de déchargement des cornues.

Les tampons actuels ne comportent plus l'usage du lut. Leurs bords parfaitement dressés sont appliqués très exactement, au moyen d'un dispositif mécanique approprié, sur l'extrémité plane de la tête de cornue.

Les différents constructeurs ont donné aux têtes de cornues des dispositions de détail assez variables.

La Société Technique de l'Industrie du Gaz en France a adopté en 1921 le type de la tête de cornue représenté par la figure 44.

Les tubulures n'y sont pas figurées : leur disposition n'a pu être encore réglementée, surtout à cause de la grande diversité des emplacements que peuvent occuper les cornues dans les chapelles des fours.

163. Fours à cornues horizontales à chauffage par combustion simple. — Ces fours, dont nous avons exposé le mode de chauffage aux paragraphes 81 et suivants, comportent uniquement de petites cornues à une seule ouverture. Le nombre des cornues varie de 2 à 7.

La figure 15 montre que les flammes du foyer montent dans le four au milieu et redescendent de chaque côté le long des parois jusqu'aux carneaux d'évacuation situés symétriquement sous les deux cornues du bas.

164. Fours à cornues horizontales à récupération par inversion. — Les fours du type Siemens ont été la première application dans l'industrie du gaz de la combustion étagée et de la récupération par inversion.

Nous avons décrit leur système de chauffage au paragraphe 120 (voir fig. 29 et 30).

165. Fours à cornues horizontales à récupération

continué. — Les fours à cornues horizontales et à récupération continue sont très répandus. Il en existe un grand

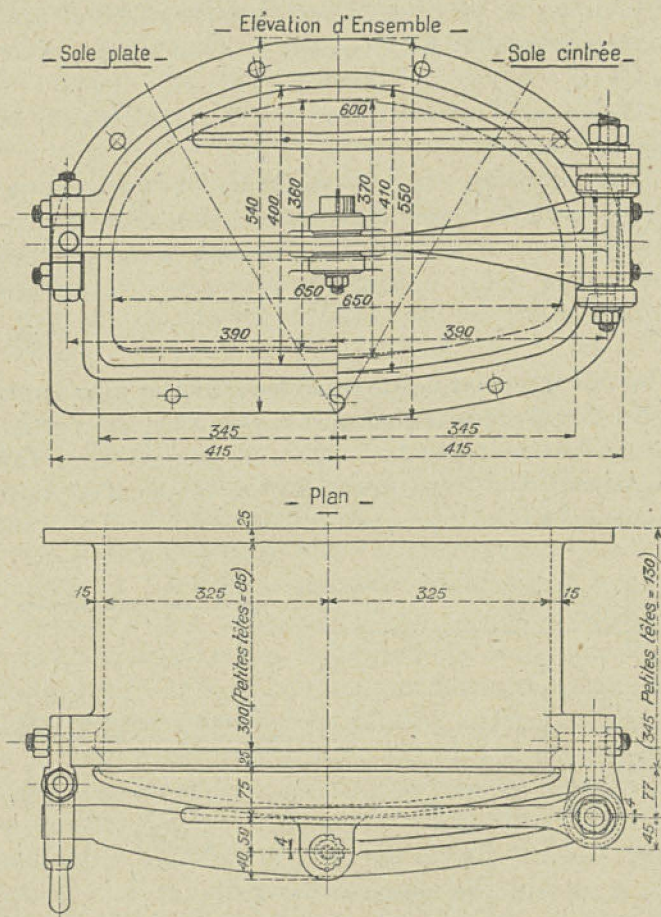


Fig. 44. — Têtes de cornues (type Standard).

nombre de modèles qui ne diffèrent entre eux que par des dispositions de détail concernant la circulation des gaz, des fumées et de l'air.

La disposition générale de ces appareils est presque toujours la suivante :

Au-dessus du sol de service s'élève la chapelle contenant le laboratoire et les cornues, dont le nombre peut varier de 2 à 12.

Au-dessous se trouvent, d'un côté, le gazogène et, de l'autre, la récupération.

Pour permettre, avec le minimum de manutention, l'emploi du coke rouge pour le chauffage des fours, le gazogène est presque toujours placé de telle sorte que son gueulard se trouve du côté où s'opère le délutage des cornues.

166. Chargement des cornues horizontales avec fond.

— Le chargement à la pelle du charbon dans les cornues horizontales avec fond était un travail pénible. Il se fait maintenant, dans les petites usines, au moyen d'un outil manœuvré à la main et appelé cuiller.

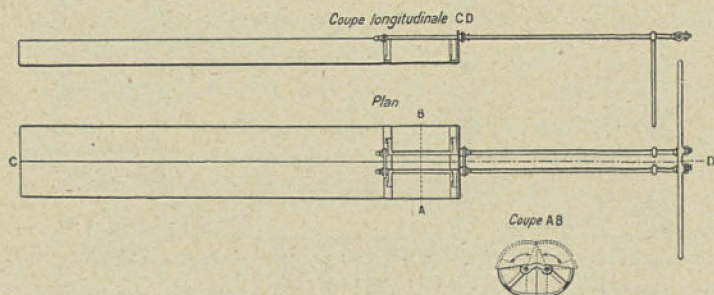


Fig. 45. — Cuiller articulée Laurain.

C'est un demi-cylindre en tôle ayant pour longueur celle de la cornue ; on le remplit de charbon, on l'introduit ensuite dans la cornue et on le retourne pour déverser son chargement.

M. A. Laurain a perfectionné le système en constituant une cuiller au moyen de deux quarts de cylindre articulés suivant une même génératrice (figure 45).

La rotation en sens inverse des deux parties de l'appareil provoque la chute régulière du charbon sur toute la surface de la sole. Afin de faciliter la manutention de la cuiller, on la dispose, le plus souvent, sur un pont roulant se déplaçant tout le long de la façade des fours.

Des treuils à main permettent d'obtenir les mouvements de translation et d'élévation de la cuiller nécessaires pour l'amener en face de chaque cornue.

Cet outillage de conduite facile rend les plus grands services.

167. Déchargement des cornues horizontales avec fond. — Dans beaucoup de petites usines, le déchargement des cornues horizontales avec fond est encore effectué à la main au moyen d'un crochet.

On cherche de plus en plus à réaliser ce travail mécaniquement à l'aide de machines très simples dont l'organe principal est une raclette ou un râteau articulé porté par une tige ayant au moins la longueur de la cornue. Pour faciliter le passage de ce râteau au-dessus du gâteau de coke, on le maintient dans la position horizontale. Arrivé à fond de course, il est rabattu, soit par son propre poids, soit par un mécanisme spécial, dans la position verticale où généralement un verrouillage le fixe rigidement. Les différentes machines de ce genre (Frère, Besnard, Nerièrre, etc...), se différencient les unes des autres par la disposition du mécanisme de manœuvre et de fixation du râteau (fig. 46).

168. Chargement des cornues horizontales avec ou sans fond. — L'appareil le plus répandu pour le charge-

ment des cornues horizontales est celui de de Brouwer (figure 47).

Il est constitué essentiellement par une courroie sans fin C, en cuir, enroulée sur deux tambours O et B, et s'ap-

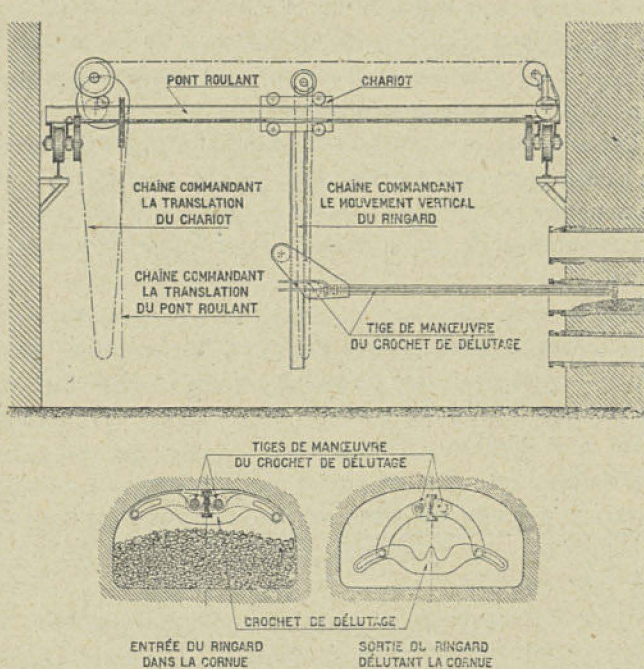


Fig. 46. — Appareil déluteur de cornues, système Nerrière.

pliquant sur un quart de la circonférence de la jante d'une poulie à gorge A, dans laquelle le charbon tombe d'une trémie T.

Le tambour O est animé d'un mouvement de rotation rapide qui entraîne la courroie sans fin.

Le charbon est appliqué sur la courroie et prend la même vitesse qu'elle. Par suite de son inertie, il continue le mouvement qui lui a été imprimé et il s'échappe suivant

une direction qui se rapproche d'une tangente horizontale menée en V.

La vitesse acquise est assez forte pour permettre au charbon d'atteindre le fond de la cornue.

Cet appareil donne les résultats les plus satisfaisants et est utilisé aussi bien dans les cornues de 3 mètres avec fond que dans les cornues de 6 mètres sans fond; dans les premières, il permet de charger 180 kilogrammes en 9 se-

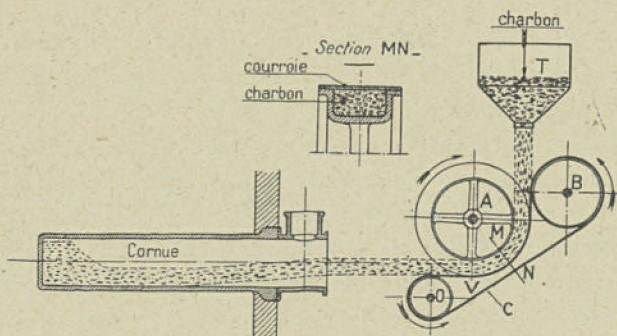


Fig. 47. — Machine à charger de Brouwer.

condes et, dans les deuxièmes, 600 kilogrammes en 20 secondes.

Pour être lancé par la machine de Brouwer, le charbon doit être en morceaux ne dépassant pas la grosseur du poing.

Le service de l'appareil est assuré par un seul homme; il règle la bonne répartition du charbon sur la sole en faisant varier la vitesse de rotation du moteur qui actionne la courroie.

La machine que nous venons de décrire est montée, suivant les cas, sur un chariot ou sur un pont roulant. Elle peut se déplacer tout le long des batteries de four et est munie également d'un mouvement de translation verticale qui lui permet de se placer très rapidement en face de chaque cornue.

169. Déchargement des cornues horizontales sans fond. — Dans les cornues ouvertes aux deux extrémités, le coke est défourné au moyen de machines pousseurs analogues aux appareils utilisés depuis fort longtemps dans les fours à coke. Les machines de ce type, appelées déluteuses, se composent essentiellement d'un masque ayant la forme et les dimensions de la section droite de la cornue, porté par une longue tige actionnée mécaniquement.

Le coke ainsi refoulé se déverse à l'autre extrémité de la cornue où il est recueilli par des moyens que nous décrivons ultérieurement.

Lorsque la tige du poussoir de la déluteuse est rigide, elle doit avoir une longueur au moins égale à celle de la cornue. La place nécessaire dans la halle de fours pour permettre l'évolution de la machine est alors très grande et devient la cause d'un coûteux accroissement des dépenses de premier établissement. Pour remédier à cet inconvénient, de Brouwer a remplacé la tige du poussoir par une série de maillons articulés unis les uns aux autres par des broches, constituant en quelque sorte une chaîne qui s'enroule sur un guide.

Dans le même but, la maison Sautter et Harlé emploie une tige en trois parties emboîtées les unes dans les autres et se développant successivement en commençant par le tronçon intérieur.

L'ensemble de la machine est très ramassé et n'occupe, sur le devant des fours, qu'une largeur de 3^m,70.

170. Disposition d'ensemble des ateliers de fours à cornues horizontales. — Les deux figures 48 et 49 représentent deux installations complètes de fours à cornues horizontales avec récupération continue.

La figure 48 se rapporte à une batterie de cinq fours à 6 cornues horizontales de 3 mètres, avec fond.

La figure 49 est relative à une batterie de 6 fours à 9 cornues horizontales de 6 mètres, ouvertes aux 2 extrémités.

Cette batterie est munie d'un appareil entraîneur et extincteur du coke appelé « fleuve », dont nous parlerons ultérieurement.

171. Résultats d'exploitation de fours à cornues horizontales. — Nous donnons, ci-dessous, les résultats d'essais exécutés au commencement de 1922, à l'usine à gaz de Gennevilliers, sur des fours à cornues horizontales à récupération continue.

Le charbon distillé était un mélange, par moitié, de fines de Marles et de tout venant de diverses mines du Durham. L'analyse de chacun des mélanges employés était la suivante :

	NUMÉROS DES MÉLANGES					
	I	II	III	IV	V	VI
Humidité.	6,4	4,6	5,6	8,6	6,4	3,0
Matières volatiles.	32,5	30,0	30,5	34,2	32,5	31,0
Carbone fixe.	45,1	47,4	44,9	39,2	45,6	58,5
Cendres.	16,0	18,0	19,0	18,0	15,5	7,5

Les cornues étaient chargées en moyenne à 600 kilogrammes.

La distillation se faisait en 8 heures.

Le coke produit était bien cuit et représentait, en moyenne, 69,2 pour 100 du charbon distillé.

Les gazogènes étaient chargés 6 fois par 24 heures ; leurs grilles étaient piquées toutes les 4 heures et décrassées en grand (faux barreaux) tous les 6 jours.

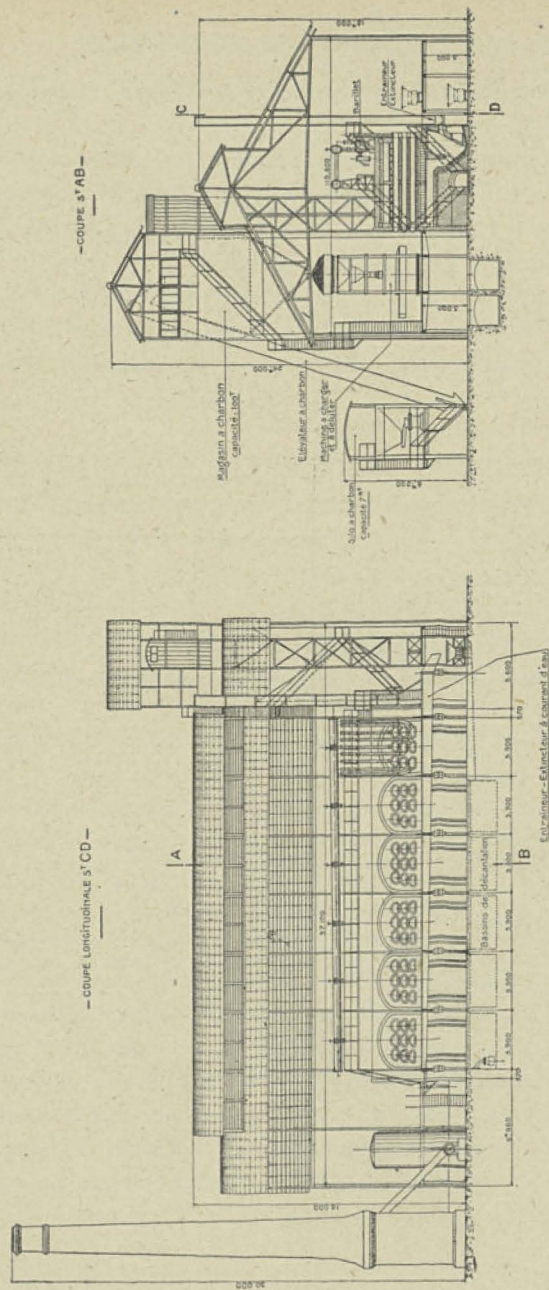


Fig. 49. — Installation de fours à cornues horizontales sans fond.

La température des cornues variait, en moyenne, de 1000° à 1100°.

A la sortie du four, la température des fumées était voisine de 950°. A la sortie de la récupération, cette température n'était plus que de 550°. L'air secondaire sortait de la récupération à 900°.

Les essais ont duré plusieurs jours sur chaque mélange et ont donné les résultats ci-après (rendement en gaz ramené à la température de 0° et à la pression de 760 millimètres) :

	NUMÉROS DES MÉLANGES						
	I	II	III	IV	V	VI	
Gaz produit pour 100 kilogrammes de charbon distillé, en mètres cubes.	31,9	29,6	32,1	31,2	31,0	30,0	
Pouvoir calorifique inférieur à 0° et 760 millimètres.	5 277	4 803	5 103	5 163	4 812	5 173	
Chauffage, coke du mâchefer déduit (moyenne).	16 pour 100 du charbon distillé.						
Analyse moyenne du gaz.	$\left\{ \begin{array}{l} \text{CO}^2. \\ \text{C}^n\text{H}^m \text{ 1.} \\ \text{O}^2. \\ \text{CO.} \\ \text{CH}^4. \\ \text{H}^2. \\ \text{N}^2. \end{array} \right.$	2,4	2,6	1,4	2,5	2,5	3,2
		3,6	2,4	2,6	2,5	3,2	3,2
		0,4	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
		8,2	7,5	6,3	8,8	8,0	8,7
		29,6	28,7	29,7	32,1	26,3	30,6
		51,7	49,6	57,0	47,8	49,6	47,8
	4,1	8,8	2,7	6,1	10,4	6,5	

1. Sous cette désignation, on comprend tous les carbures d'hydrogène autres que le méthane.

94 hommes travaillant 8 heures par jour sont nécessaires pour assurer le service, pendant 24 heures, d'un atelier à cornues horizontales possédant des machines à charger et à déluter et produisant journellement de 115 000 à 120 000 mètres cubes.

Ce personnel est réparti de la façon suivante :

Convoyeurs du charbon.	4 hommes
Chauffeurs de gazogènes.	12 —
Éteigneurs de coke.	6 —
Personnel assurant le chargement et le déchargement des cornues.	60 —
Équipe auxiliaire (goudron, dégaphi- tage, débouchage de colonnes).	12 —
Total.	94 hommes

Ainsi la production par homme et par 24 heures est d'environ 1 220 à 1 275 mètres cubes.

172. Fours à cornues inclinées. — Dans le but de réduire la main-d'œuvre et de simplifier les opérations de chargement et de déchargement, M. A. Coze préconisa, dès 1885, l'usage de cornues inclinées.

Malgré ses qualités, le four Coze n'eut en France qu'un petit nombre d'applications. A l'étranger le système eut, à son début, un certain succès qui ne s'est pas confirmé dans la suite.

Les cornues inclinées sont disposées de telle sorte que la houille, tombant en chute libre à la partie supérieure, se répartit sur la sole en une couche d'épaisseur uniforme sans se tasser dans le bas.

L'inclinaison doit être également suffisante pour qu'après distillation le gâteau de coke descende et s'évacue par son propre poids. Elle est en moyenne de 29°,5 à 33° sur l'horizon. On a essayé quelquefois des cornues inclinées à 45°.

La longueur de ces cornues a d'abord été de 3^m,50, elle a été ensuite portée à 4^m,70 et, en Angleterre, la dimension généralement adoptée est de 20 pieds anglais, soit 6^m,10.

La section droite des cornues inclinées est un peu différente de celle admise pour les cornues horizontales; elle est combinée de manière à permettre le libre gonflement du charbon pendant la distillation. Enfin ces cornues sont

légèrement évasées pour faciliter la chute du gâteau de coke pendant le défournement.

La figure 50 représente une batterie de fours à 9 cornues inclinées de 4^m,70 de longueur avec ses dispositifs très simples de manutention du charbon et du coke.

Les fours à cornues inclinées ont pour inconvénient de présenter un mode de chauffage dont le réglage est très délicat. De plus, la construction même du massif rend les pertes par rayonnement assez grandes, ce qui augmente la consommation de coke de chauffage. Les fours à cornues inclinées sont de plus en plus supplantés par les fours à cornues verticales et par les fours à chambres dans les grandes usines (Vienne-Simmering, Tegel...).

173. Résultats d'exploitation de fours à cornues inclinées. — Les résultats suivants ont été obtenus en 1902 à l'usine de Vaise (Lyon)¹, avec des cornues inclinées à 32° et ayant comme dimensions :

Longueur inclinée.. . . .	3 ^m ,52
— horizontale.. . . .	3 mètres
Largeur en bas.. . . .	62 centimètres
— haut.. . . .	59 —
Hauteur uniforme.. . . .	38 —

Le charbon distillé était un mélange de fins fins et de menus fins Montrambert mouillés.

Pendant les quatre premières semaines, la distillation s'effectuait en 4 h. 48, les cornues recevant, en moyenne, une charge de 185 à 190 kilogrammes.

La dépense de coke pour le chauffage des fours était de 19 à 20 pour 100 du poids de la houille distillée, soit 16 kilogrammes de coke pur par 100 kilogrammes de houille (le coke contenant 18 à 20 pour 100 de cendres).

Ayant remarqué qu'avec ces charbons fins, les fortes

1. Voir communication de M. GODINET, Congrès de la Société Technique de l'Industrie du Gaz, 1902.

charges étaient toujours mieux égalisées que les faibles, on les porta ensuite à 210 kilogrammes environ, en moyenne, avec une durée de distillation de 6 heures.

La dépense de coke pour le chauffage fut alors réduite à 18 kilogrammes par 100 kilogrammes de charbon distillé (soit 15^{kg},5 environ de coke pur, compte tenu des cendres).

Avec les cornues inclinées, la consommation de coke dépassa de 1,5 à 2 kilogrammes celle nécessitée avec les cornues horizontales pour distiller 100 kilogrammes de même houille.

Par contre, l'économie de main-d'œuvre réalisée fut importante. Pendant les trois premiers mois de 1902, elle fut d'environ 39 pour 100 sur l'ensemble de la main-d'œuvre aux fours, aux cokes et aux charbons (y compris le relevage et la réception de ces derniers). La diminution de main-d'œuvre aux fours considérée seule atteignit le chiffre de 46,5 pour 100.

174. Fours à cornues verticales à distillation discontinue. — Ce type de four, mis en pratique par le D^r Bueb à l'usine de Dessau, est particulièrement répandu en Allemagne.

Les fours à cornues verticales présentent les trois grands avantages suivants :

1^o Grande facilité de manutention et économie de main-d'œuvre. Le charbon est en effet chargé sans difficulté à la partie supérieure de la cornue et le gâteau de coke s'évacue par son propre poids lorsqu'on ouvre le tampon inférieur.

2^o Obtention d'un gaz brut contenant relativement beaucoup de goudron et d'ammoniaque, peu de naphthaline et de cyanogène.

3^o Possibilité de fabriquer du gaz à l'eau en introduisant à la fin de la distillation une certaine quantité de vapeur à la base de la cornue.

Les cornues de Dessau ont d'abord été construites sur 4 mètres de hauteur. Leur section horizontale était de forme rectangulaire à coins arrondis, de 460×220 millimètres à la partie supérieure et de 700×350 millimètres à la partie

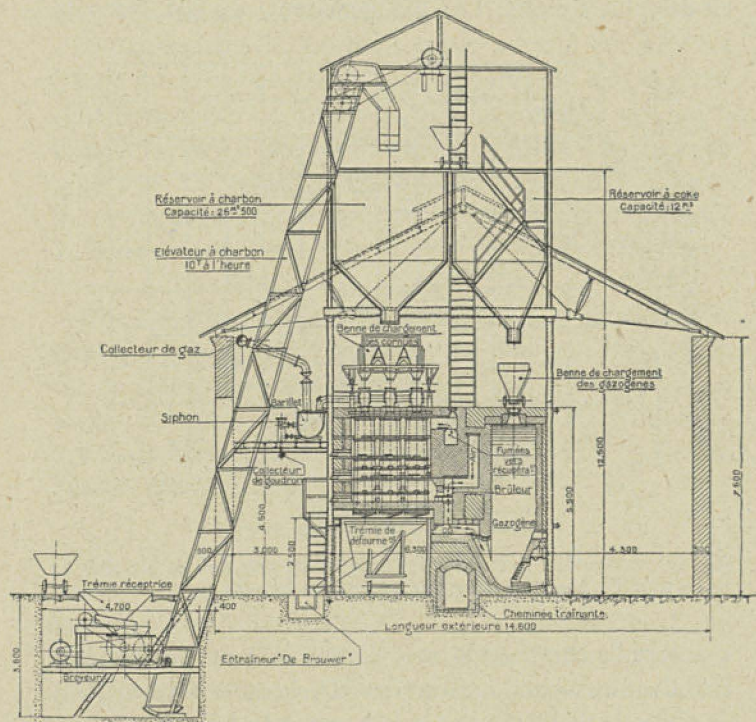


Fig. 51. — Installation de fours à cornues verticales à distillation discontinue.

inférieure. Ce sont encore les dimensions les plus communément admises ; toutefois, on construit actuellement de petits fours dont les cornues n'ont que 3 mètres de hauteur alors que celles des grandes installations ont quelquefois 5 mètres.

La figure 51 représente une installation de fours à cornues verticales à distillation discontinue.

On voit que le gazogène est situé à côté du four et qu'il a une hauteur égale à celle des cornues. Ce dispositif facilite le travail du chargement par une plate-forme commune au four et au gazogène. La circulation des gaz de chauffage est des plus simples. Les gaz pénètrent, en bas, dans la

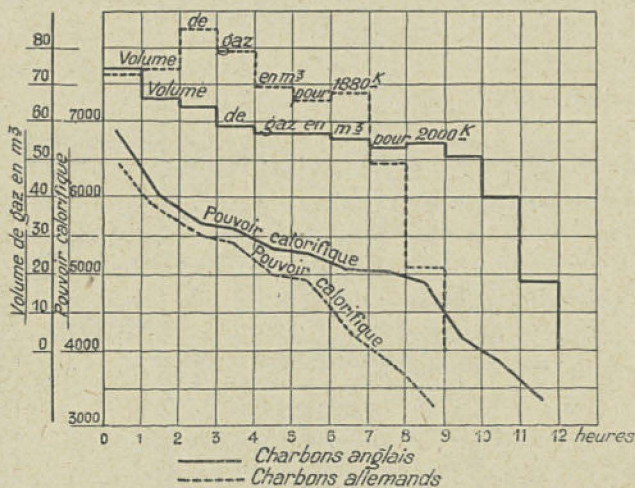


Fig. 52. — Graphique de la production et du pouvoir calorifique du gaz dans les fours à cornues verticales (distillation discontinue).

chambre de combustion et s'élèvent le long des cornues en suivant un parcours sinueux. Des registres permettent de régler la température sur la hauteur du four. Cette température est assez élevée (voisine de 1350° au bas des cornues).

Les cornues sont disposées par rangées de 2 ou 3. Dans ce dernier cas, le chargement se fait simultanément au moyen d'un chariot à triple trémie se déplaçant sur le haut des fours. L'ouverture des portes pour le déchargement peut se faire, à la main, par la manœuvre d'un levier. Dans les installations importantes, la commande en est

réalisée le plus souvent hydrauliquement et quelquefois électriquement. La vidange se fait alors simultanément pour toutes les cornues d'une même rangée.

La durée de la distillation est d'environ 10 à 12 heures suivant la nature des charbons.

Le dégagement du gaz reste assez constant pendant les 8 ou 9 premières heures de la distillation. Il diminue ensuite fortement; c'est alors qu'on peut produire du gaz à l'eau au moyen d'une insufflation de vapeur à la base de la cornue. Le graphique figure 52, établi par Bueb, indique la marche de la distillation et les variations correspondantes du pouvoir calorifique.

175. Résultats d'exploitation de fours à cornues verticales à distillation discontinue. — Nous donnons page 187 le résultat d'essais effectués par les ingénieurs de la Station de recherches et d'enseignement de Karlsruhe sur des fours à 18 cornues verticales, modèle 1910, de l'usine de Mariendorf-Berlin.

176. Fours à cornues verticales à distillation continue. — Les premières cornues verticales à distillation continue furent essayées en France dans les usines à gaz de Marseille et de Lyon-Vaise, mais c'est en Angleterre que les appareils de ce type ont été particulièrement étudiés et ont reçu leur consécration définitive.

Deux modèles sont aujourd'hui très en faveur : ce sont les fours Woodal-Duckham et Glover-West dont les applications sont au moins aussi nombreuses en Angleterre que celles des fours Bueb en Allemagne.

Dans ces appareils, le charbon est introduit d'une manière continue au sommet de la cornue et le coke est extrait de la même façon à la partie inférieure. La vitesse moyenne du mouvement de descente est de 1^{cm},8 par minute : elle

varie avec la nature du charbon distillé. C'est ainsi que certains fours peuvent passer en 24 heures de 5 tonnes 1/2 à 9 tonnes.

Pour empêcher que la chaleur détériore le dispositif d'obturation de la partie inférieure des cornues, les fours à distillation continue sont combinés pour refroidir complètement le coke avant son évacuation. On évite ainsi l'extinction à l'eau et l'on obtient un coke très sec. Dans le four Glover-West, comme nous le verrons plus loin, la chaleur sensible du coke en période d'extinction est utilisée pour le réchauffage de l'air secondaire.

Avec certains charbons qui gonflent beaucoup à la cuisson, malgré la conicité des cornues, le mouvement de descente de la masse en distillation est parfois ralenti ou même arrêté, il faut alors intervenir à l'aide d'un ringard à main. Pour éviter cet inconvénient, il faut choisir avec soin les qualités de houille à carboniser, fixer avec attention le détail de la technique de leur traitement et changer le moins souvent possible la nature du charbon à distiller.

Les cornues verticales à distillation continue se prêtent très bien à la pratique du « steaming », c'est-à-dire à l'injection de vapeur d'eau qui permet de parfaire l'évacuation des matières volatiles du charbon et aussi de produire un peu de gaz à l'eau.

Au point de vue de la main-d'œuvre, il ne semble pas que les appareils à distillation continue soient plus avantageux que les fours à manutention mécanique et à distillation en grande masse.

177. Fours Woodall-Duckham. — Ces fours comportent en général 4 cornues évasées vers le bas qui sont presque de véritables chambres, construites au moyen de pièces réfractaires à rainure et languette.

Afin de faciliter la transmission de chaleur à travers les

RÉSULTATS DES ESSAIS FAITS SUR UN FOUR A 18 CORNUES VERTICALES A DISTILLATION
DISCONTINUEE A L'USINE A GAZ DE MARIENDORF-BERLIN EN NOVEMBRE 1910

	NUMÉROS DES ESSAIS					RÉSULTAT TOTAL	RÉSULTATS CALCULÉS SUR 24 HEURES
	I	II	III	IV	V		
Durée des essais, en heures.	21	21	21	21	21	105	»
Durée de la distillation, en heures.	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	»
Poids total du charbon sec, en kg.	17 849	17 667	16 496	17 443	17 494	86 949	19 874
Poids du charbon par charge de cornue, en kilogrammes.	496	491	459	485	486	483	1 104
Production de gaz (0° et 760 millimètres), mètres cubes.	6 025	6 035	6 135	6 125	5 955	30 275	6 920
	Pour 48 heures		Pour 48 heures			Pour 105 h.	Pour 24 h.
Chauffage des gazogènes, en kilogrammes.	4 794		4 614			10 290	2 352
Rendement en gaz pour 100 kilogrammes de charbon sec (0° et 760 millimètres), en mètres cubes.	33,7	35,9	37,2	35,1	34,2	Moyenne 34,8	
Pouvoir calorifique supérieur (0° et 760 millimètres), en mètres cubes.	5 215	5 215	5 145	5 120	5 280	5 195	
Poids spécifique (air = 1).	0,450	0,438	0,451	0,448	0,437	0,445	

RÉALISATION DE LA DISTILLATION

Introduction de vapeur d'eau dans les cornues pendant les deux dernières heures de la distillation.

parois, les pièces réfractaires sont quelquefois évidées sur une partie de leur hauteur.

Les dimensions courantes des cornues dont la section est rectangulaire, sont les suivantes :

	PETITE CAPACITÉ	MOYENNE CAPACITÉ		GRANDE CAPACITÉ
		STANDARD	DURHAM	
	mètres	mètres	mètres	mètres
Hauteur. . .	7,620	7,620	7,620	8,040
Section { en haut.	0,876 × 0,178	1,181 × 0,178	1,181 × 0,178	1,564 × 0,178
{ en bas..	1,295 × 0,470	1,600 × 0,470	1,600 × 0,483	1,981 × 0,483

L'obliquité des parois intérieures sur la verticale n'est pas constante sur toute la hauteur des chambres; elle est sensiblement plus accusée dans la partie supérieure qui surmonte la zone de carbonisation.

