

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

COLLABORATEURS

Section de l'Ingénieur

MM.	MM.	MM.
Alain-Abadie.	Gassaud.	Michel-Lévy.
Alheilig.	Gastine.	Minel (P.).
Ariès (Comm ^t).	Gautier (Henri).	Minet (Ad.).
Armengaud jeune.	Godard.	Miron.
Arnaud.	Gossot (Comm ^t).	Moëssard (C ^t).
Barillot.	Gouilly.	Moissan.
Bassot (C ^t).	Grouvelle (Jules).	Moissenet.
Baume-Pluvinel (de la)	Guenez.	Monnier.
Bérard (A.).	Guye (C. Eug.).	Moreau (Aug.).
Bergeron (J.).	Guye (Ph.-A.).	Müller (Ph. T.).
Berthelot.	Guillaume (Ch.-Ed.).	Niewenglowski (G. H.).
Bertin.	Guyou (Comm ^t).	Naudin (Laurent).
Bertrand (L.)	Haller (A.).	Ocagne (d').
Biglia.	Hatt.	Ouvrard.
Billy (Ed. de).	Hébert.	Paloque.
Bloch (Fr.).	Hennebert (C ^t).	Périsse (L.).
Blondel.	Henriet.	Perrin.
Boire (Em.).	Hérisson.	Péroting.
Bordet.	Hospitalier (E.).	Picou ^s (R.-V.).
Bornecque.	Hubert (H.).	Poulet (J.).
Boucheron (H.).	Hutin.	Prud'homme.
Bourlet.	Jacométy.	Rateau.
Boursault (H.)	Jacquet (Louis).	Resal (J.).
Boussac (A.)	Jaubert.	Ricaud.
Candlot.	Jean (Ferdinand).	Rocques (X.).
Caspari.	Launay (de).	Rocques-Desvallées.
Charpy (G.).	Laurent (H.).	Rouché.
Clugnet.	Laurent (P.).	Sarran.
Croneau.	Laurent (Th.).	Sactiaux (E.).
Damour.	Lavergne (Gérard).	Sauvage.
Dariès.	Léauté (H.).	Seguela.
Defforges (Lt-Col.).	Le Chatelier (H.).	Seyrig (T.).
Delafond.	Lecornu.	Sidersky.
Drzewiecki.	Lecomte.	Simart.
Dudebout.	Lefèvre (J.).	Sinigaglia.
Dufour (A.).	Leloutre.	Sorel (E.).
Dumont (G.).	Lenicque.	Trillat.
Duquesnay.	Le Verrier.	Urbain.
Durin.	Lindet (L.).	Vallier (Comm ^t).
Dwelschauvers-Dery.	Lippmann (G.).	Vermand.
Fabre (Ch.).	Loppé.	Viaris (de).
Fabry.	Lumière (A.).	Vigneron.
Foex.	Lumière (L.).	Vivet (L.).
Fourment.	Madamet (A.).	Wallon (E.).
Fribourg (C ^t).	Magnier de la Source.	Widmann.
Frouin.	Marchena (de).	Witz (Aimé).
Gages (Cap.).	Margerie.	
Garnier.	Meyer (Ernest).	

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE - MÉMOIRE

PUBLIÉES

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

JAUBERT — L'industrie du Goudron de houille

1

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie
scientifique des Aide-Mémoire : L. Isler, Secrétaire
Général, 20, boulevard de Courcelles, Paris.*

N° 227 B.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

L'INDUSTRIE

DU

GOUDRON DE HOUILLE

PAR

GEORGE F. JAUBERT

Docteur ès-sciences

Ancien préparateur de Chimie à l'École Polytechnique

PARIS

GAUTHIER-VILLARS

IMPRIMEUR-ÉDITEUR

Quai des Grands-Augustins, 55

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)

INTRODUCTION

C'est au mois d'avril 1856 que William Henry Perkin découvrit la *mauveïne*, la première matière colorante artificielle dérivée du goudron de houille. Cette couleur violette, superbe pour l'époque, teignant la soie sans mordants et en nuances solides, eut auprès des teinturiers un succès sans précédent.

Dès ce moment, le goudron de houille, qui jusqu'alors n'avait été qu'une sorte de résidu encombrant, devint la source intarissable d'où jaillirent à flots pressés les belles découvertes que l'on sait.

L'invention des matières colorantes artificielles n'a pas eu seulement pour résultat d'enrichir la palette du teinturier de toute une gamme de nuances inconnues jusqu'alors, elle a eu encore cet effet remarquable d'imprimer aux recherches scientifiques une impulsion extraordinaire. C'est, en effet, à l'industrie du goudron de houille et des nombreuses matières

colorantes qui en dérivent que nous devons notre connaissance très étendue de la série aromatique et, en particulier, des dérivés du naphthalène. Ce fait unique peut-être dans l'histoire de la Science, montre avec évidence l'influence réciproque que la Science et l'Industrie exercent l'une sur l'autre, la liaison nécessaire de la théorie et de la pratique et comment tout fait acquis par la seconde contribue au développement de la première (1).

L'étude de l'industrie et des dérivés du goudron de houille, forme aujourd'hui un ensemble considérable et occupe une grande place dans la chimie organique, aussi a-t-elle été exposée à maintes reprises par la plume des savants les plus autorisés.

Dans l'étude qui suit, nous n'avons pas cherché à faire œuvre de novateur, nous nous sommes contenté de suivre la voie déjà tracée par un maître indiscuté en ce qui concerne les industries du goudron de houille, nous avons nommé M. G. Lunge, professeur à l'École polytechnique fédérale de Zurich.

M. Lunge a tracé, en effet, dans son livre :

(1) GEORGE F. JAUBERT. — *Historique de l'industrie des matières colorantes*, Géorg et C^{ie}, Lyon, 1896.

Die Industrie der Steinkohlentheerdestillation, (Brunswick, 1882), dont nous possédons, en français, l'excellente traduction de M. le docteur Gautier sous le titre de : *Traité de la distillation du goudron de houille et du traitement de l'eau ammoniacale* (Paris, 1885), un tableau fidèle de l'industrie et des applications si importantes du goudron de houille. Aussi est-ce à l'œuvre de M. G. Lunge que nous avons emprunté la plus grande partie des documents qui nous ont servi à écrire cet aide-mémoire.

Des renseignements fort intéressants aussi ont été puisés dans l'ouvrage de MM. les ingénieurs Chemin et Verdier : *La houille et ses dérivés* (Paris, maison Quantin), ainsi que dans le *Dictionnaire de Würtz* (Paris, Hachette, articles « gaz » et « goudron »), le *Bulletin de la Société technique du gaz en France* et dans le *Traité des dérivés de la houille* de Ch. Girard et de Laire.

CHAPITRE PREMIER

DÉFINITION DU GOUDRON

Qu'est-ce que le goudron ?

Dans la distillation sèche des corps organiques, on obtient trois produits nettement différenciés :

- 1° Un résidu solide ;
- 2° Des gaz qui se dégagent ;
- 3° Un liquide condensable.

Ce dernier se divise presque toujours en deux couches : l'eau renfermée dans la substance primitive, ou formée aux dépens de celle-ci pendant la distillation sèche, dissout une partie du liquide distillé, tandis que les produits condensés insolubles dans l'eau se séparent sous forme d'une huile plus ou moins épaisse, généralement de couleur foncée, qui, dans certains cas, est plus légère et, dans d'autres, plus lourde que la partie aqueuse, et que l'on désigne sous le nom de *goudron*.

Au point de vue qualitatif, la différence des matières soumises à la distillation se fait beaucoup plus sentir dans les produits condensés que dans le résidu solide ou dans les gaz dégagés.

Le résidu solide est toujours essentiellement constitué par du carbone plus ou moins pur.

Il en est de même pour les gaz qui ne restent pas en dissolution dans l'eau de condensation. Parmi les plus importants on trouve : l'anhydride carbonique, l'oxyde de carbone, l'azote, l'hydrogène, les premiers termes de la série du méthane et des hydrocarbures plus pauvres en hydrogène (éthylène, acétylène).

L'hydrogène sulfuré manque cependant dans les gaz fournis par le bois, tandis qu'on le rencontre toujours dans les gaz de la distillation de la houille et des matières animales.

La partie aqueuse du liquide distillé présente des différences très grandes suivant la nature de la matière brute soumise à la distillation. Avec le bois, dont la teneur en azote est très faible, le produit obtenu est acide, on y trouve surtout de l'acide acétique, de l'alcool méthylique et de l'acétone. L'alcool méthylique et la majeure partie de l'acide acétique du commerce ont cette origine. Les houilles, qui renferment toujours une certaine quantité d'azote, fournissent par contre un distillatum aqueux, dont la réaction est fortement alcaline, par suite de la présence d'ammoniaque et de petites quantités d'alcaloïdes volatils.

L'ammoniaque et les sels ammoniacaux préparés industriellement proviennent presque entièrement de cette source, c'est-à-dire de l'eau ammoniacale des fabriques de gaz, laquelle est obtenue non seulement par simple condensation mais aussi par lavage direct du gaz.

Quant aux goudrons mêmes, on peut dire, en général, que les goudrons de tourbe, de lignites et des schistes bitumineux se composent d'hydrocarbures de la série grasse, le goudron de bois, de phénols et de leurs dérivés, et le goudron de houilles d'hydrocarbures de la série aromatique.

HISTORIQUE

Chose digne d'attention, le goudron de houille, qui n'est actuellement qu'un sous-produit de la fabrication du gaz d'éclairage, fut préparé, bien avant les mémorables recherches de Lebon sur l'application à l'éclairage des hydrocarbures gazeux. Ceci ressort clairement de la première patente anglaise relative à la distillation sèche des houilles, prise par *John Joachim Becher* et *Henri Serle* en date du 19 août 1681, qui ne parle même pas de la préparation du gaz d'éclairage, mais seulement de celle de la poix et du goudron : *A new way of makeing pitch, and*

tarre out, of pit coale before never found out or used by any other.

On doit ensuite à Clayton (1) (1737-1738) les premières notions relatives à la nature des produits fournis par la distillation sèche de la houille; puis, vers la fin du siècle dernier, Lebon attira de nouveau l'attention sur ces produits et sur le parti que l'on peut en tirer pour la conservation du bois. Mais ce n'est guère que vers 1846 que Brönnner, de Francfort-sur-Mein, retira l'huile la plus légère du goudron, avec lequel il prépara le liquide nommé par lui, *eau à détacher* analogue à la benzine à la bande verte de Collas et composé en majeure partie de benzène.

Brönnner fabriquait aussi de la créosote et vendait l'huile lourde pour imprégner les traverses de chemin de fer.

Mais c'est en Angleterre, où l'éclairage au gaz a de tout temps présenté un développement beaucoup plus grand que sur le continent européen, que la première application importante du goudron de houille fut faite par Bethell qui, en 1838, prit un brevet pour la conservation des traverses de chemin de fer par imprégnation à l'aide des huiles lourdes extraites du goudron de gaz. A

(1) WURTZ. — *Dictionnaire de Chimie*, t 1, p. 1631.

partir de ce moment, la distillation du goudron de houille commença à devenir une fabrication industrielle.

D'après Roscoe (1), le naphte à brûler est le premier produit qui ait été préparé en Angleterre au moyen du goudron de houille, et ce n'est que plus tard que *Bethell* démontra la possibilité d'utiliser les huiles lourdes. Suivant *Longstaff* (2), au contraire, *Bethell* installa, de concert avec *Dalston*, à Leith, en 1822, la première usine pour la distillation du goudron. Le produit volatil était livré à la fabrique de tissus imperméables de Mackinstosh ; tout le résidu était utilisé pour la préparation du noir de fumée.

Les huiles légères de goudron n'attirèrent sérieusement l'attention que lorsque *A. H. Hoffmann* y eut découvert la présence du benzène en 1845, puis que *Mansfield* fit connaître, pour la première fois, la composition exacte de ces huiles dans son brevet de 1847, où il décrivait aussi une méthode de préparation du benzène à l'état pur et en grand, et où il proposait l'emploi des huiles les plus légères pour l'éclairage, et enfin que *William Henry Perkin* découvrit, en 1856, la mauvéine,

(1) *Soc. of chem. industry. Proceed. of. the gen. Meeting*, p. 8.

(2) *Ibid.*, p. 13.

la première couleur d'aniline, *Verguin*, la fuchsine en 1859 et *Graebe* et *Liebermann*, l'alizarine ou garance artificielle en 1868.

EXTRACTION DU GOUDRON FORMÉ DANS LA PRÉPARATION DU GAZ D'ÉCLAIRAGE

Presque tout le goudron de houille est le produit secondaire de la fabrication du gaz d'éclairage et c'est pour cela que, souvent, il est aussi désigné sous le nom de goudron de gaz. Nous entrerons d'abord dans quelques détails au sujet de l'influence qu'exerce, sur la qualité et la quantité du goudron la *température* à laquelle a lieu la décomposition de la houille ; cette influence se fait sentir à un très haut degré et principalement sur la qualité. Lorsque la température est relativement basse, il se forme parmi les hydrocarbures, surtout ceux de la série de la paraffine de la formule générale, $C^nH^{2n} + 2$; les termes inférieurs de cette série sont liquides et, après leur séparation et leur épuration, ils donnent des huiles d'éclairage et des huiles de graissage ; les termes supérieurs sont solides, ils fournissent de la paraffine. Les corps de la série de l'éthylène de la formule générale, C^nH^{2n} , ont, avec ces derniers, une très grande analogie ; dans un grand nombre de cas, ils remplacent les paraf-

fines partiellement ou entièrement. Il est vrai que l'on rencontre toujours aussi les dérivés oxygénés du benzène (phénols) et surtout les combinaisons plus compliquées, dans lesquelles se trouvent des radicaux de la série grasse (méthyle) soit dans le noyau benzénique, soit à la place de l'hydrogène de l'hydroxyle, comme le crésol, $C^6H^4(CH^3)(OH)$, le gayacol, $C^6H^4(OH)(OCH^3)$, le créosol, $C^6H^3(CH^3)(OH)(OCH^3)$, etc. Ici les produits liquides sont généralement prédominants et, parmi ces produits, on trouve notamment l'acide acétique, par conséquent aussi un corps de la série grasse. Naturellement il se dégage toujours des gaz, mais en quantité relativement faible.

Lorsque, au contraire, la décomposition de la houille a eu lieu à une température très élevée, on rencontre des groupements moléculaires tout autres. Les corps de la série de la paraffine disparaissent presque complètement puisqu'il se forme à leurs dépens, d'une part, des corps beaucoup plus riches en carbone et, d'autre part, des corps beaucoup plus riches en hydrogène. Ces derniers sont tous des gaz permanents; le méthane ou gaz des marais, CH^4 , et l'hydrogène libre, sont les éléments principaux du gaz ainsi produit, et ils augmentent considérablement la quantité de ce dernier. Le carbone, ainsi de-

venu disponible, se dépose en partie à l'état libre dans les cornues mêmes, et il se présente alors sous forme d'une masse très compacte analogue au graphite : le charbon de cornue ; une autre partie du carbone libre se trouve dans le goudron à un état de division extrême et il constitue un élément du brai ou du coke qui forment le résidu de la distillation du goudron. Mais une autre partie du carbone est employée à la formation de combinaisons riches en carbone, que l'on est convenu d'appeler des combinaisons aromatiques et qui, toutes, dérivent du benzène, C^6H^6 ; en outre, il se forme, par l'action de la chaleur, ordinairement par perte d'hydrogène, d'autres condensations moléculaires, lesquelles donnent naissance à des combinaisons d'un poids moléculaire plus élevé, telles que le naphthalène, l'anthracène, le phénanthrène, le chrysène, etc. L'oxygène, qui ne manque jamais, conduit à la formation de phénols ; on rencontre surtout le phénol proprement dit ou acide carbonique, $C^6H^5(OH)$, tandis que le crésol et ses autres homologues sont moins abondants et que les dioxybenzènes, ainsi que les dérivés méthylés, disparaissent entièrement. Le charbon donne des produits tout à fait différents suivant qu'il est introduit dans une cornue et porté ensuite lentement jusqu'au rouge *a* ou qu'il est dis-

tillé rapidement dans une cornue chauffée au rouge *b*.

	<i>a</i>	<i>b</i>
Coke	30	30
Eau.	10,7	7,7
Goudron	12	10
Gaz et perte	17,1	32,1

Le goudron de *a* se compose de photogène, d'huile solaire, d'huile de graissage, de paraffine et de crésote, celui de *b* de benzène, de toluène, de naphthalène, d'anthracène et de beaucoup de crésote.

Le rendement total des houilles en goudron peut être évalué en moyenne à 5 % de leur poids. D'après Wurtz (1), les houilles de Saint-Étienne ne donnent que 4 % d'un goudron pauvre, celles d'Anzin et de Mons 6,73 %, et certaines houilles de la Prusse jusqu'à 7 %. Parmi les houilles allemandes, celles de la Silésie inférieure fournissent le meilleur goudron, tandis que le goudron des houilles de Westphalie est celui qui a le moins de valeur.

Le tableau suivant, emprunté à Muspratt Stohmann, fait connaître le rendement en goudron de différentes sortes de charbons, ainsi que celui des autres produits :

(1) WURTZ. — *Dictionnaire de Chimie*, t. I, p. 1631.

PRÉPARATION

1 tonne (1016 kilogrammes) de 2240 livres anglaises donne	Gaz	
	Pieds cubes = 28 décimètres cubes	Livres = 453,5 grammes
Boghead cannel	13,334	"
Newcastle	9,833	"
Wigan cannel	10,850	"
Lochgelly	8,331	"
7/8 + 1/8 boghead	9,055	"
9/10 + 1/10 "	9,050	"
11/12 + 1/12 "	9,750	"
Peltain Main Durham	9,500	"
3/4 + 1/4 boghead	12,809	"
Lismahago cannel I	11,681	461
" cannel II	9,878	483,5
Ramsay's Newcastle cannel	9,016	410
Derbyshire deep seam	9,400	300
Wemyss cannel I	10,976	551
" cannel II	10,192	528
Wigan cannel	9,408	338

D'APRÈS LE MÊME AUTEUR

Termes de comparaison	Goudron
En général	4 à 6 0/0 ←
Avec les charbons anglais	4 à 5 "
Avec les charbons de Sibérie	5 à 6 "

DU GOUDRON.