178. Chauffage des fours Woodall-Duckham. — Les fours Woodall-Duckham sont pourvus de gazogènes et de récupérateurs pour réchauffer l'air secondaire.

Les gazogènes employés sont du type courant à barrage et à grilles en gradins.

Dans un certain nombre d'installations, ils sont placés entre les 4 cornues et à la partie supérieure du four de telle sorte que leur gueulard se trouve sur la plate-forme des trémies de chargement des fours; mais cette disposition ayant pour inconvénient de limiter la largeur des grilles, on place quelquefois les gazogènes au niveau du sol à côté du massif des fours.

Dans la plupart des modèles actuellement en service, le gaz du générateur est conduit à la partie supérieure du four où il brûle au contact de l'air secondaire chaud venant du récupérateur.

Les flammes circulent ensuite de haut en bas dans des carneaux verticaux de chauffage situés tout le long des grandes parois de la cornue. Puis les fumées remontent à la partie supérieure du four, descendent à travers le récupérateur et sont évacuées dans une cheminée traînante.

Le récupérateur de système continu est construit au moyen des poteries habituellement employées ; il est, en général, installé dans le massif de four entre les deux rangées de cornues.

179. Chargement des fours

Woodall-Duckham. — La tête supérieure de la cornue Woodall-Duckham supporte, indépendamment de l'habituelle tuyauterie de départ du gaz, une série d'appareils utilisés pour le chargement comprenant une boîte B, un réservoir auxiliaire A et une vanne à obturateur cylindrique reliée à la soute à charbon (fig. 53).

La capacité de A correspond à peu près à l'alimentation de la cornue pendant 2 heures.

La forme de la boîte B permet, en tout temps, un libre accès dans la cornue, en vue des opérations de surveillance, de dégraphitage et de mise en feu. Il suffit de manœuvrer environ toutes les deux heures la vanne obturatrice de la soute à charbon pour remplir le réservoir A. La descente du charbon dans les

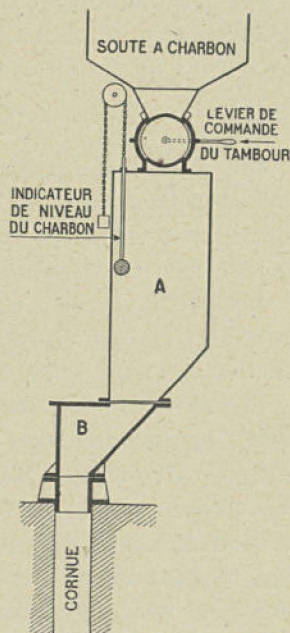


Fig. 53. — Chargement des fours Woodall-Duckham.

chambres peut être contrôlée au moyen d'un indicateur de niveau constitué par un poids fixé au bout d'une tringle qui pénètre dans le réservoir auxiliaire ; la tringle est elle-même suspendue à une chaîne s'enroulant sur une poulie et placée à portée du personnel.

180. Départ de gaz dans les fours Woodall-Duckham.

— Le gaz s'échappe à la partie supérieure de la cornue et latéralement. Il se rend directement au moyen d'une pipe dans un barillet, le plus souvent commun à 4 cornues.

181. Extraction et évacuation du coke dans les fours Woodall-Duckham. — L'extraction du coke présente une importance considérable, car c'est elle qui règle tout le mouvement de descente de la matière en distillation.

L'appareil qui permet de la réaliser a fait l'objet d'importantes recherches de la part des constructeurs et semble être aujourd'hui tout à fait au point (fig. 54).

Il consiste en une caisse en fonte dont la partie inférieure, qui supporte la charge du charbon, présente une forme légèrement incurvée. Cette caisse est munie d'un trou d'homme et de plusieurs regards.

L'extracteur proprement dit est constitué par un tambour muni de dents implantées suivant 4 hélices décalées de 90° les unes par rapport aux autres. La rotation de ce dispositif autour de son axe horizontal provoque l'extraction progressive des morceaux de coke.

Un rideau de plaques métalliques très lourdes crée une résistance suffisante au passage pour assurer l'évacuation lente des produits et constitue en même temps un dispositif de sécurité capable de céder momentanément sous une poussée anormale due par exemple au passage de très gros morceaux de coke.

L'extracteur est actionné par un moteur électrique au moyen d'un excentrique, d'une bielle et d'une transmission par cliquet provoquant une rotation lente qui peut être réglée à raison de 1 tour en 25 à 60 minutes.

Au-dessous de la caisse d'extraction se trouve fixée une trémie en fonte dont la capacité correspond à peu près à la quantité de coke produite en trois heures.

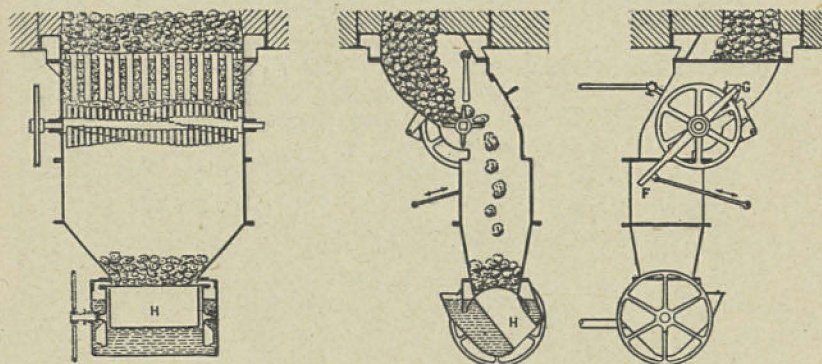


Fig. 54. — Extraction du coke dans les fours Woodall-Duckham.

L'évacuation définitive se fait par la manœuvre d'une porte en forme de segment cylindrique pourvue d'un joint hydraulique qui assure l'étanchéité du système sans toutefois que le coke soit jamais au contact de l'eau.

L'opération d'évacuation du coke se fait toutes les deux heures environ. La vidange d'une trémie dure au plus quelques secondes et la quantité d'air introduite de ce fait dans la cornue est insignifiante.

Le coke évacué par les fours est recueilli soit dans des wagonnets, soit dans les godets d'un convoyeur longitudinal, suivant les formes de manutention adoptées dans les différentes usines.

La figure 55 représente une installation d'une batterie de quatre fours du type Woodall-Duckham tels qu'ils sont

actuellement construits en France par les soins de la Compagnie Générale de Construction de Fours.

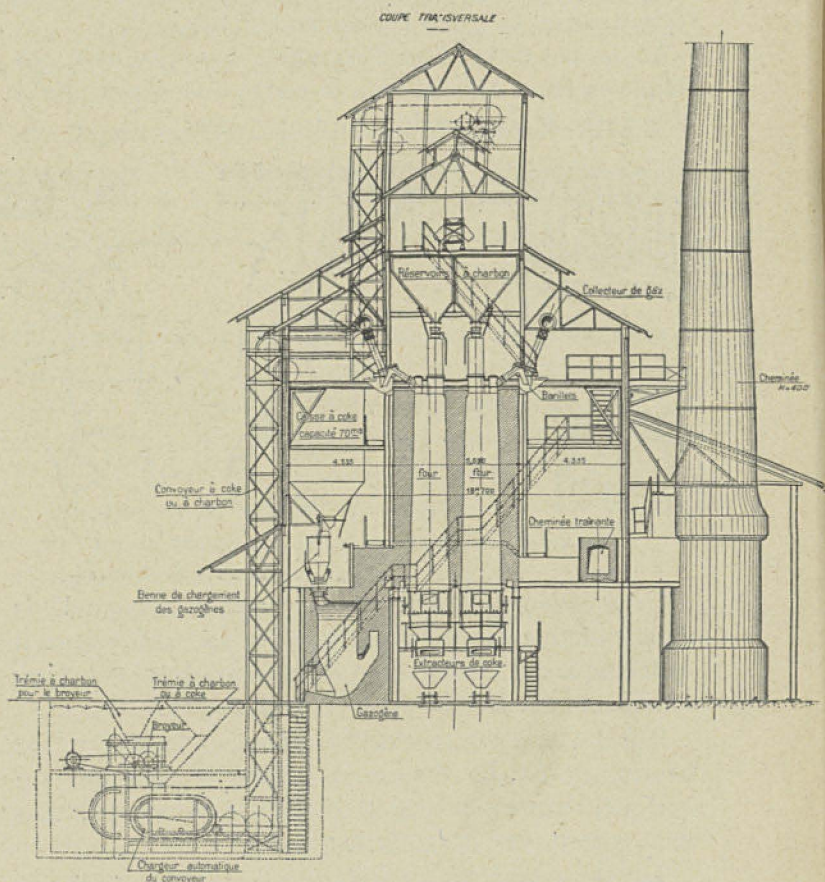


Fig. 55. — Installation de fours à cornues verticales,

182. Fours Glover-West. — Les fours Glover-West comportent presque toujours 8 cornues dont la section affecte la forme d'un rectangle à angles arrondis.

On les construit au moyen de pièces réfractaires spéciales s'assemblant les unes avec les autres.

183. Chauffage des fours Glover-West. — La caractéristique des fours Glover-West consiste en ce que les cornues ne sont pas chauffées sur toute leur hauteur.

Les cornues traversent 10 carneaux horizontaux superposés (fig. 56).

Le carneau du bas (n° 1) est parcouru par l'air secondaire qui s'échauffe en refroidissant le coke avant son extraction, c'est un carneau de récupération.

Les 8 suivants (2 à 9) servent à la combustion. Le gaz de gazogène y parvient directement du générateur au moyen de 2 collecteurs verticaux, et rencontre l'air secondaire réchauffé pour produire la combustion recherchée.

Enfin le carneau supérieur (n° 10) est parcouru par les fumées qui se refroidissent avant leur départ à la cheminée, en réchauffant le charbon qui entre dans la cornue.

Chaque carneau de combustion peut être réglé isolément au moyen de 3 registres : un sur l'arrivée du gaz de gazogène, un sur l'air secondaire et un sur le départ des fumées.

On peut en outre commander tout l'ensemble du four au moyen de registres placés sur l'entrée d'air secondaire, sur le canal général d'alimentation des chambres en gaz de gazogène et à la base de la cheminée. On conçoit que ce dispositif, malgré sa complication apparente, permette d'obtenir une souplesse de régime remarquable qui adapte ces fours à la distillation de charbons de toute provenance.

184. Départ de gaz dans les fours Glover-West. — Le départ du gaz s'effectue à la partie supérieure des cornues au moyen d'une tuyauterie analogue à celle des fours Woodall-Duckham.

Le barillet est placé entre les deux rangées de cornues,

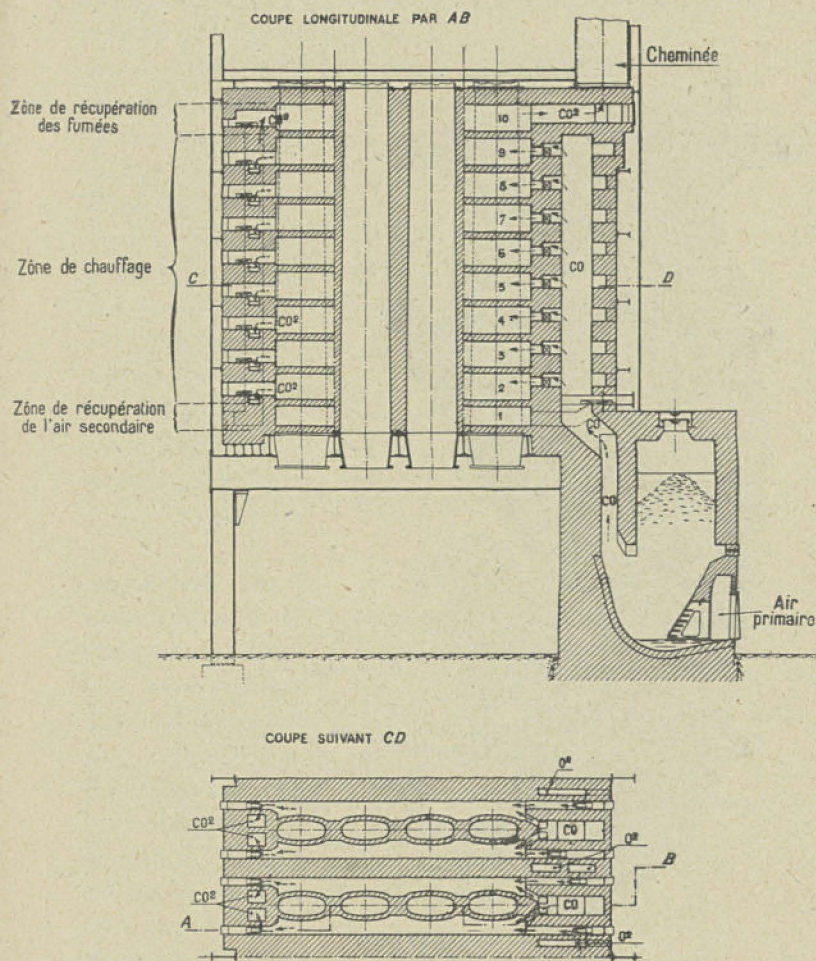


Fig. 56. — Schéma du chauffage des cornues dans les fours Glover-West.

à la partie supérieure des trémies intermédiaires de chargement. Il fonctionne le plus souvent sans « plonge ».

185. Chargement des fours Glover-West. — Le chargement s'opère, comme dans les cornues Woodall-Duckham,

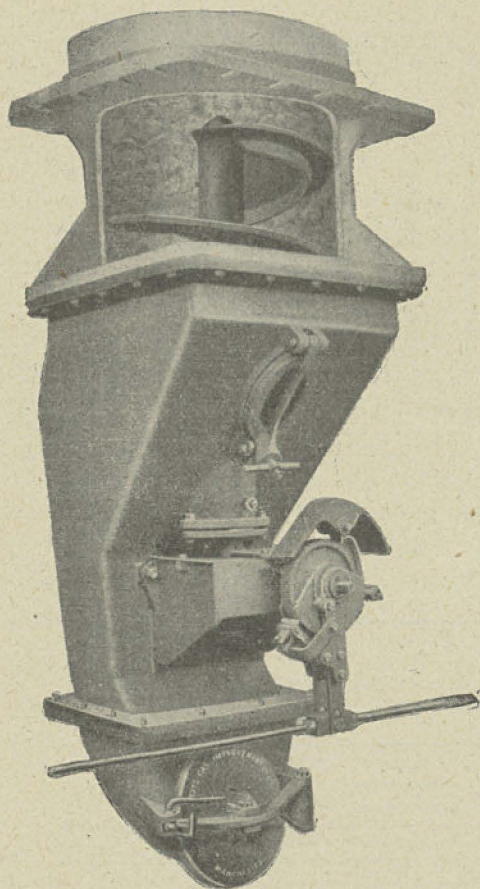


Fig. 57. — Extraction du coke dans les fours Glover-West.

au moyen d'un réservoir intermédiaire situé au sommet du four et pouvant contenir une charge suffisante pour l'alimentation pendant 2 heures; la communication avec les soutes à charbon est réalisée au moyen d'une vanne manœuvrée périodiquement.

186. Extraction et évacuation du coke dans les fours Glover-West. — A

la base de la cornue est fixée une sorte de tête cylindrique dans laquelle peut tourner un élément de transporteur hélicoïdal qui supporte la charge de coke et règle son

mouvement de descente vers une trémie-magasin. Cette dernière est boulonnée solidement à la tête et se termine par une goulotte fermée à sa partie inférieure au moyen

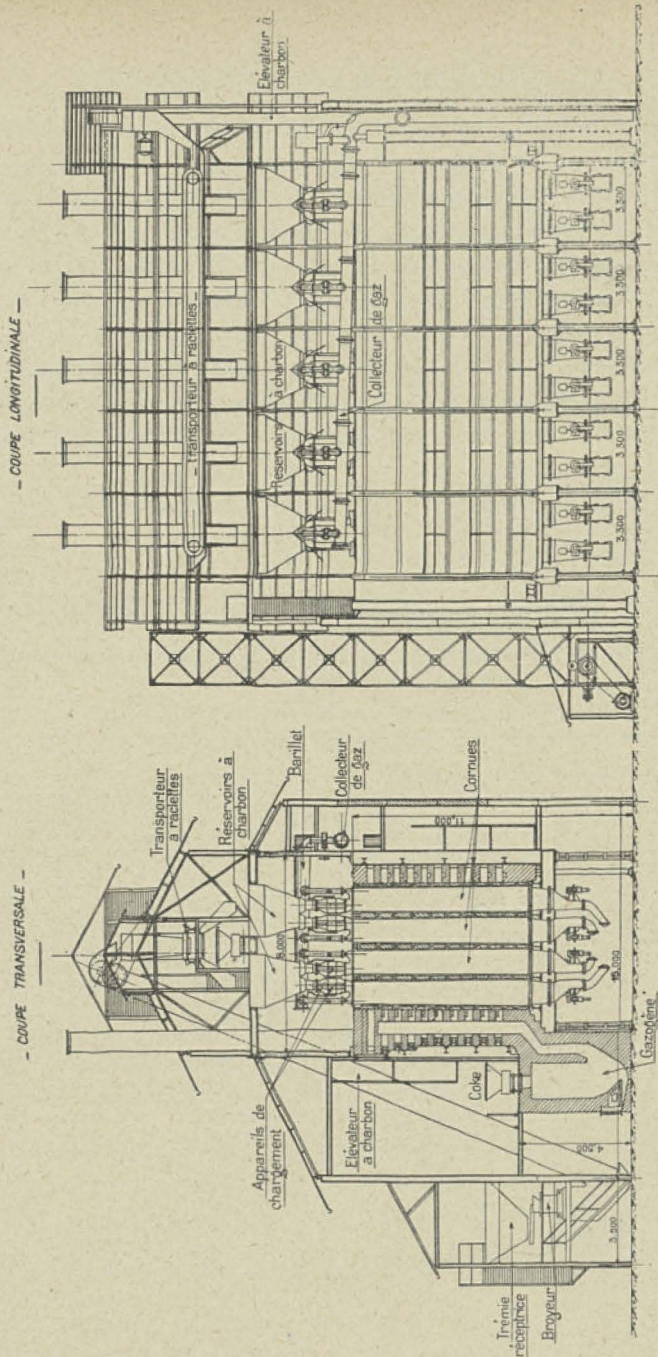


Fig. 58. — Installation de fours à cornues verticales à distillation continue du type Glover-West.

d'un tampon qu'on ouvre périodiquement pour permettre la chute du coke dans un wagon d'évacuation (fig. 57).

Un trou d'homme ménagé dans l'enveloppe permet l'accès entre l'hélice et la paroi de la tête de cornue.

L'extracteur, actionné par une roue à rochet, tourne à une vitesse réglable dans de larges limites ; il fait normalement 1 tour en 40 minutes.

La quantité de charbon que l'on peut distiller par cornue et par jour est généralement comprise entre 2^l,500 et 3^l,200. Le charbon séjourne dans la cornue pendant 12 heures environ.

La figure 58 représente l'ensemble d'un four à 8 cornues du type Glover-West.

187. Résultats d'exploitation de fours à distillation

DATES	TONNAGE TOTAL DISTILLE EN 24 HEURES	GAZ PRODUIT EN 24 HEURES 15° ET 760 MM.	RENDEMENT EN GAZ	POUV. CALOR. SUPERIEUR (MOYENNE)
14 février. . .	107 075	35 595	33,24	4 885
15 — . . .	199 300	58 342	29,17	5 004
16 — . . .	188 125	57 674	30,68	4 942
17 — . . .	192 550	57 501	29,86	5 005
18 — . . .	193 375	58 750	30,36	5 098
19 — . . .	193 450	59 152	30,60	—
20 — . . .	189 625	56 783	29,88	5 124
21 — . . .	192 450	56 748	29,47	5 171
22 — . . .	188 475	55 405	29,31	5 137
23 — . . .	179 675	54 921	30,51	5 110
24 — . . .	182 075	55 280	30,37	5 108
25 — . . .	184 550	57 050	33,00	4 997
26 — . . .	178 200	54 860	30,82	5 136
27 — . . .	181 345	54 210	29,78	5 238
28 — . . .	179 125	53 850	30,64	5 103
1 ^{er} mars. . .	68 850	19 890	28,91	5 027
Totaux . . .	2 798 245	846 011		
Moyennes. .			30,22	5 079

continue. — Une usine du sud de la France a obtenu, en 1920, avec deux batteries de 6 fours du type Woodall-Duckham, les résultats consignés dans le tableau page 198. Les charbons français distillés provenaient des mines de Montrambert, de la Béraudière, de la Roche Molière et d'Albi-Decazeville; ils contenaient 12 à 15 pour 100 de cendres et 28 à 30 pour 100 de matières volatiles.

Des essais comparatifs faits avec le même mélange de charbons sur une cornue horizontale de 6 mètres avaient donné les résultats suivants :

	RENDEMENT	POUVOIR CALORIFIQUE SUPÉRIEUR 15°-760 ^m /m
21 mars.	29,15	4 771
22 mars.	28,59	4 865

La composition, en pour 100, du gaz d'éclairage produit est indiquée par le tableau ci-dessous.

DATES	HEURES	CO ²	C ⁿ H ^m	O ²	CO	CH ⁴	H ₂	N ₂
15 février. . .	10	2,5	2,0	0,8	9,4	»	»	»
	10,30	2,6	2,1	1,0	9,3	21,2	60,1	2,7
	15	2,5	2,6	1,3	10,1	17,9	61,4	4,2
21 février. . .	8,30	1,8	2,1	0,8	9,1	31,9	43,4	10,8
	14	1,8	1,8	1,0	9,8	33,8	41,3	10,5
28 février. . .	8	1,8	1,9	1,1	9,0	32,2	42,5	11,5
	14	1,9	1,8	0,8	9,6	34,1	43,3	8,4

Pour le chauffage d'une batterie dans laquelle on a distillé 1388863 kilogrammes de charbon, il a été brûlé 278161 kilogrammes de coke à 16,6 pour 100 de cendres; ramené à 11 pour 100 de cendres, ce poids correspond

à 260658 kilogrammes, soit 18,76 pour 100 du charbon distillé.

Si l'on tenait compte des chambres en décarburation, ce rendement serait ramené à 18,5 pour 100.

D'autres essais de chauffage effectués ultérieurement sur les mêmes fours, pendant une quinzaine de jours (février 1921), ont accusé une consommation de coke à 11 pour 100 de cendres de 17,03 pour 100, et, en tenant compte des chambres en décarburation, de 16,79 pour 100.

Les gazogènes étaient décrassés toutes les 12 heures et remplis toutes les 4 heures avec du coke trié provenant des fours ; il n'était pas nécessaire de procéder au piquage des grilles entre les décrassages. Les barillets étaient vidangés toutes les 12 heures et les colonnes étaient nettoyées toutes les 24 heures.

Pour produire environ 56400 mètres cubes par 24 heures, avec des hommes travaillant 8 heures par jour, le personnel nécessaire, sans compter les chefs d'ateliers et les surveillants, est le suivant :

Convoyeurs du charbon.. . . .	2 hommes.
Chauffeurs de gazogènes.	8 —
<i>Personnel assurant :</i>	
le piquage des chambres.	6 —
le déchargement du coke.	6 —
le nettoyage des barillets.	2 —
le débouchage des plongeurs (nuit).	1 —
l'entretien et la décarburation.	2 —
TOTAL.. . . .	<hr/> 27 hommes.

Ainsi la production par homme et par 24 heures est environ 2100 mètres cubes.

Les essais suivants ont été opérés par l'Institution de recherches pour l'utilisation des combustibles en Angleterre (sir George Beilby) sur des cornues Glover-West en service à l'usine à gaz d'Uddington (1921).

CLASSIFICATION DES ESSAIS	1	2	3	4	5
Charbon employé		Lancashire Main et Ell			
Durée de l'essai en heures	193,83	192	168	168,5	216,25
Température moyenne des brû- leurs en degrés centigrades	1 211	1 139	1 177	1 186	1 090
Charbon total distillé en tonnes	205,394	213,014	210,830	196,148	227,341
Charbon distillé par jour et par cornue, en tonnes	3,18	3,332	3,770	3,495	3,150
Vapeur insufflée en pour 100 de charbon distillé	0	13,3	22,1	32,7	44,8
Gaz total fabriqué à 15° et 760 millimètres, en mètres cubes	53 619	75 190	89 438	97 379	124 137
Rendement en gaz à 15° et 760 millimètres, en mètres cubes par 100 kilogrammes de char- bon distillé	26,5	35,8	43,1	50,4	55,5
Pouvoir calorifique supérieur, en calories	4 841	4 290	3 977	3 880	3 649
Densité du gaz	0,44	0,46	0,49	0,49	0,52
Coke total fabriqué, en tonnes	122,180	122,891	117,323	103,484	117,526
Coke produit pour 100 du char- bon distillé	59,48	57,69	55,65	52,74	51,69
Goudron total fabriqué, en mè- tres cubes	12,033	15,621	15,838	17,893	21,552
Goudron deshydraté en litres par tonne de houille distillée	59,01	73,32	75,11	91,21	94,78
Sulfate d'ammoniaque produit en kilogrammes par tonne de houille distillée	14,597	14,776	15,445	16,963	17,588
Chauffage. — Calories consom- mées par heure pour maintenir les cornues à la température de distillation	211 680	156 240	176 400	176 400	143 640
Calories consommées par tonne de houille (déduction faite des calories consommées pour amener les cornues à la tem- pérature de carbonisation)	400 680	443 520	498 960	556 920	632 520
(Chiffres calculés.)					

188. Fours à chambres. — La tendance des grandes installations gazières vers l'accroissement des charges et les durées de distillation prolongées a conduit les constructeurs à remplacer les cornues par des chambres de distillation dont le volume atteint plusieurs mètres cubes.

Le principe sur lequel repose le dispositif des fours à chambres consiste à chauffer par ses deux plus grandes faces un gâteau de charbon long et aplati dont l'épaisseur détermine la durée de distillation. Cette méthode est appliquée d'ailleurs depuis longtemps dans la construction des fours à coke dont nous aurons l'occasion de dire quelques mots.

189. Fours à chambres horizontales. — Les chambres sont constituées par des récipients de forme à peu près parallépipédique dont la largeur est environ 0^m,50 et la hauteur 1^m,80 à 2^m,80.

La longueur des chambres varie avec la nature des charbons distillés. Dans ce genre de fours, en effet, le délutage mécanique n'est possible que si le saumon de coke est suffisamment solide pour supporter sans se déformer la poussée de la défourneuse. Cette poussée doit impérieusement être réduite si les circonstances ne permettent pas l'emploi de charbons dits à coke (c'est-à-dire charbons pour coke métallurgique). C'est la raison pour laquelle les chambres horizontales n'ont souvent que 6 mètres de longueur dans les usines à gaz, au lieu de 10 dans les cokeries.

Les chambres sont séparées les unes des autres par les brûleurs qui chauffent ainsi deux parois à la fois. Les gazogènes sont situés sous les chambres. Les gaz de la combustion circulent dans les brûleurs verticaux d'abord en montant, puis en redescendant jusque dans la récupération. Ces brûleurs sont constitués par des pièces spéciales réfractaires qui s'assemblent les unes avec les autres.

Le chargement en charbon se fait par 2 ou 3 orifices percés dans le toit des chambres. Afin d'égaliser la couche de charbon enfourné, on se sert d'une machine appelée répaleuse qui peut se déployer dans toute la longueur du four.

Le déchargement du coke est obtenu au moyen d'un appareil appelé défourneuse, analogue à celui qui est utilisé pour le service des cornues horizontales, et constitué principalement par un masque métallique situé au bout d'une tige actionnée mécaniquement. Le masque peut pénétrer jusqu'au fond de la chambre. Il pousse le gâteau de coke qui se brise sur une aire inclinée où l'on procède à son extinction au moyen d'eau.

Nous donnons page 203 (fig. 59) le dessin d'une installation de fours à 4 chambres horizontales de 6 mètres de longueur.

On y voit les dispositifs de manutention du charbon et du coke.

La défourneuse et la répaleuse sont actionnées au moyen d'une chaîne articulée qui se replie sur elle-même dans le but de réduire l'encombrement longitudinal de ces appareils.

Les portes des fours, qui sont montées sur charnière à leur partie supérieure, peuvent être ouvertes mécaniquement. Elles sont munies de protecteurs constitués par des tôles maintenues au moyen d'entretoises et destinés à éviter le contact destructeur du coke rouge contre la paroi postérieure des portes.

Ces fours sont peu en usage dans l'industrie gazière française. A l'étranger, les types généralement adoptés sont analogues aux fours à coke Klönne et Koppers. Une application en a été récemment faite à Bruxelles (Forest) où l'on a construit 20 fours de 10 mètres \times 2^m,5 et 0^m,455 chauffés au gaz à l'eau.

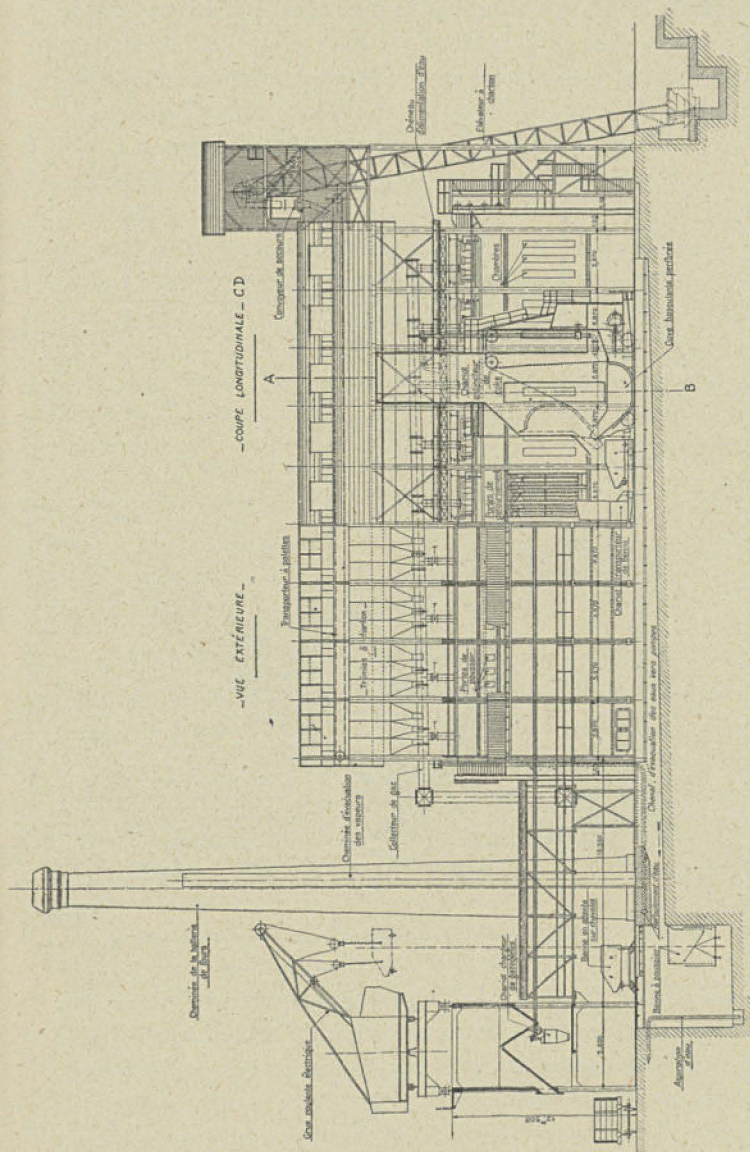


Fig. 60. — Installation de fours à chambres inclinées (coupe longitudinale).