Coke	Goudron	Eau ammoniacale	Perte
livres	livres	livres	
715	733,3	"	"
1426	98,3	60	"
1332	218,3	161,6	"
1245	225	340	"
1200	400	170	"
1205	335	290	"
1240	227	270	"
1540	112,5	112,5	"
1366	206,6	116,5	"
1091	594	4,5	87,5
1064	603	4,5	85
1435	295	6,7	93,3
1335	219	179	207
1124,5	224	"	340
1188	197	"	367
1326	250	"	326

ON DOIT OBTENIR

Eau ammoniacale
6 à 10 $\frac{0}{0}$
6 $\frac{0}{0}$ de 1 à 8 B.
9 "

Désignation des charbons	Caractères physiques et					
	Poids de l'hectolitre de charbon	Fines et poussier par 10 000 kilogrammes	Eau hygrométrique par 100 kilogrammes	Composition élémentaire		
				Dédaction faite des plantes		
				O	H	C
<i>Nord</i>						
Denain, fosse Saint-Marc	92,500	5,79	2,20	4,97	4,19	90,24
" Thiers	94,000	6,35	3,40	4,36	4,16	90,86
Moyenne	92,250	6,07	2,80	4,66	4,18	90,55
<i>Charbons allemands</i>						
Neu-Colo (König Wilhelm)	89,330	6,42	2,27	5,29	4,92	89,19
König Wilhelm (Christian Levin)	88,880	6,39	2,10	6,10	4,56	88,74
Herné Bochum (Puits Providence)	90,670	4,75	2,20	5,05	4,81	89,54
Herné Bochum (Puits Providence)	88,110	4,55	1,94	4,57	5,08	89,75
Herné Bochum (Puits Barillon) . . .	86,000	6,25	2,58	7,30	5,19	86,91
<i>Charbons belges</i>						
Ouest de Mons Bellevue	37,897	4,26	1,60	6,70	4,68	88,02
Agrappe	87,000	2,81	2,90	5,38	4,84	89,18
Escouffiaux	85,970	3,08	1,83	5,61	5,23	88,56
Seize actions	82,905	2,63	2,09	6,32	5,27	87,80
<i>Pas-de-Calais</i>						
Fourges	89,152	3,89	2,40	5,80	5,02	88,58
Nœux, fosse n° 2	93,000	4,43	1,36	5,46	5,11	88,58
Moyenne	88,083	4,49	2,11	5,78	4,97	88,63
<i>Charbons anglais</i>						
Washington	86,554	6,27	1,91	7,75	5,26	86,39
West Delaware	82,406	3,87	3,00	6,86	5,34	87,20
West-Leverson	81,625	4,85	2,66	6,89	5,41	87,10

composition du charbon					Gaz				
Composition élémentaire		Incinération et calcination			Rendement		Pouvoir éclairant	Rendement ramené à 100 litres	
Hydrogène en excès	Soufre pour 100 dans le charbon	Matières volatiles	Coke	Cendres	Par 100 kilogrammes charbon tout venant	Par 100 kilogrammes charbon pur		Par 100 kilogrammes charbon tout venant	Par 100 kilogrammes charbon pur
3,57	0,87	16,40	83,6	10,30	24,33	26,9	180	13,00	14,5
3,63	0,68	16,00	84,0	10,50	23,10	28,8	176,2	13,71	15,3
3,60	0,77	16,20	83,8	10,40	32,71	27,8	178,1	13,35	14,9
4,26	1,09	24,00	76,00	6,00	29,280	31,1	149,6	20,550	21,9
3,79	1,03	22,00	78,00	7,25	27,630	29,7	177,8	16,320	17,6
4,18	0,93	22,50	77,50	6,50	30,080	32,11	167,3	18,880	20,2
4,50	1,33	24,75	75,25	4,55	30,010	31,4	145,6	21,640	22,7
4,28	1,57	27,50	72,50	7,00	28,640	30,08	132,9	22,630	24,3
3,85	0,60	20,00	80,00	5,37	26,758	30,00	161,1	18,760	19,2
4,17	0,14	22,00	78,00	4,35	26,960	28,2	132,3	21,390	22,4
4,58	0,77	26,74	73,26	12,64	28,621	33,3	120,2	24,980	25,8
4,48	0,67	28,63	71,37	7,56	30,212	33,5	124,2	25,370	27,0
4,29	0,96	27,32	72,68	8,91	28,846	32,4	128,05	28,810	30,0
4,43	0,59	27,00	73,00	9,00	28,190	31,0	131,60	22,490	24,7
4,26	0,97	24,76	75,24	7,19	28,838	31,16	142,79	21,547	23,2
4,30	1,37	29,00	71,00	6,12	32,080	32,7	119,4	27,360	28,8
4,48	1,63	31,76	68,24	4,55	30,741	32,7	111,4	28,859	30,8
4,55	1,16	32,44	67,56	3,50	31,075	„	108,25	30,171	„

Désignation des charbons	Gaz		
	Densité		Acide carbonique Pour 100 en volume
	Brute	Déduction faite de l'acide carbonique	
<i>Nord</i>			
Denain, fosse Saint-Marc	0,286	0,270	1,21
" Thiers	0,290	0,273	1,30
Moyenne	0,288	0,272	1,25
<i>Charbons allemands</i>			
Neu-Cöln (König Wilhelm)	0,349	0,325	1,91
König Wilhelm (Christian Levin)	0,342	0,320	1,73
Herné Bochum (Puits Providence)	0,322	0,307	1,18
Herné Bochum (Puits Providence)	0,332	0,314	1,42
Herné Bochum (Puits Baillon)	0,363	0,344	1,53
<i>Charbons belges</i>			
Ouest de Mons Bellevue	0,331	0,311	1,56
Agrappe	0,344	0,327	1,31
Escouffiaux	0,371	0,351	1,40
Seize actions	0,362	0,341	1,71
<i>Pas-de-Calais</i>			
Dourges	0,379	0,349	2,33
Neux	0,365	0,334	2,38
Moyenne	0,351	0,329	1,64
<i>Charbons anglais</i>			
Washington	0,372	0,355	1,44
West Delaware	0,360	0,346	1,41
West Levarson	0,400	0,381	1,69

Rendement en hectolitres par 100 kilogrammes de charbon	Coke			Condensations			
	Poids de l'hectolitre de coke éteint à l'étouffoir	Poussier par 100 kilogrammes de poids de coke	Cendres par 100 kilogrammes de poids de coke	Goudron		Eau	
				Par 100 kilogrammes de charbon tout venant	Par 100 kilogrammes de charbon pur	Par 100 kilogrammes de charbon tout venant	Par 100 kilogrammes de charbon pur
1,626	41,43	29,41	13,32	2,11	2,34	4,07	4,54
1,032	40,00	73,00	12,50	2,43	2,71	4,17	4,65
1,329	40,714	51,20	12,91	2,27	2,52	4,12	4,59
2,104	"	9,54	7,89	3,56	3,58	4,16	4,42
2,113	34,46	11,42	9,29	8,81	3,03	4,09	4,41
1,978	36,38	10,71	8,64	3,09	3,30	3,64	3,89
2,169	34,40	10,44	6,04	3,22	3,37	3,58	3,95
1,979	35,45	10,96	9,65	3,46	3,72	4,41	4,74
2,070	35,93	11,78	6,28	2,48	2,56	3,13	3,41
2,112	37,17	10,93	5,57	2,18	2,28	3,70	3,86
1,895	36,25	13,52	12,12	4,59	5,02	3,73	4,08
1,979	35,51	10,53	10,14	4,06	4,44	3,88	4,18
1,967	36,27	11,07	11,22	4,20	4,35	3,49	3,79
1,917	37,45	11,09	12,33	3,66	4,03	3,85	4,23
2,026	55,92	11,09	9,19	3,32	3,60	3,88	4,08
2,216	32,650	9,41	7,21	3,98	4,19	4,27	4,50
1,886	35,870	9,39	5,78	5,29	5,40	4,72	5,01
1,924	35,151	7,68	"	5,59	"	4,84	"

Désignation des charbons	Caractères physiques et					
	Poids de l'hectolitre de charbon	Fines et poussier par 100 kilogrammes	Eau hygrométrique par 100 kilogrammes	Composition élémentaire		
				Dédaction faite des plantes		
O	H	C				
<i>Pas-de-Calais</i>						
Lens	83,736	4,57	2,77	6,72	5,34	87,34
Ferfay.	85,373	4,98	4,50	7,26	5,21	86,92
<i>Charbons belges</i>						
Grand luisson	84,833	4,54	1,60	7,14	5,44	86,82
Ouest de Mons	87,568	4,09	3,15	7,59	5,31	86,49
Moyenne	84,558	4,73	2,81	7,17	5,33	86,89
<i>Bassin de la Ruhr</i>						
Hybernia	83,170	3,84	4,20	8,09	5,51	85,76
Dalbuseh.	83,725	4,60	5,27	8,82	5,50	85,08
Alma	82,553	4,11	4,38	8,58	5,38	85,44
Consolidation	84,458	3,95	5,40	7,82	5,39	86,18
Wilhelmine Victoria	85,830	2,82	4,99	8,44	5,48	85,47
<i>Charbons belges</i>						
Produits (Veine de la pierre).	85,500	1,86	1,87	7,21	5,41	86,78
Produits (Sainte Henriette, criblé)	83,725	3,10	2,65	7,56	5,50	86,33
Produits (Saint-Louis)	83,492	4,21	3,40	8,43	5,53	85,44
<i>Charbons anglais</i>						
Londonderry.	83,734	4,64	2,47	8,87	5,57	84,85
<i>Pas-de-Calais</i>						
Nœux, fosse n° 4	86,185	4,28	3,25	7,54	5,77	86,18
Liévin.	85,490	4,51	2,94	7,68	5,52	86,33

composition du charbon					Gaz				
Composition élémentaire		Incinération et calcination			Rendement		Pouvoir éclairant	Rendement ramené à 105 litres	
Hydrogène en excès	Soufre pour 100 dans le charbon	Matières volatiles	Coke	Cendres	Par 100 kilogrammes charbon tout venant	Par 100 kilogrammes charbon pur		Par 100 kilogrammes charbon tout venant	Par 100 kilogrammes charbon pur
4,50	0,72	31,74	68,26	6,73	31,640	34,0	113,53	28,711	31,0
4,30	0,67	29,32	70,68	11,85	27,359	30,9	114,83	24,970	28,3
4,54	0,50	30,33	69,67	9,20	30,468	"	105,90	30,212	"
4,37	0,42	29,90	70,10	13,67	28,270	32,2	108,10	27,465	30,7
4,43	0,92	30,64	69,36	7,75	30,004	"	111,70	28,249	"
4,52	0,87	29,90	70,10	9,70	29,475	32,5	104,67	29,640	30,6
4,40	0,93	30,28	69,72	7,16	29,851	32,1	104,76	29,919	32,0
4,37	0,97	31,12	68,88	6,75	30,178	31,7	103,58	30,626	32,2
4,42	0,78	29,79	70,21	8,79	29,305	32,5	106,69	28,791	32,5
4,43	0,74	30,50	69,50	10,50	29,660	33,0	106,40	29,360	31,7
4,51	0,56	32,00	68,00	6,25	31,570	33,6	105,50	31,420	32,5
4,55	0,57	31,43	68,57	8,78	30,293	33,1	103,70	30,679	33,7
4,48	0,57	30,35	69,65	14,05	27,961	32,9	104,22	28,272	32,4
4,37	1,82	35,48	64,52	4,90	31,100	33,5	104,87	31,109	33,4
4,73	1,33	32,18	67,82	9,11	31,347	34,5	108,00	30,499	33,9
4,16	0,41	33,34	66,66	8,98	29,656	34,3	108,37	28,728	32,5

Désignation des charbons	Gaz		
	Densité		Acide carbonique par 100 en volume
	Brute	Déduction faite de l'acide carbonique	
<i>Pas-de-Calais</i>			
Lens	0,389	0,369	2,05
Ferfay.	"	"	2,10
<i>Charbons belges</i>			
Grand huisson	0,390	0,390	1,87
Ouest de Mons.	0,374	0,374	2,00
Moyenne	0,388	0,369	1,79
<i>Bassin de la Ruhr</i>			
Hybernia	0,393	0,374	1,66
Dilbuseh	0,393	0,377	1,56
Alma	0,392	0,372	1,52
Consolation	0,396	0,378	1,52
Wilhelmine Victoria	0,405	0,379	2,22
<i>Charbons belges</i>			
Produits (Veine de la pierre)	0,391	0,378	1,63
Produits (Sainte Henriette, criblé)	0,399	0,378	1,85
Produits (Saint-Louis)	0,405	0,383	1,69
<i>Charbons anglais</i>			
Londonderry	0,400	0,381	1,76
<i>Pas-de-Calais</i>			
Noux, fosse n° 1	0,410	0,381	2,47
Liévin	0,432	0,406	2,59

Rendement en hectolitres par 100 kilogrammes de charbon	Coke				Condensations			
	Poids de l'hectolitre de coke étalé à l'étouffoir	Poussier par 100 kilogrammes du poids du coke	Cendres par 100 kilogrammes du poids du coke	Goudron		Eau		
				Par 100 kilogrammes de charbon tout venant	Par 100 kilogrammes de charbon pur	Par 100 kilogrammes de charbon tout venant	Par 100 kilogrammes de charbon pur	
1,736 2,150	32,261 38,940	9,39 13,17	9,45 21,50	4,94 4,46	5,13 4,85	4,57 6,63	5,10 7,53	
2,020 1,789	35,062 37,834	7,56 11,40	" 16,17	5,03 4,83	" 5,07	4,08 5,72	" 6,01	
1,960	35,395	9,71	12,06	4,87	4,92	4,97	5,63	
1,738 1,731 1,798 1,775 1,627	31,177 37,680 36,559 56,582 38,060	13,83 12,70 10,05 11,58 15,70	14,62 9,17 8,30 11,75 14,60	4,94 5,03 5,04 5,06 4,67	5,60 6,75 5,57 6,10 5,20	6,40 7,19 7,12 7,03 6,39	7,26 7,21 8,13 7,34 7,11	
1,731 1,887 1,828	36,570 35,775 36,056	12,90 13,89 9,81	9,19 13,06 21,01	5,60 5,04 5,16	5,97 5,49 5,74	4,17 5,26 5,78	4,45 5,90 8,02	
1,897	34,771	12,08	8,08	5,86	6,01	5,19	5,37	
1,764 1,798	35,358 34,697	11,37 14,04	12,88 13,68	5,16 4,94	5,66 5,49	5,85 5,42	6,41 5,82	

Désignation des charbons	Caractères physiques et					
	Poids de l'hectolitre de charbon	Fines et poussier par 100 kilogrammes	Eau hygroscopique par 100 kilogrammes	Composition élémentaire		
				Déduction faite des plantes		
				O	H	C
<i>Charbons français du centre</i>						
Decize	87,250	2,57	3,52	8,77	5,81	87,83
Malafolie	87,362	4,93	4,29	8,93	5,49	84,98
<i>Sarrebruck</i>						
Dudweiler	81,043	1,64	2,64	8,63	5,50	85,27
Moyenne	85,516	3,73	3,65	8,24	5,52	85,64
<i>Sarrebruck</i>						
Hoinitz	81,50	1,53	2,88	9,86	5,62	33,92
Alten-Wald	85,020	2,91	3,08	9,80	5,14	84,46
<i>Pas de-Calais</i>						
Bruay	84,185	4,13	4,29	10,40	5,44	83,56
Marles	85,605	4,03	4,05	10,19	5,55	83,65
<i>Centre de la France</i>						
Commentry	82,640	4,83	5,81	10,18	5,66	83,31
Moyenne	83,990	3,79	4,02	10,09	4,48	83,78
<i>Charbons français du centre</i>						
Blanzay	82,258	4,73	5,05	11,43	5,70	82,26
Devazeville	82,280	6,85	7,71	12,58	5,62	81,20
Saint-Eloi	91,800	2,76	6,53	13,65	5,58	80,17
Saint-Berain-sur-Dhune	85,150	6,70	5,11	13,65	5,42	81,87
Sarre-et-Moselle	90,500	3,05	6,14	13,00	5,67	80,83
Moyenne	86,398	4,83	5,11	12,53	5,58	81,83

composition du charbon					Gaz				
Composition élémentaire		Incinération et calcination			Rendement		Pouvoir éclairant	Rendement ramené à 105 litres	
Hydrogène en excès	Soufre pour 100 dans le charbon	Matières volatiles	Coke	Cendres	Par 100 kilogrammes charbon tout venant	Par 100 kilogrammes charbon pur		Par 100 kilogrammes charbon tout venant	Par 100 kilogrammes charbon pur
4,72	1,35	35,53	64,47	12,22	26,128	33,4	99,47	29,660	35,2
4,38	0,86	33,08	66,92	9,16	27,430	30,2	106,37	27,080	29,7
4,42	1,10	34,06	65,94	7,38	30,049	32,8	101,60	31,066	33,9
4,49	0,91	31,95	68,05	9,25	29,427	"	104,97	104,97	"
4,38	0,65	35,12	64,88	5,75	29,984	31,8	95,40	95,40	35,0
3,91	0,94	31,87	68,13	14,12	26,927	29,6	95,90	95,90	32,7
4,14	1,02	35,75	64,25	9,35	29,302	33,7	110,67	110,67	33,1
4,28	1,05	33,91	66,09	12,49	29,210	31,1	102,17	102,17	32,3
9,39	1,74	35,97	64,03	9,98	28,993	31,5	103,60	103,60	31,1
4,22	1,08	35,52	65,48	10,34	28,883	"	101,54	101,54	"
4,27	1,06	36,39	63,61	10,03	28,774	31,3	107,63	107,63	31,7
4,05	1,70	35,43	64,57	12,24	24,680	29,0	103,39	103,39	29,0
3,87	1,23	35,75	64,25	15,75	25,220	30,0	107,30	107,30	29,3
3,80	1,04	35,15	64,85	17,15	25,680	31,0	139,90	139,90	23,2
4,07	1,00	36,65	63,35	19,35	26,090	32,3	102,60	102,60	33,1
4,01	1,21	35,87	64,13	14,90	"	"	112,60	112,16	"