190. Fours à chambres inclinées. Généralités. — Par analogie avec ce qu'a fait Coze pour simplifier le chargement et le déchargement des fours à cornues, les Alle-

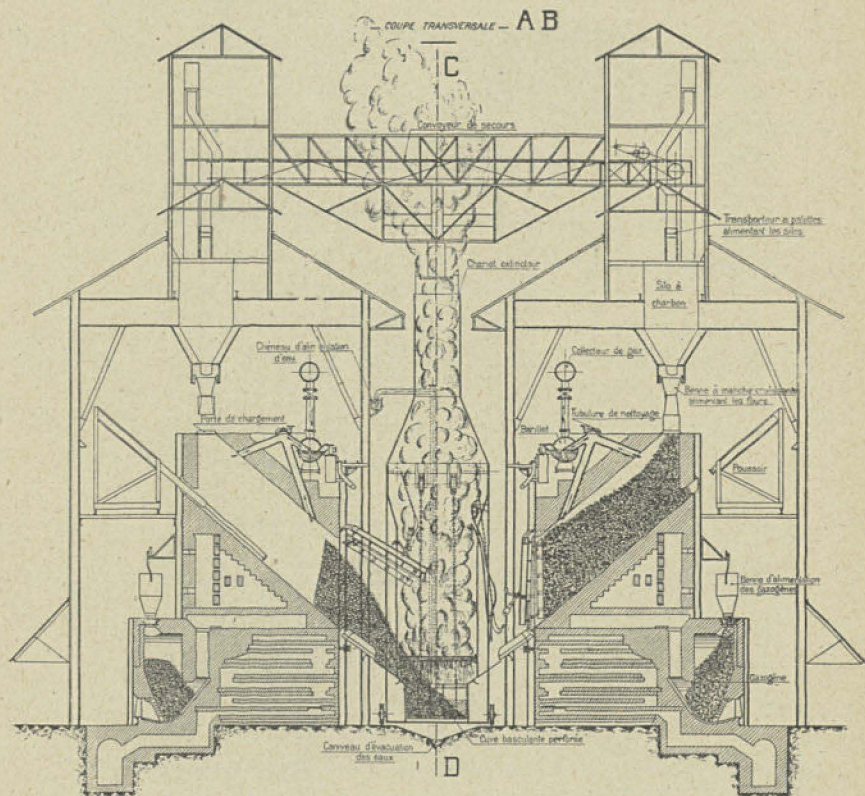


Fig. 61. — Installation de fours à chambres inclinées (coupe transversale).

mands ont eu l'idée de disposer obliquement les chambres; ainsi sont nés les fours à chambres inclinées.

Dans un temps assez court, l'usage de ces fours a pris une grande extension, et l'on peut dire sans exagération qu'à l'heure actuelle ils sont employés dans les grandes

usines à gaz de la plupart des villes importantes du continent.

En France, notamment, ils ont été très perfectionnés et donnent actuellement de bons résultats au double point de vue de la distillation et de l'utilisation de la main-d'œuvre (fig. 60 et 61).

191. Description des fours à chambres inclinées. —

Les fours contiennent le plus souvent 3 chambres qui affectent la forme d'un parallépipède allongé, avec un léger élargissement dans le sens du défournement.

Les chambres les plus fréquemment employées peuvent contenir 6 tonnes de charbon ; leurs dimensions sont les suivantes :

Longueur utile.. . . .	5 ^m ,40
Hauteur.. . . .	3 ^m ,50
Largeur.	{ 0 ^m ,32 (côté pousoir).
	{ 0 ^m ,48 (côté défournement).
Capacité.	environ 7 ^m ³,500

Le toit de la chambre possède trois ouvertures, une pour le chargement du charbon et les deux autres pour le départ du gaz.

Dans la face antérieure est percée une petite porte permettant l'action d'un appareil appelé « pousoir », destiné à aider éventuellement à la sortie du gâteau de coke.

La partie postérieure de la chambre est munie d'un cadre métallique sur lequel vient s'appliquer une porte, dite de défournement, articulée autour d'une charnière horizontale placée à la partie supérieure.

Cette porte, en tôle emboutie, dont la fermeture étanche est indispensable, est soumise, par l'intermédiaire de ressorts répartis sur toute sa surface, à l'action d'un très lourd contrepoids ; son portage parfait, métal contre métal, avec le cadre qui lui sert de siège est ainsi bien assuré.

Afin de leur éviter le contact direct du coke incandescent qui serait susceptible, en les échauffant fortement, de les détériorer rapidement, les portes de défournement sont munies à l'intérieur d'un masque protecteur en tôle ou en pièces réfractaires.

Leur manœuvre est faite mécaniquement, comme il sera expliqué plus loin.

192. Chargement des chambres inclinées. — Le charbon est amené dans des trémies situées au-dessus de chaque chambre par des élévateurs à godets auxquels font suite des transporteurs horizontaux.

Le chargement est effectué seulement par gravité, l'obliquité de la chambre suffisant à assurer une égale répartition du combustible dans toute la capacité disponible.

193. Déchargement des chambres inclinées. Chariots extincteurs. — Les appareils généralement employés pour produire le déchargement des chambres s'appellent les chariots extincteurs. Ils se présentent sous des formes très diverses, mais sont toujours essentiellement constitués par une tour métallique montée sur roues et se déplaçant devant le massif des fours.

Les chariots extincteurs possèdent différents dispositifs à commande électrique permettant :

- 1° leur translation devant le massif des fours ;
- 2° l'ouverture des portes des chambres ;
- 3° l'extinction du coke ;
- 4° l'évacuation du coke éteint.

La translation ne présente rien de particulier.

L'ouverture et la fermeture des portes de défournement articulées à leur partie supérieure s'opèrent à l'aide d'un treuil dont la chaîne est munie de crochets.

En sortant de la chambre, le coke tombe dans un panier

ou cuve mobile percée de trous qui fait partie du chariot. C'est dans cette cuve qu'on procède à l'extinction soit par immersion dans un réservoir, soit par arrosage à l'aide de tuyauteries ou rampes perforées.

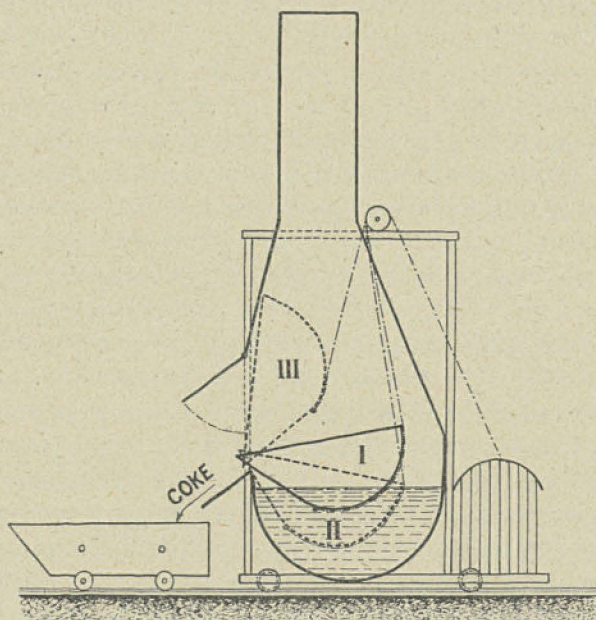


Fig. 62. — Chariot extincuteur de coke.

La première variante, créée pour la cokerie de Neumühl, est montrée par la figure 62.

On y voit les trois positions successives de la benne perforée pivotante :

- 1° Réception du coke incandescent ;
- 2° Immersion dans l'eau ;
- 3° Déversement du coke éteint.

Ce système fonctionne de la manière suivante : dès que le tiers du coke rouge plonge dans l'eau, une partie de celle-

ci se vaporise et la vapeur formée éteint le coke non immergé sans le charger d'humidité.

Malheureusement, on produit ainsi brusquement une grande quantité de vapeur dont le dégagement provoque une agitation excessive du coke et le morcelle à l'excès. Il se forme alors une proportion importante de poussier dont la majeure partie est violemment expulsée en dehors du chariot extincteur.

Des appareils plus récents, utilisés à l'usine de Gennevilliers, comportent des rampes d'extinction agissant au-dessus de la cuve mobile. Le mouvement de bascule de cette dernière permet de déverser le coke éteint dans une benne indépendante portée sur un chariot auxiliaire qui circule sur la même voie que la tour d'extinction. Ce chariot auxiliaire conduit la benne à proximité d'une grue électrique qui la saisit et la vide dans des silos en ciment armé.

L'eau en excès ruisselle du chariot extincteur en entraînant une certaine quantité de poussier.

Cette eau est canalisée par un chenal longitudinal jusqu'à une fosse de décantation, d'où elle peut être remise en circulation au moyen de pompes centrifuges.

Lorsque les ateliers de fours à chambres sont disposés en deux batteries se faisant vis-à-vis, comme dans les usines de Gennevilliers et de La Villette, les chariots extincteurs sont disposés de manière à pouvoir desservir les deux batteries; leur mécanisme de manœuvre des portes est alors double.

194. Appareils pousseurs. — Lorsque le gâteau de coke ne descend pas sous l'influence de la gravité dès l'ouverture de la porte de défournement, on amorce son mouvement à l'aide d'un appareil appelé pousseur.

☛ Cette machine est analogue aux défourneuses utilisées pour les cornues ou les chambres horizontales, mais le dé-

ploiement de sa tige se fait suivant l'inclinaison de la chambre.

Le tampon du poussoir est de faibles dimensions et n'agit que sur la base du gâteau de coke qui se décolle assez facilement et continue tout seul son mouvement de chute.

195. Chauffage des fours à chambres inclinées. —

Le gazogène est placé en avant du massif du four proprement dit. Une plate-forme de chargement réunit tous les gazogènes d'une même batterie à leur partie supérieure et donne accès à la base des silos à coke afin de faciliter la manutention du combustible.

Les gazogènes sont le plus souvent du type ordinaire avec grilles à gradins.

Dans les fours actuels, le chauffage est réalisé de la manière montrée par la figure 63.

Le gaz des gazogènes et l'air secondaire chauffé par la récupération, sont amenés au laboratoire à l'arrière du four (côté défournement). Les brûleurs sont constitués par des carneaux occupant tout l'espace situé entre deux chambres ; ils sont inclinés suivant l'obliquité des soles. Une mince cloison, séparant le courant de gaz combustible du courant d'air secondaire, est percée d'orifices A qui permettent aux gaz d'entrer en contact et de brûler.

Les fumées produites sont rassemblées à l'extrémité des brûleurs sur le devant du four (côté poussoir). Elles sont conduites directement dans le récupérateur situé à la base du massif.

Le nombre des carneaux de chauffage dépend évidemment de la hauteur des chambres. Il y en a 7 dans les fours dont les chambres ont 3^m,50 de hauteur.

Des regards, α , permettent de mesurer la température et de surveiller la régularité du chauffage.

Le réglage du tirage se fait au moyen de registres hori-

196. Départs de gaz et barillets des fours à chambres inclinées. — Afin de faciliter le dégagement du gaz produit, le ciel de chaque chambre présente deux orifices de départ. Les deux colonnes montantes correspondantes sont réunies à la pipe descendant dans le barillet au moyen d'une tubulure triple munie d'une porte de visite.

Ce système donne de bons résultats surtout parce que les 3 tuyauteries qu'il comporte sont très courtes et par conséquent d'un nettoyage facile ; le ramonage des trois colonnes se fait rapidement par une même ouverture. Par contre, la faible longueur des tuyauteries en question permet au gaz d'arriver au barillet à une température relativement élevée.

Chaque four possède un barillet muni d'une vanne niveleuse et d'une vanne de vidange de goudron.

La quantité d'eau nécessaire pour refroidir les barillets est très importante parce que le gaz y entre très chaud ; l'eau ammoniacale qu'on recueille est de ce fait de très peu de valeur.

On a remédié à cet inconvénient dans certaines installations, comme celles de Gennevilliers, en établissant une circulation continue permettant un enrichissement progressif en ammoniacque¹.

197. Main-d'œuvre utilisée aux fours à chambres inclinées. — La distillation durant 24 heures, les opérations de délutage et de chargement se font donc toujours pendant la même période de la journée. Elles sont conduites assez rapidement, chaque chambre est vidée pendant que celle qui la précède immédiatement est remplie de charbon.

Lorsqu'on emploie du charbon normal, l'effectif nécessaire, non compris les cadres, pour assurer le service d'un

1. Voir « Les Procédés Modernes de l'Industrie du Gaz. — Traitement des produits et sous-produits de la distillation de la houille » par R. Masse et A. Baril, chapitre I, paragr. 7.

atelier produisant de 90 à 100 000 mètres cubes par 24 heures, depuis l'arrivée du charbon jusqu'à la sortie du coke des trémies-magasins, est d'environ 31 hommes se répartissant comme suit (chaque homme travaillant 8 heures par jour) :

Convoyeurs du charbon.	4	hommes
Chauffeurs de gazogènes.	12	—
<i>Personnel assurant :</i>		
le service des fours.	6	—
le nettoyage des barillets.	3	—
le dégraphitage et entretien des fours.	2	—
la manutention du coke.	3	—
l'entretien.	1	—
Total.	31	hommes

La production journalière est donc de 2 900 à 3 220 mètres cubes par homme.

198. Résultats d'exploitation de fours à chambres inclinées. — Nous donnons ci-dessous les résultats des essais effectués à l'usine de Gennevilliers en juin-août 1919, dans un atelier de 18 fours à chambres inclinées.

Les essais ont porté sur les mélanges de charbon suivants :

- I. — 1/2 Sarre, 1/2 Pas-de-Calais (Tout-Venant) ;
- II. — 1/2 Durham, 1/2 Pas-de-Calais (Criblé) ;
- III. — 1/3 Sarre, 1/3 Durham, 1/3 Pas-de-Calais (Criblé) ;
- IV. — 1/2 Durham, 1/2 Pas-de-Calais (Fines).

Les fours ont été délutés et rechargés régulièrement le matin à partir de cinq heures, le dernier four étant chargé vers midi.

La charge totale de chaque four a été approximativement de 17 700 kilogrammes en moyenne, soit par chambre 5 900 kilogrammes.

Les analyses des échantillons des mélanges distillés ont donné les résultats ci-dessous :

	NUMÉROS DES MÉLANGES			
	I	II	III	IV
	pour 100	pour 100	pour 100	pour 100
Humidité.	3,66	4,34	4,30	2,40
Matières volatiles.	29,16	29,95	30,10	31,10
Carbone fixe.	51,98	53,71	54,90	54,00
Cendres.	15,20	12,00	10,70	12,50

Les résultats moyens obtenus sont groupés dans le tableau ci-dessous :

	NUMÉROS DES MÉLANGES			
	I	II	III	IV
Rendement en gaz par 100 kilogrammes de houille brute.	31 m ³ ,8	28 m ³ ,2	28 m ³ ,3	27 m ³ ,88
Gaz { Densité.	0,457	0,439	0,439	0,448
{ P. C. à 0° et 760 millimètres.	4 792	5 006	4 909	5 109
{ Teneur en N ²	9,10	7,00	8,20	7,10
Coke { Humidité.	11,57	17,92	9,80	14,90
{ Matière volatiles.	3,16	2,67	1,80	1,60
{ Cendres.	21,73	16,60	17,30	15,70
{ Aspect.	cuit, friable.	cuit, assez friable.	bien cuit, peu friable.	bien cuit, très friable.
Rendement en goudron (pour 100).	4,70	3,90	5,60	5,10
Rendement en sulfate d'ammoniaque (pour 100).	1,12	1,22	1,24	1,41
Coke brut consommé dans les gazogènes (pour 100 de la houille distillée).	21,0	20,5	19,0	18,9
Coke sec consommé dans les gazogènes (pour 100 de la houille distillée, ramené à 11 pour 100 de cendres).	17,8	16,8	17,1	16,0

Les chiffres communiqués ci-après sont les moyennes d'un contrôle mensuel effectué sur le même atelier :

Analyse moyenne du gaz de gazogène :

CO_2	O_2	CO	H^2	N^2	P. C. à 0° et 760 mm.	Densité
7,4	0	22,4	10,8	59,4	1 010	0,90

Analyse des fumées, avant récupération, dans chacune des 4 gaines verticales correspondant aux brûleurs :

CARNEAUX	1	2	3	4
CO_2	16,8	16,4	16,0	16,6
O_2	0,1	0	0	0
CO	1,8	2,0	1,7	1,4
Température	930°	925°	935°	915°
Tirage	- 6,1	- 8,8	- 9,0	- 6,7

(en millimètres d'eau)

Analyse des fumées, après récupération dans les mêmes rangées verticales que ci-dessus :

CARNEAUX	1	2	3	4
CO_2	15,6	16,4	16,2	16,0
O_2	4,7	3,4	3,3	3,6
CO	0	0	0	0
Température	580°	640°	650°	630°
Tirage	- 11,4	- 18,5	- 18,4	- 12,7

(en millimètres d'eau)

Tirage de l'air secondaire correspondant à l'entrée dans la récupération :

en millimètres d'eau :	- 7,3	- 9,2	- 9,2	- 8,2
------------------------	-------	-------	-------	-------

199. Extinction, transport et emmagasinage du coke.

— Sauf dans les fours à distillation continue, le coke déluté sort incandescent. Il faut l'éteindre, l'évacuer des halles des fours et le transporter dans les magasins.

Remarquons en passant combien le procédé universellement employé d'extinction du coke par contact avec l'eau est brutal et surtout peu économique.

En effet, les expériences de Euchène ont montré qu'un

coke incandescent sortant des cornues à 950° environ renfermait par 100 kilogrammes à peu près 32000 calories. L'extinction par l'eau à l'air libre fait perdre cette quantité de chaleur.

On récupère une partie de ces calories en insufflant dans les cornues verticales de la vapeur qui produit du gaz à l'eau en refroidissant le coke.

Une autre récupération est obtenue dans les fours Glover-West par circulation de l'air secondaire froid autour de la base des cornues.

Nous avons déjà exposé précédemment les moyens utilisés pour l'extinction du coke dans les fours à chambres, nous ne décrirons donc dans la suite que les procédés utilisés dans les ateliers de fours à cornues horizontales, inclinées ou verticales, à distillation discontinue.

200. Procédés non mécaniques d'extinction et de transport du coke. — Dans les petites usines, on recueille le coke incandescent dans des brouettes ou wagonnets basculants à parois ajourées.

L'extinction est faite à la lance, au seau, au moyen de douches et quelquefois même par immersion.

Nous donnons (fig. 64) le dessin d'un appareil imaginé par M. Sar et très commode pour provoquer une bonne extinction sans gaspillage d'eau.

201. Entraîneur-extincteur de Brouwer. — Dans les installations plus importantes, on utilise la manutention mécanique.

L'appareil entraîneur-extincteur le plus couramment employé est celui de Brouwer (fig. 65). Il se compose essentiellement :

1° d'un chenal étanche, à fond plat, construit en tôle de fer, ayant en général de 60 à 80 centimètres de largeur et

de 12 à 20 centimètres de profondeur, s'étendant parallèlement à la façade des fours à 30 centimètres en avant de l'orifice des cornues, et possédant une déclivité d'environ

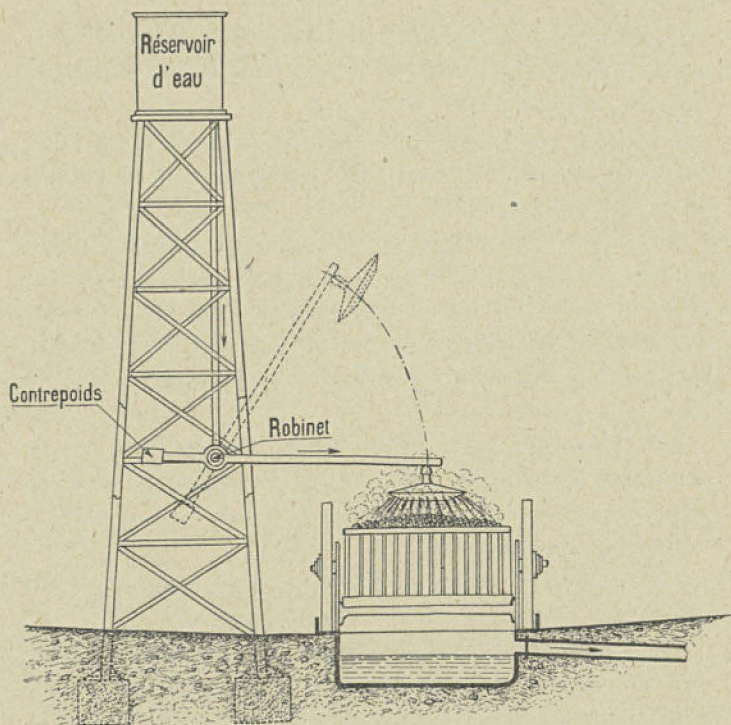


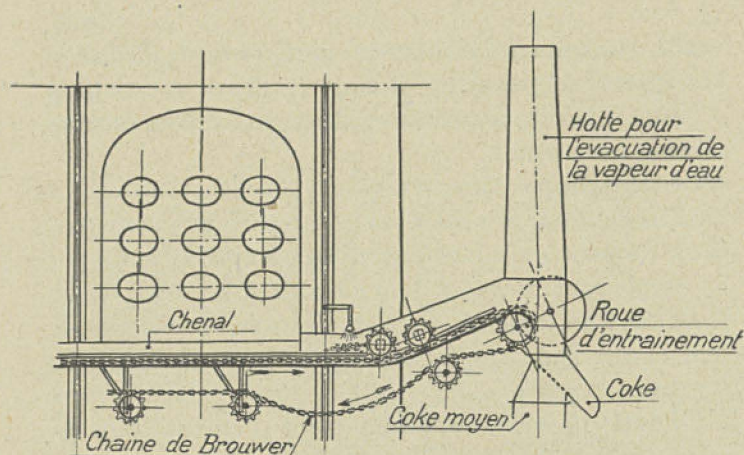
Fig. 64. — Extincteur de coke type Sar.

2 millimètres par mètre afin de permettre la circulation d'un léger courant d'eau.

2° d'une double chaîne reliée par des traverses en fer distantes de 80 centimètres l'une de l'autre et constituées, le plus souvent, par des fers plats sur champ glissant sur le fond du chenal.

La chaîne forme un circuit fermé ; après avoir traîné

tout le long du chenal elle s'enroule sur un tourteau d'entraînement, puis revient sur des cornières de retour situées au-dessus ou au-dessous du chenal.



DÉTAIL DE LA CHAÎNE

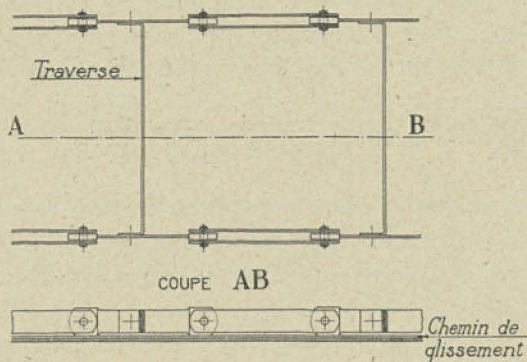


Fig. 65. — Entraîneur-extincteur de coke, type de Brouwer.

L'extinction du coke commence dès sa chute dans l'extincteur. Entraîné par les traverses, le coke se refroidit au contact de l'eau du chenal ; son extinction est achevée,

grâce à un arrosage spécial, à l'extrémité de la halle des fours, à l'endroit où la chaîne se relève avant de passer sur le tourteau d'entraînement.

202. Entraîneur-extincteur par courant d'eau. —

Un appareil un peu différent, appelé « fleuve », est utilisé à l'usine à gaz de Marseille et dans un certain nombre d'autres installations.

Derrière chaque batterie se trouve un chenal analogue à celui de de Brouwer mais à pente beaucoup plus forte (environ 1,6 pour 100). L'entraîneur de coke est constitué par un simple courant d'eau dont la vitesse est assez rapide (2 mètres à 2^m,50 par seconde). A sa sortie des cornues, le coke tombe dans l'eau, est éteint et entraîné hors de la halle des fours jusqu'à une grille inclinée; l'eau passe à travers la grille tandis que le coke est recueilli et renvoyé dans un wagonnet.

L'opération se fait assez rapidement pour que le coke n'ait pas le temps de s'imprégner d'humidité.

La circulation de l'eau est continue et assurée au moyen de pompes appropriées. Des bassins de décantation munis de chicanes permettent d'assurer l'élimination du poussier entraîné par le liquide.

203. Autres procédés d'extinction et de transport du coke. —

D'autres procédés particuliers peuvent être employés. Citons le dispositif utilisé à Gennevilliers et représenté par la figure 66.

A la sortie des cornues, le coke est pris par un tapis roulant métallique qui le porte dans des trémies d'extinction où il est arrosé par une série de jets d'eau. Un chariot reprend le coke éteint et le monte au-dessus de trémies magasins en ciment armé dans lesquelles il est déversé par basculement.

Enfin, dans le but d'obtenir un coke totalement exempt d'humidité, on a tenté de l'éteindre par étouffement en le recueillant dans de grands récipients hermétiquement clos.

Des essais de ce genre ont été faits aux usines de Liverpool et à l'usine expérimentale de Hambourg-Grasbroock, mais l'emploi de ce système ne s'est pas généralisé.

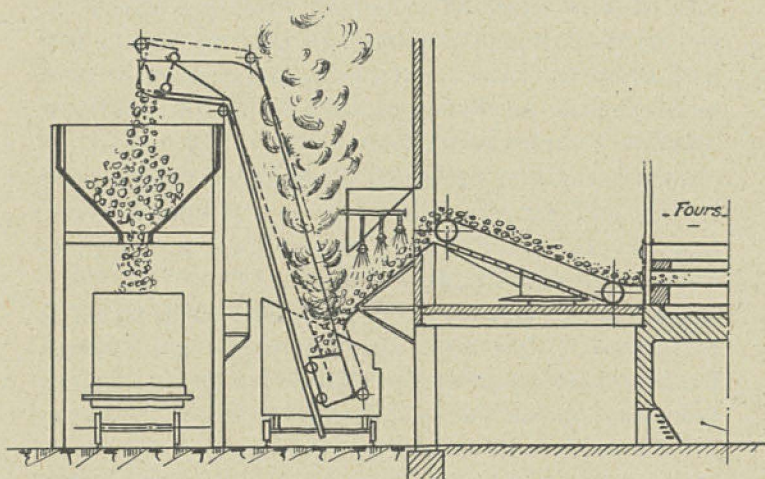


Fig. 66. — Schéma de l'installation d'extinction et d'évacuation du coke à l'usine à gaz de Genevilliers.

Dans le même ordre d'idées, la maison Sulzer a installé à l'usine à gaz de Zurich des chaudières dont le chauffage est assuré par la chaleur du coke qui, à la sortie des cornues, est placé dans des réservoirs étanches parcourus par des gaz inertes servant de véhicules aux calories. Un ventilateur assure la circulation de ces gaz qui, après avoir cédé leur chaleur à la chaudière, retournent se réchauffer au contact d'une nouvelle charge de coke¹.

1. Voir communication de M. PIATON, Congrès de la Société Technique de l'Industrie du gaz (1921).

204. Allumage et extinction des fours. — Les opérations d'allumage et d'extinction des fours doivent être conduites avec beaucoup de méthode, en agissant progressivement, afin d'éviter toute variation brusque de température qui pourrait provoquer des dislocations ou des fissures dans la maçonnerie et dans les matériaux constituant les récipients de distillation.

La mise en service d'un four doit être précédée d'une période assez longue de séchage. Pour la réaliser, on dispose de fausses grilles dans les gazogènes et on y entretient un feu de coke de plus en plus vif en laissant, au début, les portes complètement ouvertes.

Il est quelquefois nécessaire d'amorcer le tirage en établissant un foyer provisoire à la base de la cheminée verticale. Les registres d'entrée d'air secondaire sont maintenus complètement fermés.

Lorsque plusieurs fours font partie d'un même massif de maçonnerie, il faut avoir soin de procéder au chauffage d'une manière symétrique en allumant en premier lieu les fours qui sont au milieu du massif, à moins qu'on ne mette tous les fours en feu en même temps.

Quand les parois des brûleurs sont devenues incandescentes, on procède à la mise en gaz des gazogènes.

On enlève pour cela les fausses grilles et on recouvre le coke rouge d'une quantité de combustible suffisante pour assurer la production d'oxyde de carbone. On ouvre en même temps légèrement les registres d'introduction d'air secondaire. Dans ces conditions, le gaz s'enflamme spontanément au contact des brûleurs rouges.

On remplit de charbon les récipients de distillation et l'on maintient le tirage assez faible.

Pendant le cours de la première distillation, une partie du gaz produit traverse les parois des cornues ou des chambres. Petit à petit, la porosité des matériaux s'atténue car

une première couche de graphite se dépose sur les parois et les rend bientôt étanches.

On élève peu à peu la température des fours en augmentant le tirage et en activant la marche des gazogènes.

On diminue en même temps la durée de la distillation des charges successives de charbon, jusqu'à obtenir la marche normale désirée.

Pour procéder à l'extinction d'un four, on réduit progressivement la température en agissant sur le tirage, en fermant les registres d'air secondaire et en cessant le chargement et le décrassage des gazogènes. La dernière charge de charbon est laissée dans les récipients de distillation jusqu'au moment où le refroidissement de la maçonnerie est très avancé.

205. Entretien des récipients de distillation. — Il faut éviter avec soin toute variation importante, et surtout brusque, de température des récipients de distillation, afin d'empêcher la production de fissures ou de déformation des parois. Les fissures, en effet, permettent au gaz de distillation de s'échapper dans le laboratoire où il peut s'enflammer au contact de l'oxygène en excès et provoquer des coups de feu néfastes.

Les déformations rendent d'autre part le travail de défournement mécanique du coke extrêmement difficile et parfois impossible, ce qui nécessite des interventions de main-d'œuvre pénibles et onéreuses.

Il convient donc d'exercer une surveillance attentive sur les parois intérieures des récipients de distillation au moment du défournement. On peut pratiquement déceler les fissures en augmentant la pression des gaz de la combustion dans le laboratoire. De petites flammes bleuâtres indiquent l'inflammation de l'oxyde de carbone qui a pu traverser les parois.

Toute fissure doit être immédiatement bouchée au moyen de coulis réfractaire. On se sert pour effectuer cette opération de longues spatules permettant d'introduire le coulis pâteux dans la fente et d'en lisser la surface apparente afin d'éviter toute rugosité défavorable à l'extraction du coke.

Lorsque les fissures sont imperceptibles, on peut badigeonner toute la paroi de coulis très liquide au moyen d'une brosse emmanchée sur une longue tige de fer.

Cette opération est difficile à bien réaliser parce que la chaleur du récipient de distillation fait souvent évaporer l'eau du coulis avant que l'outil qui le porte ait atteint la fissure à boucher.

On peut remédier à cet inconvénient par l'emploi d'un appareil appelé « Cement gun » (canon à ciment) avec lequel on peut projeter simultanément, sur la partie à repaver, le ciment et l'eau de délayage qui sont amenés par des canalisations séparées et bien protégées.

206. Dégraphitage des récipients de distillation. — Les produits gazeux de la distillation qui se décomposent au contact des parois incandescentes y déposent une couche de carbone presque pur qu'on appelle le graphite.

Une faible épaisseur de ce produit n'est pas défavorable, car elle augmente l'étanchéité des parois et, en même temps, facilite par ses qualités lubrifiantes l'évacuation du coke produit.

Lorsque les dépôts de graphite augmentent, ils deviennent gênants, principalement parce qu'ils diminuent la capacité des récipients et la conductibilité de leurs parois.

On est donc forcé de procéder périodiquement à l'opération dite de « dégraphitage ».

Le décollement peut se produire à la faveur de la diffé-

rence entre les coefficients de dilatation du graphite et des matériaux réfractaires couramment adoptés.

Pour l'accentuer, on envoie, dans les cornues horizontales, un courant d'air froid au moyen d'un ventilateur prolongé par une manche mobile.

Dans les cornues verticales et les chambres inclinées, il suffit d'ouvrir les deux portes de ces récipients pour déterminer naturellement un courant d'air froid qui provoque le même phénomène.

Au besoin, on achève le décollement du graphite au moyen de crochets emmanchés sur de longues tiges et manœuvrés à la main.

QUATRIÈME PARTIE

FABRICATIONS SPÉCIALES

XV. — GAZ A L'EAU

210. Historique. — Vers 1780, le chimiste italien Felice Fontana avait observé que de l'eau passant sur du charbon porté à l'incandescence, se décomposait et produisait un gaz inflammable. Plus tard, Cavendish montra que ce gaz, qui avait été appelé gaz à l'eau, était composé d'hydrogène et d'oxyde de carbone.

On essaya de l'employer à Dublin en 1830, à Narbonne en 1855, mais ces tentatives ne furent pas suivies de succès ; vers 1874, la question fut reprise aux États-Unis et, grâce aux efforts d'inventeurs heureux comme Löwe et Strong, son usage se développa si rapidement qu'en 1893 le gaz à l'eau entraînait pour les $\frac{2}{3}$ dans la consommation totale de gaz du pays.

Depuis cette époque, de nombreux efforts ont été faits en Europe pour qu'on permît la vente du gaz à l'eau. Malheureusement, en France particulièrement, les adversaires de ce gaz, exagérant les inconvénients qui résultent de la toxicité et de l'absence d'odeur de l'oxyde de carbone qu'il contient, en ont longtemps empêché la distribution, même mélangé en faible proportion avec le gaz de houille. Cependant, dans ce dernier cas, la crainte des accidents par suite

de fuite non perceptible à l'odorat ne peut pas être sérieusement invoquée.

C'est seulement en 1913 que la ville de Paris a levé l'interdiction de la vente du gaz à l'eau ; mais elle a précisé en même temps que la teneur en oxyde de carbone du mélange distribué ne devrait pas dépasser 11 pour 100 ; pourtant, certaines houilles anglaises et sarroises donnent un gaz qui en contient plus de 16 pour 100¹.

Enfin, sur un avis du Conseil supérieur d'hygiène en date du 31 octobre 1919, la mesure a été élargie par une circulaire du Ministre de l'Intérieur du 22 novembre suivant ; le mélange mis en distribution peut contenir maintenant jusqu'à 15 pour 100 d'oxyde de carbone, étant entendu que : « le gaz à l'eau destiné à être mélangé au gaz de houille devra être carburé avec les produits de la dissociation des huiles de pétroles ou schistes bitumineux, de manière que le gaz mixte distribué possède toujours l'odeur caractéristique du gaz de houille ordinaire. »

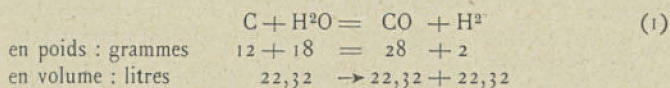
Souhaitons maintenant que dans l'intérêt du pays, et dans le but de limiter nos importations de houille, une nouvelle décision accorde la liberté complète dont jouissent de nombreux pays d'Europe (notamment l'Angleterre) aussi soucieux que le nôtre de l'hygiène publique.

211. Gaz bleu. Gaz carburé. — Le gaz à l'eau, mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone, est connu sous le nom de gaz bleu ; après avoir subi la carburation obligatoire en France, il devient le gaz à l'eau carburé.

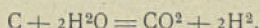
212. Principe de la fabrication du gaz à l'eau. — Le gaz à l'eau s'obtient en faisant passer de la vapeur d'eau sur du carbone porté au rouge.

1. D'après Frankland et F. Fischer.

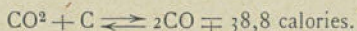
La réaction qui se produit est la suivante :



Elle absorbe 28,8 calories. Le refroidissement qui en résulte favorise la production de l'acide carbonique suivant la formule :



L'acide carbonique réagit à son tour sur le carbone pour donner de l'oxyde de carbone ; on a ainsi :



Ainsi, au bout de très peu de temps, dans l'appareil de production, on trouve, au contact du carbone et pouvant réagir entre eux, les 4 éléments suivants : hydrogène, oxyde de carbone, acide carbonique et vapeur d'eau.

L'objectif étant d'obtenir un mélange contenant une aussi faible proportion que possible d'acide carbonique et de vapeur d'eau non décomposée, il importe de connaître l'influence de la température et de la pression sur la concentration du mélange en ses divers éléments.

Les travaux de M. Le Chatelier permettent de voir que l'élévation de la température et l'abaissement de la pression favorisent la décomposition de la vapeur d'eau et la réduction de l'acide carbonique en oxyde de carbone.

On a ainsi trouvé qu'à 950° environ, lorsque l'équilibre définitif est établi, la teneur du mélange en CO² est négligeable (voir fig. 67).

L'expérience a confirmé ce résultat et montré aussi que l'accroissement de la durée du contact entre le carbone et la vapeur d'eau est favorable à l'entière décomposition de cette dernière.

L'usage d'appareils dans lesquels la vitesse de la vapeur est modérée est donc recommandable¹. De même, il est bon d'employer

un combustible en morceaux bien calibrés, afin d'éviter la formation de cheminées ou « renards » dans lesquels la vapeur pourrait passer en échappant au contact prolongé du carbone.

Le gaz à l'eau se fabrique le plus souvent dans des gazogènes spéciaux alimentés au coke de gaz.

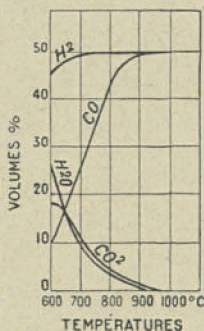


Fig. 67. — Variations de la composition du gaz à l'eau en fonction de la température de régime.

213. Phase de production et phase de soufflage. —

De ce qui précède, il résulte que la production du gaz à l'eau, par décomposition de la vapeur sur du charbon au rouge, provoque un refroidissement qui tend à l'arrêt de l'opération.

Il faut donc périodiquement interrompre cette admission de vapeur et ramener la température au niveau où elle se trouvait à l'origine, en brûlant une partie de la masse combustible, grâce à une vive admission d'air.

La première partie du phénomène s'appelle : phase de production, la deuxième : phase de soufflage.

214. Composition du gaz à l'eau bleu. — D'après la réaction (1) (voir § 212), la composition du gaz à l'eau serait :

50 pour 100 d'oxyde de carbone,
50 pour 100 d'hydrogène ;

mais la théorie complète de la fabrication nous montre qu'il contient toujours un certain pourcentage d'acide carbonique.

¹. Voir *Le Gaz* par René MASSE, t. II, pages 504 à 506.

D'autre part, au moment de passer de la phase de soufflage à celle de production, on emprisonne toujours dans le gazogène un peu d'air : cela explique la présence de l'azote et de l'oxygène dans le gaz obtenu en pratique.

La composition du gaz à l'eau sec se trouve être approximativement la suivante :

H..	51 pour 100	} soit 90 pour 100 de gaz combustibles.
CO.	39 —	
CO ²	4 —	
O.	1 —	
N.	5 —	
Total.	100 pour 100	

215. Propriétés du gaz à l'eau bleu. — Le gaz à l'eau bleu idéal (à 50 pour 100 d'oxyde de carbone et 50 pour 100 d'hydrogène) a pour densité 0,520, c'est-à-dire qu'un mètre cube pèse 0^{kg},672.

Son pouvoir calorifique supérieur à 0° et 760 millimètres (vapeur d'eau condensée) est 3 072 calories et son pouvoir calorifique inférieur 2 828 calories. Sa température de combustion est 2 040°. Les caractéristiques du gaz à l'eau bleu tel qu'on l'obtient pratiquement, c'est-à-dire ayant la composition indiquée au paragraphe précédent, sont les suivantes :

Densité par rapport à l'air.	0,533
Poids du mètre cube.	0 ^{kg} ,689
Pouvoir calorifique supérieur à 0° et 760 m/m.	2 766 calories
— inférieur à 0° et 760 m/m.	2 520 —
Température de combustion.	1 964°

Les limites d'inflammabilité de ce même gaz, mélangé à l'air, sont d'après M. Le Chatelier :

Limite supérieure.	32,5 pour 100
— inférieure.	15 —

216. Étude thermique de la fabrication du gaz à l'eau.

— Nous avons vu que la production de 2 volumes moléculaires (44¹,64) de gaz à l'eau exige 12 grammes de carbone, 18 grammes de vapeur d'eau et 28,8 calories ; nous savons de plus que la température à laquelle la réaction se produit est environ 1000°. Nous pouvons donc calculer la consommation totale de carbone qu'exige cette opération. Nous supposerons, pour cela, que la vapeur est fournie à la pression de 6 kilogrammes par une chaudière ayant un rendement égal à 75 pour 100, que la chaleur spécifique du carbone est 0,38, que l'air servant au soufflage est à la température de 0°, que les pertes par rayonnement sont nulles et que l'appareil de fabrication est du type simple dans lequel, après la phase d'injection de vapeur, on réchauffe la masse de combustible en en brûlant complètement une partie de manière à obtenir de l'acide carbonique.

La chaleur totale à fournir au foyer de la chaudière pour obtenir celle qui est contenue dans une molécule de vapeur d'eau saturée à la pression de 6 kilogrammes (température 158°) est $\frac{11,75}{0,75} = 15,68$ calories.

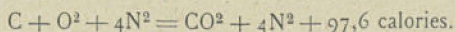
La combustion du carbone pendant la phase de soufflage devra fournir :

a) la chaleur d'échauffement¹ de la vapeur de 158° à 1000°, soit : 9,59 calories.

b) la chaleur d'échauffement des 12 grammes de carbone servant à la décomposition de la vapeur, soit : 4,56 calories.

c) la chaleur absorbée par la décomposition de la vapeur d'eau pendant la phase de production, soit : 28,8 calories, c'est-à-dire au total 42,95 calories.

Or, la combustion de 12 grammes de carbone en CO² donne :



1. Voir § 54.

Mais les fumées en s'échappant du gazogène, en moyenne à 1000°, emportent une partie de cette chaleur, soit :

pour CO ²	12,22 calories
pour 4N ²	<u>29,72</u> —
Total.	41,94 calories

Il ne reste disponible que $97,6 - 41,94 = 55,66$ calories.

Il faudra donc pour produire les 42,95 calories dont nous avons besoin :

$$\frac{12 \times 42,95}{55,66} = 9^{\text{e}},26 \text{ de carbone.}$$

Les 15,68 calories au foyer de la chaudière demanderont :

$$\frac{12 \times 15,68}{97,6} = 1^{\text{e}},92 \text{ de carbone.}$$

Au total, le poids de carbone nécessaire à la production de 44^l,64 de gaz à l'eau est $12 + 9,26 + 1,92 = 23^{\text{e}},18$ dont l'énergie calorifique totale, 188,5 calories, se trouve finalement avoir été partagée de la manière suivante :

a) Chaleur latente des 2 molécules de gaz à l'eau produites :		
1° CO + O = CO ²	68,2	} 137,2 calories.
2° H ² + O = H ² O (eau condensée).	69	
b) Chaleur sensible du gaz à l'eau qui sort de l'appareil de production à 1000°.	14,9	—
c) Chaleur perdue dans les fumées pendant la période de soufflage $\frac{41,94 \times 9,26}{12} =$	32,5	—
d) Chaleur perdue par la chaudière $\frac{97,6 \times 1,92 \times 0,25}{12} =$	3,9	—
Total.		<u>188,5 calories.</u>

Bien que ce bilan ne tienne compte que des éléments principaux en question, il permet cependant de fixer un certain nombre de points intéressants.

D'abord un appareil réalisant les conditions théoriques fixées ci-dessus aurait un rendement de :

$$\frac{137,2 \times 100}{188,5} = 72,7 \text{ pour } 100$$

ce qui représente donc un maximum.

La consommation totale minimum de combustible est, mesurée en carbone pur et sec :

$$\frac{23,18 \times 1\,000}{44,64} = 519 \text{ grammes par mètre cube.}$$

Si on utilise du coke exempt de matières volatiles, ayant 15 pour 100 de cendres et 5 pour 100 d'eau, cette consommation devient 649 grammes.

On constate, d'autre part, que la chaleur dépensée pour la production de la vapeur d'eau (15°,68) représente environ le 1/10 de la chaleur totale nécessaire (188°,5) et moins de la moitié des chaleurs perdues par les fumées pendant la période de soufflage (32°,5).

Cette dernière considération explique pourquoi, depuis longtemps, on a songé à récupérer les chaleurs perdues pour vaporiser l'eau indispensable à la fabrication du gaz à l'eau.

217. Réalisation pratique de la fabrication du gaz à l'eau. — Indépendamment des appareils qui fonctionnent suivant le procédé déjà étudié (type Dellwick-Fleischer), on en trouve notamment toute une classe (types Lowe, Humphreys et Glasgow, Strache, etc...) dans lesquels, pendant la phase de soufflage, on cherche à produire surtout du gaz de gazogène relativement riche en CO. Ce gaz passe ensuite dans des appareils carburateurs et surchauffeurs où il est brûlé, grâce à une admission d'air, pour réchauffer des accumulateurs de chaleur constitués par des matières réfractaires, puis il se rend dans l'atmosphère, soit directement, soit en passant dans une chaudière à récupération.

La chaleur emmagasinée dans les carburateurs et les surchauffeurs est ensuite utilisée, le plus souvent pour vaporiser et « cracker » les huiles de carburation (procédé Humphreys et Glasgow), et quelquefois pour réchauffer la vapeur (procédé Strache, Aarts), ou l'air employé au soufflage (procédé Strache).

Après avoir examiné la question du décroassage des grilles de gazogènes qui se pose sensiblement de la même façon pour tous les appareils, nous étudierons seulement ceux de Dellwick-Fleischer, Krammers et Aarts, Humphreys et Glasgow qui sont actuellement les plus usités.

218. Décrassage des grilles de gazogènes. — A moins

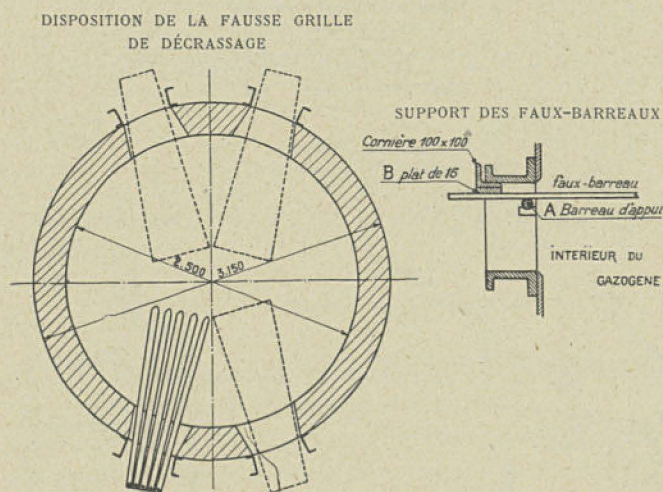
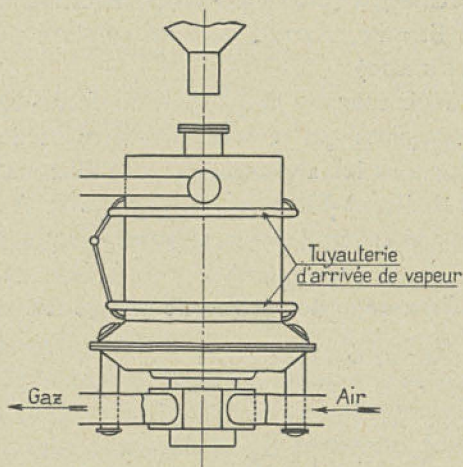


Fig. 68. — Décrassage à la main des gazogènes.

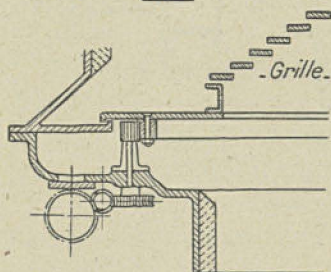
d'utiliser un combustible spécialement pauvre en cendres, le nettoyage des grilles des gazogènes est une opération particulièrement difficile et longue. La température à laquelle fonctionnent ces appareils permet, en effet, la fusion

des cendres et la formation de blocs de mâchefer qui sont d'autant plus gros que le dégrassage est moins fréquent. Il

VUE D'ENSEMBLE



— Commande de la grille —



— Trémie d'évacuation des mâchefers —

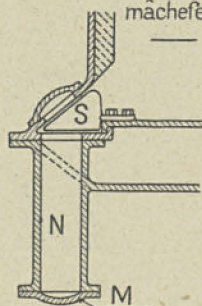


Fig. 69. — Gazogène fermé, type Kerpeky.

faut, le plus souvent, vider complètement tout le combustible pour extraire ensuite le mâchefer au prix d'efforts pénibles.

Quand les gazogènes sont pourvus de portes de décrassage hautes et assez nombreuses (4 au moins), on peut les nettoyer en évitant de les vider.

Pour cela, on soutient le coke avec des faux barreaux disposés en éventail (voir fig. 68) supportés par une barre

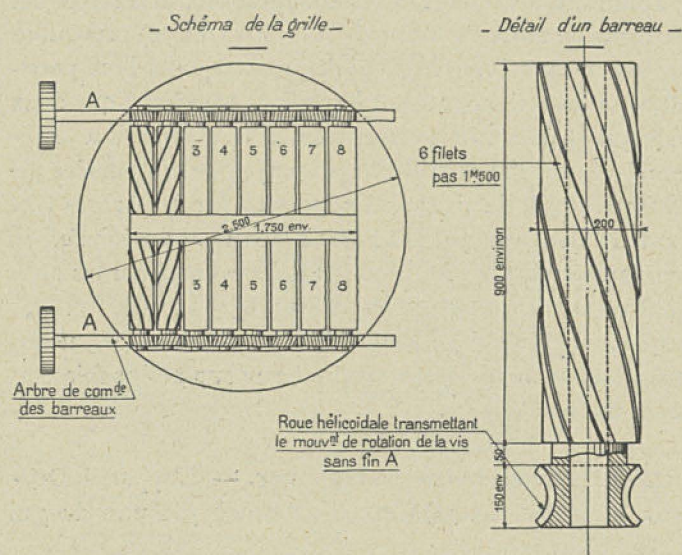


Fig. 70. — Grille mécanique, type Humphreys et Glasgow.

amovible A placée en travers de la porte et retenus à l'arrière par un calage B en fer plat et cornière.

De nombreux dispositifs ont été étudiés pour réaliser mécaniquement l'évacuation des mâchefers. Les plus répandus sont ceux de Kerpely et de Humphreys et Glasgow.

Kerpely utilise sa grille tournante (voir § 115, fig. 20); mais au lieu de lui donner une garde d'eau de 30 à 40 centimètres, il ferme hermétiquement son gazogène à la base (fig. 69). Le soc de charrue S qui racle les mâchefers les amène dans 2 réservoirs N diamétralement opposés et pour-

vus de portes M. On vide périodiquement ces réservoirs entre un soufflage et une période de production. La Badische Anilin und Soda Fabrik a adopté ce modèle en 1919 et l'a appliqué sur 15 gros gazogènes dans son usine d'Oppau.

Humphreys et Glasgow ont constitué leur grille avec des barreaux de fonte en forme de rouleaux (fig. 70) présentant de larges cannelures hélicoïdales. Les deux arbres parallèles qui les actionnent sont équipés de telle façon que deux barreaux consécutifs tournent en sens inverse. La commande du mouvement se fait au moyen de roues calées sur les barreaux et de vis sans fin portées par les arbres (ces derniers étant mus par des roues à rochets). Le mâchefer, en tombant entre deux rouleaux, se trouve broyé par les filets qui font saillies entre les cannelures.

Ce système ne dispense pas des interventions manuelles, mais il a l'avantage de les rendre beaucoup moins fréquentes et moins pénibles.

219. Appareil Dellwick-Fleischer. — L'appareil Dellwick-Fleischer (fig. 71) n'est destiné qu'à produire du gaz à l'eau bleu.

Il se compose essentiellement d'un gazogène garni intérieurement de pièces réfractaires et muni d'une grille horizontale.

Son orifice de chargement, fermé par un clapet facilement manœuvrable, est surmonté d'une haute cheminée d'évacuation des fumées; il est muni d'un pare-étincelles et d'un collecteur de poussières. Deux canalisations de départ de gaz mettent en communication le gazogène avec un laveur. Une de ces canalisations aboutit à la partie haute, l'autre à la partie basse du gazogène. De même, deux tuyauteries spéciales permettent l'introduction de vapeur, soit au niveau supérieur du combustible, soit au-dessous de la

grille. Enfin une canalisation amène l'air, soufflé par un ventilateur, dans la tuyauterie inférieure de départ du gaz.

Chacune de ces tuyauteries est munie d'une vanne. La manœuvre de l'appareil est la suivante :

1° Période de soufflage :

— les vannes 1 et 2 sont fermées,

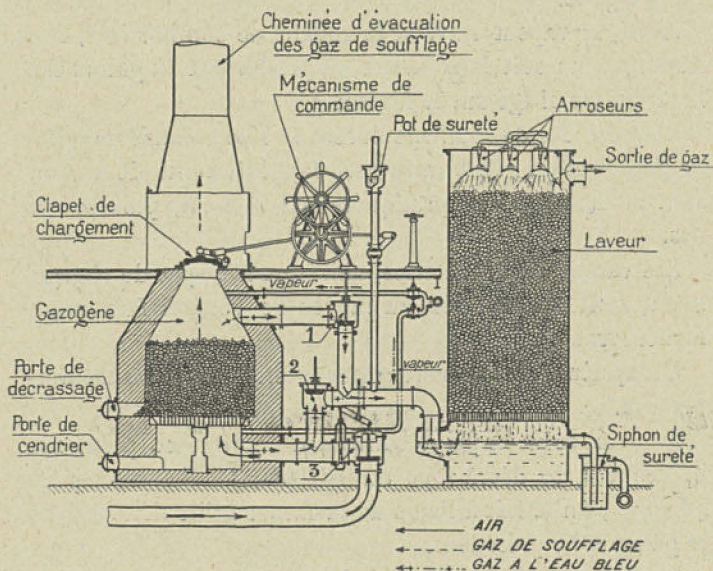


Fig. 71. — Schéma d'une installation type Delhwick-Fleischer.

— la vanne 3 est ouverte,

— le clapet de chargement est ouvert.

Dans ces conditions, la combustion complète du coke s'effectue dans le gazogène. Les fumées sont évacuées par la cheminée.

2° Période de gazéification :

Elle peut se faire de deux manières différentes :

a) Circulation dans le gazogène de bas en haut.

— la vanne 1 est ouverte,

- les vannes 2 et 3 sont fermées,
- l'introduction de vapeur se fait au-dessous de la grille.

b) Circulation dans le gazogène de haut en bas.

- les vannes 1 et 3 sont fermées,
- la vanne 2 est ouverte,
- l'introduction de vapeur se fait à la partie supérieure du gazogène.

Ainsi, la vapeur traverse la couche de combustible, soit dans un sens, soit dans l'autre, en produisant du gaz à l'eau bleu qui est dirigé sur le laveur.

Les périodes de soufflage durent 60 à 90 secondes et celles de gazéification 7 à 8 minutes. Les injections de vapeur sont alternativement pratiquées par le haut, puis par le bas.

Les vannes de tuyauteries, ainsi que le clapet de chargement, sont commandées au moyen de volants facilement manœuvrables.

Un système d'enclanchements interdit toute fausse manœuvre.

Pour un coke employé contenant environ 16 pour 100 de cendres, le décrassage du gazogène a lieu toutes les 4 heures; on le fait à l'aide de la fausse grille décrite dans le paragraphe précédent.

Pour refroidir la croûte de mâchefer et faciliter sa désagrégation, une insufflation supplémentaire de vapeur au-dessous de la grille est pratiquée immédiatement avant le décrassage.

Pratiquement les appareils Dellwick Fleischer, alimentés avec du coke contenant 16 pour 100 de cendres, donnent par tonne de coke une production de 1 100 à 1 200 mètres cubes de gaz à l'eau bleu de pouvoir calorifique inférieur égal à 2 600 calories environ.

220. Appareils Krammers et Aarts. — Krammers et

Aarts emploient 2 groupes « gazogène et récupérateur » qui fonctionnent en parallèle pendant le soufflage et en série pendant la gazéification ; la vapeur entre à la base d'un des gazogènes, le gaz formé traverse successivement les 2 récupérateurs et pénètre par le haut dans le deuxième gazogène. Cette disposition permet de décomposer dans ce dernier appareil l'acide carbonique qui subsiste dans le gaz à la sortie du premier.

Chaque fois que l'on passe à une nouvelle opération de production, on change le sens de circulation de la vapeur.

221. Appareil Humphreys et Glasgow. — Le dispositif Humphreys et Glasgow comprend principalement : un gazogène, un carburateur, un surchauffeur, un laveur ou barillet, quelquefois une chaudière de récupération (voir figure 72).

Les 3 premiers appareils sont constitués par des cylindres verticaux en tôle garnis intérieurement de matériaux réfractaires. Ces derniers sont placés de manière à permettre d'interposer entre eux et leur enveloppe une couche de matières mauvaises conductrices de la chaleur.

Le générateur peut communiquer avec le carburateur par 2 orifices ménagés l'un au-dessus du coke, l'autre au-dessous de la grille. La partie inférieure du carburateur est réunie à la base du surchauffeur ; ce dernier porte un orifice de sortie de gaz à sa partie supérieure.

Deux tuyauteries peuvent amener la vapeur au-dessus ou au-dessous du coke contenu dans le gazogène, tandis que les canalisations d'air débouchent à la base de ce dernier, en haut du carburateur et au pied du surchauffeur. Le carburateur est muni à sa partie supérieure d'un pulvérisateur à huile.

Pendant le soufflage, le coke donne naissance à un gaz riche en oxyde de carbone dont une grande partie, grâce à

une admission spéciale d'air, brûle dans le carburateur dont il échauffe les empilages.

De là, les gaz de soufflage se rendent au surchauffeur. Avant d'en sortir, ils sont mélangés à la quantité d'air nécessaire pour brûler les parties qui auraient pu échapper à la combustion. Leur chaleur sensible est ainsi accrue avant leur entrée dans la chaudière de récupération, d'où ils sont évacués dans l'atmosphère.

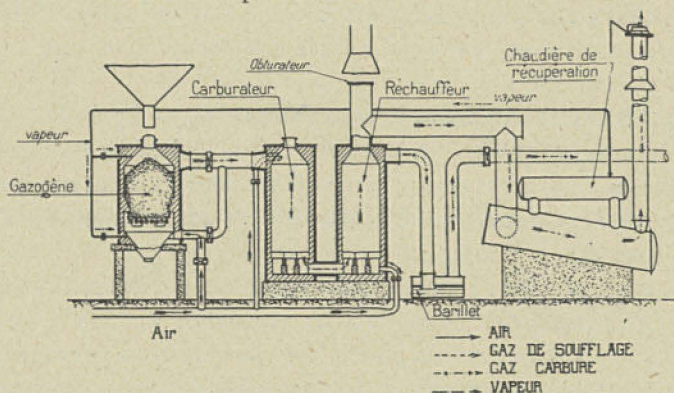


Fig. 72. — Schéma d'une installation type Humphreys et Glasgow.

Le gaz bleu produit dans le gazogène pendant la période de production passe dans le carburateur sous une pluie d'huile avec laquelle il se mélange. Au contact des matériaux à haute température qui remplissent le carburateur et le surchauffeur, l'huile donne naissance à des carbures volatils qui enrichissent le gaz et à des produits goudronneux qui se déposent ou se condensent dans le barillet et les condenseurs.

Les flèches (fig. 72) montrent le chemin parcouru par l'air, la vapeur, les fumées et le gaz dans le cas décrit ci-dessus.

Lorsque l'appareil doit servir seulement à la fabrication du gaz bleu, ses connexions sont établies de manière que

le gaz, comme les fumées, traverse la chaudière de récupération. Quand on tient à récupérer la chaleur sensible du gaz à l'eau carburé, il faut employer une chaudière spéciale dont le nettoyage doit être fréquent en raison des dépôts de suie généralement abondants qui se forment dans son faisceau tubulaire.

Normalement, les périodes de soufflage durent 2 minutes et sont suivies de périodes de gazéification de 4 minutes ; pendant ces dernières, la vapeur est presque toujours envoyée sous la grille ; une fois sur cinq, et seulement pendant 1 minute, la vapeur est admise à la partie supérieure. Le chargement du coke s'opère toutes les demi-heures et le décrassage toutes les 4 heures ; il dure 15 minutes.

Les manœuvres à faire à chaque changement de phase sont les suivantes :

a) Pour passer de la gazéification au soufflage :

1. Fermeture de la vanne de vapeur.
2. Ouverture de la vanne de soufflage du gazogène.
3. Ouverture du clapet de la cheminée.
4. Ouverture de la vanne d'arrivée d'air à la base du surchauffeur.
5. Ouverture de la vanne d'arrivée d'air au sommet du carburateur.

b) Pour passer du soufflage à la gazéification :

1. Ouverture de la vanne de vapeur.
2. Fermeture de l'arrivée d'air dans le gazogène.
3. Fermeture de l'arrivée d'air au sommet du carburateur.
4. Fermeture de l'arrivée d'air à la base du surchauffeur.
5. Fermeture du clapet de la cheminée.
6. Ouverture de la valve d'arrivée d'huile.

Afin de pouvoir obtenir des mouvements rapides, les vannes sont munies de dispositifs à commande hydraulique ; le conducteur de l'appareil n'a ainsi qu'à agir sur de petits robinets de distribution d'eau. Le travail de cet homme devient automatique si le coke employé est de qua-

lité constante ; se basant sur cette observation, la maison Humphreys et Glasgow a étudié et mis au point un appareil de distribution mécanique commandé par un moteur électrique. Ce contrôle automatique des vannes s'ajoute au dispositif de manœuvre à la main dont l'usage peut être repris au moindre incident de fonctionnement. Dans une grosse installation comportant de nombreux appareils, on peut ainsi réaliser une sérieuse économie de main-d'œuvre.

222. Résultats d'essai des appareils Humphreys et Glasgow. — La commission des recherches sur le gaz de l'Institution of Gas Engineers a procédé en 1921-1922 à des essais très détaillés sur une batterie d'appareils Humphreys et Glasgow installés à Birmingham ¹. En ne tenant aucun compte de la vapeur consommée ou produite, cette commission a trouvé que, lorsque les appareils en question sont employés pour faire du gaz à l'eau bleu, leur rendement calorifique est 53 pour 100. Lorsqu'on fabrique du gaz carburé ayant un pouvoir calorifique supérieur de 4 310 calories et qu'on tient compte, d'une part de la vapeur nécessaire pour les gazogènes, les appareils auxiliaires et la force motrice et, d'autre part, de la vapeur produite dans les chaudières de récupération, le rendement global moyen est 68 pour 100 ; si la vapeur avait été fournie par des chaudières séparées ayant elles-mêmes un rendement de 70 pour 100, le rendement global n'aurait plus été que 59,5 pour 100 ; l'amélioration du rendement due aux chaudières de récupération est donc 10,5 pour 100.

223. Caractéristiques des gaz obtenus. — Pendant les essais, on a examiné simultanément, d'une part, le gaz à

1. Voir Compte rendu du Congrès des gaziers anglais de 1922.

l'eau bleu et le gaz carburé et, d'autre part, les gaz de soufflage à la sortie du gazogène et de la chaudière de récupération. Les résultats obtenus ont été consignés dans le tableau ci-dessous.

	GAZ BLEU	GAZ CARBURÉ	GAZ DE SOUFFLAGE	
			A LA SORTIE DU GAZOGÈNE	A LA SORTIE DE LA CHAUDIÈRE
CO ²	6,1	5,2	11,6	16,7
C ⁿ H ^m	0	5,8	0	0
O ²	0,1	0,1	0	0,4
CO	38,3	34,9	14,3	4,5
H ²	50,9	38,1 ¹	2,5	1,6
CH ⁴	0,5	10,3	0,2	0,3
N ²	4,1	5,6	71,4	76,5
	100,0	100,0	100,0	100,0
Pouvoirs calorifiques:	calories	calories	calories	calories
inférieurs } mesurés. . .	2 341	3 971	»	»
} calculés. . .	»	»	480	189
supérieurs mesurés. . .	2 582	4 309	»	»

1. Sachant que l'enrichissement du gaz bleu augmente son volume de 19 pour 100 (voir § 224) il est aisé d'en déduire la composition du gaz fourni par l'huile, on constate alors que pendant la carburation il disparaît un peu d'hydrogène du gaz bleu; c'est assez peu vraisemblable, ce résultat est probablement dû à un défaut de simultanéité dans la prise des échantillons des gaz bleu et carburé.

224. Consommation. — Le coke employé contenait, humidité déduite, 3,1 pour 100 de matières volatiles, 84,8 pour 100 de carbone et 12,1 pour 100 de cendres. Son pouvoir calorifique était 7 139 calories.

L'huile employée pour la carburation était du « gas oil » d'origine américaine dont le pouvoir calorifique était 10 980 calories et la densité à 15°, C = 0,854; elle donnait à la distillation les résultats suivants :

Départ 210°.

210 à 220.	1,3 pour 100.
220 à 230.	4,8 —
230 à 240.	6,2 —
240 à 250.	8,0 —
250 à 260.	9,3 —
260 à 270.	8,9 —
270 à 280.	7,6 —
280 à 290.	8,5 —
290 à 300.	6,5 —
300 à 310.	5,8 —
310 à 320.	5,9 —
320 à 330.	4,4 —
330 à 340.	4,3 —
340 à 350.	3,4 —
Au-dessus de 350.	15,1
	100,00

Son point d'inflammabilité était 82°,5 C. et sa viscosité à 15°,5 C. était 7,15, celle de l'huile de colza étant 100.