Désignation des charbons	Gaz		
	Densité		Acide carbonique pour 100 en volume
	Brute	Déduction faite de l'acide carbonique	
<i>Charbons français du centre</i>			
Decize	0,448	0,422	//
Malafolie	0,428	0,396	//
<i>Sarrebruck</i>			
Dudweiler	0,431	0,400	2,70
Moyenne	0,409	0,386	2,03
<i>Sarrebruck</i>			
Heinitz	0,438	0,412	2,18
Alten-Wald	0,451	0,420	2,72
<i>Pas-de-Calais</i>			
Bruay	0,453	0,421	3,35
Malesm	0,450	0,421	3,47
<i>Centre de la France</i>			
Commentry	0,441	0,408	2,85
Moyenne	0,449	0,416	3,10
<i>Charbons français du centre</i>			
Blanzv	0,472	0,435	3,53
Deczeville	0,463	0,420	3,75
Saint-Eloi	0,481	0,436	4,02
Saint-Berain-sur-Dhune	0,483	0,431	4,72
Sarre-t-Moselle	0,551	0,489	5,04
Moyenne	0,490	0,442	4,39

Rendement en hectolitres par 100 kilogrammes de charbon	Coke				Condensations			
	Poids de l'hectolitre de coke éteint à l'étauffoir	Poussier par 100 kilogrammes du poids du coke	Cendres pour 100 kilogrammes du poids du coke	Goudron		Eau		
				Par 100 kilogrammes du charbon tout venant	Par 100 kilogrammes de charbon pur	Par 100 kilogrammes de charbon tout venant	Par 100 kilogrammes de charbon pur	
1,762	37,165	13,49	14,57	5,81	6,36	7,50	7,52	
1,783	34,887	"	13,56	5,37	5,71	7,03	8,07	
1,667	38,918	12,53	11,74	5,78	6,00	6,21	6,61	
1,779	36,316	12,64	12,58	5,23	5,83	6,16	6,80	
1,682	37,450	13,40	8,86	6,16	6,53	7,00	7,41	
1,649	38,303	18,97	28,82	5,74	6,66	6,69	8,75	
1,753	36,671	15,68	17,69	5,58	7,00	7,73	9,29	
1,585	37,910	19,17	21,89	5,84	6,33	7,03	8,62	
1,651	37,280	12,48	16,14	5,60	6,31	8,20	9,54	
1,664	37,523	15,94	18,68	5,74	6,56	7,33	8,72	
1,696	34,87	22,05	11,77	5,26	6,38	8,20	9,80	
1,691	35,63	20,92	17,32	5,18	5,43	10,87	11,79	
1,593	37,44	19,79	24,51	5,68	6,74	9,40	11,26	
0,674	40,48	100,00	36,44	3,78	4,56	8,19	9,88	
1,170	35,94	54,72	30,54	5,12	6,35	8,58	10,14	
1,361	36,872	43,72	22,01	5,00	5,35	9,07	10,67	

EXTRACTION DU GOUDRON
FORMÉ DANS LA
PRÉPARATION DU COKE MÉTALLURGIQUE

Presque tout le goudron de houille est le produit secondaire de la fabrication du gaz d'éclairage, c'est pour cela que, souvent, il est désigné sous le nom de goudron de gaz; mais la fabrication du coke métallurgique est aussi une source importante de goudron. Le goudron qui se produit dans cette opération, lorsqu'elle est effectuée dans les fours à coke proprement dits, n'est presque jamais recueilli; on le brûle avec le gaz résultant de la combustion, soit sous forme de flamme inutile s'échappant par l'orifice supérieur des fours, soit, au contraire, d'une manière plus rationnelle pour le chauffage des fours eux-mêmes.

Dès 1768, le chimiste *Stauf*, de Fischbach, près Sarrebruck, retira du goudron en fabriquant du coke dans les fours à mouffles (1). Un des plus anciens appareils de ce genre (1856) est

(1) D'après de Gensanne, cité par Guret, *Steinkohlenbriquettes*, p. 22.

celui de *Knab* ⁽¹⁾, qui, il est vrai, a dû subir de grandes modifications par *Carvès* pour pouvoir servir à cet usage.

Ceci nous amène à dire quelques mots du procédé *Carvès* exploité actuellement par la *Société anonyme de carbonisation* dont le siège est à Paris.

Cette société, fondée en 1857, applique à la fabrication du coke métallurgique le procédé de récupération des produits de distillation (gazeux ou liquides) imaginé par *Carvès*.

Le procédé consiste, en somme, en une distillation de la houille, en vase clos, avec récupération du gaz et des goudrons. A l'inverse des usines à gaz qui distillent rapidement et en couche mince une petite quantité de houille (500-600 kilogrammes) et procèdent par explosion, ce qui entraîne un boursoufflement de la houille et la porosité du coke, le procédé *Carvès* distille *lentement* (35 à 48 heures) une grande quantité de houille (5 000 à 6 000 kilogrammes) sous une forte épaisseur. Dans les usines à gaz, en outre, on emploie le gaz formé à l'éclairage, tandis que, dans le procédé *Carvès*, le gaz est brûlé sous le four lui-

¹⁾ *Dingler's Journal*, t. CLIV, p. 97.

même, mélangé à de l'air chaud. Dans cette distillation relativement lente du procédé Carvès, on obtient 75 % de coke métallurgique possédant toutes les qualités requises pour son emploi industriel et on récupère en outre les sous-produits. La *Société anonyme de carbonisation* a déjà établi à ses frais plus de 150 fours du système Carvès. L'industriel qui emploie les fours Carvès, fours installés gratuitement comme nous venons de le dire, paie la société en lui abandonnant une petite partie des sous-produits. La quantité des sous-produits varie dans de larges limites suivant la qualité de la houille employée, mais on peut admettre qu'en moyenne il se forme 25 % de sous-produits et 75 % de coke.

Le dernier modèle des fours Carvès est le four de 8 mètres construit en matières réfractaires et contenant 6 000 kilogrammes de houille. Le four encore chaud est chargé en quelques minutes au moyen de trémies spéciales puis mis en communication avec un extracteur à gaz. Les eaux ammoniacales et les goudrons sont condensés, puis les gaz encore chargés d'hydrocarbures sont mis à barbotter dans des huiles lourdes auxquelles ils cèdent ces derniers.

La quantité d'hydrocarbures récupérés d'après

ce moyen varie entre 6 et 8 kilogrammes par tonne de houille carbonisée, naturellement en plus des hydrocarbures contenus dans les premiers goudrons de condensation.

Le gaz dépourvu de ces hydrocarbures qui lui donnaient son pouvoir éclairant, mélangé avec dix fois son volume d'air chauffé à 800°, arrive sous le four où il est brûlé. Les produits de la combustion passent alors dans des récupérateurs simples où ils abandonnent leur chaleur propre qui est utilisée ensuite pour chauffer l'air nécessaire à la conduite du four.

D'une comptabilité bien tenue, il résulte que la Société anonyme de carbonisation a réalisé jusqu'à ce jour, et *en dehors du coke*, un bénéfice moyen net de 4 francs par tonne de houille carbonisée, provenant *uniquement* de la récupération des sous-produits qui étaient totalement perdus dans les anciens procédés de carbonisation.

Le goudron obtenu dans les fours de Carvès, et, en général, dans tous les dispositifs où l'on prépare du coke dur comme produit principal, diffère un peu par sa composition du goudron provenant de la préparation du gaz d'éclairage dans les cornues, ce qui tient tout naturellement à ce que, dans le premier cas, la tempéra-

ture de la distillation est plus basse que dans le second.

Behrens (1) a distillé la même sorte de houille dans des cornues en argile et dans des fours Carvès, afin de déterminer l'influence de la température sur la formation du goudron. Le goudron de cornue contenait beaucoup plus de benzène et de toluène, mais aussi plus de naphthalène et autres corps solides, tandis que le goudron de four était plus léger et renfermait surtout des hydrocarbures liquides. Ce dernier contenait aussi beaucoup plus de corps solubles dans les alcalis, parmi lesquels cependant l'acide carbolique, proprement dit, ne se trouvait qu'en très petite quantité. D'après Wurtz (2), le goudron de four renferme moins de benzène et d'acide carbolique, mais plus de toluène et de phénols supérieurs que le goudron de gaz véritable. L'opinion suivant laquelle le goudron provenant de la préparation du coke aurait plus de valeur que le goudron des fabriques de gaz serait, par suite, tout à fait erronée; Lunge estime que l'on s'est laissé tromper sur ce point probablement par la plus grande fluidité du goudron

(1) *Dingl. Journ.*, t. CCVIII, p. 361. *Wagner's Jahresher*, 1873, p. 763.

(2) WURTZ. — *Matières colorantes*, p. 14.

Noms des Usines	Nombre des fours	Charbon employé tonnes	Rendement en coke		Goudron		Eau ammoniacale		Sulfate d'ammoniacale				
			en totalité	%	par four	tonnes	%	par four	hectolitres	0/0	par hectolitres	tonnes	par tonne de charbon
Bessèges 1879.	85	46,902	33,092	70,55	389,3	10,96	2,33	2,89	14,932	9,6	6,5	3,435	6,22
Terrenoire, 1 ^{er} Avril, 31 Dé- cembre 1879.	100	38,427	26,293	68,42	"	9,66	2,51	"	36,205	9,42	7,0	"	"
Terrenoire cal- culé pour l'an née	"	"	"	"	357,57	12,88	"	12,88	"	"	"	3,379	6,59

de four. Les indications précédentes s'accordent parfaitement avec cette observation⁽¹⁾: C'est qu'en modifiant la disposition des fours à coke de façon à élever leur température, on obtient un goudron plus riche en benzène.

EXTRACTION DU GOUDRON EN SUSPENSION DANS LE GAZ D'ÉCLAIRAGE

Le gaz d'éclairage ordinaire renferme sous forme de gouttelettes très fines ou même de vapeurs véritables, des particules de goudron que l'on a cherché à lui enlever au moyen d'un traitement particulier. La première tentative dans ce sens semble avoir été faite par A. Vogel qui faisait passer le gaz à travers de l'huile à brûler (de l'huile de navette) dont le poids serait ainsi augmenté de 20,5 %, surtout, d'après Vogel, par absorption des hydrocarbures C^nH^{2n} . Depuis Caro, A, et K. Clemm et Engelhorn prirent, en Angleterre, un brevet dont le procédé consiste à mettre le gaz d'éclairage en contact avec des huiles à point d'ébullition élevé, comme le pétrole, l'huile de schiste ou des huiles

(1) GAULTIER de CLABRY. — *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1862, p. 13.

grasses, etc., et séparer ensuite de ces liquides, par distillation fractionnée, le benzène, le toluène, etc., qu'ils ont absorbés, après quoi on peut employer de nouveau l'huile lourde pour le même usage.

On peut augmenter beaucoup la quantité du goudron en complétant l'action, insuffisante pour sa séparation, du condenseur et du laveur par des appareils qui fonctionnent d'une manière plus parfaite que ces derniers. Un appareil de ce genre est celui de Pelouze et Audouin qui est employé dans les différentes usines de Paris avec beaucoup de succès.

Le procédé repose en principe sur les faits suivants : Il n'est pas possible de condenser tout le goudron par simple refroidissement, parce qu'il reste suspendu mécaniquement dans le gaz sous forme de gouttelettes liquides extrêmement fines. Une partie de ce goudron est retenue dans le laveur à coke, mais seulement très incomplètement. Il en est tout autrement lorsqu'on fait passer le gaz à travers des orifices étroits, vis-à-vis desquels sont placés de larges surfaces que viennent frapper le gaz. Les particules liquides très fines se rapprochent alors beaucoup plus les unes des autres, elles se rassemblent en gouttes plus grosses et sont ainsi retenues. A

Paris, on obtenait dans l'usine des Ternes 9 kilogrammes de goudron par 1 000 mètres cubes de gaz très bien refroidi, et dans celle de la Villette, 7,2 kilogrammes de goudron et 16 litres d'eau ammoniacale avec 80 grammes d'ammoniaque par 1 000 mètres cubes de gaz moins bien refroidi. Le goudron ainsi obtenu est beaucoup plus léger que le goudron ordinaire; au lieu de 3 à 5 % d'huiles légères, il en renferme 20 %.

CHAPITRE II

PROPRIÉTÉS DU GOUDRON DE HOUILLE

Le goudron de houille est un liquide noir visqueux, à odeur particulière et plus ou moins épais. Son poids spécifique oscille entre 1,1 et 1,2 ; la plus souvent entre 1,15 et 1,2.

Le goudron de houille est un mélange extrêmement compliqué de combinaisons chimiques, qui n'ont pas encore été toutes isolées. Ainsi, par exemple, nous ne savons que fort peu de chose sur les huiles indifférentes qui se trouvent entre les huiles à phénol et à naphthalène, et les huiles à anthracène, si grande que soit leur quantité. Nous ne connaissons pas mieux tous les corps qui sont contenus dans l'anthracène brut, et nous en savons encore beaucoup moins sur les éléments du brai.

Le tableau suivant donne, d'après Lunge, l'énumération des corps qui, jusqu'à ce jour, ont été isolés du goudron ou dont la présence a été indiquée d'une manière certaine ; cette énumération sera ensuite complétée par la description de chaque corps en particulier.

HYDROCARBURES

Produits	Formule	Point de fusion	Point d'ébullition
<i>I. Série du méthane</i> C^nH^{2n+2}			
Méthane	CH_4	—	—
Éthane	C_2H_6	—	—
Propane	C_3H_8	—	— 20°
Butane, normal	C_4H_{10}	—	+ 1°
Pentane, normal	C_5H_{12}	Liquide	37-39°
Isopentane	//	//	30°
Hexane, normal	C_6H_{14}	//	69-71°
Heptane, normal	C_7H_{16}	//	98°
Éthylisoamyle	//	//	90,3°
Octane I	C_8H_{18}	//	119-120°
Octane II	//	//	124°
Nonane I	C_9H_{20}	//	130°
Nonane II	//	//	150,8°
Décane I	$C_{10}H_{22}$	//	158-161°
Décane II	//	//	170-171°
Undécane	$C_{11}H_{24}$	//	180-182°
Duodécane	$C_{12}H_{26}$	//	200-202°
Tridécane	$C_{13}H_{28}$	//	218-220°
Quatordecane	$C_{14}H_{30}$	//	236-240°
Quindécane	$C_{15}H_{32}$	//	258-262°
Sédécane	$C_{16}H_{34}$	//	280°
Paraffines.	} de l à	$C_{17}H_{38}$ $C_{27}H_{56}$	40-60° —
<i>II. Série de l'éthylène</i> C^nH^{2n}			
Éthylène	C_2H_4	—	— 110°
Propylène	C_3H_6	—	—

HYDROCARBURES (*suite*)

Produits	Formule	Point de fusion	Point d'ébullition
Butylène normal	C^4H^8	—	— 5°
Pseudobutylène	„	—	+ 1°
Isobutylène	„	—	— 8°
Amylène	C^5H^{10}	Liquide	+ 39°
Hexylène	C^6H^{12}	„	68-70°
Heptylène	C^7H^{14}	„	90-99°
III. Produits d'addition de la série du benzène			
C^nH^{2n}			
Hexahydrobenzène	C^6H^{12}	„	69°
Hexahydrotoluène	C^7H^{14}	„	97°
Hexahydroisoxylène	C^8H^{16}	„	118°
IV. Série de l'acétylène			
C^nH^{2n-2} — 2			
Acétylène	C^2H^2	—	—
Crotonylène	C^4H^6	Liquide	18°
Hexoylène	C^6H^{10}	„	80°
Teunes plus élevés	$C^{12}H^{20}$	„	210°
„ „	$C^{14}H^{24}$	„	240°
„ „	$C^{16}H^{28}$	„	28°
V. Série C^nH^n — 3			
Nonane	C^9H^{14}	Liquide	174°
VI. Série du benzène			
C^nH^{2n-6}			
Benzène	C^6H^6	4,5-7°	80,4°
Toluène	C^7H^8	Liquide	111°

HYDROCARBURES (*suite*)

Produits	Formule	Point de fusion	Point d'ébullition
Xylène	C_8H_{10}	Liquide	//
Orthoxyène	—	//	141-143°
Métaxylène	—	//	137-138°
Paraxylène	—	15°	136-137°
Pseudocumène	C_9H_{12}	Liquide	165-166°
Mésitylène	//	//	163°
VII. <i>Styrol</i>	C_8H_8	//	145°
Hydruie de styrolène .	C_8H_{10}	//	—
VIII. <i>Naphtalène</i>	$C_{10}H_8$	79°	217°
Dihydruie de naphtalène	$C_{10}H_{10}$	Liquide	220-210°
Tetrahydruie de naphtalène	$C_{10}H_{12}$	//	190°
α) Méthylnaphtalène .	$C_{11}H_{10}$	— 18°	242°
β) Méthylnaphtalène .	//	32°,5	241-242°
IX. <i>Acénaphène</i>	$C_{12}H_{10}$	100°	285°
Hydruie d'acénaphène.	$C_{12}H_{12}$	—	260°
Diphénylie	$C_{12}H_{10}$	70,5°	254°
Fluorène	$C_{13}H_{10}$	113°	295°
Anthracène	$C_{14}H_{10}$	213°	360°
Dihydruie d'anthracène	$C_{14}H_{12}$	106°	305°
Hexahydruie d'anthracène	$C_{14}H_{16}$	63°	290°
Méthylanthracène . . .	$C_{15}H_{12}$	208-210°	—
Diméthylanthracène ? .	$C_{16}H_{14}$	224-225°	—
Phénanthrène	$C_{14}H_{10}$	99-100°	340°
Pseudophénanthrène ? .	$C_{16}H_{12}$	115°	—
Synanthrène	$C_{15}H_{10}$	189-195°	—

HYDROCARBURES (*suite et fin*)