Les consommations de coke, d'huile et de vapeur ont été les suivantes :

	PAR MÈTRE CUBE DE GAZ A L'EAU BLEU EN KILOGRAMMES	PAR MÈTRE CUBE DE GAZ A L'EAU CARBURÉ EN KILOGRAMMES
Coke, humidité déduite.	0,678	0,567
Carbone du coke.	0,572	0,478
Huile.	»	0,246
Vapeur d'eau à la pression de 6 kgr,6.	0,562	0,470

La carburation, dans ce cas, accroît le volume du gaz bleu de 19 pour 100 et son pouvoir calorifique supérieur de 67 pour 100.

Le rendement thermique de ce procédé d'enrichissement est alors

$$\frac{(4,309 \times 1,19) - 2,582}{1,0970 \times 0,246 \times 1,19} = 0,78$$

c'est-à-dire 78 pour 100, en ne tenant pas compte de la chaleur totale du goudron recueilli.

Il est utile de remarquer que les résultats ci-dessus ont été obtenus dans des conditions favorables, tant sous le rapport des matières premières mises en œuvre que sous celui du contrôle de la conduite des appareils.

225. Bilan du carbone. — Le carbone dépensé provenait pour 69,17 pour 100 du coke et pour 30,83 pour 100 de l'huile ; il se répartissait de la manière suivante :

Dans le gaz à l'eau carburé.	48,77
Dans le coke récupéré.	2,72
Dans les cendres.	2,00
Dans le mâchefer.	0,39
Dans le goudron.. . . .	6,32
Dans le gaz de soufflage et non dosé.. . . .	39,80
	<hr/>
	100,00

226. Bilan thermique. — Les sources de chaleur sont les suivantes :

a) Coke des générateurs, chaleur de combustion.	59,70
b) Huile aux carburateurs, chaleur de combustion.	40,26
c) Chaleur sensible de l'air de soufflage.. . . .	0,04
	<hr/>
	100,00

La chaleur introduite dans l'appareil se répartit comme suit :

1. Gaz à l'eau carburé, chaleur latente.. . . .	63,40
2. — — — sensible.	4,19
3. Vapeur non décomposée, chaleur totale.	2,12
4. Goudron, chaleur latente.	6,73
5. — — — sensible.	0,29
6. Gaz de soufflage, chaleur latente.. . . .	7,55
7. — — — sensible.	4,14
8. Chaleur utilisée dans la chaudière de récupération.	4,49
9. Chaleur de l'eau des « extractions » de la chaudière.	0,07
10. Coke récupéré, chaleur latente.	2,28
11. Cendres, chaleur latente.	1,68
12. Mâchefer, —	0,34
13. Chaleur sensible du coke, des cendres et du mâchefer récupérés.	0,21
14. Pertes non déterminées : radiation, convection, fuites, etc..	2,51
	100,00

Pratiquement, la chaleur latente du gaz, 63,40 pour 100, et celle du goudron, 6,73 pour 100, sont seules utilisables ; le rendement thermique de l'installation est donc :

$$\frac{63,40}{100 - 6,73} = 0,68 \text{ soit } 68 \text{ pour } 100.$$

Au cours de l'essai en question, la quantité de vapeur produite par la chaudière de récupération a été exactement égale à celle qui était nécessaire pour le gazogène, les appareils auxiliaires et la force motrice.

227. Régime de marche. — Les températures et les pressions de fonctionnement sont les suivantes :

	PRESSION EN MILLIMÈTRES D'EAU	TEMPÉRATURES EN DEGRÉS CENTIGRADES
Sortie du gazogène	298	638
Période de gazéification		
{ Sortie du carburateur	287	707
{ Base du surchauffeur	»	726
{ Sommet du surchauffeur	260	730
Entrée de l'air dans le gazogène	330	19,5
Soufflage		
{ Sortie du gazogène	202	673
{ Sortie du carburateur	139	698
{ Base du surchauffeur	»	707
{ Sommet du surchauffeur	508	719
Fumées à la sortie de chaudière de récupération	»	320

228. Main-d'œuvre. — Pour la conduite de 14 gazogènes Humphreys et Glasgow, à décrassage à la main, produisant dans une grande usine anglaise 5 à 600000 mètres cubes par 24 heures, le personnel travaillant 8 heures par jour est réparti, par équipe, de la manière suivante :

Contrôle et chargement des gazogènes	7 hommes.
Nettoyage général	1 —
Décrasseurs	16 —
	24 hommes.

Soit pour 3 équipes, 72 hommes, ce qui correspond à environ 7640 mètres cubes produits par homme et par 24 heures.

XVI. — GAZ DE FOURS A COKE

229. Le coke métallurgique. — Le coke employé dans les hauts fourneaux, appelé coke métallurgique ou coke de four, est dur et compact. Il doit, d'après Simmersbach, répondre à la spécification suivante :

Soufre.	moins de 1	pour 100.
Phosphore.. . . .	— 0,01	—
Eau.	— 4	—
Cendres.	— 9	—
Résistance à l'écrasement.	supérieure à 80 kilogr. par centimètre carré.	
Poids de 1 mètre cube après dessiccation à 100°.	entre 400 et 450 kilo- grammes.	

230. Historique succinct. — Au commencement du xvii^e siècle, on fabriquait déjà du coke métallurgique en Angleterre ; pour cela, on carbonisait la houille comme le bois, c'est-à-dire en tas ou en meules.

On fit ensuite (1825) les fours en stalles dans lesquels, grâce à 2 longs murs verticaux et parallèles, on réduisait très appréciablement la main-d'œuvre nécessaire à la constitution des meules et de leurs carapaces.

Il vint ensuite à l'idée de fabriquer le coke dans un espace clos ; on eut alors les fours dits « de boulanger » à cause de leur parfaite ressemblance avec ceux qui servaient à la cuisson du pain. On chauffa ces fours par une combustion de houille sur la sole avant le chargement, suivie de la combustion sur place des gaz dégagés par le charbon en voie de cokéfaction. Il apparut dans la suite que l'organe

de chauffage gagnerait à être distinct de la chambre de carbonisation (Smits, four belge), puis que certains éléments contenus dans le gaz pourraient être fructueusement retenus au lieu d'aller avec lui directement dans le foyer. On eut ainsi en 1856, avec Knab à Commentry (Allier), les premiers fours à récupération de sous-produits (goudron, benzol, ammoniac) perfectionnés plus tard par Carvès. Enfin, dans le but de satisfaire à la consommation sans cesse croissante de coke métallurgique et faute de posséder en quantité suffisante les charbons dits à coke, il fallut en employer de moins appropriés. On augmenta pour cela la température de la distillation en réchauffant l'air nécessaire à la combustion aux dépens de la chaleur des fumées, par l'emploi de récupérateurs¹.

231. Classification des fours à coke. — Longtemps on a divisé les fours à coke en 3 catégories :

1° Les fours à flammes perdues dans lesquels tout le gaz brut s'allume en sortant de la chambre de distillation pour en chauffer les parois, la chaleur sensible qui reste dans les fumées, à la sortie du four, étant utilisée à la production de vapeur dans une batterie de chaudières ;

2° Les fours à récupération de sous-produits dans lesquels le gaz sortant de la chambre de distillation subit, avant de retourner aux brûleurs, la condensation et les lavages qui retiennent le goudron, les cyanures, l'ammoniac et le benzol ;

3° Les fours à récupération de sous-produits et à régénération (récupération) de chaleur dont la disposition est la même que celle des fours de la 2^e catégorie, mais dont les brûleurs reçoivent de l'air réchauffé aux dépens de la chaleur des fumées. Il en résulte une économie dans le chauf-

1. Nous préférons le terme de récupérateur à celui de régénérateur ; quel que soit le procédé employé pour réchauffer l'air avec la chaleur des fumées, on ne régénère rien, on récupère simplement des calories.

fage et une partie du gaz produit au cours de la distillation devient disponible.

On ne construit plus, depuis déjà quelques années, que des fours de la 3^e catégorie et on les distingue les uns des autres d'après la disposition de leurs carneaux de chauffage en fours à carneaux horizontaux et fours à carneaux verticaux. Cette division tend d'ailleurs à disparaître, en raison de l'usage de plus en plus généralisé des carneaux verticaux, pour faire place à une autre qui tient compte de la nature ou de la disposition des récupérateurs de chaleurs ; ces derniers peuvent être, comme dans les fours à gaz, à inversion ou à courant parallèle et, dans l'un et l'autre cas, ils sont ou particuliers ou collectifs, c'est-à-dire qu'ils desservent un four ou toute une batterie.

232. Schémas de cokeries modernes. — La récupération de la chaleur des fumées, l'emploi de matériaux de perméabilité calorifique élevée, l'usage de murs isolants permettant de réduire les pertes par rayonnement du massif des fours, la réduction de la largeur des chambres et d'autres dispositions, contribuent à diminuer de plus en plus la quantité de chaleur pratiquement nécessaire pour carboniser la houille ; de ce fait, le volume du gaz disponible par tonne distillée s'accroît.

L'utilisation de cet excédent s'imposant et le débouché le plus fructueux consistant dans sa vente pour les usages domestiques, il est devenu nécessaire de sélectionner, au cours de la distillation, le gaz le meilleur pour la vente et le gaz à faible pouvoir calorifique pour le chauffage. L'emploi du double barillet a permis de réaliser cet objectif. Le schéma général d'une cokerie moderne basée sur ce principe est représenté par la figure 73.

Récemment, on a envisagé la possibilité d'utiliser tout le gaz de houille à l'extérieur de la cokerie et de chauffer les

fours avec du gaz pauvre provenant soit de gazogènes alimentés avec des déchets de coke, soit avec du gaz de haut-fourneau (voir schéma, figure 74).

Cette solution est déjà pratiquée dans certains pays,

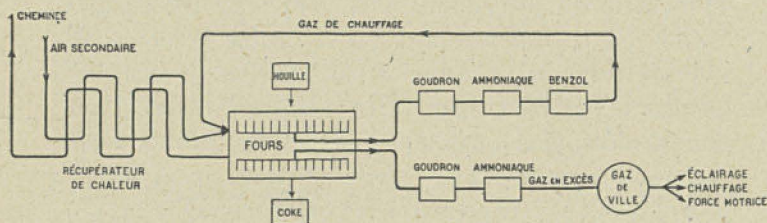


Fig. 73. — Schéma d'une installation de cokerie avec double barillet.

comme la Belgique et l'Allemagne, où le pouvoir calorifique supérieur du gaz de ville est limité respectivement à 4 200 et 4 000 calories.

Les gaz pauvres, même brûlés avec de l'air chaud, ayant

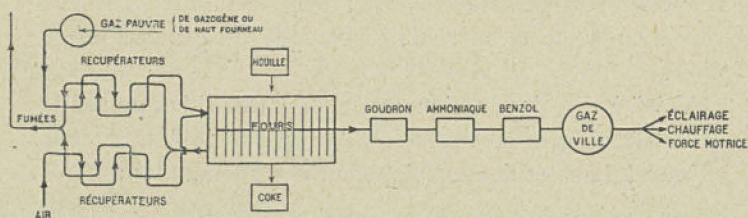


Fig. 74. — Schéma d'une installation de cokerie chauffée au gaz pauvre.

une température de combustion insuffisante pour permettre la cuisson du charbon, il est indispensable de les réchauffer préalablement.

Les fours à coke modernes sont ainsi très souvent pourvus d'une double récupération de chaleur, équipée cependant de telle sorte qu'on peut à volonté employer du gaz pauvre ou du gaz riche. Dans ce cas, les récupérateurs et les carneaux doivent être établis en vue de l'usage du gaz le moins riche.

233. Caractéristiques du gaz de four à coke. — Le gaz de four à coke est le gaz qu'on obtient lorsqu'on distille les houilles dites à coke, c'est-à-dire les houilles grasses à courte flamme (voir paragraphe 21) à 18 à 26 pour 100 de matières volatiles, donnant 74 à 82 pour 100 de coke.

Pour que le coke métallurgique contienne le moins possible de matières volatiles, il faut distiller le charbon à température élevée et faire durer la cuisson, toutes proportions gardées, plus longtemps que dans les cornues à gaz ; il en résulte que le gaz de cokerie est relativement riche en hydrogène et pauvre en méthane (voir paragraphe 143).

D'autre part, en fin de distillation, c'est-à-dire au moment où le dégagement gazeux est minimum, le vide dû aux extracteurs est souvent trop considérable et, à la faveur de l'abaissement excessif de pression qui en résulte dans le four, on peut avoir des rentrées d'air par les joints des portes ou des rentrées de fumées au travers des matériaux réfractaires et de leurs joints. Ainsi s'explique la teneur élevée en azote et en acide carbonique du gaz de fours à coke.

Voici, à titre de renseignements, la composition moyenne et les pouvoirs calorifiques calculés du gaz de fours à coke obtenu à Lens et dans quelques usines allemandes :

	H	CH ₄	C ^a H ^m	CO	CO ₂	O ² et N ²	POUVOIRS CALORIFIQUES	
							SUPÉR.	INFÉR.
Lens à Vendin le Vieil.	58,0	20,0	1,5	6,0	3,0	11,5	4 225	3 730
Eschweiler (Prusse Rhénane). . . .	56,7	22,4	1,3	5,5	2,0	12,1	4 340	3 850
Rheinpreussen à Homberg-sur-Rhin.	45,6	24,4	0,7	5,5	2,9	20,9	4 050	3 590

En moyenne, on admet que le pouvoir calorifique supérieur du gaz de four à coke varie de 4 000 à 4 400, le pouvoir calorifique inférieur variant de 3 600 à 4 000. Dans certains cas spéciaux, à condition d'employer des houilles à gaz choisies, certains expérimentateurs ont enregistré, en faisant des essais sur des fours à coke, des pouvoirs calorifiques beaucoup plus élevés¹. Il n'est pas possible de dire que ces renseignements se rapportent véritablement à l'industrie du coke métallurgique.

234. Quantité de gaz disponible. — Si on appelle C la chaleur à fournir au four par tonne de houille à carboniser, G la chaleur latente du gaz dégagé par cette même tonne, P le pouvoir calorifique moyen de ce gaz, le nombre N de mètres cubes disponibles est :

$$N = \frac{G - C}{P}.$$

En prenant pour base les chiffres qui sont donnés au paragraphe 137, on a :

$$\begin{aligned} G &= 1\,898\,870, \\ C &= 950\,000, \end{aligned}$$

le pouvoir calorifique du gaz étant 5 800 calories et le rendement en gaz de 327 mètres cubes par tonne de houille distillée, nous avons :

$$N = \frac{1\,898\,870 - 950\,000}{5\,800} = 163 \text{ m}^3, \text{ soit environ } 50 \text{ pour } 100 \text{ du total produit.}$$

De ce calcul simple, on déduit que le pourcentage disponible du gaz dépend de son pouvoir calorifique, de la qualité du charbon employé et du degré de perfection du four ; cela n'a d'ailleurs rien que de très naturel, le four à gaz ou

1. Dans le compte rendu des essais des Fours Otto-Hoffman d'Everett, le Dr SCHNIEWIND de New-York a indiqué, au Congrès des Gaziers anglais à Glasgow en 1901, des pouvoirs calorifiques atteignant jusqu'à 7 497 calories.

à coke étant simplement un transformateur de calories ; mais c'est une occasion de plus de répéter qu'il ne faut jamais exprimer le rendement d'un four sans définir le charbon utilisé, ni sans préciser les quantités et les caractéristiques des produits et sous-produits recueillis.

235. Utilisation des gaz de fours à coke dans les distributions urbaines. — Les premières tentatives d'emploi de gaz de cokeries dans les distributions urbaines furent faites de 1890 à 1898 en Belgique, en Angleterre, au Canada, aux États-Unis, en Suisse, en France, en Allemagne et en Autriche. Depuis cette époque, le problème du transport du gaz à longue distance ayant été parfaitement résolu et les conditions relatives au pouvoir éclairant du gaz de ville ayant enfin heureusement disparu, l'emploi du gaz de fours à coke a fait d'énormes progrès. Des centaines de villes en reçoivent pour compléter ou même remplacer la production de leurs usines à gaz. Citons, comme exemple, en Belgique : Mons, Gand, Bruxelles, Liège, Ostende, etc. ; aux États-Unis : Johnstown, Milwaukee, Détroit, Baltimore, Chicago, Philadelphie, etc... ; en France : Montceaux-Mines, Roche-la-Molière, Outreau, Montluçon, Bully-Grenay, etc... ; en Allemagne : Lubeck, Travemünde, Barmen, Essen, Mülheim, Gelsenkirchen, Wanne, Sarrebrück, Brême, etc... ; en Italie : Trieste.

Au total, c'est annuellement par milliards de mètres cubes que les villes consomment le gaz de fours à coke et tout porte à croire que, dans l'avenir, ces énormes quantités s'accroîtront encore dans de grandes proportions.

236. Avantages et inconvénients du gaz de fours à coke pour les distributions urbaines. — L'avantage principal, pour le gazier, de l'emploi du gaz de fours à coke, c'est évidemment son prix de revient peu élevé (avant 1914,

dans la Ruhr, certaines cokeries vendaient le mètre cube 2,5 à 4,25 pfennigs, c'est-à-dire environ 3,1 à 5,3 centimes).

Aujourd'hui ces prix sont certainement beaucoup plus élevés, eu égard à la hausse du prix des charbons; mais le gazier, en faisant des contrats à échelle (dans lesquels le prix du gaz varie avec celui du charbon), à la fois avec la cokerie et avec son pouvoir concédant, peut rester à l'abri de toute perte en faisant cependant bénéficier sa clientèle de prix relativement bas.

Dans certains cas particuliers, l'achat de gaz de fours à coke peut dispenser le gazier d'accroître ses immobilisations; à l'approche de l'expiration de sa concession, par exemple, cette possibilité peut être d'un puissant intérêt.

En revanche, l'emploi du gaz de fours à coke peut présenter des inconvénients sérieux. D'abord les risques d'interruption de fabrication à la cokerie sont plus grands qu'à l'usine à gaz. Faisant partie de charbonnages ou d'établissements métallurgiques qui comportent un personnel nombreux occupé à des opérations très diverses, les cokeries sont plus exposées aux grèves et l'on est en droit de se demander si cet aléa, incompatible avec un service public, ne doit pas être considéré comme un obstacle *a priori*. Dans cet esprit, il convient que le gazier prenne des précautions, soit en obligeant la cokerie à installer des appareils de secours (le plus souvent ateliers de fabrication de gaz à l'eau carburé), soit en les installant lui-même dans sa propre usine, soit enfin en faisant spécifier, dans son contrat avec le pouvoir concédant, une clause de non-responsabilité en cas d'arrêt de la cokerie.

Enfin, il faut également prévoir les accidents pouvant survenir à la canalisation reliant la cokerie à l'usine à gaz et prendre toutes précautions pour y remédier dans un temps réduit. Quand le débit est important, l'emploi de

deux conduites empruntant si possible deux chemins différents apporte une sécurité très appréciable, comparable d'ailleurs à celle qu'on se donne, lorsque les circonstances le permettent, en achetant le gaz à deux cokeries au lieu d'une.

237. Parallèle entre la cokerie et l'usine à gaz. — Malgré leur apparente analogie, l'industrie du coke métallurgique et celle du gaz sont séparées par une différence essentielle. En effet, la première a pour objectif la fabrication du coke métallurgique pour une clientèle variable ayant des besoins intermittents ou qui peuvent l'être; la seconde a pour but la fabrication du gaz en vue de sa livraison d'une manière absolument ininterrompue aux habitants d'une ou de plusieurs villes, à des conditions particulièrement strictes en ce qui concerne la qualité du produit et la continuité de la livraison.

Comme première conséquence de cette différence, nous savons que les deux industries n'emploient pas les mêmes charbons et que la cokerie sacrifiera volontiers son rendement en gaz pour accroître sa production de coke, pendant que l'usine à gaz fait tout le contraire. Mais cela n'empêche pas dans les deux camps une évolution parallèle en ce qui concerne les moyens de manutention des charbons et du coke, le chauffage économique des fours, la récolte des sous-produits, la recherche des économies de main-d'œuvre, etc...

A ce dernier point de vue, notamment, les grandes usines à gaz se sont énormément rapprochées des cokeries en passant de l'emploi des fours à cornues à celui des fours à chambres. Il ne faudrait cependant pas aller jusqu'à la parfaite identification sous peine d'être obligé de produire dans l'usine à gaz une quantité de coke qui serait d'un placement difficile. A titre d'exemple, supposons qu'une usine qui

vend, par jour, en moyenne 60000 mètres cubes de gaz. On veut utiliser des fours à coke ordinaires. Nous admettrons pour cela que les fours à coke sont chauffés au gaz, que le charbon employé donne dans les deux cas 300 mètres cubes de gaz et 700 kilogrammes de coke, que l'usine à gaz consomme 150 kilogrammes de coke par tonne de houille distillée pour le chauffage de ses fours, tandis que la cokerie pour le même service consomme 160 mètres cubes de gaz.

Il reste donc disponible par tonne distillée :

1° Dans le cas des fours d'usines à gaz :

300 mètres cubes de gaz,
0,550 de coke.

2° Dans le cas des fours à coke :

140 mètres cubes de gaz,
0,700 de coke.

Pour faire 60000 mètres cubes de gaz dans le 1^{er} cas, il faudra :

$$\frac{60\ 000}{300} = 200 \text{ tonnes de houille}$$

et il restera :

$$0,550 \times 200 = 110 \text{ tonnes de coke.}$$

Dans le 2^e cas, il faudra distiller :

$$\frac{60\ 000}{140} = 428 \text{ tonnes de houille}$$

et la quantité de coke disponible sera :

$$0,700 \times 428 = \text{environ } 300 \text{ tonnes.}$$

Autrement dit, en apportant dans l'usine à gaz les méthodes de la cokerie, il faudra distiller, pour faire la même quantité de gaz, environ 2 fois plus de charbon et se préoccuper de vendre 3 fois plus de coke.

238. Création de cokeries gazières. — En France, le coke d'usine à gaz étant produit en quantité surabondante, les besoins en coke métallurgique et en gaz de ville augmentant sans cesse, il semble que les grandes compagnies gazières auront intérêt, dans l'avenir, à accroître la puissance de production de leurs usines en installant des fours à coke à côté de leurs fours ordinaires. Cette solution est plus particulièrement indiquée dans le cas où l'usine à gaz dessert une région industrielle consommant du coke métallurgique. Bien entendu, les fours de la cokerie gazière devront être chauffés avec des gazogènes alimentés au coke de gaz.

XVII. — GAZÉIFICATION INTÉGRALE

239. Généralités. — La pénurie de charbon due à la guerre de 1914 à 1918 a eu, entre autres conséquences, celle d'occasionner, dans de nombreux pays d'Europe, la fermeture de beaucoup d'usines à gaz. De nombreux chercheurs se sont alors ingéniés à remédier à cette situation en accroissant, grâce à des appareils simples, le volume de gaz qu'on peut tirer d'une tonne de houille. On a eu recours pour cela, d'abord à la solution déjà connue qui consiste à faire du gaz à l'eau ou du gaz de gazogène avec le coke; puis, pour économiser la chaleur sensible du coke, on a repris les idées de Clark¹, de Strache et de Dellwick-Fleischer² qui consistaient à établir le générateur de gaz à l'eau à un niveau tel qu'on pouvait le charger directement avec le coke rouge sortant de la cornue. Le mélange du gaz de houille et du gaz bleu pouvait être effectué dans le barillet; dans d'autres cas, le gaz à l'eau était envoyé directement dans la cornue pour céder sa chaleur sensible à la houille en vue d'aider à sa distillation; les gaz de soufflage étant comme d'usage évacués à part et servant souvent à produire de la vapeur. Le gaz obtenu s'appelle le « gaz double ».

Enfin, sous la pression des nécessités et pour cuire plus sûrement la charge de houille, on a imaginé d'envoyer un peu d'air dans le gazogène, en même temps que la vapeur, pendant la phase de production du gaz à l'eau. On a ainsi

1. Brevet allemand 50 425 en 1889.

2. Voir appareils Strache et Dellwick-Fleischer dans *Le Gaz*, par René MASSE, t. II, p. 533 et 539.

accru la température de sortie de ce gaz à l'eau avant qu'il ne passe sur la houille.

Naturellement, la quantité d'air admise dans ces conditions était mesurée avec le désir de produire surtout de l'oxyde de carbone; le gaz finalement obtenu était alors un mélange :

- 1° de gaz de gazogène,
- 2° de gaz à l'eau bleu,
- 3° de gaz de houille,

auquel les Allemands ont donné le nom de « trigas ».

L'opération qui donne ce gaz s'appelle en France « gazéification intégrale » et en Angleterre « complete gasification ».

Nous décrivons seulement un appareil de chacun des types les plus caractérisés.

240. Appareil Strache¹. — L'appareil Strache (fig. 75), avec lequel on fabrique le gaz double, comprend un gazogène A surmonté d'une cornue verticale conique C portant la trémie de chargement. Le gazogène reçoit l'air pendant les périodes de soufflage par une canalisation F placée sur le refoulement d'un ventilateur. Les gaz de gazogène formés sont évacués dans l'espace annulaire situé à l'intérieur de la partie haute du gazogène et à l'extérieur de la cornue; ils parviennent au-dessus du clapet D qui est à ce moment-là dans sa position haute, puis ils entrent par e dans le réchauffeur E où l'air venant de F leur permet de brûler en échauffant les empilages. Les fumées formées s'échappent par l'orifice supérieur, le clapet G étant levé. Pendant ce temps, la communication entre le gazogène et le barillet est fermée par une vanne H, mais un by-pass breveté est ouvert pour permettre le passage du gaz de distillation.

Pendant la période de production, toutes les valves sont

1. Voir *Das Gas und Wasserfach*, 12 août 1922.

renversées ; la vapeur, venue en L, se surchauffe en E et arrive par F au-dessous de la grille. Le gaz à l'eau formé passe dans la cornue et facilite par entraînement la distillation des produits bitumineux.

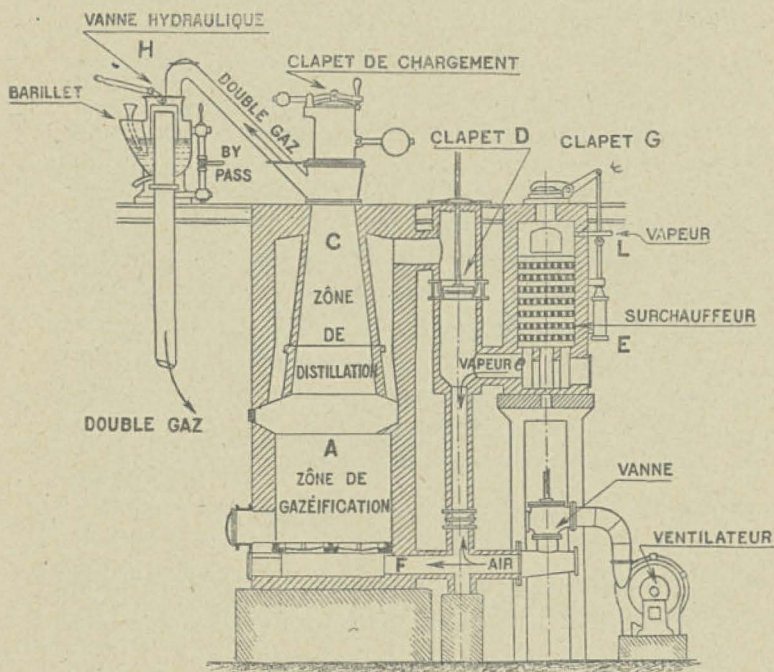


Fig. 75. — Appareil Strache.

La moyenne des résultats de 5 analyses de gaz a donné les résultats suivants :

CO ² .	7,042	pour 100
O ² .	0,000	—
C ⁿ H ^m .	2,812	—
CO.	27,250	—
H ² .	47,992	—
CH ⁴ .	6,390	—
N ² etc.	8,514	

La densité est environ 0,618 par rapport à l'air.

La moyenne de 60 essais a donné un pouvoir calorifique supérieur de 3 399 calories.

Les analyses de deux échantillons moyens de charbon employé au cours des essais ont donné :

Humidité..	2,25	1,65
Cendres.	6,70	5,80
Matières volatiles.	33,75	34,85
Carbone fixe..	57,30	57,70

soit une moyenne de 91,8 pour 100 de matières combustibles. Son pouvoir calorifique supérieur était 7 866 calories ; 34 tonnes ont été utilisées pour faire 50 062 mètres cubes de gaz, soit 1 470 mètres cubes par tonne, alors que, généralement, une tonne de houille de qualité moyenne donne 300 mètres cubes de gaz et 700 kilogrammes de coke dont on peut tirer 1 000 mètres cubes de gaz à l'eau, ce qui ferait seulement au total 1 300 mètres cubes.

Le rendement thermique de cet appareil serait donc :

$$\frac{3\,399 \times 1\,470 \times 100}{7\,866\,000} = 63,5 \text{ pour } 100.$$

en ne tenant compte ni de la dépense de chaleur nécessaire à la production de la vapeur d'eau, ni de celle que pourrait donner le goudron recueilli.

Un calcul simple montre que les pertes sont dues à la grande quantité d'acide carbonique et d'oxyde de carbone formée au cours de la gazéification et dont la chaleur de formation atteint au total 14 pour 100.

Cet appareil peut servir à la gazéification du lignite.

241. Appareil Dellwick-Fleischer. — Les appareils Dellwick-Fleischer consistent en 2 gazogènes à grilles tournantes, accolés et communiquant par leur partie supérieure qui est surmontée d'une cornue verticale cylindro-conique

à section très aplatie. Comme dans les appareils Strache, le gaz à l'eau produit dans les gazogènes traverse le charbon et provoque sa distillation ; mais, pendant la période de gazéification, on admet un peu d'air à hauteur de la partie supérieure des gazogènes proprement dits. Une partie du gaz à l'eau est ainsi brûlée pour élever la température du reste ; cette façon d'opérer facilite la distillation du charbon et accroît la quantité de gaz produit par tonne, mais elle a aussi pour conséquence de diminuer son pouvoir calorifique par l'introduction de gaz inertes. Notons que, pendant la période de soufflage proprement dite, l'air traverse les gazogènes de haut en bas ; la chaleur sensible des fumées ne peut donc pas coopérer, comme dans les appareils Strache, à la distillation du charbon.

Le trigas obtenu dans ce cas était alors si riche en anhydride carbonique et en azote qu'il apparaissait non plus comme un mélange de gaz de gazogène, de gaz à l'eau et de gaz de houille, mais comme un mélange de fumées avec ces deux dernières variétés.

D'après Dolensky et Pott¹, 3 appareils de ce type ont été montés à Vienne ; chacun d'eux peut fabriquer 1 420 mètres cubes à l'heure. Un charbon pauvre aurait donné par tonne 1 843 mètres cubes de gaz ayant les caractéristiques suivantes :

	CO ²	O ²	CO	CH ⁴	H ²	N ²
Pour 100..	13,3	0,4	23,9	5,5	51,15	5,75
Pouvoirs calorifiques calculés.	$\left\{ \begin{array}{l} \text{inférieur : } 2\,495^{\circ}, \\ \text{supérieur : } 2\,809^{\circ}. \end{array} \right.$					

Les mêmes auteurs prétendent qu'avec un bon charbon, en faisant le sacrifice des goudrons et des huiles, on obtiendrait encore 1 845 mètres cubes de gaz, mais le pouvoir calorifique de celui-ci serait de 3 820 calories ; on aurait ainsi 7 050 000 calories par tonne.

1. Voir *Gasbeleuchtung*, 1919, n° 62, p. 261.

Lorsqu'on utilise de la houille, le goudron recueilli est pauvre en naphthaline, riche en phénols (35 à 40 pour 100), et a pour densité 1,04 à 15° C. ; il donnerait, par distillation, 26 à 27 pour 100 d'huile de graissage.