Produits	Formule	Point de fusion	Point d'ébullition
Fluoranthrène	$C^{15}H^{10}$	109°	—
Pyrrène	$C^{16}H^{10}$	142°	Au-dessus de 360°
Chrysène	$C^{18}H^{12}$	245°	440°
Chrysozène	—	280-290°	—
Rétène	$C^{18}H^{18}$	98-99°	350°
Succistérene ?	—	160-172°	Au-dessus de 300°
Picène	$C^{22}H^{14}$	345°	—
Benzerythène	$C^{24}H^{18}$	307-308°	—
Bitumène	—	—	—

CORPS OXYGÉNÉS

Produits	Formule	Point de fusion	Point d'ébullition
Eau	H^2O	0°	100°
Esprit de bois ?	CH^4O	Liquide	63°
Alcool éthylique	C^2H^6O	"	78,5°
<i>Acides et phénols</i>			
Acide acétique	$C^2H^4O^2$	16°	119°
Phénol (acide carbonique)	C^6H^6O	42°	181°
Orthocrésol	C^7H^8O	31°	185-186°
Méta-crésol	"	Liquide	195-200°
Para-crésol	"	36°	198°

CORPS OXYGÉNÉS (suite)

Produits	Formule	Point de fusion	Point d'ébullition	
Xylénols {	Orthoxylénol 1, 2, 4.	$C^8H^{10}O$	61°	225°
	Métaxylénol 1, 2, 3.	"	73°	216°
	Métaxylénol 1, 3, 4.	"	Liquide	211°, 5
	Paraxylénol 1, 3, 4.	"	74,5°	211, 213°
Phénol de la série de l'anthracène . . .	?	?	?	
Acide rosolique . . .	$C^{19}H^{14}O_3$?	—	
Acide brunolique ? . . .	—	—	—	

CORPS SULFURÉS

Produits	Formule	Point de fusion	Point d'ébullition
Hydrogène sulfuré . . .	H^2S	—	—
Sulfure d'ammonium . . .	$(AzH^4)^2S$	—	—
Sulfocyanure d'ammonium	$(AzH^4)_2AzCS$	—	—
Acide sulfureux	SO^2	—	—
Sulfure de carbone	CS^2	—	47°
Oxysulfure de carbone	COS	—	—
Mercaptans	—	—	—
Alliol ?	—	—	—
Thiophène	C^6H^4S	—	84°
Thiitolène	C^8H^6S	—	113°
Thioxylène	C^8H^8S	—	—

CORPS AZOTÉS

Produits	Formule	Point de fusion	Point d'ébullition
<i>I. Basiques</i>			
Ammoniaque (Sulfocyanure et sulfure d'ammonium, voyez plus haut)	AzH_3	—	—
Méthyl et éthylamines, etc	—	—	—
Cespilino	$\text{C}^5\text{H}^{13}\text{Az}$	Liquide	95°
Aniline	$\text{C}^6\text{H}^7\text{Az}$	— 8°	182°
Pyridine	$\text{C}^5\text{H}^5\text{Az}$	Liquide	116,7°
Picoline	$\text{C}^6\text{H}^7\text{Az}$	//	135°
Lutidine	$\text{C}^7\text{H}^9\text{Az}$	//	154,5°
Collidine	$\text{C}^8\text{H}^{11}\text{Az}$	//	179°
Parvoline	$\text{C}^9\text{H}^{13}\text{Az}$	//	188°
Coridine	$\text{C}^{10}\text{H}^{15}\text{Az}$	//	211°
Rubidine	$\text{C}^{11}\text{H}^{17}\text{Az}$	//	230°
Viridine	$\text{C}^{12}\text{H}^{19}\text{Az}$	//	251°
Leucoline	$\text{C}^9\text{H}^7\text{Az}$	//	238°
Iridoline	$\text{C}^{10}\text{H}^9\text{Az}$	//	252-257°
Cryptidine	$\text{C}^{11}\text{H}^{11}\text{Az}$	//	274°
Acridine	$\text{C}^{12}\text{H}^9\text{Az}$	107°	360°
<i>II. Non basiques</i>			
Pyrol	$\text{C}^4\text{H}^5\text{Az}$	Liquide	133°
Cyanure de méthyle	CH^3CAz	//	77°
Carbazol	$\text{C}^{12}\text{H}^9\text{Az}$	238°	355°
Phénylnaphtylcarbazol	$\text{C}^{16}\text{H}^{11}\text{Az}$	330°	Au-dessus de 440°

PROPRIÉTÉS DES CONSTITUANTS AU GOUDRON
DE HOUILLE

—

Hydrocarbures de la série du méthane $C^nH^{2n} + 2$

Ces hydrocarbures sont désignés généralement sous le nom de *paraffines*, parce qu'un mélange de leurs termes solides les plus élevés, tel qu'on l'extrait du goudron de lignite, a reçu cette dénomination à cause de sa grande stabilité (parum affinis).

Les corps de cette classe se distinguent des hydrocarbures non saturés (oléfines, acétylène, etc.) en ce qu'ils ne sont absorbés ni par le brome, ni par l'acide sulfurique, ce que l'on peut mettre à profit pour la séparation des deux séries. Ils se distinguent du benzène et de ses homologues, parce qu'ils ne sont pour ainsi dire pas attaqués à froid par l'acide azotique fumant et qu'ils ne forment pas de corps nitrés.

Les termes les plus bas de cette série jusqu'au butane, sont gazeux à la température ordinaire, mais ils se rencontrent dissous dans le goudron, d'autant plus qu'ils sont solubles dans l'alcool

et l'éther, et par suite probablement aussi dans le benzène et les autres solvants organiques contenus dans le goudron de houille. A partir du pentane, les termes de cette série sont liquides et, jusqu'au décane, leur présence a été constatée dans le goudron. Les termes les plus élevés (depuis $C^{18}H^{38}$ à peu près) sont solides, et constituent les paraffines proprement dites ; on ne sait pas encore s'ils se rencontrent dans un goudron provenant de la houille seule.

MÉTHANE, CH^4

Syn. *Gaz des marais, hydrure de méthyle.*
Gaz incolore, inodore et insipide. Poids spécifique, 0,5566 (air = 1). 100 vol. d'eau en absorbent, à 0° 5,45 volumes ; l'alcool presque la moitié de son volume.

Il brûle avec une flamme jaunâtre, pâle. Si on le fait passer à travers des tubes chauffés au rouge, il donne de l'acétylène, du benzène et du naphthalène. Mélangé avec de l'air, il donne un mélange très explosible.

ÉTHANE, C^2H^6

Syn. *Diméthyle, hydrure d'éthyle.* — Gaz incolore et inodore ; poids spécifique : 1,075 (air = 1) ; liquéfiable à 4°, sous une pression de

46 atmosphères. 100 vol. d'eau en dissolvent, à 0°, 9,45 vol.; l'alcool, 1 fois $\frac{1}{2}$ son volume.

Il brûle avec une flamme bleuâtre non éclairante.

PROPANE, C³H⁸

Syn. *Hydruve de propyle*. — Gaz se liquéfiant au-dessous de 20°. L'alcool en dissout 6 fois son volume.

BUTANE, C⁴H¹⁰

Syn. *Diéthyle, hydruve de butyle*. — Deux isomères sont possibles et connus, mais le butane normal, CH³ — CH² — CH² — CH³, a seul été trouvé dans les huiles minérales. Poids spécifique, 2,01 (air = 1). Suivant *Frankland*, il ne se liquéfie pas encore à — 18°, mais seulement à — 23°, tandis que, d'après *Butlerow*, il devient liquide à + 1°, et sous une pression de 2 atmosphères $\frac{1}{4}$, à + 18°. Il est presque insoluble dans l'eau. L'alcool dissout à 14° et 745^{mm} de pression, 18,13 vol. du gaz. Il brûle avec une flamme fortement éclairante.

PENTANES, C⁵H¹²

Syn. *Hydruve d'amyle*. — Des trois isomères, le pentane normal et l'isopentane, CH³ — CH²

— CII (CH³)₂, ont été trouvés dans le pétrole et les goudrons de boghead et de cannel-coal.

D'après *Schorlemmer*, le goudron de houille ne renferme que du pentane normal. Ce dernier bout à 37-39°; poids spécifique à 17°, 0,6263 (eau = 1); l'isopentane bout à 30°; poids spécifique à 18° = 0,628.

HEXANES, C⁶H¹⁴

Syn. *Hydruve de caproïle*. — Cinq isomères sont possibles, dont le normal se rencontre dans le pétrole et les goudrons de boghead et de cannel-coal. Ce dernier constitue l'élément principal de l'éther de pétrole le plus volatil (gazoline, canadol). Il bout à 67-71°; poids spécifique à 17° = 0,663. Liquide incolore, très mobile, d'une odeur éthérée faible, insoluble dans l'eau, miscible avec l'éther, l'alcool, l'acétone, etc. Il brûle avec une flamme éclairante.

D'après *Warren*, on rencontrerait encore, dans le pétrole, un autre hexane bouillant à 61°,3, que *Schorlemmer* n'a pu y trouver.

HEPTANES, C⁷H¹⁶

Syn. *Hydruve d'œnanthyle*. — Neuf isomères sont possibles. Dans tous les cas, on rencontre l'heptane normal dans les différents goudrons;

point d'ébullition : 98° ; poids spécifique à $0^{\circ} = 0,7006$, à $15^{\circ} = 0,6886$; on trouve, en outre, l'éthylisoamyle, qui bout à $90^{\circ},3$ et dont le poids spécifique, à 0° , est $0,6969$. Liquides mobiles, d'une odeur fade, mais agréable ; ils brûlent avec une flamme un peu fuligineuse.

OCTANES, C^8H^{18}

Syn. *Hydruure de capryle, dibutyle, valéryle.*
 — Des 18 isomères possibles, on a trouvé dans le pétrole, dans le goudron de boghead et dans le goudron de houille, un isomère bouillant à $118-120^{\circ}$ (poids spécifique, $0,719$ à 17°) et un autre bouillant à 124° , probablement le normal (poids spécifique, $0,7188$ à 0°) Liquides limpides, d'une odeur éthérée et d'une saveur un peu brûlante.

La ligroïne du commerce contient surtout des heptanes et des octanes.

NONANES, C^9H^{20}

Le nonane trouvé dans le pétrole bout, d'après *Wurtz*, à $130-132^{\circ}$ (poids spécifique à 6° , $0,7247$, odeur rappelant celle de l'orange) et à 150° , et d'après *Beilstein*.

Le pétrole purifié (kérosène) contient les

hydrocarbures C^9H^{20} à $C^{16}H^{34}$, ainsi que des hydrocarbures de la formule C^nH^{2n} .

DÉCANES, $C^{10}H^{22}$

Syn. *Diamyle*. — Trouvé dans les goudrons de cannel-coal et de boghead et dans le pétrole; probablement sous la forme de diisomyle surtout. Point d'ébullition, 158-159°, devient épais à -30° . Poids spécifique à $18^\circ = 0,736$. D'après *Beilstein*, au contraire: point d'ébullition, 161° , poids spécifique à $16^\circ = 0,757$. Une paraffine de la formule $C^{10}H^{22}$, qui bout à $170-171^\circ$, a été découverte par *O. Jacobsen* (1) dans les parties de l'huile légère de goudron bouillant entre 163 et 168° .

UNDÉCANE, $C^{11}H^{24}$

Trouvé dans le pétrole d'Amérique. Point d'ébullition: $180-182^\circ$, Poids spécifique: $0,765$ à 16° .

DUODÉCANE, $C^{12}H^{26}$

Syn. *Dicaproyle*, *dihéxyle*, *hydrure de lauryle*. — Trouvé dans le goudron de boghead et

(1) *Ann. der Chemie*, t. CLXXXIV, p. 179.

le pétrole. Liquide oléagineux et incolore, d'une odeur agréable de térébenthine, bouillant à 200-202°; poids spécifique: 0,7568, à 18°; brûle avec une flamme éclairante peu fuligineuse.

TERMES PLUS ÉLEVÉS

$C^{13}H^{28}$	point d'ébullition	218 — 220°	poids spécifique	0,770
$C^{14}H^{30}$	"	236 — 240°	"	0,796
$C^{15}H^{32}$	"	258 — 262°	"	0,809
$C^{16}H^{34}$	"	vers 280°.	"	"

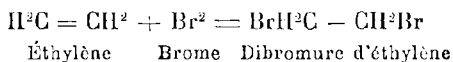
La *paraffine solide* renferme probablement des corps de la formule $C^{18}H^{38}$ et, en général, environ 1 % d'oxygène. La paraffine, qui paraît exister dans les portions à point d'ébullition très élevé du goudron de houille véritable, offre, d'après *Perkin* (1), contrairement à ce qui existe pour la paraffine ordinaire, un point de fusion assez élevé, elle serait, en outre, très peu soluble dans le pétrole ou le naphte.

Les paraffines proprement dites se rencontrent notamment dans le goudron du cannel-coal d'Écosse ou du Lancashire.

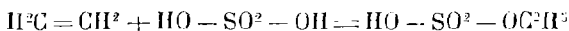
(1) *Wagner's Jahresbericht*, 1879, p. 1068.

Hydrocarbures de la série de l'éthylène CⁿH²ⁿ

Les termes les plus bas de cette série sont gazeux à la température ordinaire, les termes moyens sont liquides, les plus élevés, solides. Les corps appartenant à ce groupe se combinent directement avec le chlore, le brome et l'iode pour donner naissance à des liquides huileux d'où le nom de *gaz oléfiants* ou *oléfines*. Cette réaction, qui est le caractère général du groupe, est représentée par l'équation suivante :



Ils s'unissent aussi facilement aux hydracides, HCl, HBr, et surtout avec HI, ainsi qu'à l'acide hypochloreux, avec lequel ils forment des chlorhydrines, par exemple CH² (OH) — CH²Cl. L'acide sulfurique concentré les absorbe; pour les corps qui bouillent à une basse température, cette absorption n'a lieu qu'à une température élevée, et, dans les deux cas, il se forme, par contact direct, des acides éthylsulfuriques :



Il résulte de là que ces corps peuvent être éli-

minés des huiles de goudron par le brome ou par l'acide sulfurique concentré. Ils ne jouent qu'un rôle peu important dans le goudron de houille, tandis qu'ils se rencontrent en quantité assez grande dans les goudrons de cannel-coal et de boghead.

ÉTHYLÈNE, C^2H^4

Syn. *Gas oléfiant*. — Il n'est liquéfié à 0° que par une pression de 42 atmosphères $\frac{1}{2}$; à -110° , il est liquide à la pression ordinaire. Poids spécifique, 0,9784 (air = 1). Peu soluble dans l'eau : à $0^\circ = 0,25$ vol., à $15^\circ = 0,16$ vol., beaucoup plus soluble dans l'alcool, l'éther, l'essence de térébenthine, le pétrole (environ 2 vol. $\frac{1}{2}$) et, par suite, probablement aussi dans les huiles de goudron. Il n'est dissous par l'acide sulfurique étendu qu'après une agitation assez longue, la dissolution se fait mieux à $160-170^\circ$. L'acide sulfurique concentré l'absorbe plus facilement et forme avec lui de l'acide éthionique.

PROPYLÈNE, C^3H^6

Il n'est pas encore liquide à 140° , il possède une odeur alliagée, 100 vol. d'eau en dissolvent à 0° , 44 volumes, à 15° , 23 volumes; l'alcool

absolu en dissout 12 à 15 fois son volume, l'acide acétique cristallisable 5 fois son volume.

BUTYLÈNE, C^4H^8

Les trois isomères possibles sont connus. Le butylène a été découvert par Faraday, qui l'a obtenu par condensation en soumettant le gaz d'huile à une forte pression. Le butylène normal, $CH^3 - CH^2 - CH = CH^2$, bout à -5° ; le pseudo-butylène, $CH^3 - CH = CH - CH^3$, à $+1^\circ$; l'isobutylène, $(CH^3)^2C = CH^2$, à $-7-8^\circ$.

AMYLÈNE, C^5H^{10}

Syn. *Pentylène, valérylène*. — D'après la théorie, il existe cinq hydrocarbures isomères de cette formule, parmi lesquels plusieurs sont connus, mais dont un seul, celui que l'on obtient en chauffant de l'alcool amylique avec des corps déshydratants, comme le chlorure de zinc, a été étudié avec soin. On ne sait pas encore exactement si l'amyène trouvé dans le goudron de houille (1), et en quantité beaucoup plus grande

(1) HELBIG. — *Ann. d. Chemie*, t. CLXXII, p. 281, Watson-Smith a découvert aussi de l'amyène, ainsi que du sulfure de carbone dans la distillation de goudron de Londres.

dans le goudron de boghead, le pétrole, etc. est ou n'est pas identique avec l'amylène ordinaire ; cette identité est cependant généralement admise.

L'amylène ordinaire est un liquide limpide, très mobile, d'une saveur fraîche astringente et un peu piquante et d'une odeur rappelant celle des choux pourris. Son point d'ébullition est à 39° . Poids spécifique à $10^{\circ} = 0,6549$. Il est très peu soluble dans l'eau, mais il est miscible en toutes proportions à l'alcool. Comme les autres hydrocarbures non saturés, il se combine directement avec le chlore et le brome, et les acides halogénés. L'amylène a été employé pendant quelque temps à la place du chloroforme comme anesthésique.

HEXYLÈNE, C^6H^{12}

C'est surtout l'hexylène normal qui paraît exister dans les goudrons.

L'hexylène normal est un liquide incolore très mobile, d'une odeur identique à celle de l'amylène ; point d'ébullition $68-70^{\circ}$, poids spécifique à $0^{\circ} = 0,6996$, insoluble dans l'eau, facilement soluble dans l'alcool et l'éther. Ses réactions chimiques sont analogues à celles de l'amylène. L'acide sulfurique mélangé avec la moitié de son

volume d'eau, dissout à froid un volume égal d'hexylène et il se sépare bientôt de l'alcool hexylique secondaire. L'hexylène est coloré en brun rouge par l'acide sulfurique concentré.

HEPTYLÈNE, C^7H^{14}

Syn. *Oenanthylène*. — Comme le précédent, il a été trouvé dans le goudron de boghead. Liquide incolore très-mobile, d'une odeur alliagée. Point d'ébullition : 94° .

Produits d'addition aromatiques C^nH^{2n}

D'après *Beilstein* et *Kurbatow* (1), les hydrocarbures du pétrole du Caucase qui possèdent la formule empirique C^nH^{2n} , ne sont pas identiques avec les corps de la série précédente; on rencontre aussi ces hydrocarbures avec l'heptane, etc., dans le pétrole américain, mais on a constaté qu'ils étaient identiques avec les hydrocarbures aromatiques produits par réduction étudiés par *Weden* (2).

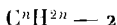
(1) *Berichte der deutsch. Chem. Ges.*, 1880, p. 1818 et 2028.

(2) *Liebig's Annalen*, t. CLXXXVII, p. 166.

Hydrocarbures	Formules	Poids spécifique à 0°	Point d'ébullition
Hexahydrobenzène.	C ⁶ H ¹²	0,760	69°
Hexahydrotoluène.	C ⁷ H ¹⁴	0,772	97°
Hexahydroisoxylène	C ⁸ H ¹⁶	0,777	118°

Schutzenberger et *Jonine* (1), qui ont confirmé l'exactitude des indications précédentes, ont proposé le nom de *paraffènes* pour ces corps inactifs vis-à-vis du brome et des acides sulfurique et azotique.

Hydrocarbures de la série de l'acétylène



CROTONYLÈNE, C⁴H⁶

Découvert par *Caventou* en 1863, il a été préparé synthétiquement depuis et trouvé dans le goudron de houille (2). Liquide limpide bouillant

(1) *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, t. XCI, p. 833.

(2) CAVENTOU. — *Bulletin de la Société chimique*, t. XIX, p. 245; HELBING. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CLXXII, p. 281.

à 18°. Probablement de l'éthylacétylène $C^2H^5C \equiv CII$.

HEXYLÈNE, C^6H^{10}

Syn. *Diallyle*. — Liquide incolore, d'une odeur alliagée, bouillant à 76-80°; poids spécifique à 13° = 0,71.

Hydrocarbures de la série du benzène

Les corps de cette série, qui forment la grande classe des combinaisons dites aromatiques, sont tout à fait caractéristiques pour le goudron de houille (particulièrement pour le goudron de gaz). Ils prennent, en outre, naissance dans un grand nombre de réactions et surtout par l'action de hautes températures, par exemple en faisant passer les vapeurs ou les gaz d'hydrocarbures à travers des tubes chauffés au rouge, on obtient du benzène non-seulement avec le toluène, le xylène, le styrolène, etc., mais encore avec l'alcool, l'acide acétique, l'éthylène, le méthane, et fréquemment, en même temps que le benzène, il se forme aussi du naphthalène.

L'acétylène semble jouer aussi un des rôles

les plus importants dans la formation de ces corps. D'après *Berthelot* (1), lorsqu'on chauffe de l'acétylène à la température de ramollissement du verre (c'est-à-dire au rouge sombre), on obtient avec un certain nombre de produits secondaires peu abondants, une grande quantité de benzène, puis du styrol, du naphthalène, du rétène, etc.

BENZÈNE, C⁶H⁶

Le benzène a été découvert en 1825 par *Faraday* dans le liquide obtenu en comprimant du gaz d'huile. A cette époque, on vendait le gaz d'éclairage à l'état comprimé, dans des récipients métalliques. Le benzène contenu dans ce gaz, se condensait peu à peu et finissait par se rassembler en une masse liquide. *Mitscherlich* l'a préparé en 1833 en soumettant du benzoate de chaux à la distillation sèche et il lui a donné la formule empirique actuellement admise ainsi que son nom. *Leigh* prétend l'avoir trouvé le premier dans le goudron de houille; mais c'est, dans tous les cas, à *A. W. Hofmann* (2) qu'appartient le véritable mérite d'avoir

¹ *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXII, p. 497 et 905.

(2) *Ann. Chem. Pharm.*, t. LIV, p. 204.

découvert le benzène dans le goudron de houille et de l'avoir reconnu d'une manière positive par sa transformation en nitrobenzène et en aniline (1845). La méthode à l'aide de laquelle il put en extraire de grandes quantités du goudron de houille a été imaginée dans son laboratoire par *Charles Mansfield* ⁽¹⁾. Ce dernier effectua aussi la fabrication en grand du benzène; il décrit très exactement le principe de la déségmation, d'après lequel on peut séparer les uns des autres les différents hydrocarbures, et il démontra d'une manière positive que l'on pouvait employer, pour cela, les appareils en usage pour la rectification de l'alcool, et même avec plus d'avantages que pour ce dernier ⁽²⁾; (d'après *Lunge* cette indication est partout attribuée à *E. Kopp*, ce qui est erroné, car celui-ci n'en parle qu'en 1860) ⁽³⁾. Mansfield s'est aussi servi de la propriété que possède le benzène (déjà observée par *Faraday*), de cristalliser à 0° pour le préparer à l'état de pureté absolue.

Le benzène est un liquide incolore, très mo-

⁽¹⁾ *Patente anglaise*, n° 11960, du 11 novembre 1847; *J. Chem. Soc.*, 1,244.

⁽²⁾ *Conférence à la Royal Institution* le 27 avril 1849, traduite dans le *Moniteur Scientifique*, 1865, p. 440.

⁽³⁾ *Moniteur Scientifique*, 1860 vol. II, p. 829.

bile, d'une odeur particulière assez agréable : Il bout à 80-81°, d'après *Mansfield*. Suivant *Adriensz* (1) le benzène extrait du goudron bout à 80, 53 — 80, 62°; celui qui a été préparé avec l'acide benzoïque entre en ébullition à 80, 60-80, 67°. La température d'un mélange bouillant de benzène et d'eau est, d'après *Naumann* (2), de 68°,5, celle des vapeurs de 69,1. A 0°, il se solidifie en une masse cristalline qui fond vers 8°.

Le benzène est très peu soluble dans l'eau, mais cependant assez pour lui communiquer son odeur. Il est facilement soluble dans l'alcool, l'éther, l'esprit de bois, l'acétone, etc. De son côté, il dissout l'iode, le soufre, le phosphore (à chaud) et avec une grande facilité les graisses, les huiles volatiles, les résines, etc. Il est facilement inflammable, et il donne des vapeurs s'allumant avec une grande facilité; aussi lorsqu'on doit en conserver de grandes quantités, faut-il observer certaines précautions. Il brûle avec une flamme très fuligineuse.

Lorsqu'on fait passer du gaz d'éclairage à travers du benzène, on augmente son pouvoir éclairant. *Berthelot* attribue même le pouvoir éclairant du gaz de Paris presque exclusivement

(1) *Moniteur Scientifique*, 1873, p. 441.

(2) *Ibid.*, 1873, p. 441.

au benzène qu'il renferme, tandis que, autrefois, on pensait qu'il était dû aux corps de la série de l'éthylène ou de l'acétylène.

Ce fait a été confirmé par les recherches de *Kunblauch* (1), et aujourd'hui il est généralement considéré comme exact.

L'air atmosphérique lui-même, lorsqu'on l'a fait passer à travers du benzène, donne un mélange brûlant avec une flamme claire, sur quoi *Mansfield* (c'était avant la découverte des couleurs d'aniline) avait fondé les plus grandes espérances pour l'utilisation industrielle du benzène. C'est sur cette propriété qu'est basé le *carburateur* des moteurs à pétrole servant à actionner les *voitures automobiles*.

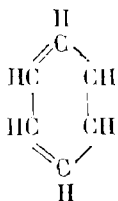
Au point de vue chimique, le benzène est extrêmement important pour l'industrie en général et plus encore pour la chimie théorique. Les innombrables combinaisons aromatiques dérivent presque toutes du benzène. Il serait presque impossible de s'orienter dans ce champ immense, si *Kékulé* n'y avait apporté ordre par sa théorie de la constitution du benzène. On peut dire avec certitude que, sans la formule hexagonale de *Kékulé*, les nombreuses com-

(1) *Berichte d. deutsch. Chem. Ges.*, 1881, p. 250.

binaisons aromatiques actuellement connues n'auraient pas été découvertes.

L'hypothèse de *Kékulé* est incontestablement l'une des plus fécondes dont se soit enrichie la chimie théorique.

Presque tous les chimistes admettent, avec *Kékulé* que les six atomes de carbone du benzène forment une chaîne fermée, et que des quatre valences de chaque atome, trois sont unies à d'autres atomes de carbone du même noyau, tandis que la quatrième valence est saturée par un atome d'hydrogène. Mais les opinions diffèrent en ce qui concerne le mode d'union de ces trois valences. D'après l'hypothèse de *Kékulé*, chaque atome de carbone est relié à son voisin alternativement avec *deux* et avec *une* valence, comme l'exprime la formule suivante :



D'après une autre formule, imaginée par *Claus*, mais rejetée et plus tard adoptée par *Ladenburg*, chaque atome de carbone est

uni par trois liaisons simples avec trois autres atomes, ce que l'on peut représenter par un prisme (fig. 1) ou par une étoile hexagonale (fig. 2).

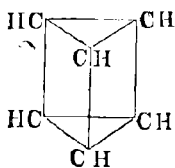


Fig 1

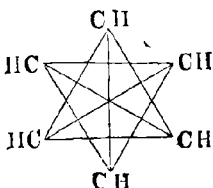


Fig 2

Beaucoup de raisons parlent en faveur de cette formule, entre autres la chaleur de combustion du benzène (1) et c'est pour cela qu'elle est adoptée par un grand nombre de chimistes. Mais, en général, on représente le benzène, parce que cela est plus commode par un hexagone simple :



et ses dérivés, en inscrivant les groupes substitués sur ses angles, sans marquer les atomes d'hydrogène.

(1) THOMSEN. — *Berichte der deutsch. Chem. Ges.* 1880, p. 1808.

TOLUÈNE, $C^7H^8 = C^6H^6.CH^3$.

Syn. *Méthylbenzène*. — Le toluène a été découvert en 1838 par *Pelletier* et *Walter* dans les produits de condensation du gaz de résine et nommé résinaphte. Plus tard, *Deville* l'a obtenu par distillation sèche du baume de tolu d'où son nom, qui lui a été donné par *Berzélius*.

Il a été trouvé par *Mansfield* dans le goudron de houille et depuis dans un grand nombre d'huiles minérales, etc. Sa formation en même temps que celle des combinaisons analogues a été expliquée précédemment. On l'extrait du goudron de houille en grande quantité, et, si l'on veut, on peut même l'obtenir industriellement dans un état de pureté assez grande; il est employé à beaucoup d'usages, soit pour la préparation des matières colorantes, soit comme dissolvant. La préparation à l'état de pureté absolue offre cependant de très grandes difficultés parce qu'il ne peut pas, comme le fait le benzène, prendre la forme cristalline.

Il ne peut exister qu'un toluène, et *Berthelot* et *Rosenstiehl* ont démontré que tous les toluènes provenant des sources les plus différentes sont réellement identiques.

Le toluène est un liquide mobile, incolore,

fortement réfringent. Il bout à 110° . Il n'est pas encore solide à -20° . Son poids spécifique est 0,8824 à 0° , 0,8720 à 15° ; son indice de réfraction — 1,4899.

L'odeur du toluène est un peu différente de celle du benzène. Il est pour ainsi dire insoluble dans l'eau, mais il lui communique son odeur; il se mêle avec l'alcool, l'éther, le sulfure de carbone, etc. Il dissout le soufre, le phosphore, l'iode, les graisses, etc. Allumé, il brûle avec une flamme claire, très fortement fuligineuse. Lorsqu'on le fait passer à travers des tubes chauffés au rouge, il donne du benzène, du naphthalène, de l'anthracène, du phénanthrène, etc...

D'après *Berthelot*, le toluène possède, comme l'essence de térébenthine, la propriété de rendre l'oxygène actif; lorsqu'on agite en présence de l'air du toluène avec une solution tiède très étendue d'indigo, la liqueur se décolore.

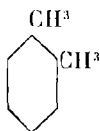
XYLÈNES, C^8H^{10}

Diméthylbenzènes. — Le xylène (c'est-à-dire un mélange des trois isomères) a été découvert dès 1860 par *Cahours* dans l'esprit de bois brut.

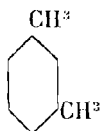
Ritthausen et *Church* l'ont trouvé dans le goudron de houille.

Friedel et Crafts l'ont obtenu par synthèse en traitant le benzène ou le toluène par le chlorure de méthyle en présence de chlorure d'aluminium.

Fittig ⁽¹⁾ a montré le premier (1869) que le xylène du goudron de houille n'est pas un corps unique et qu'il contient environ 90 % de méta-xylène et 10 % de para-xylène. Cependant *O. Jacobsen* ⁽²⁾ découvrit plus tard de l'ortho-xylène, et évalua les proportions des trois corps aux chiffres suivants : 70 à 75 % de méta-xylène, de 20 à 25 % de para-xylène et 10 à 15 % d'ortho-xylène, mais il en est pas tout à fait de même dans les différents goudrons ⁽³⁾.



Ortho-xylène



Méta-xylène



Para-xylène

Ortho-xylène. — Liquide incolore, dont

⁽¹⁾ FITTIG. — *Berichte d. Deutsch. Chem. Ges.*, 1877, p. 142.

⁽²⁾ *Ann. Chem. Pharm.*, t. CLIII, p. 265.

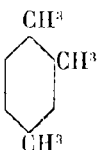
⁽³⁾ D'après une communication plus récente de *Jacobsen* (*Ber. d. Deutsch. Chem. Ges.* 1881, p. 2628) un grand nombre de xylènes bruts renferment beaucoup plus (20 à 25 % au moins) d'ortho-xylène.

l'odeur aromatique, agréable, est différente de celle des deux isomères. Point d'ébullition : 141-143°; il n'est pas encore solide à — 22°.

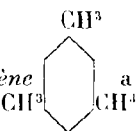
Métaxylène (Syn. *Isoxylène*). — Point d'ébullition : 137-138°. Il forme l'élément principal du mélange des xylènes contenus dans le goudron.

Paraxylène, il fond à 15° et bout à 136-137°. Il y a une odeur particulière, différente de celle du benzène.

TRIMÉTHYLBENZÈNES, $C^9H^{12} = C^6H^3(CH^3)^3$.

1° Le *pseudocumène*  bout entre 165 et

166. Son odeur est différente de celle des homologues inférieurs. il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'éther et l'alcool, mais très peu soluble dans l'acide acétique cristallisable (comme le mésitylène). L'acide sulfurique fumant le dissout (comme le mésitylène) en donnant naissance à un acide sulfoconjugué.

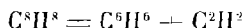
2° Le *mésitylène*  a été obtenu par

Kane (1) en traitant l'acétone par l'acide sulfurique et découvert par *Fittig* dans l'huile de goudron de houille. Point d'ébullition 163°.

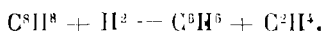
STYROL OU STYROLÈNE, $C^8H^8 = C^6H^6 \cdot CH_2 = C^6H^5 \cdot CH_2$.

Syn. *Cinnamène*, *phényléthylène*. — Huile mobile incolore, d'une forte odeur aromatique, rappelant à la fois celle du benzène et du naphthalène. Le styrolène ne se solidifie pas encore à -20° , il bout à 145°.

Au rouge, il se dédouble en benzène et acétylène :



ou, en présence d'hydrogène, en benzène et éthylène :



Chauffé avec de l'éthylène, il donne du benzène et du naphthalène, et avec du benzène, du naphthalène et de l'anthracène. Il joue, probablement un rôle important dans la formation des hydrocarbures à poids moléculaires élevés et c'est précisément pour cela qu'il ne se trouve plus en grande quantité dans le goudron.

(1) *Poggend. Ann.*, t. XLIV, p. 474.

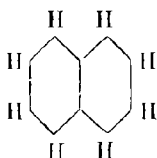
NAPHTALÈNE, C¹⁰H⁸

Syn. *Naphtaline*. — Découverte par *Garden* en 1820, le naphthalène a été, quelques années après, étudié avec soin par *Laurent*. Il se forme par l'action de la chaleur sur des substances organiques dans un très grand nombre de cas, mais seulement à des températures assez élevées, de sorte que les goudrons qui sont produits à une très basse température n'en contiennent pas du tout.

A l'état pur, le naphthalène forme des masses cristallines blanches, ou des lamelles minces rhomboïdales. Il fond à 79°; les indications relatives à son point d'ébullition varient de 212 à 220°.

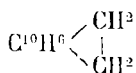
Le naphthalène se volatilise beaucoup au-dessous de son point d'ébullition et, par suite, il peut distiller aussi bien avec les vapeurs d'eau qu'avec les vapeurs des huiles légères de goudron; c'est pour cela qu'il se trouve toujours avec ces dernières dans les huiles de goudron brutes. Même à la température ordinaire, il se volatilise lentement en répandant une odeur pénétrante de goudron, qui adhère longtemps aux vêtements et éloigne les teignes et autres insectes nuisibles.

La constitution du naphthalène a été complètement élucidée par les travaux d'*Erlenmeyer* et de *Graebe* et on admet généralement qu'il est formé par la soudure de deux noyaux benzéniques qui auraient deux atomes de carbone communs :



ACÉNAPHTÈNE, $C^{13}H^{10}$.

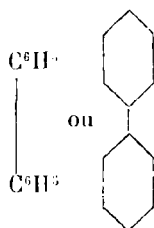
Il se trouve dans les parties du goudron de houille qui passent entre 270° et 300° , surtout entre 280° et 290° , desquelles il se sépare en cristaux par le refroidissement; il peut être purifié par cristallisation dans l'huile de goudron légère ou l'alcool, ou par sublimation ⁽¹⁾. Il fond un peu au-dessus de 100° , mais ne se solidifie qu'à 95° et bout à 285° . Sa constitution est :



(1) BERTHELOT. — *Ann. ch. phys.* 4, t. XII, p. 226.

DIPHÉNYLE, $C^{12}H^{10}$.

Découvert par Filtig en 1862 et désigné autrefois sous le nom de phényle. Il se trouve dans la fraction du goudron de houille distillant entre 220 et 270° . Il fond à 105 et bout à 254° . Il est soluble dans l'alcool et dans l'éther, d'où il se sépare en grandes lamelles cristallines incolores. Le brome, l'acide sulfurique, l'acide azotique réagissent sur lui en donnant naissance à des dérivés correspondants. La formule du diphényle est

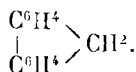


FLUORÈNE

On l'extrait par distillation fractionnée de la portion du goudron bouillant entre 290 et 350° environ, après séparation de l'anthracène et du naphthalène. La portion bouillant entre 295

et 310 est purifiée par plusieurs cristallisations dans l'alcool, etc.