242. Appareil Rincker. — L'appareil Rincker (fig. 76) comporte normalement deux gazogènes identiques jumelés, servant à la distillation de la houille puis à la transforma-

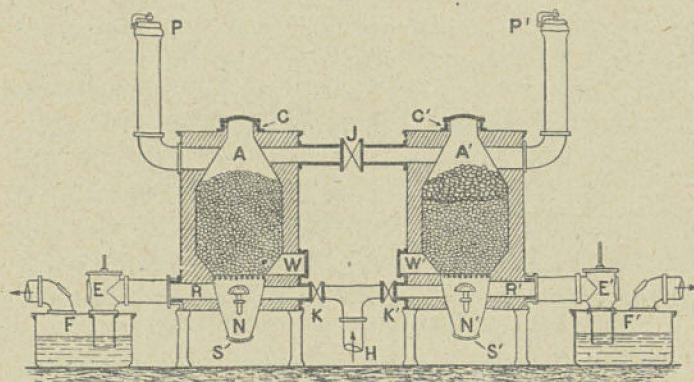


Fig 76. — Appareil Rincker.

tion sur place du coke produit en gaz à l'eau. La marche des 2 gazogènes est décalée, pour permettre d'utiliser alternativement la chaleur sensible du gaz à l'eau produit dans l'un d'eux à distiller le charbon que contient l'autre. Si, par exemple, le gazogène A' vient d'être chargé de charbon, c'est que A contient du coke cuit et, dans ce cas, pendant le soufflage dans ce dernier appareil, les robinets d'amenée de vapeur N et N' sont fermés, ainsi que la vanne d'arrivée d'air de soufflage K', la vanne de sortie de gaz E, le clapet P' et la vanne J du tuyau de jonction ; par contre, le clapet P d'évacuation des gaz de soufflage est ouvert, ainsi que la vanne d'air K et la vanne de sortie E. L'air amené en H

passer par K au-dessous de la grille de A et les fumées sont évacuées en P. Après le soufflage, on passe à la gazéification et, pour cela, on ferme K et P, puis on ouvre J et N. Le gaz à l'eau produit en A traverse la charge de charbon que contient A'; le mélange des 2 gaz produits s'échappe par R', E' et F'. Dès que la température en A est devenue insuffisante, on arrête l'introduction de vapeur et, après avoir remis toutes les vannes dans la position convenable définie plus haut, on souffle de nouveau de l'air. Quand tout le charbon contenu en A' est cuit, on recharge le gazogène A' et on change les rôles : A' devient l'appareil de production de gaz à l'eau pendant que la distillation s'opère en A.

Naturellement le cycle ci-dessus n'est possible qu'à la condition que la chaleur sensible du gaz à l'eau que peut fournir le coke produit par une tonne de charbon soit suffisante pour distiller une autre tonne de charbon. Voyons s'il en est bien ainsi. Nous avons dit (§ 97) que dans un four à gazogène et à récupération 52,6 pour 100 seulement de la chaleur de combustion du coke de chauffage est dépensée dans le laboratoire pour distiller la houille et compenser les pertes par rayonnement. Nous savons (§ 137, renvoi 1) que ce même four consomme 90 000 à 100 000 calories par 100 kilogrammes de charbon distillé, soit en moyenne 950 000 par tonne dont 52,6 pour 100 font 499 700 calories. Notons enfin ce fait important que cette chaleur est fournie par les produits de la combustion dont la température à la sortie du four est encore 1 050°.

Admettons maintenant que les 700 kilogrammes de coke issus d'une tonne de houille fournissent 1 000 mètres cubes de gaz à l'eau sortant à 1 000°. Pour calculer le nombre de calories que ce volume gazeux pourra céder à l'appareil de distillation et à la houille supposons que cette dernière est chargée à 0° et que progressivement sa température atteint 1 000° en absorbant une quantité de chaleur proportionnelle

à son échauffement ; la quantité de chaleur cédée par le gaz à l'eau serait voisine de celle qu'il fournirait s'il était continuellement refroidi de 1000° à la température moyenne de 500°. Le calcul montre que, dans ce cas, la quantité en question est :

$$\frac{3,85 \times 1\,000\,000}{22,32} = 173\,000 \text{ calories}$$

(3,85 étant la chaleur d'échauffement entre 500 et 1000° d'un volume moléculaire de gaz à l'eau).

Ce calcul rapide et approximatif montre que, vraisemblablement dans cet appareil, la production de tout le coke nécessaire à son alimentation est impossible, d'où la nécessité d'en charger de temps en temps au lieu et place de la houille.

La distillation doit donc se faire à basse température ; mais, heureusement, la cuisson complète du charbon n'est pas indispensable pour permettre son emploi à la fabrication du gaz à l'eau. On peut aussi parer à l'insuffisance de la carbonisation in situ en alimentant les gazogènes avec un mélange de coke et de charbon.

Dans un appareil produisant 500 mètres cubes à l'heure, la distillation d'une charge de charbon, soit 350 kilogrammes environ, durerait une heure pendant laquelle on répéterait dix fois le cycle « soufflage-production » à raison de 2 minutes pour la première phase et de 4 pour la seconde.

Le gaz obtenu avec une houille à gaz de qualité moyenne a la composition suivante :

CO ² .	3,7
CO.	37,5
H ² .	46,4
CH ⁴ .	5,5
C ⁿ H ^m .	0,9
N ² .	5,8
O ² .	0,2
Total.	100,0

Ses pouvoirs calorifiques inférieur et supérieur à 0° et 760 millimètres sont 2 940 et 3 217 calories. C'est donc un gaz qui, par ses propriétés, se rapproche beaucoup plus du gaz à l'eau bleu que du gaz de houille ; on pourrait dire que le gaz double est du gaz à l'eau carburé à la houille.

243. Comparaison entre les gazéifications intégrales en une ou deux phases. — Supposons que nous voulions comparer d'abord au point de vue thermique l'appareil Strache, dont le rendement est 63,5 pour 100, à l'ensemble formé par un four à cornue horizontale et un appareil à gaz bleu de Humphreys et Glasgow, dont le rendement est 53 pour 100.

Reprenons pour cela, par exemple, les chiffres donnés par Mahler (paragraphe 137) pour la répartition de l'énergie calorifique d'une tonne de houille en ses divers produits et sous-produits de distillation ; nous aurons le bilan suivant :

Chaleurs fournies :

Pouvoir calorifique de la tonne de houille.	7 423 260
Chaleur du coke employé au chauffage du four.	950 000
Total.	8 373 260

Chaleurs recueillies :

Gaz de houille.	1 898 870
Goudrons.	660 660
Gaz à l'eau. $4\,608\,938 \times 0,53 =$	<u>2 442 737</u>
Total.	5 002 267

Le rendement global est donc $\frac{5\,002\,267}{8\,373\,260} = 0,5975$

En somme, les 2 rendements 59,75 et 63,5 pour 100 diffèrent d'une quantité qui est de l'ordre de la grandeur des erreurs de mesure. Cependant puisque, avec le dispositif

Strache la chaleur sensible du coke sortant de la cornue est économisée, on peut admettre comme valable la supériorité thermique de 3,75 pour 100 ; d'ailleurs en prenant pour chaleur spécifique invariable du coke 0,38 et 1000° pour température de sortie de la cornue, la chaleur en jeu pour les 700 kilogrammes de coke que donne une tonne de houille est 266000 calories, c'est-à-dire un peu plus de 3 pour 100 de la chaleur totale mise en œuvre.

Au point de vue industriel il y a lieu de considérer, à côté du rendement thermique, les dépenses de premier établissement et d'exploitation. A la condition que les appareils pour la gazéification intégrale en un temps soient bien au point, leur installation et leur exploitation doivent être sensiblement moins coûteuses que celles des appareils de distillation ordinaire doublés d'appareils spéciaux pour la fabrication du gaz à l'eau. Malheureusement le gaz qu'ils fournissent possède un pouvoir calorifique trop faible et une teneur en oxyde de carbone ainsi qu'une densité trop élevées pour qu'on puisse le distribuer seul. Il ne peut donc être utilisé que comme appoint ou comme secours ; à ce double titre, cependant, il paraît présenter un réel intérêt.

XVIII. — PROCÉDÉS DIVERS

244. Généralités. — Toutes les matières organiques exposées brusquement à l'action d'une température élevée produisent des gaz plus ou moins propres à l'éclairage et au chauffage. Il n'entre pas dans notre intention d'étudier tous les nombreux cas réalisés : nous nous bornerons à signaler brièvement les procédés les plus employés et quelques-uns des résultats auxquels ils ont conduit.

245. Gaz à l'huile. — Lorsqu'on chauffe, à la pression atmosphérique, des huiles lourdes, même du goudron, à une température élevée, il y a décomposition plus ou moins complète avec production de gaz incondensables, de goudron et de coke. Naturellement, le goudron obtenu comme sous-produit de la première gazéification donne, lors d'une seconde opération, moins de gaz que n'en avait fourni la matière dont il est issu.

Presque toujours les gaz incondensables obtenus contiennent une forte proportion de carbures à haute teneur en carbone, et ils ont de ce fait un excellent pouvoir éclairant. Pour cette raison, ils étaient autrefois très recherchés pour enrichir le gaz de houille. Leur fabrication a perdu beaucoup d'intérêt depuis que, fort heureusement, le pouvoir éclairant du gaz a cessé d'être un élément d'appréciation de sa valeur.

246. Procédés de fabrication du gaz d'huile. — Taylor

fait couler l'huile sur des morceaux de coke incandescent contenus dans des cornues. Il se produit des gaz et des vapeurs : celles-ci se liquéfient dans un condenseur refroidi par l'huile servant à l'opération.

Dvorkovitz fait couler l'huile dans une série de cornues

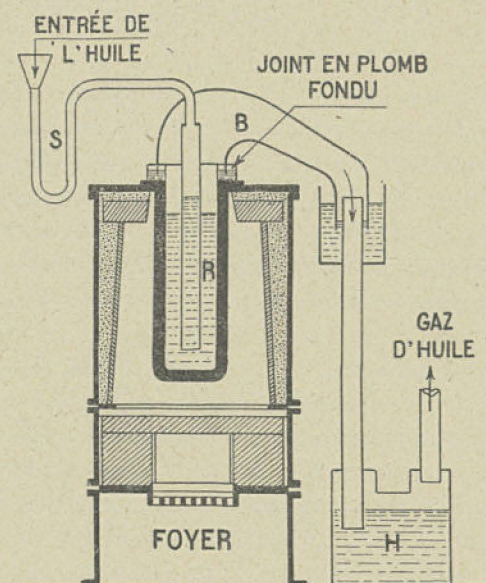


Fig. 77. — Appareil Mansfield.

inclinaées disposées en zigzag, dont la première est chauffée à 300° et la dernière à 1000° .

Mansfield opère dans une cornue en fonte R (fig. 77) alimentée par un siphon S. Un joint en plomb fondu assure la liaison entre le dessus de la cornue et le tuyau de départ B qui aboutit au laveur H.

Avec 100 kilogrammes d'huile américaine, chauffée de 700 à 1000° , on a obtenu 88 mètres cubes d'un gaz ayant la composition suivante :

C ² H ⁴ .	44,83
CH ⁴ .	31,88
C ² H ⁶ .	17,30
H ² .	3,97
CO ² .	0,65
O ² .	0,24
N ² .	1,13
	100,00

100 kilogrammes d'huile lourde de goudron de houille, ayant pour densité 1,044, ont donné à la distillation 81^{kg},500 de goudron, 2^{kg},410 d'eau et 12^{kg},360 c'est-à-dire 16,5 mètres cubes d'un gaz de densité 0,578, ayant la composition suivante :

C ⁿ H ^m .	4,42	}	100,00
CH ⁴ et N ² .	36,62		
H ² .	39,41		
CO.	14,68		
CO ² .	3,12		
O ² .	1,75		

100 kilogrammes de goudron de pétrole incorporés à du poussier de coke ont fourni à M. Deville :

Gaz (densité 0,800).	46 ^{kg} ,330
Goudron.	37 ^{kg} ,600

Ce dernier goudron distillé, à son tour, à une température plus élevée a donné :

Gaz.	15,47	pour 100 de son poids.
Goudron.	64,90	— — —

Les gaz obtenus au cours de ces 2 opérations faisaient un volume total de 50 mètres cubes, leur densité était 0,778 en moyenne et ils avaient les compositions suivantes :

	1 ^{re} OPÉRATION		2 ^e OPÉRATION
	pour 100		pour 100
C ⁿ H ^m .	29,53	—	17,23
CH ⁴ et N ² .	47,56	—	52,16
H ² .	15,56	—	19,84
CO.	3,40	—	5,94
CO ² .	1,38	—	2,28
O ² .	2,57	—	2,55

Distillation.

18

247. Gaz de distillation du bois. — Le bois est constitué principalement par la cellulose qui est un hydrate de carbone $[C^{12}(H^2O)^{10}]^n$. Il contient de l'eau en proportion fort variable et aussi des résines, des tanins, des graisses, des gommes, etc., et des matières minérales. Sa distillation donne des gaz incondensables, du goudron et du charbon de bois.

Pettenkoffer a obtenu, avec du bois, des gaz très différents, dont les analyses ont donné les résultats suivants :

	A MUNICH		A BAYREUTH
	(AVANT PURIFICATION)		
CO ² ..	25,72	pour 100	2,21 pour 100
CO..	40,59	—	61,79 —
CH ⁴ ..	11,06	—	9,45 —
H ² ..	15,07	—	18,43 —
C ⁿ H ^m ..	6,91	—	7,70 —
N ² ..	0,65	—	0,42 —

F. Fischer a fait une étude sur les variations de composition des gaz fournis au fur et à mesure que se poursuit la distillation d'une même charge de bois ; il a trouvé des chiffres qui sont consignés dans le tableau suivant :

	CO ²	CO	CH ⁴	C ² H ⁴	H ²	N ²	O ²
Après :							
3 heures.	58,69	31,29	3,94	traces	3,87	1,23	traces
4 —	61,90	30,10	»	»	»	»	traces
5 —	62,00	32,50	»	»	»	»	traces
7 —	59,80	31,90	»	»	»	»	traces
8 —	57,48	34,52	4,67	0,45	2,87	traces	traces
9 —	58,50	33,80	»	»	»	»	traces
10 —	57,90	35,10	»	»	»	»	traces
11 —	55,60	34,38	5,12	0,32	3,90	traces	traces
15 —	64,68	30,32	2,43	0,69	1,21	traces	traces

Pendant la guerre, de nombreuses usines à gaz ont dis-

tillé du bois pour remplacer ou pour économiser le charbon ; à Bône¹, par exemple, l'eucalyptus blanc de densité 0,94, distillé en 4 heures, dans des cornues de 3 mètres, à raison de 130 à 150 kilogrammes par charge, a donné par 100 kilogrammes de 30 à 31 mètres cubes d'un gaz de pouvoir calorifique variant entre 3 600 et 3 800 calories.

En résumé, le bois donne à peu près le même volume de gaz que le charbon ; mais ce gaz est toujours trop riche en acide carbonique et en oxyde de carbone pour pouvoir être normalement distribué par les compagnies gazières.

248. Gaz de tourbe. — La tourbe desséchée donne par 100 kilogrammes distillés de 20 à 38 mètres cubes de gaz d'éclairage dont la teneur en acide carbonique varie de 16 à 25 pour 100 ; elle fournit aussi de 9 à 12 kilogrammes de goudron et une quantité d'ammoniaque qui permet de faire de 10 à 12 kilogrammes de sulfate.

Briquetée de manière que sa densité devienne sensiblement égale à l'unité, sa teneur en eau étant 20 pour 100, elle a donné un gaz ayant une densité de 0,75 et la composition suivante² :

	CO ²	C ⁿ H ^m	O ²	CO	H ²	CH ⁴	N ²
Pour 100.	14,7	3,7	1,0	22,0	23,8	14,4	20,4

La tourbe peut, comme le bois, remplacer occasionnellement le charbon dans une petite usine à gaz ; mais il ne saurait être question de l'utiliser seule et sur une grande échelle, en raison des difficultés qu'occasionneraient son approvisionnement et la mauvaise qualité du gaz qu'elle fournit.

1. Voir Communication de M. H. LAURAIN, *Bulletin Société Technique de l'Industrie du Gaz*, 1917.

2. *Scient. Industr. Research*, 1921, n° 4.

249. Gaz de lignite. — Le lignite donne par distillation une quantité de gaz qui varie avec la température de travail. D'après Benson et Carfield de Washington¹, en traitant, à différentes températures, un lignite contenant 12,1 pour 100 d'eau, 10,41 pour 100 de cendres et 36,8 pour 100 de matières volatiles on a obtenu les quantités de gaz données par le tableau suivant :

TEM- PÉRATURES	GAZ EN / MÈTRE CUBE PAR TONNE	ANALYSES							POUVOIR CALORIFIQUE SUPERIEUR
		CO ₂	C ⁿ H ^m	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	
250	0,622	45,1	3,3	1,4	7,1	0,3	8,6	34,2	1 600
300	56,6	33,2	3,8	0,8	8,3	0,9	10,7	42,3	2 000
350	100,2	20,4	4,9	0,4	9,6	8,1	23,6	33,0	3 060
400	137,3	18,9	5,0	0,4	11,8	9,8	21,2	32,9	3 330
450	169,6	17,3	4,9	0,4	13,3	11,5	20,2	32,4	3 420
500	195,6	16,4	5,1	0,4	14,5	13,0	18,4	32,2	3 470
550	217,1	14,1	5,1	0,4	15,6	15,1	17,8	31,9	3 520
600	235,3	12,6	5,3	0,4	16,8	15,9	17,2	31,8	3 360

La quantité de goudron obtenue varie aussi avec la température de distillation, son maximum 3^{kg},2 pour 100 kilogrammes de lignite est atteint à 400°, son minimum est 1 pour 100 à 600°.

Notons que le coke produit est très pulvérulent et qu'il s'enflamme et brûle très rapidement s'il est défourné chaud ; on remédie à cet inconvénient en le carbonisant dans des fours continus d'où il sort presque froid : fours Fischer, Ziegler, Woodall et Duckham, Thyssen, etc.

D'autre part, Roser indique une composition de gaz de lignite différente des précédentes, surtout en ce qui concerne les teneurs en CH₄ et en N₂.

1. *J. Industr. engin. Chem.*, 1920, mai, pages 443-451.

	CO ²	C ⁿ H ^m	O ²	CO	H ²	CH ⁴	N ²
Lignite à 26 pour 100 d'O ² en moyenne . . .	22,9	5,4	2,6	10,7	30,7	17,1	10,6

250. Gaz naturel. — En Amérique, en Allemagne et tout récemment en France (dans le département de l'Ain), on a découvert des gisements de gaz combustible naturel se composant principalement de méthane, premier terme de la série des carbures saturés des pétroles. D'après M. Le Chatelier, en Pensylvanie, ces gaz contiennent de 85 à 95 pour 100 de CⁿH²ⁿ⁺² et le reste d'azote; à Pittsburg de 75 à 85 pour 100 de CⁿH²ⁿ⁺² et le reste d'azote et d'hydrogène. Les carbures saturés CⁿH²ⁿ⁺² sont composés de 90 pour 100 de méthane CH⁴ et de 10 pour 100 d'éthane C²H⁶. Le pouvoir calorifique de ces gaz naturels est extrêmement élevé.

TABLE DES FIGURES

	Pages.
1. Wagons à déchargement automatique.	26
2. — — — — —	26
3. Culbuteur de wagon à fosse.	28
4. Schéma des manutentions de charbon.. . . .	29
5. Magasin à charbon de l'usine à gaz de Gennevilliers.	31
6. Schéma de l'appareil remplisseur de godets des chaînes Hunt.	32
7. Magasin à charbons de l'usine à gaz de Brème.	36
8. Magasin à charbons de l'usine à gaz de Zurich.	36
9. Détermination graphique de la température de combustion du carbone.	45
10. Pyromètre Le Chatelier.	48
11. Lunette pyrométrique Mesuré et Nouel.	49
12. Subdivision des courants de gaz chauds.	65
13. Appareil d'Orsat.	71
14. Représentation schématique du bilan thermique d'un four.	82
15. Four à grille à 7 cornues.	84
15. — — — — —	85
16. Gazogène type Siemens.	89
17. Gazogène type Didier.	91
18. Gazogène type Mond.	92
19. Gazogène type Parsy.	93
20. Installation de gazogènes type Kerpely.	98
21. Machine à gazéifier Morgan.	100
22. Gazogène à fusion de cendres type Marconnet.	102
23. Chauffage au goudron d'un four type de Lachomette.	104
24. Détail du brûleur.	104
25. Types de brûleurs.	105
26. Chauffage d'un four à cornues type de Lachomette.	106
27. — — — — —	107
28. — — — — —	108
29. Chauffage d'un four type Siemens à récupération discontinue.	109
30. — — — — —	109

	Pages.
31. Dispositif de récupération à poteries verticales.	110
32. Dispositif de récupération à poteries horizontales.	111
33. Ressorts compensateurs de dilatation.	115
34. Registre.	117
35. Graphique de la transmission de la chaleur à travers le charbon (d'après M. G. Frère)..	133
36. Graphique des variations de la composition en volumes du gaz aux différents stades de la distillation.	138
37. Graphique des variations du débit horaire, du pouvoir calori- fique et de la densité du gaz dans une distillation en 24 heures.	139
38. Graphique des variations de production de HN^3 et de CN	142
39. Graphique des variations de production de H^2S	144
40. Graphiques de l'influence des mélanges de charbon sur la résistance du coke produit.	148
41. Graphiques de l'influence de l'introduction de la vapeur d'eau dans la distillation continue.	157
42. Schéma d'un barillet.. . . .	165
43. Dimensions standard des cornues.	167
44. Têtes de cornues (type Standard).	169
45. Cuiller articulée Laurain.	170
46. Appareil déluteur de cornues, système Nerrière.	172
47. Machine à charger de Brouwer.	173
48. Installation de fours à cornues horizontales avec fond.. . . .	176
49. Installation de fours à cornues horizontales sans fond.	177
50. Installation de fours à cornues inclinées.	181
51. Installation de fours à cornues verticales à distillation discon- tinue.. . . .	183
52. Graphique de la production et du pouvoir calorifique du gaz dans les fours à cornues verticales (distillation discontinue).	184
53. Chargement des fours Woodall-Duckham.	189
54. Extraction du coke dans les fours Woodall-Duckham.. . . .	191
55. Installation de fours à cornues verticales à distillation con- tinue, du type Woodall-Duckham.	192, 193
56. Schéma du chauffage des cornues dans les fours Glover-West.	195
57. Extraction du coke dans les fours Glover-West.. . . .	196
58. Installation de fours à cornues verticales à distillation con- tinue, du type Glover-West.. . . .	197
59. Installation de fours à chambres horizontales.	203
60. Installation de fours à chambres inclinées (coupe longitudi- nale).	205
61. Installation de fours à chambres inclinées (coupe transver- sale).	206
62. Chariot extincteur de coke.	209
63. Schéma du chauffage des fours à chambres inclinées.	212

TABLE DES FIGURES

281

	Pages.
64. Extincteur de coke type Sar.	218
65. Entraîneur-extincteur de coke, type de Brouwer.	219
66. Schéma de l'installation d'extinction et d'évacuation du coke à l'usine à gaz de Gennevilliers.	221
67. Variations de la composition du gaz à l'eau en fonction de la température de régime.	230
68. Décrassage à la main des gazogènes.	235
69. Gazogène fermé, type Kerpely.. . . .	236
70. Grille mécanique, type Humphreys et Glasgow.. . . .	237
71. Schéma d'une installation type Dellwick-Fleischer.. . . .	239
72. Schéma d'une installation type Humphreys et Glasgow.	242
73. Schéma d'une installation de cokerie avec double barillet.	253
74. Schéma d'une installation de cokerie chauffée au gaz pauvre.	253
75. Appareil Strache.	263
76. Appareil Rincker..	266
77. Appareil Mansfield.	272

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

A		
Air primaire (Réglage de l'introduction de l'— dans les gazogènes).	95	
Allumage des fours.	222	
Altération des houilles à l'air.	37	
Armature des fours.	113	
Azote.		
— (Dosage de l'— dans les houilles).	24	
— (Influence du traitement thermique sur les produits azotés de la distillation).	140	
B		
Barillets.	164	
— des fours à chambres inclinées.	213	
Bilan thermique.		
— (Représentation schématique du — d'un four).	82	
— de la fabrication du gaz à l'eau.	231	
— des appareils Humphreys et Glasgow.	247	
Briques de silice.	123	
de Brouwer (Entraîneur-extincteur).	217	
		Broyage (Influence du — du charbon sur la qualité du coke produit).
		149
		Brûleurs.
		105
		Bunte (Burette de —).
		72
		C
		Calorimètres à index de nickel.
		46
		Carneaux.
		66, 116
		Cendres.
		— (Détermination de la teneur des houilles en —).
		24
		— (Évacuation des —).
		94
		— (Gazogènes à fusion de —).
		101
		Chaleur.
		— (Combustion et — de combustion).
		39
		— (Tableau des — de combustion).
		40
		— d'échauffement.
		41
		— spécifiques.
		41
		— (Valeurs des — d'échauffement du volume moléculaire de quelques gaz usuels).
		43
		— (Valeurs des — d'échauffement à pression constante du ki-

logramme de quelques gaz usuels).	44	Chauffage.	
— de distillation.	125	— avant la découverte du gaz.	2
— (Transmission de la — à l'intérieur des récipients de distillation).	130	— au gaz.	7
— (Transmission de la — à travers le charbon).	132	— (Étude théorique du —).	51
— (Répartition de la — dans les cornues).	133	— (Réalisation du —).	84
Chambres.		— (Utilisation de combustibles spéciaux pour le — des fours).	103
— (Fours à —).	200	— des fours Woodall-Duckham.	188
— (Fours à — horizontales).	202	— des fours Glover-West.	194
— (Fours à — inclinées).	206	— des fours à chambres inclinées.	211
— (Description des fours à — inclinées).	207	Cheminées.	
— (Chargement des — inclinées).	208	— (Tirage statique des —).	67
— (Déchargement des — inclinées).	208	— (Détermination des caractéristiques des —).	68
— (Chauffage des fours à — inclinées).	211	— (Calcul de la perte à la —).	81
— (Départs de gaz et barillets des fours à — inclinées).	213	— trainantes.	116
— (Main-d'œuvre utilisée aux fours à — inclinées).	213	— verticales.	117
— (Résultats d'exploitation des fours à — inclinées).	214	— (Stabilité et résistance des — verticales).	118
Charbons (voir Houilles).		Coke.	
Chargement.		— (Détermination de la teneur des houilles en —).	23
— des cornues horizontales avec fond.	170	— (Influence du traitement thermique sur la qualité du — produit).	145
— des cornues horizontales avec ou sans fond.	171	— (Influence des mélanges de charbon sur la qualité du — produit).	146
— des fours Woodall-Duckham.	189	— (Influence du broyage du charbon sur la qualité du — produit).	149
— des fours Glover-West.	196	— (Extraction et évacuation du — dans les fours Woodall-Duckham).	190
— des chambres inclinées.	208	— (Extraction et évacuation du — dans les fours Glover-West).	196
Chariots extincteurs.	208		

— (Extinction, transport et emmagasinage du —).	216		
— (Procédés non mécaniques d'extinction et de transport du —).	217		
— (Autres procédés d'extinction et de transport du —).	220		
— (Le — métallurgique).	250		
— (Fours à — : voir à fours).			
— (Gaz de fours à — : voir à gaz).			
Cokeries.			
— (Schémas de — modernes).	252		
— (Parallèle entre la — et l'usine à gaz).	258		
— (Création de — gazières).	260		
Colonnes montantes.	163		
Combustibles.			
— (Avantages de la gazéification des —).	63		
— (Consommation de —).	87		
— (Utilisation de — spéciaux pour le chauffage des fours).	103		
Combustion.			
— spontanée des houilles.	37		
— et chaleur de —.	39		
— (Température de —).	44		
— (Mécanisme de la — dans un générateur de gaz à l'air).	57		
Concessions.			
— (Régime des —).	9		
Compagnie parisienne.			
— (Fondation de la —).	6		
Contrôle.			
— de la température.	46		
— du tirage.	69		
— chimique de la qualité des gaz.	70		
— (Appareil d'Orsat).	70		
— (Burette de Bunte).	72		
— de la marche d'un four.	73		
		D	
		Déchargement.	
		— des cornues horizontales avec fond.	171
		— des cornues horizontales sans fond.	174
		— des chambres inclinées.	208
		Découverte du gaz.	3
		Décrassage.	
		— (Gazogènes indépendants et à — mécanique).	97
		— (Différents types de gazogènes à — mécanique).	101
		— des grilles de gazogènes.	235
		Dégraphitage des récipients de distillation.	224
		Dellwick-Fleischer.	
		— (Appareil — pour gaz à l'eau bleu).	238
		— (Appareil — pour gaz triple).	264
		Distillation.	
		— (Étude théorique de la —).	120
		— (Phénomènes chimiques de la —).	120
		— (Phénomènes thermiques de la —).	125
		— (Chaleur de —).	125
		— (Rendement thermique de la —).	129
		— (Transmission de la chaleur à l'intérieur des récipients de —).	130
		— (Variations quantitatives des produits obtenus par —. Rendements).	133
		— (Influence du traitement thermique sur les rendements en produits de la —).	136

— (Régime ou durée de la —)	159	— (Autres procédés d' — et de transport du coke)	220
— (Meilleures conditions de réalisation de la —)	160	— des fours	222
— (Réalisation de la —)	161		
— (Fours à cornues verticales à — discontinue)	182		
— (Fours à cornues verticales à — continue)	185		

E

Eau.

— (Détermination de la teneur des houilles en — hygrométrique)	23
— (Calcul de la quantité d' — à injecter pour la fabrication du gaz mixte)	58
— (Alimentation en — des gazogènes)	90
— (Réglage de l'introduction de l' — dans les gazogènes)	95
— (Entraîneur - extincteur par courant d' —)	220

Éclairage.

— avant la découverte du gaz	1
— au gaz	6

Emmagasinage.

— des houilles	34
— des houilles sous l'eau	38
— du coke	216

Entraîneur.

— de Brouwer	217
— extincteur par courant d'eau	220

Extinction.

— du coke	216
— (Procédés non mécaniques d' — et de transport du coke)	217

F

Force motrice.

— avant la découverte du gaz	2
— par le gaz	9

Fours.