Lamelles cristallisées, incolores, avec fluorescence violette, peu solubles dans l'alcool bouillant ainsi que dans l'éther, le benzène, le sulfure de carbone. Fond à 113°, bout à 295°, mais se volatilise avec les vapeurs aqueuses. Sa formule est



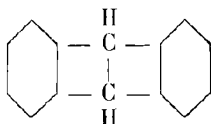
ANTHRACÈNE, C¹⁴H¹⁰

Découvert par *Dumas* et *Laurent* en 1832 et décrit sous le nom de *paranaphthaline*; fut soumis à une étude plus détaillée en 1857 par *Fritsche*, qui, le premier, l'a trouvé dans le goudron de houille.

Cette découverte a été confirmée par le grand travail d'*Anderson* en 1862. Préparé synthétiquement d'abord par *Limpricht*, en 1866, avec le chlorure de benzyle (1), et dans la même année, par *Berthelot*, par voie pyrogénée avec des hydrocarbures plus simples. L'anthracène prend naissance aux dépens de l'alizarine par réduction à l'aide de la poudre de zinc, et l'alizarine peut

(1) *Ann. Chem. Pharm.*, t. XXXIX, p. 308.

être préparée synthétiquement avec cet hydrocarbure ; cette découverte, due à *Graebe* et *Liebermann* (1868), a fait époque dans l'histoire de l'anthracène. Ces chimistes ont aussi déterminé la formule qui, maintenant, est généralement attribuée à l'anthracène. On donne maintenant, sans exception, la formule suivante à cet hydrocarbure :



ou, plus simplement



L'anthracène pur se présente en lamelles cristallisées (prismes clinorhombiques) d'un blanc éclatant, douées d'une fluorescence violette. Il fond à 213° (*Graebe* et *Liebermann*) commence à sublimer vers la même température en dégageant une odeur irritante et en donnant de petits cristaux brillants et micacés. Vers 360° , il entre en ébullition et distille sous la forme d'une masse blanc jaunâtre à aspect cristallin ; mais une portion notable s'altère pendant cette opération.

L'anthracène pur est insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool, plus soluble dans l'éther, le benzène et les huiles volatiles. L'alcool bouillant et surtout les huiles légères de goudron de houille, à l'ébullition, le dissolvent en quantité plus grande.

La solution dans le benzène, exposée à la lumière solaire, dépose promptement des cristaux de *paranthracène*, qui résistent à l'action des dissolvants et des acides concentrés et fondent à 244° en se transformant de nouveau en anthracène.

A une douce chaleur, l'acide sulfurique ordinaire dissout l'anthracène avec une couleur verte sans l'altérer; si l'on chauffe plus fortement, il se forme des acides sulfoconjugués. Les agents oxydants le transforment en anthraquinone, les agents réducteurs en hydrocarbures plus riches en hydrogène. Avec l'acide azotique, il ne donne pas de corps nitrés. Dissous dans le benzène avec de l'acide picrique, il fournit des cristaux rouge rubis, qui fondent à 170° et sont décomposés par l'alcool. Avec la dinitro-anthraquinone (réactif de *Fritzsche*), il donne des lamelles rhomboïdales brillantes violet rouge; lorsqu'il n'est qu'un peu impur, les lamelles sont bleues, et quand les matières étrangères sont

plus abondantes, la réaction cesse complètement (1).

PHÉNANTHRÈNE, C¹⁴H¹⁰.

Cet isomère de l'anthracène a été découvert en même temps par *Graebe* (2), et par *Vittig et Ostermeyer* (3). Il se trouve dans la dernière fraction de l'huile de goudron de houille où il accompagne toujours l'anthracène; il constitue un élément important de l'anthracène brut. On le retire du produit brut par cristallisations répétées dans l'alcool, où il est plus facilement soluble que l'anthracène. On peut aussi mettre à profit son point d'ébullition plus bas pour sa séparation d'avec l'anthracène; son point de fusion, beaucoup plus bas, permet de vérifier facilement sa pureté.

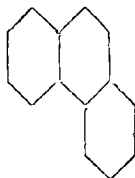
Le phénanthrène cristallise dans l'alcool, s'il est pur, en lamelles tout-à-fait incolores avec une fluorescence bleue très faible. Il fond à 99-100°, il bout vers 340° et sublime en lamelles mais plus difficilement que l'anthracène. A 13°,5, il se dissout dans 48 à 50 parties d'alcool;

(1) FRITZSCHE. — *Zeitschrift für Chemie* (2), t. III, p. 289.

(2) *Berichte d. deutsch. chem. Ges.* 1873, p. 861.

(3) *Ann. Chem.*, t. CXXXVI, p. 361.

il est facilement soluble dans l'alcool bouillant, dans l'éther, le benzène, l'acide acétique cristallisable et le sulfure de carbone. En solution alcoolique, il donne avec l'acide picrique des aiguilles rouge jaune qui fondent à 143-145° et se dissolvent facilement dans l'alcool bouillant sans se décomposer. Le phénanthrène possède la constitution suivante :



CHRYSÈNE, $C^{18}H^{12}$

Découvert par *Robiquet* et *Colin*, en 1817, dans les produits de la distillation du succin, par *Laurent*, en 1837, dans le goudron de houille, il a été étudié ensuite par un grand nombre d'autres chimistes.

En distillant le brai jusqu'à ce qu'il ne reste plus que du coke comme résidu, on obtient de grandes quantités de chrysène, mélangé avec du pyrène, sous forme d'une masse jaune visqueuse ou pulvérulente. En épuisant cette masse par le sulfure de carbone, le chrysène reste et on le fait cristalliser dans l'acide acétique cristallisable

ou dans de l'huile lourde de goudron. Cette dernière et l'essence de térébenthine sont les meilleurs dissolvants du chrysène.

PICÈNE (parachrysène), $C^{22}H^{14}$.

Trouvé par *Burg* (1) dans le goudron de lignite; il existe aussi très probablement dans l'huile lourde de goudron de houille, et est identique avec le *parachrysène* de *Rasenack* (2). Il offre beaucoup d'analogie avec le chrysène, mais il est encore plus difficilement soluble; il se dissout en petites quantités dans le benzène, le chloroforme et l'acide acétique cristallisable bouillants. Il ne se dissout bien que dans les huiles de goudron de houille bouillant entre 150 et 170°. Il possède le plus haut point de fusion connu pour un hydrocarbure; il fond à 337-339° (non corrigé), à 345° corrigé. Il se dissout dans l'acide sulfurique concentré avec une coloration verte. *Graebe* et *Walter* (3) ont trouvé exactement le même corps dans un produit obtenu par distillation du résidu de la rectification du pétrole de Californie. Ils lui ont assigné la formule

(1) *Berichte d. deutsch. chem. Ges.*, 1880, p. 1834.

(2) *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, 1878, p. 96.

(3) *Ibid.*, 1881, p. 175.

tion. Le phénol *pur* ordinaire, qui renferme encore des traces de crésol ou d'eau, a un point de fusion plus bas, ordinairement de 35°,5 et il ne bout qu'à 208°.

Au contact de l'air humide, le phénol absorbe de l'eau et il forme alors un hydrate de la formule C^6H^6O, H^2O , avec 16,07 % d'eau, qui fond à 17°,2. Cet hydrate est probablement le même que celui que *Calvert* (1) a obtenu cristallisé en exposant à une température de 4° un mélange de 4 parties de phénol avec 1 partie d'eau, et auquel il assigne pour point de fusion 16° et pour formule $2(C^6H^6O), H^2O$.

Le poids spécifique du phénol à 18° est 1,065. D'après *H. Kopp*, son coefficient de dilatation pour la température t , à 760^{mm} de pression est donné par la formule

$$Vt = 1 + 0,0006744 t + 0,000001721 t^2 - 0,00000000050408 t^3.$$

Bien qu'il soit déliquescent, le phénol n'est pas très facilement soluble dans l'eau, tandis qu'il se dissout en toutes proportions dans l'alcool, l'éther, le benzène, l'acide acétique cristallisable, la glycérine, etc.

(1) *Journ. chem. soc.*, 1865, p. 66.

L'acide carbolique a une odeur qui ressemble beaucoup à celle de la créosote, du goudron de bois, c'est-à-dire une odeur de fumée. Pris à l'intérieur, il est naturellement toxique, d'une part, par son action caustique sur les muqueuses et, d'autre part, par sa propriété de coaguler l'albumine; il semble agir sur l'organisme par paralysie des centres nerveux.

CRÉSOLS, $C^7H^8O = C^6H^7(CH^3) (OH)$.

Il y a trois isomères de cette formule; le goudron de houille contiendrait un mélange de ces isomères. Les trois isomères ne peuvent être préparés à l'état pur que synthétiquement.

L'*orthocrésol* (1,2) fond à 31° et bout à 185-186°.

Le *métacrésol* (1,3) bout à 195-200°, c'est un liquide épais qui ne solidifie pas même à — 80°.

Le *paracrésol* (1,4) forme des prismes incolores, qui fondent à 36° et distillent à 198°. Il a une odeur de phénol et est difficilement soluble dans l'eau. Sa solution aqueuse, de même que celle du méta-crésol, est colorée en bleu par le perchlorure de fer.

CORPS AZOTES

ANILINE, $C^6H^5. AzH^2$.

Syn : *Phénylamine, aminobenzène, etc.* — Découverte en 1826, par *Unverdorben*, trouvée dans le goudron de houille, en 1834, par *Runge* (qui la désigna sous le nom de kyanol). Liquide limpide, mais devenant très facilement jaune, puis rouge ou brun, d'une odeur faible particulière et d'une saveur brûlante. Se solidifie à 8° et bout à 182° ; poids spécifique à 16° — 1,020. Elle est vénéneuse. L'eau en dissout environ 3% et elle absorbe elle-même un peu d'eau. Elle est facilement soluble dans l'alcool, l'éther, l'acétone, le sulfure de carbone, les hydrocarbures, etc. Elle dissout le soufre, le phosphore, le camphre, la colophane en grandes quantités. La solution aqueuse possède des propriétés faiblement alcalines, néanmoins elle ne bleuit pas le papier de tournesol, mais à chaud, elle chasse l'ammoniaque de ses sels, tandis que, à froid, elle est séparée par l'ammoniaque de ses combinaisons salines. Ses réactions avec le chlorure de chaux (coloration violette) et le bichromate de potassium et l'acide sulfurique (coloration bleue) sont très caractéristiques.

Avec les acides minéraux, elle forme des sels

aisément solubles dans l'eau et dans l'alcool, qui cristallisent facilement.

L'aniline préparée synthétiquement avec le benzène du goudron de houille, préalablement transformé en nitrobenzène, sert de point de départ à l'énorme industrie des couleurs artificielles qui en dérivent.

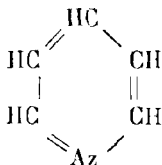
Les homologues de l'aniline (toluidines, etc.) n'ont pas jusqu'à présent été trouvés dans le goudron de houille.

Série de la pyridine

PYRIDINE, $C^5H^5Az.$

Découverte par *Anderson* dans le goudron d'os, par *Greville Williams* dans le goudron de houille. Liquide incolore, mobile, d'une odeur très pénétrante, point d'ébullition : $116^{\circ},7$; poids spécifique à $0^{\circ} = 0,9858$. Miscible à l'eau en toutes proportions, elle en est séparée par la potasse ou la soude. Elle bleuit le tournesol rouge, donne des vapeurs blanches avec l'acide chlorhydrique.

Sa formule est



PICOLINE, C^6H^7Az

Découverte par *Unverdorben* dans l'huile d'os et par *Anderson* dans le goudron de houille. Liquide incolore, mobile, d'une odeur pénétrante. Point d'ébullition : 235°.

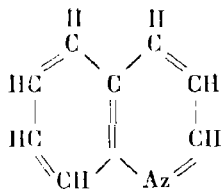
LUTIDINE, C^7H^9Az

Huile incolore, d'une odeur aromatique ; point d'ébullition : 154°,5.

COLLIDINE, $C^8H^{10}Az$

Liquide incolore, d'une odeur d'épices ; point d'ébullition 179° ; presque insoluble dans l'eau.

Série de la quinoléine. — Étudiée surtout par *Greville Williams* (1). Les bases que l'on extrait du goudron de houille ne sont probablement pas identiques avec celles extraites de la cinchonine par distillation avec de la potasse caustique. On admet que la quinoléine peut être représentée par le schéma suivant :



(1) *Chem. Soc. Journ.* (2) t. 1, p. 375; *Chem. News*, t. 1, p. 13.

QUINOLÉINE, C^9H^7Az

Syn. *Leucoline*. — Découverte par *Runge* en 1834. Elle bout à 238° et a un poids spécifique de 1,081, une odeur pénétrante et un saveur brûlante. Elle est peu soluble dans l'eau, facilement soluble dans l'alcool et dans l'éther. On la prépare synthétiquement par la méthode de *Graebe-Skraup* en faisant agir la glycérine sur un mélange d'aniline et de nitrobenzène.

QUINALDINE, $C^{10}H^9Az$

Isomère de la *lépidine* extraite de la *cinchonine*. Point d'ébullition entre 252 et 257° . Donne des sels cristallisables avec les acides azotique, chlorhydrique, chromique, etc. Se prépare aussi synthétiquement.

ACRIDINE, $C^{12}H^9Az$

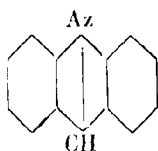
Corps basique qui se rencontre dans l'anthracène brut, isomère du *carbazol*, découvert par *Graebe* et *Caro* (1). Pour l'obtenir, on épuise l'anthracène brut par l'acide sulfurique étendu, on précipite par le chromate de potasse, on purifie le sel de chrome par cristallisation, on pré-

(1) *Journ. f. prakt. Chem.* (2) t. II, p. 183; *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, 1872, p. 15.

cipite la base par l'ammoniaque et enfin on la fait cristalliser dans l'eau bouillante. On peut aussi faire cristalliser le chlorhydrate et le décomposer par l'ammoniaque. L'acridine cristallise en prismes orthorhombiques, incolores lorsqu'ils sont très petits, jaune ou légèrement colorés en brun. Elle fond à 107°, distille à 360° sans altération, peut être sublimée dès la température de 100° et est entraînée par les vapeurs aqueuses. Elle est peu soluble dans l'eau froide, plus facilement dans l'eau bouillante, facilement dans l'éther, l'alcool, le sulfure de carbone et les hydrocarbures. Elle a une réaction alcaline très faible et elle produit sur la peau (ainsi que ses sels en solutions étendues) une vive brûlure ; sa poussière, même en très faible quantité, irrite fortement la muqueuse nasale ⁽¹⁾. L'acide sulfurique ne l'attaque qu'à 200°, à 280 elle n'est pas encore attaquée par l'acide chlorhydrique ou la potasse caustique ; la poudre de zinc, la chaux sodée, un grand nombre d'agents oxydants n'exercent sur elle aucune action. L'acide azotique la nitre. Elle forme avec les acides des sels tous de couleur jaune, qui sont facilement solu-

(1) *Graebe* avait proposé de la nommer « Sternutine ».

bles et cristallisables, mais peu stables. Ses solutions étendues sont fortement fluorescentes avec une couleur bleue, les solutions plus concentrées offrent une fluorescence verte, et celles qui ne sont pas du tout concentrées ne sont pas du tout fluorescentes. L'acridine peut être représentée par la formule suivante :



CARBAZOL, $C^{12}H^9Az$

Découvert par *Graebe* et *Glaser* (1) dans le résidu de la purification de l'anthracène par la potasse caustique, où il se trouve sous forme de combinaison potassique, que l'eau dédouble. Il constitue toujours un élément important de l'anthracène brut. Ses propriétés offrent beaucoup d'analogie avec celles d'un hydrocarbure ; il donne une combinaison pierique sous forme de grands prismes rouges (point de fusion 182°), que l'on peut employer pour la purification du

1) *Annal. Chem. Pharm.*, t. CLXIII, p. 343 ; t. CLXX, p. 88.

carbazol, qui peut d'ailleurs être aussi purifié par recristallisation ou sublimation. Il forme de grandes tables ou lamelles blanches, insolubles dans l'eau, peu solubles à froid, mais plus facilement à l'ébullition dans l'alcool, l'éther, le benzène, le chloroforme. 100 parties de toluène dissolvent 0,55 parties de carbazol à 16°, 5,40 parties à 100°; 100 parties d'alcool en dissolvent 0,92 parties à 14°, 3,88 parties à l'ébullition. Point de fusion à 238°; il sublime facilement et bout à 355° environ. A froid, il se dissout dans l'acide sulfurique pur avec une couleur jaune; les plus faibles traces d'acide azotique, d'acide chromique, de chlorates et d'autres corps oxydants, produisent dans la solution une coloration verte intense. De la solution sulfurique préparée à froid, il est précipité par l'eau sans altération mais, à chaud, il se forme un acide sulfoconjugué. L'acide azotique donne des produits nitrés. Il n'est pas altéré par la fusion au rouge avec de la chaux sodée, de la potasse caustique, de la poudre de zinc, etc., lorsqu'on le calcine avec de la chaux potassée, une partie se décompose en donnant naissance à de l'ammoniaque. Il n'offre pas de propriétés basiques et ne forme pas de sels avec les acides, mais donne lieu à une combinaison acétylique et à une

combinaison potassique, dans lesquelles l'hydrogène du radical imide est remplacé par l'acétyle

ou le potassium. Sa structure est : $\left. \begin{array}{l} \text{C}^6\text{H}^4 \\ | \\ \text{C}^6\text{H}^4 \end{array} \right\} \text{AzH}$,

c'est par conséquent l'imide du diphényle.

PHÉNYLNAPHTHYLCARBAZOL, $\text{C}^{16}\text{H}^{11}\text{Az}$

Découvert par *Brunch*, étudié par *Graebe* et *Knecht* (1) (qui l'ont préparé synthétiquement); on l'obtient par sublimation des résidus de la distillation de l'anthracène brut. Cet hydrocarbure offre une couleur jaune intense, mais qui n'est due qu'à la présence d'un corps inconnu, car il devient blanc lorsqu'on le fond avec de l'hydrate de potasse. Il est presque insoluble à froid dans le benzène et l'acide acétique cristallisable, et très peu soluble à l'ébullition; il se dissout mieux dans l'aniline bouillante. Le toluène et l'alcool absolu ne le dissolvent presque pas à froid; à chaud, 100 parties de toluène en dissolvent 0,39 à 0,57 parties; 100 parties d'alcool 0,25 parties. Les solutions offrent une fluorescence bleue intense. Il fond à 330° et bout à une température plus élevée que le soufre. Il se comporte comme le carbazol en présence de l'acide sulfurique, etc.

(1) *Berichte d. deutsch. chem. Ges.*, 1879, p. 341, 2241.

CHAPITRE III

—

DISTILLATION DU GOUDRON

Déshydratation du goudron. — Il est indispensable que le goudron soit préalablement débarrassé aussi complètement que possible de l'eau ammoniacale, dont il renferme toujours une certaine quantité et dont la présence troublerait la distillation. Tant que l'eau et les éléments huileux distillent en même temps, il existe toujours une tendance à l'ébullition tumultueuse, et la masse peut même être projetée avec explosion.

Lorsqu'on abandonne le goudron à un long repos et qu'il n'est pas trop épais, il se sépare une grande partie de l'eau ammoniacale, qui ne s'y trouve suspendue que mécaniquement et dont le poids spécifique est plus faible ; cette eau monte à la surface et on peut la faire écouler.

Dans bon nombre de fabriques, on se borne à conserver le goudron dans plusieurs grands réservoirs qui sont établis assez haut pour que le gou-

dron puisse couler directement dans la cornue. Dans quelques fabriques cependant, on dispose dans ces réservoirs à goudron, un serpentín à vapeur fermé, au moyen duquel on peut chauffer le goudron à la température que l'on désire, afin de le rendre plus fluide et de faciliter la séparation de l'eau ammoniacale.

Dans la saison froide, on chauffe à Paris, à 16-17°; à Londres, à 20-21°; dans les fabriques allemandes, quelquefois jusqu'à 40°.

DISTILLATION A LA VAPEUR

Le traitement du goudron de houille commence toujours par une distillation fractionnée, qui est effectuée à feu nu, ce qui est le cas le plus fréquent, ou bien *à l'aide de la vapeur*, comme cela se pratique dans quelques localités ou dans un but particulier. Cette seconde méthode est peu employée, elle n'est même plus du tout en usage dans les grandes fabriques, excepté en Écosse, où elle parait être la méthode ordinairement suivie. Elle est avantageuse seulement dans les cas où l'on veut uniquement déshydrater le goudron et lui enlever ses éléments les plus volatils, afin d'employer le reste pour en-

duire le bois ou les métaux, pour imprégner des pierres ou des briques ou pour la fabrication du carton pour toiture.

DISTILLATION A FEU NU

La méthode ordinaire de distillation du goudron, celle à feu nu, a pour but d'éliminer sous forme de brai les éléments non volatils ou trop difficilement volatils qui forment la majeure partie de sa masse et d'effectuer ainsi une séparation préliminaire des produits de distillation, afin de pouvoir soumettre chacun d'eux à un autre traitement. Il est évident que cela n'est possible qu'à feu nu, parce que le point d'ébullition de l'élément le plus précieux du goudron, c'est-à-dire de l'anthracène, coïncide à peu près avec celui du mercure (360°).

On se sert pour la distillation du goudron de vases ayant des formes très différentes, sortes de *cornues* en fer (*tar stills* en anglais), on commence à les charger avec du goudron frais lorsqu'elles sont encore chaudes de la dernière opération. On pompe le goudron directement ou bien on le fait écouler d'un réservoir supérieur qui a été préalablement rempli. Dans les deux

cas, afin de ne pas perdre de temps, on donne au tuyau d'alimentation un diamètre assez large (environ 15 centimètres). Le remplissage achevé, on ferme toutes les ouvertures de la cornue et on commence à chauffer. On peut du reste allumer le feu dès que la cornue est à moitié remplie de goudron. Le temps de chauffe varie suivant la saison et la grandeur de la cornue; avec les petites cornues de 5 tonnes de capacité, il faut environ deux heures et, avec les grandes de 22 à 25 tonnes de capacité, il faut cinq heures en été et six heures en hiver. Mais auparavant, une ou deux heures environ après que l'on a commencé à chauffer, le goudron commence à monter et à écumer et l'on peut à ce moment faire sortir la majeure partie de l'eau ammoniacale par un robinet de trop-plein.

Presque partout, on recueille comme première fraction ce qui passe en même temps que l'eau, et le premier récipient contient par suite en même temps de l'eau ammoniacale et des huiles de goudron.

On désigne ces dernières sous des noms différents, on les appelle, en France, *essences légères*; en Allemagne, *Vorlauf* ou *essence*; en Angleterre, *first runnings*, *first lightoils*, *crude naphtha*.

Lorsqu'on travaille d'après les indications du thermomètre placé dans la cornue, on sépare, par exemple, les fractions suivantes :

1. Essence, jusqu'à 105 ou 110°;
2. Huile légère, jusqu'à 210°;
3. Huile à acide carbolique (pour le phénol et le naphthalène) jusqu'à 240°;
4. Huile lourde (nommée aussi en Allemagne huile verte) jusqu'à 270°;
5. Huile à anthracène, au-dessus de 270°.

HUILE LÉGÈRE

L'huile légère proprement dite, si l'on va jusqu'à ce que le produit de la distillation commence à tomber au fond de l'eau, présente d'après Lunge les propriétés suivantes. Son poids spécifique est d'environ 0,975. Elle commence à bouillir à 94° (si le thermomètre plonge dans le liquide même); mais il n'en distille que très peu avant que le thermomètre soit monté à 120°, et à partir de ce moment jusqu'à 170°, il en passe environ 30 %.

Point d'ébullition	110°	120°	130°	149°	160°	171°
	96°	1	3	4,5	9	16
						26,5 %

JAUBERT — L'industrie du Goudron de houille

7

et en rectifiant les 26,5 $\frac{0}{0}$, on obtient :

Point d'ébullition :	93°	100°	110°	120°	130°	138°
	90°	1	2	5	9	13
						15 $\frac{0}{10}$

L'huile légère du commerce a naturellement d'autant plus de valeur qu'elle renferme une plus grande quantité d'éléments volatils. Elle sert à l'état brut pour l'éclairage dans les travaux de terrassement ou pour dissoudre le brai en vue de la fabrication du *goudron préparé* et surtout pour faire de très bons vernis pour le bois et le fer. D'après *Thénius*⁽¹⁾ on peut obtenir avec l'huile légère une excellente huile pour vernis en la traitant successivement et à plusieurs reprises par du chromate de potasse, du peroxyde de manganèse et de l'acide sulfurique, puis la lavant avec de l'eau et ensuite avec une lessive de soude; cela fait, on la soumet à la distillation. On a alors une huile pour vernis parfaitement limpide, d'un poids spécifique de 0,880, qui ne se colore plus en jaune au contact de l'air et dissout très bien les résines comme la sandaraque, le mastic, le copal; mais la presque totalité de l'huile légère est soumise à la rectification; cette opération est commencée à feu nu

(1) *Verwerthung des Steinkohlentheers*, p. 62.

et il n'y a que les petites fabriques qui emploient la distillation à la vapeur.

La rectification de l'huile légère a lieu dans des cornues en tôle qui sont construites et établies exactement comme les cornues à goudron. Il est avantageux, mais seulement dans de très grandes installations, de leur donner les mêmes dimensions que ces dernières.

D'après Lunge, une cornue à huile légère de 1^m,8 de hauteur et 1^m,5 de diamètre suffit pour quatre cornues de goudron de diamètre et de hauteur doubles. La cuve à réfrigération à 1^m,8 de hauteur et 1^m,2 de diamètre. Il est préférable de la disposer de façon à ce qu'elle soit séparée de la cornue par un mur, et il est évident qu'il doit en être de même pour les deux récipients destinés à recevoir le naphte et la seconde huile légère; il est également convenable que le tuyau de vidange pour le résidu traverse ce mur, de façon à ce que ces parties soient toutes les trois complètement isolées du foyer.

ESSENCE DE NAPHTE

L'essence de naphte renferme les éléments les plus volatils du goudron; mais ces éléments y sont toujours accompagnés de principes encore

très difficilement volatils. C'est pour cela que, dans l'essence de naphte, nous trouvons non-seulement le benzène avec ses homologues mais encore des quantités notables de phénol, de naphthalène, d'aniline et d'autres bases volatiles, de résines pyrogénées, etc. Parmi les corps facilement volatils, nous mentionnerons les suivants : homologues du méthane, oléfines, sulfure de carbone, mercaptans, nitriles.

L'essence de naphte, de même que le naphte d'huile légère, est presque toujours soumise avant la rectification à une *épuration chimique* consistant en un traitement par l'acide sulfurique concentré et les alcalis.

Le rôle de l'acide sulfurique est multiple; il se combine avec les bases (aniline, etc.), il détruit les résines pyrogénées, il dissout les oléfines et, en général, il élimine tous les corps sur lesquels il agit. En outre, il forme avec le naphthalène et le phénol des acides sulfo-conjugués, qui se dissolvent dans l'acide en excès.

L'emploi des alcalis (la soude caustique) est, pour l'essence de naphte, moins important que pour la purification du pétrole, des huiles de lignite ou des huiles plus lourdes de houille, parce que, dans la première, il n'y a encore que très peu de phénols dont l'élimination est le but

principal de cette opération. C'est pour cela que, généralement, on commence l'épuration de l'essence de naphthé proprement dite par le traitement à l'acide sulfurique, que l'on fait suivre d'un léger traitement par la lessive de soude, pour éliminer, soit le reste de phénol, soit l'acide sulfurique et les acides sulfoconjugués qui peuvent rester en dissolution.

Les quantités d'acide sulfurique nécessaires pour l'épuration varient naturellement avec l'espèce de l'huile. D'après Lunge, il en faut un peu plus de 1 kilogramme pour 10 litres d'essence.

L'acide qui a servi à l'épuration offre une densité moyenne de 1,365 et il contient à peu près autant d'acide qu'un acide sulfurique anglais à 45 %. Il est, pour le distillateur de goudron, un des déchets les plus gênants, parce que, lorsqu'on l'envoie dans les canaux, les ruisseaux et les rivières, il fait périr tous les poissons et même, à distance, on reconnaît sa présence à l'odeur infecte et à la coloration rouge de l'eau. Après l'évacuation de l'acide sulfurique, on procède au *lavage à l'eau* puis au traitement par la *lessive de soude*. Celle-ci peut être employée étendue avec un poids spécifique de 1,100 environ. La quantité ne peut pas

comme celle de l'acide, être préalablement déterminée; elle varie avec les différentes huiles, de sorte qu'elle peut osciller entre un et demi et six volumes de lessive étendue pour 100 volumes d'huile de goudron. La perte qu'entraîne l'épuration est égale en moyenne à 8 volumes % du mélange d'essence de naphte et de naphte d'huile légère. Avec de bonnes huiles, elle descend fréquemment à 5 et même à 4 %, mais avec de mauvais produits elle peut s'élever jusqu'à 12 %. Les huiles récemment distillées, non-seulement exigent moins d'agents d'épuration que les huiles anciennes, mais encore éprouvent moins de perte à l'épuration.

Le traitement chimique une fois effectué on peut distiller immédiatement à la vapeur le produit lavé et recueillir, comme produit final, le benzène, le naphte pour dissolution, etc.

On se sert, pour cela, d'une cornue ayant exactement la même forme que celle à huile légère. Le serpentín condensateur peut être tout en plomb et, à cause de la volatilité du benzène, il doit être assez long. Le fractionnement se fait uniquement d'après les indications du thermomètre. Les points fixes du fractionnement varient avec la nature du produit final que l'on désire obtenir.

Si l'on veut préparer du benzène dit à 90 $\%$, il faut recueillir la première fraction jusqu'à 110°, la seconde jusqu'à 140°, et la troisième jusqu'à 170°, puis s'arrêter. La première fraction soumise à la distillation à la vapeur donne alors beaucoup de benzène à 90 $\%$.

Mais si l'on veut faire du benzène à 58 $\%$, il suffit de faire deux fractions jusqu'à 140°, et de 140 à 170°. La distillation de 3500 litres environ dure huit à neuf heures, de sorte que l'on peut facilement terminer en un jour le travail d'une cornue; celle-ci n'a que rarement besoin d'être nettoyée.

Le tableau suivant fait connaître les résultats des expériences de Lunge sur la qualité des produits obtenus :

Matière brute	Produit jusqu'à 140° (premier produit) Volume $\%$	Produit de 140 à 170 (deuxième produit) Volume $\%$	Résidu Volume $\%$
Essence de naphte pure.	60 à 61	15 à 17	20 à 22
Naphte d'huile lé- gère.	30 à 33	40	//
Mélange des deux.	48 à 52	22 à 26	//

RECTIFICATION A LA VAPEUR

La dernière rectification de l'huile légère est toujours effectuée à l'aide de la vapeur, soit par chauffage indirect, soit par injection dans le liquide. Les cornues à vapeur sont toujours pourvues d'un appareil pour la condensation partielle ou la déflegmation, afin d'arriver à une séparation des produits aussi complète que possible.

La vapeur doit avoir une pression de 2,5 atmosphères au moins; une plus forte pression est encore préférable.

A la place des condensateurs ou déflegmateurs, plusieurs fabriques se servent aussi, pour ces cornues à vapeur, de grands chapiteaux ou de colonnes à rectifications plus parfaites, comme celles qui seront décrites plus loin à propos de l'appareil de *Savalle*.

Au moyen d'appareils fonctionnant d'après le principe de la déflegmation, tel qu'il est appliqué depuis longtemps avec succès dans la rectification de l'alcool, on peut arriver à une séparation des hydrocarbures d'une manière beaucoup plus parfaite qu'à l'aide des dispositifs qui viennent d'être décrits.

pençe des lignes des températures) sont de nouveau fractionnées à part.

Par conséquent, on obtient encore, outre 44 parties de benzène pur et 17 parties de toluène pur :

a) 6 % d'essence légère, en partie composée de sulfure de carbone, d'oléfines, etc., qu'on ne peut guère employer, et que, généralement, on ajoute au naphle pour dissolution (*eau à détacher*) ;

b) 6 % d'un produit entre le benzène et le toluène qui retourne à la rectification ;

c) Environ 27 % de produits à point d'ébullition plus élevé, qui autrefois n'étaient plus séparés et qu'on mêlait immédiatement à l'eau à détacher, mais desquels maintenant on sépare souvent le xylène.

L'appareil de *Coupiér* ne semble pas s'être beaucoup répandu, tandis que les appareils à rectifier les alcools construits en cuivre par *D. Savalle*, de Paris, sont très répandus pour la rectification des hydrocarbures du goudron et ils sont également employés en France et en Allemagne, même dans les distilleries de goudron où l'on ne travaille pas pour les hydrocarbures purs, mais pour préparer des benzènes à 90 ou 50 %.

Dans l'appareil de *Savalle*, la condensation

est produite uniquement à l'aide d'un courant d'air, dont l'intensité est réglée au moyen d'un registre; en outre, cet appareil est pourvu des autres dispositifs déjà employés précédemment par Savalle pour régler la pression de la vapeur et contrôler la vitesse de la distillation.

Notons encore l'appareil à distiller et à rectifier des frères Siemens ⁽¹⁾, de Charlottenbourg, près Berlin, qui n'a jusqu'ici été employé que pour la distillation des mouts et la rectification de l'alcool, mais il convient également pour la rectification des huiles de goudron, usage pour lequel, il est vrai, il devrait subir quelques légères modifications.

En résumé, les huiles légères obtenues au commencement de la distillation et séparées de l'eau ammoniacale sont mélangées avec les huiles obtenues, jusqu'à la température de 140° et traitées, d'abord par 10 % d'acide sulfurique concentré qui se combine avec les bases, dissout

(1) Voyez pour plus de détails sur les appareils de Savalle à distiller et à rectifier les alcools : *Bulletin de la Société d'encouragement*, 1876, p. 657; Désiré SAVALLE — *Appareils et procédés nouveaux de distillation*, Paris, 1876; I. P. ROUX. — *La rectification de l'alcool*, Paris, 1883; R. WAGNER et L. GAUTIER. — *Nouveau traité de chimie industrielle*, t. II, Paris, 1879.

les oléfines et forme des corps sulfo-conjugués avec les substances à éliminer. On soumet ensuite les liquides éclaircis à l'action d'une lessive légère de soude à 6 % terminée par un lavage à l'eau; après cette épuration chimique, les huiles sont soumises à la rectification, les produits qui passent à la distillation sont des benzènes ou homologues du benzène.

Quelquefois on traite à part les premières huiles ou essences légères qui passent avec l'eau ammoniacale, de façon à en obtenir des essences pesant de 0,780 à 0,800 et employées pour la fabrication de vernis à base de brai.

La rectification des huiles légères passant jusqu'à la température de 140° donne du benzène ordinaire (mélange de différents corps, benzènes et homologues, toluène, etc.).

Si l'on veut en extraire le benzène, il faut faire subir au benzène brut une rectification spéciale en recueillant les produits qui distillent de 80 à 120°. Ces derniers peuvent alors servir à la préparation de l'aniline.

L'emploi du benzène pour le nettoyage des étoffes, grâce aux propriétés dissolvantes des corps gras, est universellement connu. Il dissout également le caoutchouc, la gutta-percha et les résines pour former des vernis.

Les huiles légères qui passent ensuite jusqu'à 170° sont traitées comme les huiles à benzène par épuration chimique et distillation subséquente. Les parties les plus légères repassent aux huiles légères à rectifier pour benzènes, et les plus lourdes d'une densité de 0,87 sont employées comme naphtes et servent d'agent de dissolution, dans les fabriques de caoutchouc. Les naphtes pesant 0,880 sont utilisés comme huile de naphte à brûler. On peut également les faire servir à la carburation du gaz d'éclairage, en vue d'augmenter son pouvoir éclairant. Enfin les résidus passent au traitement ultérieur des huiles lourdes.