— (Description sommaire d'un — à distiller le charbon)	51
— (Rendement d'un —)	52
— (Circulation des gaz dans les —)	63
— (Contrôle de la marche d'un —)	73
— (Recherche pratique du rendement d'un — à gazogène et à récupération)	74
— (Calcul du rendement d'un —)	77
— (Représentation schématique du bilan thermique d'un —)	82
— (Foyer d'un — à combustion simple)	84
— (Utilisation de combustibles spéciaux pour le chauffage des —)	103
— (Construction des —)	
Matériaux réfractaires)	110
— (Armature des —)	113
— (Classification des —)	162
— (Plan d'étude des —)	162
— à cornues horizontales	165
— à cornues horizontales à chauffage par combustion simple	168

à cornues horizontales à récupération par inversion.	168	— (Résultats d'exploitation de — à chambres inclinées).	214
— (Disposition d'ensemble des ateliers de — à cornues horizontales).	174	— (Allumage et extinction des —).	222
— à cornues inclinées.	179	Fours à coke.	
— à cornues verticales à distillation discontinue.	182	— (Historique des —).	250
— à cornues verticales à distillation continue.	185	— (Classification des —).	251
— Woodall-Duckham.	186	— (Caractéristiques du gaz de —).	254
— (Chauffage des — Woodall-Duckham).	188	Foyer d'un four à combustion simple.	84
— (Chargement des — Woodall-Duckham).	189		
— (Départ de gaz dans les — Woodall-Duckham).	190	G	
— (Extraction et évacuation du coke dans les — Woodall-Duckham).	190	Gaz.	
— Glover-West.	192	— (Découverte du —).	3
— (Chauffage des — Glover-West).	194	— (Avenir de l'industrie du —).	10
— (Chargement des — Glover-West).	196	— (Composition moyenne du — brut).	123
— (Extraction et évacuation du coke dans les — Glover-West).	196	— (Influence du traitement thermique sur la qualité du — produit).	137
— (Résultats d'exploitation des — à distillation continue).	198	Gaz à l'air.	
— à chambres.	200	— (Générateur de —).	54
— à chambres horizontales.	202	— (Conditions optima de la production industrielle du —).	56
— à chambres inclinées. Généralités.	206	— (Température de combustion du —).	56
— (Description des — à chambres inclinées).	207	Gaz de distillation du bois.	270
— (Chauffage des — à chambres inclinées).	211	Gaz double.	
— (Départs de gaz et barillets des — à chambres inclinées).	213	— (Appareil Strache).	262
		Gaz à l'eau.	
		— (Historique du —).	227
		— bleu. — carburé.	228
		— (Principe de la fabrication du —).	228
		— (Composition du — bleu).	230
		— (Propriétés du — bleu).	231
		— (Étude thermique de la fabrication du —).	231

-- (Réalisation pratique de la fabrication du —).	234	-- (Appareil Dellwick-Fleischer)..	264
-- (Appareil Dellwick-Fleischer)..	238	-- (Appareil Rincker)..	266
-- (Appareils Krammers et Aarts)..	240	-- (Comparaison entre les — en une ou deux phases)..	269
-- (Appareil Humphreys et Glasgow)..	241	Gazogènes (voir aussi générateurs).	
-- (Résultats d'essais des appareils Humphreys et Glasgow)..	244	-- (Recherche du rendement thermique du —)..	75
Gaz de four à coke.		-- ou générateurs à combustion étagée.	87
-- (Caractéristique du*—).	254	-- Siemens.	88
-- (Quantité de gaz disponible)..	255	-- (Alimentation en eau des —).	90
-- (Utilisation dans les distributions urbaines)..	256	-- (Grilles de —).	90
Gaz à l'huile.	264	-- sans grilles.	90
Gaz de lignite.	275	-- à circulation horizontale..	91
Gaz mixte.		-- (Conduite des —).	93
-- (Générateur de —).	57	-- (Chargement des —).	93
-- (Calcul de la quantité d'eau à injecter)..	58	-- (Piquage des —).	94
-- (Influence de la quantité de vapeur introduite)..	58	-- (Décrassage des —).	95
-- (Conditions optima de la production industrielle du —).	60	-- (Réglage de l'introduction de l'air primaire et de l'eau).	95
-- (Température de combustion du —).	60	-- (Réglage de la production).	96
-- (Température dans la masse des combustibles dans un générateur à —).	60	-- indépendants et à décrassage mécanique.	97
Gaz naturel.	277	-- de l'Usine à Gaz de Vienne-Léopoldau.	98
Gaz de tourbe.	274	-- (Différents types de — à décrassage mécanique).	100
Gaz triple.		-- à fusion de cendres..	101
-- (Appareil Dellwick-Fleischer)..	238	-- (Décrassage des grilles de —)..	235
Gazéification.		Générateurs (voir aussi gazogènes).	
-- (Avantages de la — des combustibles)..	63	-- à combustion simple.	53
Gazéification intégrale.	261	-- à combustion étagée ou gazogène.	53
-- (Appareil Strache)..	262	-- de gaz à l'air.	54

M		— (Influence du remplissage des —)	150
Mâchefers (Évacuation des —)	94	— (Influence de la pression dans les —)	150
Magasins en plein air.	35	— (Influence de l'introduction de vapeur d'eau dans les —)	151
— couverts.	35	— (Matériaux utilisés pour la fabrication des —)	162
Manutentions (Les diverses — du charbon à l'intérieur de l'Usine).	29	— (Entretien des —)	223
Matériaux réfractaires.	110	— (Dégraphitage des —)	224
Matières volatiles (détermination de la teneur des houilles en —)	23	Récupération.	
Montres de Seger.	47	— (—)	60
		— (Effets utiles de la —)	61
		— (Rendement de la —)	80
		— (Calcul de la perte par rayonnement de la —)	82
		— discontinue.	106
		— continue.	108
		Régime.	
		— ou durée de la distillation.	159
		Registres.	116
		Remplissage.	
		— (Influence du — des récipients de distillation).	150
		Rendements.	
		— d'un four.	52
		— (Recherche pratique du — d'un four à gazogène et à récupération).	74
		— (Recherche du — thermique du gazogène).	75
		— (Calcul du — d'un four).	77
		— de la récupération.	80
		— thermique de la distillation.	129
		— (Variations quantitatives des produits obtenus par distillation. Rendements).	133
		— (Influence du traitement thermique sur les —	
O			
Orsat (Appareil d' —)	70		
P			
Pesage du charbon.	28		
Plonge dans les barillets.	164		
Poussoirs (Appareils —)	210		
Pouvoir calorifique.	41		
Pression (Influence de la — dans les récipients de distillation).	150		
Pyromètres.			
— thermo-électrique de Le Châtelier.	48		
— thermo-électrique de Féry.	48		
— de Mesuré et Nouel.	49		
— optique de Wanner.	50		
R			
Réception des charbons par eau.	27		
— des charbons par fer.	27		
Récipients de distillation.			
— (Transmission de la chaleur à l'intérieur des —)	130		

TABLE DES NOMS D'AUTEURS

- | | |
|--|---|
| <p>A</p> <p>Aarts, 235, 240.
 Argand, 1.
 Aubé, 100.
 Auer von Welsbach, 6.</p> <p>B</p> <p>Baille-Barelle, 147.
 Barber John, 3.
 Barnett William, 9.
 Beilby (Sir George), 153, 158, 200.
 Benson, 276.
 Berthelot Marcelin, 41, 121, 122,
 123, 125.
 Besnard, 171.
 Biju-Duval, 126.
 Bone, 58.
 Boudouard, 56, 58, 145.
 Bourgeois de Chateaublanc, 1.
 De Brouwer, 33, 172, 173, 174,
 217, 219, 220.
 Brown Samuel, 9.
 Brun, 100.
 Bueb, 152, 182.
 Bunte, 72.
 Burghes, 124.</p> <p>C</p> <p>Carcel, 2.
 Carvès, 251.
 Cauchy, 132.
 Cavendish, 217.</p> | <p>Cellerier F., 113.
 Charpy, 13, 145, 147, 148.
 Charron, 9.
 Chavanne, 100.
 Clark, 261.
 Clayton Jean, 4.
 Clegg (Sir Samuel), 5.
 Cobb, 126.
 Constan, 126.
 Coze A., 179, 206.
 Crafton, 162.
 Crossley, 9.</p> <p style="text-align: center;">D</p> <p>Darcy, 15, 16.
 Decorps, 147.
 Dellwick, 234, 238 et suiv., 261,
 264.
 Dessemond, 101.
 Didier, 91.
 Dolensky, 265.
 Duckham, 100, 185, 186, 188 et
 suivantes, 199, 276.
 Dumas, 10.
 Dvorkovitz, 272.</p> <p style="text-align: center;">E</p> <p>Euchène, 52, 126, 127, 128, 129
 135, 136, 216.</p> <p style="text-align: center;">F</p> <p>Féry, 48, 49.</p> |
|--|---|

Fichet, 100, 101.
 Fischer, 228, 274, 276.
 Fleischer, 234, 238 et suiv., 261,
 264.
 Fontana Félice, 228.
 Foxwell G.-E., 141.
 Franchot, 2.
 Frankland, 228.
 Frère G., 105, 133, 171.

G

Garfield, 276.
 Gay-Lussac, 5.
 Glasgow, 234, 235, 237 et suiv., 241
 et suiv., 269.
 Glover, 153, 157, 163, 185, 186,
 192 et suiv., 217.
 Godchot, 13, 145, 147, 148.
 Godinet, 133, 180.
 Granger, 2.
 Groume-Grjimaïlo, 64.
 Guéguen, 126, 131, 132.

H

Harlé, 174.
 Belmont van, 4.
 Heurtey, 100, 101.
 Hollings, 126.
 Hovine, 105, 110.
 Humphreys, 234, 235, 237 et suiv.,
 241 et suiv., 269.
 Hunt, 32.

I

Ives, 7.

J

Johnston James, 9.

K

Kerpely, 98, 100, 236, 237.
 Kessler François, 2.
 Kjeldahl, 24.
 Klönne, 204.

Knab, 251.
 Kolbe, 126.
 Koppers, 99, 204.
 Krammers, 240.

L

De Lachomette, 104, 106, 108,
 110, 212.
 Laudati Caraffe, 1.
 Laurain A., 170, 171.
 Laurain H., 275.
 Lebon Philippe, 3 et suiv.
 Le Chatelier Henri, 42, 44, 48, 54,
 55, 57, 58, 60, 67, 119, 134, 136
 229, 231, 277.
 Lenoir, 9.
 Lessing, 126.
 Letombe, 9.
 Löwe, 217, 234.
 Loy, 100.
 Luckiesh, 7.

M

Mahler, 41, 129, 130, 134, 135,
 269.
 Mallard, 42.
 Mansfield, 272.
 Marchal, 24.
 Marconnet, 101, 102.
 Marischka, 98.
 Masse René, 11, 38.
 Melon, 126.
 Mesuré, 49.
 Meyer R., 122.
 Minkelers, 4.
 Mond, 91, 92, 100.
 Morgan, 101.
 Murdoch William, 5.

N

Néret, 4.
 Nerrière, 171.
 Niel, 9.
 Nouel, 49.

- O
- Orsat, 70.
Otto, 9.
- P
- Papin Denis, 3.
Parsy, 91, 93, 100.
Petit P., 66.
Piaton, 221.
Pictet, 124, 140.
Pott, 265.
Potter Humphry, 3.
Proust, 2.
- Q
- Quinquet, 2.
- R
- Ramsay, 122.
Regnault, 10, 40.
De la Reynie, 1.
Rinker, 266.
Rivaz, 9.
Rochas, 9.
Roser, 276.
- S
- Sainte-Claire Deville, 20, 21, 134,
135, 138.
Sar, 217, 218.
Sautter, 174.
Sauvageon, 101.
Schnieuwind, 255.
Seger, 47.
Sepulchre, 101.
Servais, 101.
Short, 141.
Siemens, 88, 90, 107, 109, 168.
Simmersbach, 142, 250.
- Simplex, 9.
Smeaton, 3.
Smits, 251.
Somerset Edouard, 3.
Stefan, 49.
Stein, 100.
Strache, 234, 235, 261 et suiv.,
270.
Street Robert, 3.
Strong, 217.
Sulzer, 221.
- T
- Tardin Jean, 4.
Tauzen A., 122.
Taylor, 271.
Thyssen, 276.
- V
- Vieille, 41.
Villiers H., 104.
- W
- Wanner, 50.
Watt James, 3.
West, 153, 157, 163, 185 et suiv.,
192, 217.
Weyman Geoffroy, 126.
Wheeler, 58, 124.
Wien, 50.
Winsor, 5.
Winzler, 5.
Wologdine, 131.
Woodall, 100, 185, 186, 188 et
suiv., 199, 296.
Wright Wellmann, 9.
- Z
- Ziegler, 276.

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION ET DE LOCATION
d'Appareils de Levage et de Matériel de Travaux Publics
78, Rue Vitruve

Les Appareils de Levage et de Manutention
dans les Usines à Gaz

GRUES, PORTIQUES, PONTS, BENNES AUTOMATIQUES, CONVOYEURS A
GODETS, A TAPIS ET A RACLETTES, ÉLÉVATEURS, CHARIOTS EXTING-
TEURS, POUSSOIRS, TRACTEURS, MONORAILS, BENNES AUTOMOTRICES

La nécessité de réduire les frais de main-d'œuvre, le plus qu'il est possible, dans les usines où la manutention des matières est importante, a conduit les industriels à recourir à la manutention mécanique de ces matières. En particulier, dans les Usines à gaz, desservant les grandes agglomérations, qui traitent journellement plusieurs centaines de tonnes de houille, la manutention des houilles et des cokés a fait l'objet de nombreuses études de la part des constructeurs d'appareils de levage et de manutention.

La SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION ET DE LOCATION D'APPAREILS DE LEVAGE ET DE MATÉRIEL DE TRAVAUX PUBLICS, 78, rue Vitruve, qui s'est adjoint les Établissements J. RICHARD, s'est spécialisée dans la construction de ce matériel. Une pratique de vingt années, au cours desquelles elle a réalisé un grand nombre d'installations sous la direction de la COMPAGNIE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS ET MATÉRIEL D'USINES A GAZ et la COMPAGNIE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTION DE FOURS, spécialement compétentes dans l'industrie des Usines à gaz, lui a permis d'acquérir une réputation qui la place parmi les premières maisons.

Les principales manutentions à réaliser dans les Usines à gaz peuvent se répartir en quatre phases :

- A) Celles correspondant à l'amène des houilles.
- B) Celles particulières aux chargement et déchargement des fours.
- C) Celles correspondant à l'évacuation des cokés.
- D) Celles, auxiliaires, correspondant à l'épuration du gaz, à l'atelier du gaz à l'eau et aux chaufferies.

La configuration des terrains dont disposent les usines nouvelles ou l'aménagement des divers ateliers dans les usines existantes font que les grandes manutentions doivent être envisagées différemment suivant les usines pour assurer un rendement optimum. La SOCIÉTÉ DES APPAREILS DE LEVAGE a pu, pour chacun des cas qui lui ont été soumis, en groupant judicieusement les appareils dans chacune de ces phases, réaliser les manutentions de la façon la plus économique et ainsi toujours donner par ses installations la plus complète satisfaction à ses clients.

A. — MANUTENTIONS CORRESPONDANT A L'AMENÉE DES HOUILLES.

a) **Approvisionnement des houilles et transport aux ateliers.** — Les houilles sont amenées aux Usines à gaz par voie de fer ou par voie d'eau.

Dans le cas de l'amène par voie de fer, les wagons viennent jusqu'au-dessus des silos correspondant aux fours.

Dans le cas de l'amène par voie d'eau, les chalands sont généralement déchargés par l'intermédiaire des grues pivotantes sur portique. Suivant les distances séparant le point de déchargement aux ateliers et au tonnage utilisé le transport des houilles aux silos des fours se fait alors par trémie automotrice, par rame de wagons, rame remorquée par tracteur ou par convoyeur.

Quelle que soit toutefois la façon dont les houilles sont amenées, la possibilité d'arrêt dans leur livraison oblige les Usines à gaz à conserver toujours une réserve importante. Le stockage des houilles se fait sur de grandes surfaces, généralement desservies par plusieurs portiques.

Les grues de déchargement construites par la S. A. L. sont généralement montées chacune sur un petit portique fixe ou mobile, lequel supporte également une trémie de grande capacité. Le charbon pris dans les chalands par l'intermédiaire d'une benne automatique est accumulé dans cette trémie où s'alimentent les trémies automotrices, les rames de wagons-trémies ou le convoyeur.

Quelques-unes des grues de déchargement construites par la S. A. L. manutentionnent plus de 100 tonnes de charbon par heure.

Les portiques, dont le treuil à cabine adjointe est à benne automatique, permettent seuls le stockage des houilles sur de grandes surfaces. Ils assurent soit le déchargement des wagons venant de la mine ou le déchargement des chalands lorsque le parc peut être établi le long de la voie d'eau, soit la reprise dans une fosse où peuvent se déverser les wagons-trémies ou le convoyeur, soit enfin la prise en stock.

La S. A. L. a construit des portiques atteignant 150 mètres de portée et capables de manutentionner plus de 200 tonnes de charbon à l'heure.

Le principal avantage des grues et portiques construits par la S. A. L., sur tous les appareils similaires, réside dans la benne automatique et dans le treuil dont ils sont munis.

La benne automatique (brevetée S. G. D. G.) est en effet spécialement construite pour assurer sans détérioration le déchargement des wagons et des chalands et cela, presque complètement sans le secours des pelletiers, étant donnée la forme des coquilles qui permettent de ramasser les houilles jusque dans les angles. La grande force de serrage des mâchoires obtenue par le mouflage du câble de levage dispense de laisser tomber la benne sur le tas pour obtenir une bonne prise. La faible hauteur de la benne, relativement à sa grande ouverture, assure sa bonne stabilité sur les talus, et malgré la grande inclinaison qu'elle peut prendre par suite, sa déformation est empêchée par une conjugaison à engrenages des coquilles.

Le treuil (breveté S. G. D. G.) à deux tambours qui peuvent être rendus solidaires ou indépendants l'un de l'autre par l'intermédiaire d'un dispositif spécial à satellites, avec système de freins adjoint, permet d'effectuer toutes les manœuvres de la benne, en particulier l'ouverture à n'importe quelle hauteur, la descente et la montée de la benne ouverte ou fermée. La possibilité de régler l'ouverture permet en outre le vidage avec précision dans un récipient relativement étroit, tel qu'un wagon ou une trémie.

La simplicité de conduite du treuil, qui est effectuée par un homme à l'aide seulement d'un contrôleur et d'une pédale, le fait rechercher non seulement pour les Usines à gaz, mais aussi pour tous les industriels soucieux d'éviter à leur personnel une grande fatigue. Toute fausse manœuvre est impossible et notre treuil est le seul à assurer cette impossibilité.

b) **Transport des houilles à l'intérieur des ateliers.** — Les houilles amenées aux ateliers dans les silos situés au niveau du sol doivent être transportées dans les silos situés au-dessus des fours après avoir été broyées. Cette manutention est généralement réalisée par les convoyeurs et les élévateurs convenablement groupés.

Les convoyeurs à godets basculants présentent l'avantage d'assurer le transport des matières dans un plan vertical d'un point quelconque de leur longueur à un autre point quelconque. Ils peuvent se prêter quant à leur circuit, à tous les tracés possibles du fait que les godets qui sont suspendus au-dessus de leur centre de gravité restent toujours verticaux quelle que soit la position des chaînes d'entraînement.

Ils sont utilisés pour les ateliers à fours à cornues horizontales.

Chaque convoyeur s'alimente par l'intermédiaire d'un remplisseur à l'un des silos situés au niveau du sol. A l'extrémité de l'atelier desservi, le charbon est déversé dans un broyeur puis repris par l'intermédiaire d'un convoyeur auxiliaire adjoint au broyeur. Le charbon est ainsi transporté au-dessus des silos des fours. Le déchargement au-dessus de tel ou tel silo est obtenu en plaçant au-dessus du silo une came qui fait basculer le godet au passage.

Pour les usines à fours à chambres inclinées, le remplissage des silos des fours est assuré par des convoyeurs à raclettes, assurant le transport horizontal du charbon de leur extrémité à un point quelconque, auxquels sont adjoints des élévateurs à godets.

B. — MANUTENTIONS PARTICULIÈRES AU CHARGEMENT ET AU DÉCHARGEMENT DES FOURS.

a) **Ateliers de fours à cornues horizontales.** — Lorsque les Usines utilisent les fours à cornues horizontales, le chargement en houille de ces cornues se fait par l'intermédiaire de machines à charger. Ces appareils, qui s'alimentent aux silos disposés à la partie supérieure des ateliers, sont munis en général d'une trémie magasin et d'une trémie auxiliaire, le volume de cette dernière correspondant à la capacité d'une cornue. Par l'intermédiaire d'un distributeur, le charbon s'écoule dans un anget ; une roue à palettes animée d'un mouvement de rotation rapide provoque le jet horizontal du charbon. Les machines à charger construites par la S. A. L. permettent de remplir un four de 9 cornues d'une capacité de 6 tonnes environ en moins de 10 minutes.

Le déchargement des fours est effectué par un poussoir, à poutre télescopique. Cet appareil est quelquefois adjoint à la machine à charger qui prend alors le nom d'entourneuse-défourneuse. A sa sortie des fours, le coke incandescent tombe généralement sur un convoyeur à tapis qui assure son passage dans des trémies disposées le long des ateliers, au-dessus desquelles sont disposées les rampes d'extinction. Par l'intermédiaire d'une noria discontinue, à grande capacité, ou bien d'un élévateur à godets, le coke est repris sous ces trémies pour être déversé dans les silos à coke.

b) **Ateliers de fours à chambres inclinées.** — Dans le cas où les usines utilisent les fours à chambres inclinées, permettant de traiter plusieurs tonnes de houille, le chargement des fours se fait par l'intermédiaire d'un entonnoir mobile par simple gravité.

Étant donnée la grande quantité de coke obtenue, le déchargement des fours se fait dans des chariots extincteurs. Chaque appareil dessert en général deux rangées de fours entre lesquelles il circule.

Les chariots extincteurs sont constitués essentiellement par une grande tour, à deux ouvertures latérales et une ouverture supérieure, à la partie inférieure de laquelle est disposée une cuve dans laquelle se déverse le coke. Après extinction obtenue par arrosage, la cuve est basculée dans une benne posée sur un tracteur, laquelle benne est déversée par l'intermédiaire d'une grue spéciale dans les silos à coke.

Étant donné l'inclinaison des chambres, afin de maintenir la porte inférieure par laquelle le coke s'écoule, absolument fermée, et d'assurer l'étanchéité nécessaire, la porte est munie d'un dispositif de verrouillage à contrepoids. Le chariot extincteur possède donc, pour permettre le délutage, un treuil électrique qui actionne les crochets de délutage servant à l'ouverture des portes. Afin de pouvoir n'opérer que sur l'une des deux chambres situées de part et d'autre de l'appareil, ou bien sur aucune d'elles dans le cas de dégrappillage, la levée de la porte étant obtenue alors par d'autres crochets, les crochets de délutage dans le cas de leur utilisation sont déplacés dans des guidages convenablement disposés le long de la tour de l'appareil. Le gâteau de coke, qui tombe en général par simple gravité et non sous l'action à sa partie postérieure d'un poussoir, est divisé à son arrivée dans la tour par un dispositif brise-coke, solidaire de la cuve.

Les chariots extincteurs construits par la S. A. L. permettent de traiter jusqu'à 6 tonnes de coke par opération.

C. — MANUTENTIONS CORRESPONDANT A L'ÉVACUATION DES COKES.

Le coke éteint, déversé dans les silos à proximité des fours, est repris par trémies-automotrices, par wagons-trémies ou par convoyeur, pour être transporté dans les silos de l'atelier de triage.

Par l'intermédiaire du convoyeur à tapis et d'élevateur, le coke est transporté à la partie supérieure de l'atelier. Le coke est ensuite dirigé dans des trommels qui sont formés par un long cylindre incliné. Le mouvement de rotation de ces cylindres assure par gravité le cheminement du coke. La paroi du cylindre est perforée de façon que le coke abandonne au fur et à mesure de son cheminement le poussier, le grésillon, les criblés n° 1 et 2 pour sortir de l'appareil en gros criblé.

Le coke pouvant ne pas être pris immédiatement par la clientèle, les Usines à gaz amassent en général le coke sur de grandes surfaces desservies, comme celles correspondant aux houilles, par un ou plusieurs portiques.

D. — MANŒUVRES AUXILIAIRES CORRESPONDANT A L'ÉPURATION DU GAZ, A L'ATELIER DE GAZ A L'EAU ET AUX CHAUFFERIES.

a) **Épuration du gaz.** — La nécessité de débarrasser le gaz des produits sulfureux qu'il contient oblige à le faire passer dans de grandes cuves remplies d'une matière poreuse contenant de l'oxyde de fer hydraté. La matière épurante après usage pouvant être reutilisée par l'oxygène de l'air, de grandes surfaces sont réservées dans les bâtiments correspondants pour permettre d'épandre la matière.

Suivant les usines, la matière épurante est disposée dans les cuves sur une seule couche de 0,70 à 0,80 d'épaisseur, reposant sur des claies en bois ou bien sur plusieurs couches séparées par des claies.

Dans le premier cas, le pont à benne automatique est avantageusement employé puisque la benne ne peut prendre la matière dans de bonnes conditions. Dans le second cas, au contraire, la faible épaisseur des couches ne permettant pas l'usage de la benne automatique, les usines emploient des bennes à renversement qui sont chargées par des pelletiers, bennes qui sont transportées par l'intermédiaire de ponts.

b) **Atelier de gaz à l'eau et chaufferies.** — Le chargement des gazogènes ou des grilles des chaudières est avantageusement effectué par des bennes monorails, à bras ou automatiques. Les bennes monorails à bras conviennent là où le débit nécessaire n'est pas important. Les bennes monorails électriques sont utilisées lorsque leur déplacement doit se faire, pour des raisons d'aménagement, sur des circuits inaccessibles ; dans ce cas, elles déversent leur contenu, grâce à des cames convenablement placées agissant sur le verrou d'une porte ménagée dans leur fond et leur retour au point de départ se fait automatiquement en fin de course par l'intermédiaire d'un inverseur.

PRINCIPALES RÉFÉRENCES

E. C. F. M. : Usine de Gennevilliers.

Gaz de Paris : Usine de La Villette et du Landy.

Compagnie Générale de Construction de Fours.	}	E. C. F. M.
		Gaz de Paris.
		Usine de San Paolo.
	}	Usines de Montpellier, d'Agen, de Saint-Étienne.
		E. C. F. M.
Compagnie pour la Fabrication des Compoteurs et Matériel d'Usines à Gaz.	}	Gaz de Paris.
		Usine de San Paolo.
		Usines de Perpignan, Montpellier, Agen, Tunis.

Compagnie Française du Centre et du Midi : Usines de Béziers, de Toulouse.

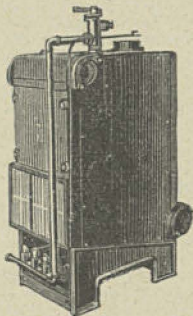
Société du Gaz et de l'Électricité de Marseille : Usine de Marseille.

Société des Fours à Coke : Usine d'Elbeuf.

Société du Gaz de Lyon.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE
CHALEUR & LUMIÈRE

22, Rue Drouot - PARIS - Wagram 66.15



MANCHONS
RADIATEURS
CUISINIÈRES
RÉCHAUDS
BRULEURS INDUSTRIELS

CLAMOND

BEC KERN

CHAUDIÈRES

- A GAZ -



Pour chauffage central et distribution d'eau chaude.

APPAREILS CONSTRUITS PAR LA
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHALEUR ET LUMIÈRE

CHAUDIÈRES "PHI".

La chaudière à gaz "PHI" pour le chauffage central et les distributions d'eau chaude est constituée par une série d'éléments assemblés et peut être établie pour toutes les puissances.

Ses éléments, à faible volume d'eau, permettent une mise en régime rapide. Les gaz brûlés circulent à travers un empilage de pièces réfractaires, d'où, maximum de rendement.

Le foyer est visible et très accessible. L'action du régulateur de température commande l'intensité du foyer.

RADIATEURS "CLAMOND".

Ces appareils chauffent par radiation, par récupération et par convection.

RÉCHAUDS ET CUISINIÈRES "CLAMOND".

Le dessus de ces appareils est constitué par une surface unie dans laquelle sont ménagées des cavités de diamètres appropriés à ceux des récipients à chauffer. Ainsi, non seulement le fond mais les parois des récipients sont soumis à l'action du foyer et le maximum de rendement est obtenu.

BRULEURS INDUSTRIELS.

La série des brûleurs industriels a été établie pour réaliser de multiples adaptations en vue du plus grand nombre de besoins.

Pour vos JOINTS

n'employez que du véritable

MASTIC SERBAT

le meilleur, le plus économique

L'étanchéité absolue et la longue durée des joints faits avec du MASTIC SERBAT l'ont fait adopter par la plupart des Usines à Gaz.

Exiger la Marque déposée.



L. SERBAT

Saint-Saulve

==== (Nord)

Le Mastic Serbat est un mastic métallique à base de manganèse et ne contenant aucun autre corps gras que de l'huile de lin épurée.

Grâce à la finesse et à l'homogénéité de ses éléments constitutifs, résultat d'une préparation longue et minutieuse, le Mastic Serbat fait des joints d'une étanchéité parfaite et de très longue durée.

Le Mastic Serbat ne contenant aucune substance toxique tels que sels de plomb ou de zinc, son emploi n'offre aucun inconvénient pour les ouvriers chargés de son application.

Par la qualité et la solidité de ses joints, le Mastic Serbat est très économique. De plus, un kilogramme de Mastic Serbat coûte moitié moins cher qu'un kilogramme de mastic de minium et fournit deux fois plus de joints.

SOCIÉTÉ WILTON

*pour l'Exploitation des Procédés Chimiques
et Foyers WILTON brevetés (tous Brevets)*

Société Anonyme au capital de 120 000 francs

SIÈGE SOCIAL :

233, boulevard Antoine-Gautier, Bordeaux

CONSTRUCTION D'APPAREILS

pour la fabrication de

Sulfate d'Ammoniaque neutre et sec

Neutralisation du Sulfate

dans les Installations existantes

Récupération et Rectification du BENZOL, ESSENCE

Distillation et Déshydratation du
GOUDRON, NAPHTALINE

Foyers Économiseurs WILTON

brevetés, brûlant économiquement

tous les poussières en augmentant la vaporisation

DEVIS SUR DEMANDE

PROCÉDÉS WILTON

SULFATE D'AMMONIAQUE NEUTRE ET SEC

Le Système WILTON comporte des procédés directs et indirects.

Plusieurs types de saturateurs ont été créés pour l'enlèvement du sel, soit à la main, soit automatiquement par le déchargeur automatique WILTON.

Le rendement du système WILTON est très élevé. Il permet d'obtenir le sulfate neutre et sec. Le procédé WILTON de neutralisation peut être appliqué dans toutes les Usines à Gaz quel que soit le procédé de fabrication du sulfate.

DÉBENZOLAGE ET RECTIFICATION DU BENZOL

Le procédé WILTON est d'un rendement très élevé grâce à l'utilisation de la chaleur des vapeurs provenant du distillateur et de l'huile débénzolée.

La conduite de l'atelier est très simple, les appareils et les réservoirs sont d'un accès facile.

DÉSHYDRATATION ET DISTILLATION DU GOUDRON

Le procédé WILTON est continu, il sépare les huiles légères de l'eau, tandis que le goudron déshydraté s'écoule sous forme d'un courant régulier.

Les appareils sont très simples et d'un fonctionnement économique. Ils donnent une sécurité complète contre les risques d'incendie, vu la faible quantité de goudron en circulation dans un serpentin.

Le goudron est complètement déshydraté avant son entrée dans les chaudières de distillation, il ne se produit par suite jamais de mousse dans ces dernières.

Le procédé s'applique quelle que soit la teneur en eau.

La distillation peut être poussée en vue d'obtenir autant de fractionnements qu'on le désire.

FOYER ÉCONOMISEUR WILTON

Le FOYER ÉCONOMISEUR WILTON, brevet 1920, permet de brûler d'une façon très économique les poussières de coke et augmente la vaporisation.

C'est un appareil soufflé nécessitant une très petite quantité de vapeur admise dans des barreaux creux formant tubes, constituant une sole perforée sur laquelle brûlent les poussières.

La quantité d'acide carbonique dans les gaz atteint 15 à 18 pour 100, preuve d'une combustion complète.

Le montage de l'appareil est très rapide et très simple. Sa conduite est très facile.

La Société WILTON de BORDEAUX est la SEULE CONCESSIONNAIRE des brevets WILTON.

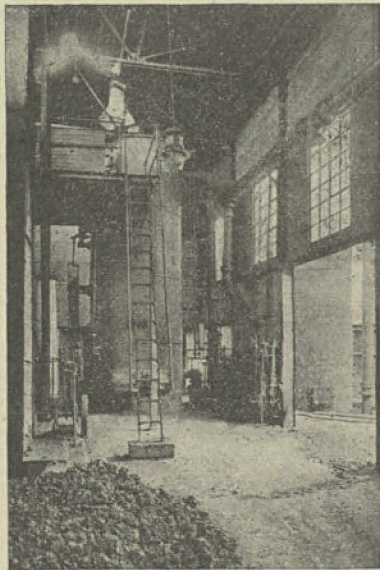
SOCIÉTÉ ANONYME DES
**APPAREILS DE MANUTENTION
ET FOURS STEIN**

(CAPITAL : 1 500 000 FRANCS)
Registre du Commerce Seine n° 134003.

48, Rue La Boétie, PARIS (8^e)

Téléphone { ÉLYSÉES 53-04, 05, 06
 INTER-LYSEES 11

Adresse télégraphique :
FOURSTEN-PARIS



Installation TULLY

47, Victoria Street, LONDRES
(Angleterre)
16-4, Via Milano, GÈNES (Italie)
3, rue Georges-Clemenceau, LIÈGE
(Belgique)
Gran Via, 38, BILBAO / Espagne)
MOUNT-VERNON, Ohio
(U. S. A.)

**USINE à BROUSSEVAL
(Haute-Marne)**



Installation de nombreuses
USINES A GAZ

Fours à récupération
à cornues horizontales
Fours à cornues inclinées
Fours à gazogène sans cave
Fours à cornues verticales
et à chambres
Fours à gazogènes séparés
et à récupération

GAZOGÈNES

Avec ou sans décrassage automatique, à récupération de sous-produits

APPAREILS A GAZÉFIER CHAPMAN
GAZÉFICATION INTÉGRALE SYSTÈME TULLY

Chauffage au gaz et à l'huile lourde

APPAREILS DE MANUTENTION MÉCANIQUE

Équipement complet des fours

Catalogue sur demande

VIII

HAUTS FOURNEAUX ET FONDERIES DE PONT-A-MOUSSON

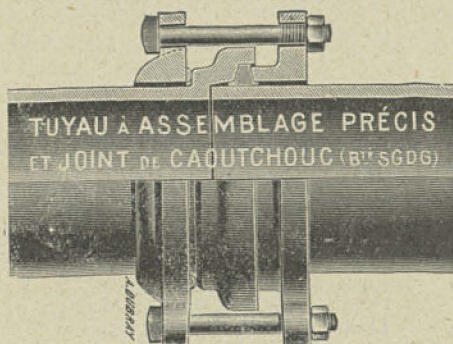
Président de la Société
C. CAVALLIER, O. ✱



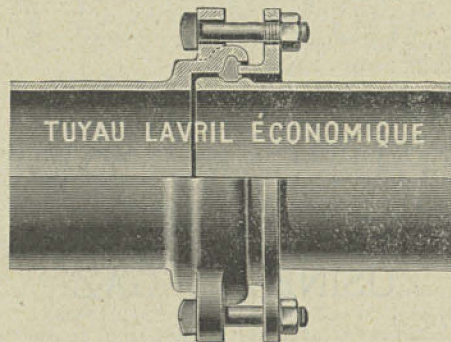
Administrateur Directeur Général
M. PAUL

TUYAUX EN FONTE

pour EAU, GAZ, AIR COMPRIMÉ, GAZ SURPRESSÉ, etc...
à joints au plomb, et à joints de caoutchouc.



Le type de joint ci-dessus a été adopté par la Société d'Eclairage, Chauffage et Force motrice pour les conduites d'alimentation en gaz de la banlieue de Paris (92 communes), 111 kilomètres de tuyaux de 0^m,50, 0^m,60, 0^m,70, 0^m,80 et 1 mètre de diamètre, 850 kilomètres de tuyaux de 0^m,40 de diamètre et au-dessous (1904-1910).



— Siège social à Pont-à-Mousson —

Sièges Administratif et Commercial : 9-11, rue Saint-Léon, Nancy.

Bureaux à Paris : 5, rue Jules-Lefebvre (9^e).

Envoi franco des Catalogues sur demande.

IX

SOCIÉTÉ ANONYME
pour l'Utilisation des Combustibles

CAPITAL : 1 200 000 FRANCS

Siège social : 39, Rue La Boétie, PARIS

GAZÉIFICATION ARÉSIDUELLE
GAZ A L'EAU BLEU — GAZ A L'EAU CARBURÉ
(Brevets Rincker)

DÉBENZOLAGE PAR VOIE SÈCHE
(Charbon actif)

APPLICABLE AUX PLUS PETITES USINES

CHAUFFAGE AUX COMBUSTIBLES PULVÉRISÉS
FOURS MÉTALLURGIQUES, etc.

Demandez renseignements et devis.

SOCIÉTÉ ANONYME DE
CARBONISATION ET DE DISTILLATION
DES COMBUSTIBLES

Capital : 5 005 500 francs

Adresse conventionnelle : DISTICOKE - 48, rue La Boétie - PARIS (VIII^e)

Télégr. : DISTICOKE PARIS - Téléph. : Élysées 53-04, 53-05, 53-06, 53-07 - Inter 162

Marque "DISTICOKE" déposée

FOURS A COKE

*Fours français, système Hurez - Réglage précis - Rendement maximum en gaz
et sous-produits. — Chauffage par gaz riche ou gaz pauvre*

USINES A GAZ

USINES pour récupération et fabrication des sous-produits
Épuration des gaz

LAVOIRS A CHARBON

Criblage. — Dépoussiération et Lavage perfectionnés.

Ateliers Moisant-Laurent-Savey

Bureaux et Atelier de Serrurerie :

20, Boulevard de Vaugirard, PARIS (15^e)

Atelier de grosse construction : IVRY-SUR-SEINE

Adresse télégraphique · MOILAUVEY

Téléphone : SÉGUR 08.02

TRAVAUX MÉTALLIQUES — EN TOUS GENRES —

Pour Usines, Ateliers, Magasins, Bâtimens, etc.

CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES — ET CHAUDRONNERIE —

pour Gazomètres, Appareils de manutention, Passerelles, etc.

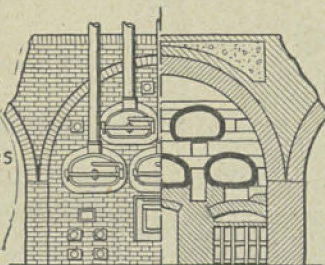
FOURS ET GAZOGENES

DISTILLATION des
COMBUSTIBLES

Fours à cornues
Fours à Chambres

— COKERIES —

CHAUFFÉS PAR
GAZOGENES ET
RÉCUPÉRATEURS



ETUDE ET
ENTREPRISE
GENERALE DE
FOURS DE TOUS
SYSTEMES.

TRANSFORMATION,
ENTRETIEN ET
refection de Fours
et foyers existants.

INSTALLATIONS COMPLETES d'usines à GAZ.

DURIEUX & C^{IE}

tel. Glysées 58-37.

Bureaux transférés : 14, Rue Montaigne, PARIS (8^e)

CHAÎNES SIMPLEX

ÉLÉVATEURS

TRANSPORTEURS

MONORAILS

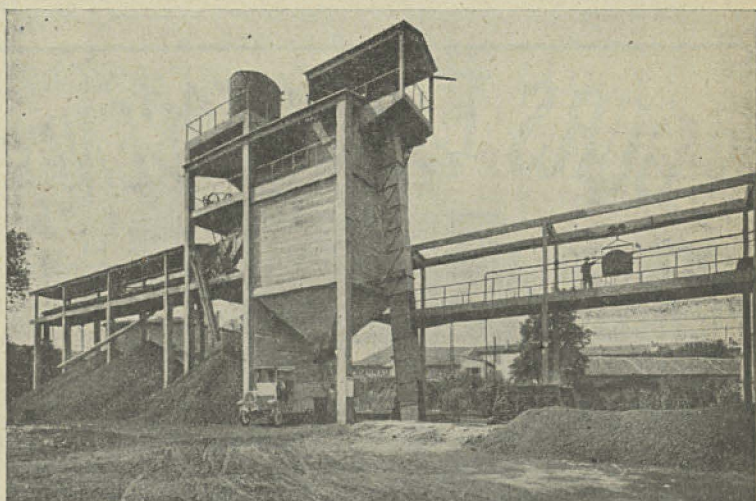
MONTE-CHARGES

CHEMINS A ROULEAUX

SIMPLEX

ET

TOUS APPAREILS DE MANUTENTION



Manutention de coke par Élévateurs, Transporteurs et Monorails "Simplex".

C^{IE} DES TRANSPORTEURS SIMPLEX
43, Rue Lafayette, PARIS

==== FORGES ET ATELIERS ====
DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES

DE JEUMONT

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 80 000 000 FRANCS

Siège social : 75, Fovlevard Haussmann, PARIS

USINES DE JEUMONT (NORD)

Télégrammes :
ÉLECTRICITÉ
JEUMONT-NORD



Téléphone :
JEUMONT
Nos 13, 26 et 45

Ateliers de Constructions Électriques - Fonderies - Acières
Câblerie - Tréfileries - Laminoirs - Manufacture d'Isolants

TURBO-ALTERNATEURS — TRANSFORMATEURS
GROUPES CONVERTISSEURS — COMMUTATRICES

TRACTION ÉLECTRIQUE

Toutes Applications Électro-Mécaniques

AUX MINES, A LA MÉTALLURGIE

==== ET A L'INDUSTRIE ====

Appareils de Levage et de Manutention

MACHINES D'EXTRACTION

Moteurs de Laminoirs — Pompes — Ventilateurs

CABLES ARMÉS, FILS NUS ET ISOLÉS

Boîtes et tubes — Isolants moulés

AUTRES USINES :

FEIGNIES (Nord) : Charpentes métalliques, Chaudronnerie en fer, Réservoirs, Boulonnerie, Tirefonds.

LA PLAINE-SAINT-DENIS (Seine) : Appareillage électrique.

NANCY : Limes, Râpes, Outillage, Aciers à outils.

FOURS A COKE

SOCIÉTÉ ANONYME

et Installations métallurgiques

CAPITAL :

7 000 000

SIÈGE SOCIAL : 44, rue du Louvre, PARIS (1^{er})

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : Gazéfag-Paris. — TÉLÉPHONE : Central 17-92

CONSTRUCTION DE FOURS A COKE

A récupération des sous-produits avec ou sans régénérateurs de chaleur à chauffage au gaz riche de fours à coke ou au gaz pauvre de gazogène ou de haut fourneau.

Systèmes brevetés de la Société des Fours à Coke Semet-Solvay et Piette

TRAITEMENT DES SOUS-PRODUITS

Installations complètes d'usines de récupération et de traitement des sous-produits :

Goudron, ammoniac, benzol. — Fabrication des produits purs.

GAZOGÈNES à grille mobile avec ou sans récupération de sous-produits.

RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR DU COKE

(Procédé SULZER) produisant environ 300 kilogrammes de vapeur par tonne de coke.

Entreprise d'installations à forfait ou remboursables par les sous-produits

FONDERIES DE BROUSSEVAL

(Haute-Marne)

CANALISATIONS — USINES A GAZ — FONTES
DE FOURS ET DE CANALISATIONS INDUS-
TRIELLES — APPAREILS DE RÉCUPÉRATION
DES SOUS-PRODUITS DE LA HOUILLE —
TUYAUX A AILETTES — RADIATEURS —
CHAUDIÈRES "SOVAL" — TOUTES FONTES
SUR PLANS ET MODÈLES — ATELIERS DE
CONSTRUCTION

Siège Social et Usine : à BROUSSEVAL (Haute-Marne).

Bureaux à PARIS : 48, rue La Boétie (8^e). — Téléphone : Élysée 53-04.

Dépôt à PARIS : 4, rue du Terrage (10^e). — Téléphone : Nord 02-84.

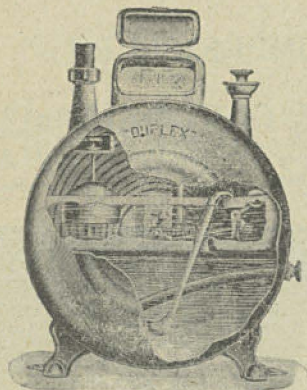
ENVOIS DES ALBUMS SUR DEMANDE

Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à Gaz

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 36 000 000 FRANCS

12, Place des États-Unis, MONTROUGE (Seine)

Téléphone : Ségur 37-90, 87-61, 92-00



COMPTEUR A MESURE INVAIABLE
ET A VOLANT EQUILIBRE
Brevet S. G. D. G.
Poinçonné par la Ville de PARIS

COMPTEURS
DE CONSOMMATION
DE
TOUTES CAPACITÉS
APPAREILS
DE LABORATOIRES
COMPTEURS
DE FABRICATION

Régulateurs d'émission
et de consommation.

Indicateurs de pression.

CONDENSATEURS PELOUZE ET AUDOUIN

Nouveau modèle à cloche cylindrique.

EXTRACTEURS BEALE — VENTILATEURS

SURPRESSEURS DE GAZ — ÉPURATEURS

LAVEURS A BENZOL,

A AMMONIAQUE, A NAPHTALINE

VALVES ET ROBINETS

*Construction de tous appareils et entreprise de tous travaux
se rattachant à la fabrication, au traitement et à la distribution du gaz
ou à l'extraction de ses sous-produits.*

R A T E A U

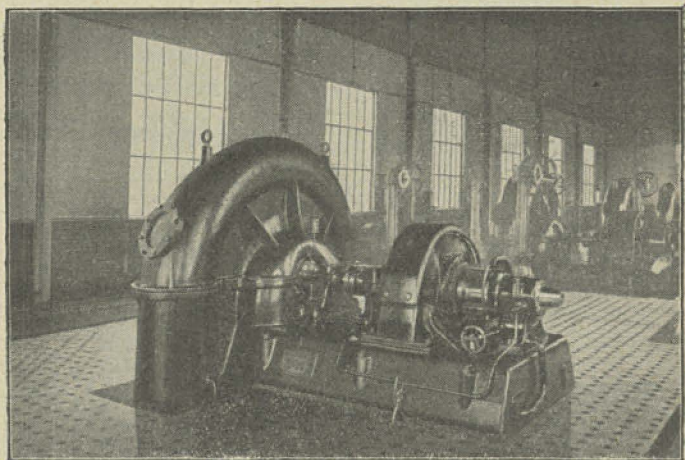


POMPES — VENTILATEURS

TURBINES — COMPRESSEURS

ROBINETTERIE GÉNÉRALE

POUR EAU — GAZ — VAPEUR



*Compresseur de gaz fourni à la S. E. C. F. M.
Usine à gaz de Gennevilliers.*

SOCIÉTÉ RATEAU

CAPITAL : 25 MILLIONS DE FRANCS

40, rue du Colisée, Paris (8^e)

XVI

CHARBONS A GAZ
CHARBONS A VAPEUR
CHARBONS INDUSTRIELS

Établissements ODON DE LUBERSAC

(Anciennement Arthur CAPEL & C^{ie})

7, rue Scribe

PARIS (9^e)

Télégr. : *Sripa-Paris* — Téléph. : *Gutenberg 10-92, 56-07, 41-09*

Agences et Dépôts :

NEWCASTLE-ON-TYNE, HULL

CARDIFF, NEWPORT, SWANSEA, LONDRES

ROUEN, BORDEAUX, MARSEILLE

MALTE, GIBRALTAR

XVII

ENTREPRISES

SOCIÉTÉ ANONYME — CAPITAL 3 000 000 FRANCS

Anciennement : J. DE BROUWER et DE BROUWER & C^e

FOURS A CORNUES

FOURS A CHAMBRES VERTICALES
ET HORIZONTALES

FOURS A COKE

MANUTENTION MÉCANIQUE DES CHARBONS
ET DES COKES

ENFOURNEUSES - DÉFOURNEUSES - ÉLÉVATEURS
ENTRAINEURS

Systèmes de BROUWER et autres

INSTALLATION DE CONDENSATION
LAVAGE — ÉPURATION

RÉCUPÉRATION DES SOUS-PRODUITS

GAZOMÈTRES

S'adresser

ENTREPRISES & MATÉRIEL

Anciennement : J. DE BROUWER et DE BROUWER et C^e

SOCIÉTÉ ANONYME

12, Rue du Berger, BRUXELLES

XVIII

& MATÉRIEL

12, Rue du Berger, BRUXELLES

CANALISATIONS

ET RÉSEAUX INTERCOMMUNAUX

STATION DE COMPRESSION

DÉTENDEURS A DIAPHRAGMES

STATIONS GAZOMÉTRIQUES DE RELAI

GAZ A L'EAU

Débenzolage du Gaz et Fabrication des Benzols Épurés et Rectifiés

*par les procédés les plus perfectionnés et les plus économiques en
exploitation dans plusieurs centaines d'installations et
applicables aux PETITES USINES A GAZ
aussi bien qu'à celles de MOYENNE
et de GROSSE production.*

aux Sociétés :

LE TRAITEMENT INDUSTRIEL ===== SOCIÉTÉ ANONYME DES COMBUSTIBLES

138, Avenue des Champs-Élysées, PARIS (8^e)

XIX

Ancienne Maison J. BRUNT et Cie

C^{ie} Continentale pour la Fabrication DES COMPTEURS ET AUTRES APPAREILS

SOCIÉTÉ ANONYME. — CAPITAL : 12 500 000 FRANCS

PARIS, 17, rue d'Astorg (VIII^e)

Ci-devant : 9, rue Pétrelle

Téléphone : *Élysées* 34-65, 36-59

BORDEAUX :

66, Cours Georges-Clemenceau

LILLE : 73 bis, Rue de Wazemmes

LYON : 35, Rue Victorien-Sardou

MARSEILLE :

134, Grand-Chemin de Toulon

BRUXELLES : 53, Rue de Birmingham

LA HAYE : 120, Falkstraat

MILAN : 41, Via Quadronno

NAPLES : 90, Via Benedetto-Cairolì

TURIN : 27, Via Roma

ROME : 11, Via dei Cevchi

MANUTENTION MÉCANIQUE DU CHARBON ET DU COKE DANS LES USINES A GAZ

Chargeur, défourneuse et machine double de Brouwer. Machine double à charger et à décharger pour moyennes usines. Défourneuse à poussoir semi-rigide. Machine à charger Smulders à cuillères. Machine à décharger Nerrière à ringard. Entraîneur-extincteur de Brouwer. Élévateurs, broyeurs de charbon et de coke, transporteurs, convoyeurs, trommels et trieurs à rouleaux.

INSTALLATIONS COMPLÈTES ET FOURNITURES DE TOUS APPAREILS D'USINES A GAZ

Barillets. Condenseurs à air et à eau. Colonnes à coke et scrubbers. Condensateurs Pelouze-Audouin et Mallet. Laveurs Holmès horizontaux et verticaux. Épurateurs. Extracteurs. Compteurs de fabrication volumétriques. Compteurs Thomas pour gros débits. Régulateurs d'émission. Gazomètres. Vannes et Robinets. Indicateurs de pression. Compteurs d'expériences photométriques. Photomètres. Calorimètres Juñkers. Manomètres. Rampes d'essais. Gaz à l'eau. Appareils pour benzol et sulfate d'ammoniaque.

Les eaux ammoniacales du gaz

Une tonne de houille donne 80 à 100 litres d'eaux ammoniacales, ces eaux renferment par mètre cube, 12 à 15 Kgs d'ammoniaque, ce qui correspond à 48 à 60 Kilog. de sulfate d'ammoniaque.

On peut employer directement les eaux ammoniacales, mais en ayant soin de les étendre de 10 à 15 fois leur volume d'eau si elles sont destinées à des prairies ou à des récoltes sur terre. Si on recule devant cette complication, on les répandra sur un sol nu ou bien on les saturera au préalable leur acidité par l'acide chlorhydrique ou sulfurique.

COMPAGNIE GÉNÉRALE
DE
CONSTRUCTION DE FOURS

Société anonyme au Capital de 17 200 000 francs

SIÈGE SOCIAL :

8, Place des États-Unis, MONTROUGE (Seine)

INSTALLATIONS
COMPLÈTES
D'USINES A GAZ

FOURS DE TOUS SYSTÈMES

BATTERIES CENTRALES de GAZOGÈNES

FOURS INDUSTRIELS
ET MÉTALLURGIQUES

procédés de la SURFACE COMBUSTION Co

Produits Réfractaires

de toutes formes et de toutes dimensions — Alumineux
Silico-alumineux et siliceux

Briques de Silice - Cornues

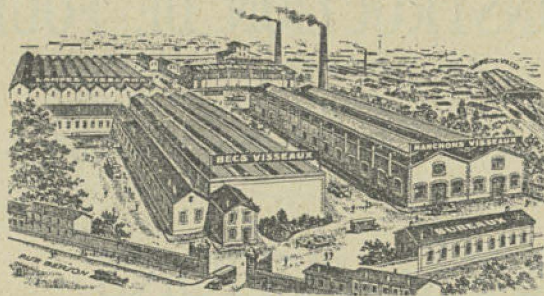
GRÈS SANITAIRES

VISSEAUX-LYON

Téléph. :
25-52, 40-28

87 à 91, Quai Pierre-Scize

Télégr. :
Visseaux-Lyon



Vue des usines Visseaux, 15 000 mètres carrés.

BECS INTENSIFS VISSEAUX, MANCHONS SOIE ET RAMIE
LAMPES MONOWATT, DEMI-WATT

Maison à Paris, 24, rue des Petites-Ecuries. ' Téléph. : Gutenberg 62-76

ACIÉRIES ET USINES A TUBES DE LA SARRE

SOCIÉTÉ ANONYME FRANÇAISE AU CAPITAL DE 50 000 000 FRANCS

Adr. tél. :
Sarretubas-Paris

64, Rue Pierre-Charron,
PARIS (VIII^e)

Téléph. :
Élyse 57-07, 57-03

TUBES EN ACIER

LAMINÉS SANS SOUDURE, POUR TOUS USAGES INDUSTRIELS

TUBES SPÉCIAUX POUR L'INDUSTRIE GAZIÈRE

TUBES PROTÉGÉS, goudronnés et recouverts de JUTE ASPHALTÉ
POUR CANALISATIONS SOUTERRAINES

INCASSABLES, LÉGERS, FLEXIBLES, INOXYDABLES

LAMINÉS EN TOUTES LONGUEURS JUSQU'À 14 MÈTRES

Éprouvés en usine à 80 kilogrammes par centimètre carré

Assemblés par joints au plomb maté, au caoutchouc, à fiietage précis
ou par soudure autogène

CAPACITÉ DE PRODUCTION ANNUELLE 100 000 TONNES

REVUE DES SCIENCES

Le débenzologage à Melun. — Le soleil et les calamités. — La production d'or en France.

Il nous revient, par le *Seine-et-Marnais*, qu'une intéressante expérience — industrielle — se fait à Melun, sur le débenzologage à l'usine à gaz (1), c'est-à-dire qu'on a installé un atelier pour l'extraction du benzol contenu dans le gaz de distillation de la houille, benzol remplaçant l'essence achetée à l'étranger, et dont la soustraction ne diminue pas sensiblement la valeur du gaz. Le procédé employé est le procédé Brégeat qui, en même temps, améliore le dénaphtalinage et s'oppose ainsi à l'encrassement des conduites.

L'originalité du procédé consiste en ce que la tétraline est employée comme agent d'absorption, à la place d'une huile spéciale provenant de la distillation des goudrons, et à la place aussi du charbon activé. La tétraline est un dérivé hydrogéné de la naphthaline, par catalyse sous pression, qui paraît très peu altérable et est doué d'une grande fluidité. C'est cette substance qui absorbe le benzol.

On commence par extraire la naphthaline au moyen de la tétraline: le gaz est mis en présence de cette dernière à 40° c.: elle absorbe la naphthaline. Et alors on laisse tomber la température à 16° ou 17° et la naphthaline cristallise, laissant la tétraline, prête à recommencer. Le gaz, qui a perdu sa naphthaline, est ensuite débenzolé dans un appareil spécial (rendement 90 %) par la tétraline encore: celle-ci contient 30 ou 40 grammes de benzol par

(1) Sur l'intérêt général du benzol en tant qu'élément d'un carburant national, on lira avec grand profit l'article très précis et complet que M. G. Kimpflin, professeur à l'École des travaux publics, a consacré à *La question du benzol* dans la *Revue générale des sciences* du 31 juillet 1927.

litre, qu'elle abandonne dans un appareil spécial sous l'influence de la chaleur (160° C. environ). Par distillation, on extrait le benzol, et la tétraline, après avoir cédé sa chaleur, est prête à recommencer. Le benzol est clair, exempt de naphthaline et de phénol, et constitue un excellent carburant d'automobile.

La tétraline, fabriquée pour la première fois en France, en 1901, par M. Sabatier, paraît pouvoir prendre une place importante dans le débenzologage du gaz d'éclairage, qui constitue une des solutions du carburant liquide. Le public des spécialistes suivra avec intérêt l'expérience qui se poursuit à Melun.

u moins la moitié de son temps, à l'intérêt industriel, poursuivie au manant de son directeur d'Études. s sujets économiques, techniques ou nd part à des exercices d'exposition tats.

rtificat de stage d'études au labora- en est jugé digne par le Comité de s supérieures de sciences appliquées.

LLE.

ts et la nature de l'étude poursuivie, ientifique qui prêtent leur concours hacun d'eux est guidé de façon per- Comité de Direction scientifique de on travail et son éducation expéri-

rechercher et d'offrir aux élèves des r immédiatement utiles pour couvrir vrant tout un organisme de liaison uérir le minimum indispensable de les services techniques susceptibles enablement guidée, et les directeurs is les moyens de recherche indispen-

ique de l'École est réalisé quand un i jeune ingénieur en stage au labo- expérimentale dont les résultats lui n de l'École revient à lui assurer nentateur très qualifié qu'est le Di- simultanément consacrer la moitié

ÉCOLE SUPÉRIEURE de Perfectionnement Industriel

92, rue de Clignancourt (XVIII^e).

Téléphone : Nord 46-97

BUT.

Développer chez les jeunes ingénieurs le sens des méthodes expérimentales, et l'esprit scientifique indispensables pour le perfectionnement des techniques industrielles.

MOYENS.

Admis sur titres par le Comité de direction scientifique, l'ingénieur consacre, pendant huit mois au minimum, au moins la moitié de son temps, à une recherche scientifique expérimentale d'intérêt industriel, poursuivie au laboratoire sous la direction immédiate permanente de son directeur d'Études.

Il suit en outre des conférences sur des sujets économiques, techniques ou scientifiques intéressant l'industrie, et prend part à des exercices d'exposition où il apprend à rendre compte de ses résultats.

En fin d'études, il lui est délivré un certificat de stage d'études au laboratoire, et il peut recevoir, si son travail en est jugé digne par le Comité de Direction scientifique, le Diplôme d'Études supérieures de sciences appliquées.

ORGANISATION MATÉRIELLE.

Les élèves sont placés, suivant leurs goûts et la nature de l'étude poursuivie, dans les divers laboratoires de recherche scientifique qui prêtent leur concours à l'École de Perfectionnement industriel. Chacun d'eux est guidé de façon permanente par un directeur d'études à qui le Comité de Direction scientifique de l'École confie la direction immédiate de son travail et son éducation expérimentale.

Un des rôles essentiels de l'École est de rechercher et d'offrir aux élèves des sujets d'études dont les résultats soient assez immédiatement utiles pour couvrir les frais matériels de ces études. Elle est avant tout un organisme de liaison entre les jeunes ingénieurs désireux d'acquérir le minimum indispensable de méthode expérimentale, les industriels ou les services techniques susceptibles d'utiliser leur activité expérimentale convenablement guidée, et les directeurs des laboratoires scientifiques où sont réunis les moyens de recherche indispensables.

Le mode de fonctionnement le plus logique de l'École est réalisé quand un industriel peut en même temps détacher un jeune ingénieur en stage au laboratoire, et lui faire confier une recherche expérimentale dont les résultats lui sont immédiatement utiles: L'organisation de l'École revient à lui assurer indirectement la collaboration de l'expérimentateur très qualifié qu'est le Directeur d'Études. Le jeune ingénieur peut simultanément consacrer la moitié de son temps à son service à l'Usine.

Remarques des "Débats" sur (Glet et août 1925)

Dans une ville anglaise, une autorité sanitaire a récemment publié un document donnant à entendre au public que l'emploi du gaz comme moyen de chauffage l'expose aux risques de l'empoisonnement par l'oxyde de carbone. Un physiologiste anglais éminent, M. Leonard Hill, a voulu voir si cette opinion est fondée. En quoi il a eu raison, car, trop souvent en matière d'hygiène, il nous tombe sur la tête des ordres venus on ne sait d'où, reposant on ne sait sur quoi, nous enjoignant de faire ceci ou de ne pas faire cela. Vingt ans après, un investigateur se présente, qui cherche les raisons du dogme et ne les trouve pas, pour la simple raison qu'il n'en existe point.

Tout de même, dira-t-on, l'oxyde de carbone est un poison, et qui tue. Poison, pas précisément, même pas du tout. Mais il tue par la passion qu'il met à se combiner avec l'hémoglobine et la ténacité de son affection. Comme il n'est pas respirable, il asphyxie, en prenant la place de l'oxygène, le seul légitime associé de l'hémoglobine dans une physiologie bien réglée. Dès lors, quoique non toxique, il est malfaisant et mortel; trop de suicides et d'accidents le démontrent. Ajoutons qu'il est très aisé de déterminer la proportion d'oxyde de carbone pouvant se trouver dans l'air, dans le sang, etc. MM. Leonard Hill et Angus (*Brit. Med. Journ.*, 28 mars), ont aspiré des centaines de litres d'air pris au point, dans la chambre où brûle une cheminée à gaz, où se trouverait le visage d'une personne installée à côté de cette dernière

pour se chauffer. En une heure, 700 litres d'air ont été absorbés, et promenés sur une solution d'hémoglobine. Celle-ci reste ce qu'elle était. Même résultat après que 1.300 litres ont été traités de même. Conclusion: pas d'oxyde de carbone dans l'air de la pièce: celui-ci, quand il est barboté dans une solution d'hémoglobine n'abandonne pas trace d'oxyde.

De nombreuses expériences faites de façons variées ont fourni la même conclusion.

Il est bien certain, toutefois, qu'il ne faut pas se servir de brûleurs de gaz brûlant au milieu de la pièce, sans cheminée, ou hotte. Car, dans ces conditions, fatalement, il se répand de l'oxyde de carbone dans l'air. Mais avec cheminée, ou tuyau d'évacuation des produits de la combustion, le gaz n'est pas plus dangereux que tel ou tel autre combustible. Il ne répand pas d'oxyde de carbone dans la pièce, du moment où on l'utilise dans une cheminée, et la production de ce gaz par la flamme de Bunsen utilisée dans les appareils usuels est sans danger.

Il serait désirable que le chauffage au gaz se répandît; il est commode, pratique, très propre; il économise la main-d'œuvre, et ne répand pas, comme le charbon ou le bois, de fumées et poussières dans l'atmosphère; il respecte cette dernière, et n'en fait pas un écran contre les bienfaisants rayons solaires. Et que les hygiénistes n'exagèrent pas, car, pour qu'un brûleur à gaz mette dans l'air d'une chambre de l'oxyde de carbone, il faut vraiment l'y obliger, en empêchant toute ventilation naturelle, et en s'opposant à toute évacuation des gaz de la combustion, choses qu'on ne fait qu'avec intention, dans le ferme propos d'aller voir ce qui se passe au delà du tombeau.

Le Chauffage au gaz

Un lecteur veut bien me communiquer le résultat de ses observations sur le chauffage par le gaz, basées sur une expérience personnelle. Deux ans de cette dernière l'amènent à cette conclusion qu'en tout cas « l'appareil rêvé n'est pas encore réalisé ». Il se sert d'un réchaud Auer avec tuyau d'évacuation des gaz de combustion et prise d'air sur la rue. Les inconvénients sont au nombre de deux : l'air s'échauffe très lentement. De près, la chaleur est intense, mais elle semble se communiquer difficilement à l'air. Il est certain que la surface chaude est faible : peut-être l'accroît-on en posant sur ou devant le réchaud une plaque de tôle à grande surface. D'autre part, ce chauffage donnerait rapidement de l'enrouement, souvent des rhumes. Un modèle plus pratique serait très désirable, telle est la conclusion.

Il le serait d'autant plus qu'il convient de tirer du charbon toute la chaleur, en en gaspillant le moins possible. Or la plupart des modes de chauffage utilisés sont peu économiques jusqu'ici. Un technicien anglais a récemment publié une brochure éditée par le *Fuel Research Board*, où il donne des chiffres intéressants. Il distingue avec soin la chaleur par radiation de la chaleur par convection. Les expériences ont été faites avec une chambre expérimentale unique. Elles font voir qu'avec le feu en grille ouverte l'efficacité — la proportion de chaleur reçue par la chambre comparée à la chaleur potentielle complète du combustible ou de la source — varie de 17,5 à 25 % sous forme de chaleur rayonnée, et atteint 5 % par convection — au total 22,5 ou 30 %, le reste (de 77,5 à 70 %) s'échappant par la cheminée. Avec le poêle à gaz moderne, l'efficacité varie de 55 à 60 % (45-50 par radiation et 10 par convection). C'est beaucoup mieux. Avec le radiateur à eau chaude, efficacité de 50 % environ. La perfection est atteinte avec le chauffage électrique : elle est de 100 % (70 par radiation et 30 par convection).

Voyons maintenant la question écono-

mic. Le plus économique est le feu de coke obtenu par distillation à basse température, de beaucoup (il s'agit de chauffage continu, et par radiation); puis vient, plus cher, le feu de charbon à grille ouverte; le chauffage au gaz coûte 2 fois $1/2$ le chauffage au charbon; le chauffage électrique, 5 fois $1/2$. Ce dernier est l'idéal comme commodité, mais un idéal onéreux.

On observera que des réserves s'imposent selon les dimensions de la pièce et la continuité ou la discontinuité du chauffage. Ainsi, il est plus économique d'employer le radiateur à eau chaude pour le chauffage continu d'une pièce de 1.000 pieds cubes; pour une pièce de cube quadruple, le feu de coke est plus économique s'il n'y a que 2 ou 3 personnes dans la chambre. S'il y en a plus, le radiateur redevient favori.

HENRY DE VARIGNY.

Prix: 20 francs net.