Les huiles lourdes sont travaillées en grand pour l'extraction du phénol ou acide phénique et du naphthalène.

Les huiles distillant de 170 à 230° sont mélangées avec une lessive de soude caustique saturée à chaud; on ajoute de la soude en poudre et l'on agite vivement au moyen d'un agitateur; la chaudière où se fait la saturation est chauffée à la vapeur à la température de 40 ou 50°. L'huile se prend aussitôt en une bouillie cristalline. On décante la partie liquide et la partie solide est dissoute avec de l'eau chaude. Il se forme alors deux couches; l'une légère et

huileuse que l'on enlève, et l'autre plus lourde que l'on sépare et que l'on traite par l'acide sulfurique ou carbonique dans une chaudière doublée de plomb. Le phénate de soude en solution est décomposé et le phénol vient former à la surface une couche huileuse. On laisse reposer, on soutire, on mélange le phénol avec du chlorure de calcium fondu qui le déshydrate, puis on le soumet à la distillation dans des cornues en fonte chauffées à la vapeur surchauffée ou au bain d'huile. Les produits de la distillation sont divisés en trois parties. Ce qui passe au-dessous de 180° est mis à part pour être distillé à nouveau. De 180 à 305° , c'est l'acide phénique que l'on enlève pour la cristallisation. Le résidu est réuni à l'huile lourde à retraiter. La partie passant entre 180° et 305° est mise à cristalliser à une température de 6 à 8° ; l'eau-mère est ensuite séparée par égouttage ou dans uneessoreuse.

Si, après extraction du phénol, on laisse simplement refroidir complètement l'huile lourde brute, il se dépose du naphthalène cristallisé que l'on peut dissoudre dans des huiles légères et faire recristalliser pour arriver à le purifier, après un pressage qui en élimine mécaniquement les parties liquides.

Le naphthalène, qui représente de 5 à 10 % du poids des goudrons, est resté longtemps sans emploi; aujourd'hui, il sert de point de départ pour la préparation d'une série de superbes matières colorantes.

Il n'y a pas encore longtemps on ne poussait jamais la distillation des goudrons au-delà de 370°; mais, depuis la découverte des applications de l'anthracène et de ses dérivés, pour la fabrication des couleurs, on a soin au contraire de la mener aussi loin que possible.

On obtient dans cette distillation, d'après Lunge :

Huile anthracène.	} 27 à 30 %
Huile contenant du chrysène et du pyrène	
Résine jaune rouge sublimée	
Coke	48 à 52
Gaz, vapeur d'eau, huile légère	25 à 28.

Le traitement de l'huile brute pour en séparer l'anthracène consiste à la soumettre à une pression pour séparer les hydrocarbures liquides, qui retournent aux traitements précédents des huiles lourdes. Cette pression a lieu au moyen de presses hydrauliques, ou mieux de filtres-presses. L'anthracène brut est placé dans des sacs posés entre les plateaux, et on l'expose à une pression graduelle en ayant soin d'élever

en même temps la température des plateaux par injection de vapeur ou au moyen de plaques chauffées.

Après la pression, l'anthracène qui reste dans ces sacs est lavé avec du naphte ou de l'éther de pétrole, puis séché. On termine souvent la purification par une sublimation opérée au moyen de vapeur d'eau surchauffée.

La grande valeur acquise aujourd'hui par l'anthracène provient de la découverte de l'alizarine artificielle faite en 1868 par *Graebe* et *Liebermann*.

CHAPITRE IV

—

L'HUILE LOURDE

L'huile lourde se compose, en premier lieu, de la fraction de la première distillation du goudron qui passe entre 240 et 270° environ et, en second lieu, des résines provenant de la préparation du phénol, du naphthalène, de l'anthracène et des fractions qui passent avant et après.

L'huile lourde (créosote oil, dead oil) offre une couleur d'un vert jaune clair et une forte fluorescence, qui augmente encore par l'action de l'air et de la lumière; au bout de quelque temps, elle devient beaucoup plus foncée, en prenant une coloration qui paraît vert bouteille par réflexion et rouge foncé par transparence (dichroïsme).

Son odeur est tout à fait caractéristique, désagréable, presque nauséabonde. Non seulement elle a une consistance oléagineuse, mais encore elle est huileuse au toucher; ses acides exercent

promptement sur la peau une action caustique. Elle est toujours plus lourde que l'eau ; les dernières portions offrent un poids spécifique de 1,070 environ.

On a trouvé dans l'huile lourde les éléments suivants : naphthalène, méthyl-naphthalène, anthracène, phénanthrène et les hydrocarbures intermédiaires ; phénol, créosote, etc., aniline et tous les autres produits basiques décrits dans le Chap. II ; enfin les huiles dites indifférentes demeurant liquides à la température ordinaire, et constituent l'élément le plus important de cette fraction. On ne sait rien, pour ainsi dire, sur la nature chimique de ces produits, car jusqu'à présent, un petit nombre seulement de ces huiles liquides, comme l'hydrure de naphthalène et le β -méthyl-naphthalène ont été isolés.

D'après Lunge, l'huile lourde a été employée jusqu'à présent aux usages suivants :

1° On la rectifie pour obtenir des produits plus faciles à utiliser ;

2° On la fait passer à travers des tubes chauffés au rouge, afin de produire du gaz d'éclairage et des hydrocarbures d'un emploi plus facile ;

3° On en imprègne le bois afin de conserver ce dernier ;

4° On l'emploie pour ramollir le brai sec ;

5° On s'en sert pour préparer des vernis de goudron ;

6° On l'utilise comme huile de graissage, soit brute, soit après certaines préparations préliminaires, ainsi que pour broyer des couleurs minérales à bon marché, à la place d'huile de lin ;

7° On l'emploie comme combustible ;

8° On s'en sert pour la fabrication du noir de fumée ;

9° On l'utilise pour l'éclairage ;

10° On l'emploie pour carburer le gaz d'éclairage ;

11° On s'en sert comme antiseptique.

TRAITEMENT DES HUILES LOURDES

Le principe du traitement est le suivant : on traite l'huile par une lessive de soude, qui dissout les phénols ; cette solution est décomposée par des acides minéraux et mise à part pour la fabrication de l'acide phénique, l'huile séparée de la lessive alcaline est encore distillée et elle fournit avec d'autres produits du naphthalène. Suivant que l'on a commencé à recueillir la fraction un peu plus tôt ou un peu plus tard, on aura, ou

on n'aura pas à s'occuper des homologues du benzène. L'acide phénique brut obtenu, comme il est dit plus haut, est employé dans cet état comme désinfectant, etc.

Le procédé indiqué autrefois par Laurent (1) pour la préparation du phénol pur, est aujourd'hui encore employé dans ce qu'il a d'essentiel. La portion de l'huile de goudron de houille qui distille de 150 à 200° est traitée avec une solution de potasse ou de soude caustique saturée à chaud; on ajoute encore de la potasse ou de la soude caustique pulvérulente et on agite vivement. A partir de ce point, on procède maintenant d'une manière toute différente; il est probable qu'autrefois (en 1831), il n'y avait pas autant de naphthalène dans le goudron, parce qu'on ne chauffait pas les cornues à gaz en fer aussi fortement qu'on le fait aujourd'hui avec les cornues en terre; en outre, Laurent opérait sur une fraction relativement basse, par conséquent plus pauvre en naphthalène. L'huile se prend en une bouillie cristalline; on décante la partie liquide et on dissout la partie solide dans l'eau chaude. Il se forme alors deux couches, une légère, huileuse, que l'on élimine et une lourde, aqueuse, que

(1) *Ann. Chim. Phys.*, t. III, p. 95.

l'on sature par de l'acide sulfurique ou chlorhydrique. Sur le liquide acide, il flotte alors une huile que l'on fait d'abord digérer avec du chlorure de calcium fondu et qu'ensuite on soumet à la distillation fractionnée. On obtient ainsi facilement une substance blanche huileuse, qui, par un refroidissement lent, donne de beaux cristaux.

On a cherché à rendre le procédé de *Laurent* moins coûteux, en employant un lait de chaux à la place de la potasse ou de la soude; mais ce procédé ne donne pas de bons résultats et on est généralement ramené au traitement de l'acide phénique par la lessive de soude que l'on prend seulement beaucoup plus faible que *Laurent*.

La préparation de l'acide phénique cristallisé aurait été faite pour la première fois sur une échelle un peu grande par *Sell*, d'Offenbach; mais cet acide n'a réellement été préparé en grand et livré au commerce qu'à la suite des efforts de *Grace Calvert* et *Charles Lowe*, de Manchester. *Brønner*, de Francfort-sur-Mein, peu après, en 1846, préparait en grand de la créosote limpide comme de l'eau, qui en hiver se solidifiait en une masse cristalline d'acide phénique.

La fabrication du phénol, d'après une méthode spéciale de *Lowe* (2), le premier fabricant d'acide

2) ALLEN. — *Commercial organic analysis*, p. 305.

phénique pur, s'effectue de la manière suivante : la cornue étant chargée avec 20 tonnes de goudron, on recueille comme benzène léger les 200 premiers gallons (= 900 litres) et l'on traite les 600 gallons suivants (= 2,700 litres) qui ont un poids spécifique de 1,000 à 1,005, par 30 gallons (= 135 litres) d'une lessive de soude à 1,34 de densité, qui ont été étendus préalablement à 150 gallons (= 675 litres), on doit ainsi obtenir une lessive de soude à 1,068 ou avec 6 % environ de NaOH, et l'on agite pendant deux heures l'huile avec la lessive. On laisse ensuite reposer le mélange pendant 4 heures, pour qu'il se clarifie, on décante la liqueur alcaline et on la neutralise par l'acide sulfurique.

L'acide carbolique brut se rassemble à la partie supérieure, on le puise, on l'abandonne au repos pendant quelques jours dans des réservoirs particuliers, et il est alors prêt à expédier. La soude caustique ne doit pas contenir d'azotate.

Le mélange de l'huile à acide phénique avec la lessive de soude doit naturellement être tout à fait intime, et il doit être effectué à une température de 40 à 50°, que l'on obtient en chauffant le vase au moyen de vapeur injectée dans un serpentín ou dans une double enveloppe. Le vase employé pour le mélange est toujours en

fer, en tôle à chaudière et il est aussi préférable que les serpentins à vapeur, les tubes à air, etc., soient faits du même métal, parce qu'ils sont beaucoup moins attaqués par la lessive qu'aucun autre métal.

L'huile séparée de la lessive (le naphte brut) qui contient encore une petite quantité des homologues du benzène, ainsi qu'une grande quantité de naphthalène et d'autres corps indifférents est, si l'on ne veut pas la traiter comme naphthalène, simplement réunie à l'huile légère dont il a été question dans le chapitre précédent, et traitée avec celle-ci.

Quant à la lessive de phénate de sodium, elle est décomposée directement par un acide, puis séparée de l'acide phénique brut.

Cette opération est effectuée dans un vase revêtu de plomb, que l'on peut munir d'un appareil à laver. Pour la décomposition, on emploie généralement de l'acide sulfurique.

L'addition d'acide doit être faite dans tous les cas avec beaucoup de précaution, afin d'éviter un échauffement trop fort, et l'on s'arrête lorsque la réaction est nettement acide. Les ouvriers reconnaissent qu'il en est ainsi, au changement de couleur, sans avoir recours au papier de tournesol.

D'après *Watson Smith*, on emploie pour 1000 gallons d'huile légère, traités par 400 gallons de lessive de soude à 1,090, à peu près 22,5 gallons d'acide sulfurique à 1,74 de densité.

Au lieu des acides forts, on peut aussi se servir d'*acide carbonique*, pour décomposer le phénate de sodium. Suivant Mills (1), c'est ce qui aurait lieu en Écosse depuis quelques années, et c'est ce qu'a fait J. Bronner (2), en Allemagne, il y a déjà longtemps.

S'il est réellement possible d'effectuer la décomposition complète, sans une trop grande perte d'acide carbonique, l'emploi de ce dernier serait beaucoup plus avantageux que celui des acides forts, car on ne perd pas la soude comme avec ceux-ci, mais on la récupère sous forme de carbonate de soude, et cette dernière pourrait toujours resservir après avoir été rendu caustique.

Dans beaucoup de cas, l'acide phénique brut est employé tel que ; dans d'autres, on le lave une ou deux fois avec de l'eau, afin de le débarrasser des acides minéraux, ce que toutefois on ne peut jamais faire complètement.

(1) *Destructive distillation*, p. 17. Clift a pris à ce sujet, le 7 mars 1880, une *patente anglaise*, n° 267, qui naturellement n'a aucune valeur puisque la chose n'est pas nouvelle.

(2) LUNGE. — Communication inédite.

Quelquefois, l'*acide phénique brut* est distillé par le fabricant, afin de répondre aux exigences des fabricants d'acide pur.

On recueille alors la fraction passant entre 175 et 205 ou 210° et on l'emploie comme acide phénique brut. On réunit la fraction inférieure à l'huile légère, et le résidu à l'huile lourde.

L'*acide phénique brut* doit avoir un poids spécifique de 1,050 à 1,065 à 15°,5. S'il renferme des huiles légères son poids spécifique n'est souvent que 1,040 à 1,045. On peut déterminer approximativement sa teneur en phénols en le mélangeant peu à peu dans un tube gradué avec le double de son volume d'une lessive de soude à 9 % et en agitant vivement. On peut ensuite lire le volume des huiles neutres.

PRÉPARATION DE L'ACIDE PHÉNIQUE CRISTALLISÉ

L'acide phénique brut, tel qu'il est livré par les distillateurs de goudron, renferme des crésols, de l'eau, du naphthalène, des principes résineux, etc. L'eau est l'élément le plus facile à éliminer; il suffit d'une distillation. Mais on opère encore plus sûrement en faisant digérer, avec du

chlorure de calcium fondu, le produit brut dépouillé de la majeure partie de son eau par une première distillation. La distillation du phénol brut est ordinairement pratiquée dans des cornues en fonte ou en tôle, pas trop grandes, contenant de 700 à 1 000 litres et assez basses, afin que les vapeurs formées puissent être rapidement entraînées.

On recueille d'abord ce qui passe au-dessous de 180° ; cette fraction se compose, en majeure partie, d'eau et d'hydrocarbures se rassemblant à sa surface, mais elle contient déjà une assez grande quantité de phénol, et c'est pour cela qu'on la recueille afin de la redistiller ultérieurement. La deuxième fraction, de 180 à 205° , est mise de côté pour la cristallisation; le résidu est réuni tel quel à l'huile lourde ou bien lorsqu'on a recueilli une quantité suffisante de celle-ci, on le rectifie encore une fois, afin de recueillir ce qui passe au-dessous de 200° ; ou bien enfin on le traite encore par la lessive de soude, etc.

Pour faire cristalliser la fraction principale, on l'abandonne à elle-même dans un lieu aussi froid que possible, à environ 8 à 10° , dans de grands cristallisoirs en entonnoirs munis inférieurement d'un robinet; la cristallisation ter-

minée, on ouvre le robinet, afin de faire écouler l'eau-mère, qui est une solution de phénol dans le crésol et que l'on soumet de nouveau à la distillation. On facilite ordinairement l'écoulement de l'eau mère, au moyen d'un essorage.

Si la fraction dont il s'agit ne cristallise pas, ce qui arrive lorsqu'elle contient trop de crésol, il faut d'abord la rectifier et recueillir séparément ce qui passe de 175 à 185°, puis de 185 à 205° et de 195 à 205°.

Il est évident que l'on peut également appliquer ici le principe de la délégation usité depuis longtemps dans la fabrication de l'alcool et dont *Mansfield* s'est servi pour la séparation du benzène et du toluène, etc., c'est-à-dire refroidir *partiellement* les vapeurs pendant la distillation, de façon à ce que les corps les plus difficilement volatils soient toujours condensés et retombent dans la cornue.

D'après *Wurtz* (1), les différents goudrons renferment les quantités suivantes de phénol, véritable, C^6H^4O , et d'autres acides du goudron :

Goudron de Wigan Cannel-coal	14 p. 100
" de houille du Straffordshire	9 "
" de houille de Newcastle	5 "
" de boghead	5 "
" de certaines tourbes	15 à 20 "

(1) WURTZ. — *Dictionnaire de chimie.*

NAPHTALÈNE

On obtient de grandes quantités de naphthalène en laissant simplement reposer l'huile lourde jusqu'à refroidissement complet ; par filtration, essorage ou pressage, on sépare le naphthalène brut, dont la purification est assez difficile.

Le premier pressage peut être effectué dans un filtre-pressé, le second dans une presse hydraulique. On peut encore pousser plus loin la purification du naphthalène, en le faisant recristalliser dans l'alcool et en le sublimant, mais ce procédé est généralement trop coûteux.

On soumet ordinairement à un lavage chimique le naphthalène cristallisé ; ce lavage est alcalin ou acide, mais le traitement à l'acide est préférable. D'après *Wohl* (1), il faut employer de l'acide sulfurique à 45° B. ; mais cet acide n'agit pas énergiquement, il vaut mieux employer de l'acide à 60° au moins. L'acide sulfurique à 66° agit encore mieux ; cependant ce dernier, à la température à laquelle a lieu l'opération, dissout déjà des quantités très notables de naphthalène,

(1) *Journ. f. prakt. Chem.*, t. CII, p. 29.

ce qui diminue le rendement, mais fournit un produit de très bonne qualité.

Après cette opération on fait un lavage avec une lessive de soude faible afin d'éliminer tout l'acide, après quoi on procède à une distillation. Le naphthalène n'est pas encore tout à fait pur, car il rougit toujours à l'air, au bout d'un temps plus ou moins long.

Pour s'assurer si le naphthalène reste ou ne reste pas blanc à l'air et à la lumière, on fait des essais avec l'acide sulfurique et l'acide azotique.

Dissout dans l'acide sulfurique peu concentré et bouillant, le naphthalène ne doit produire qu'une coloration violette peu intense ou rose clair. Pour effectuer l'essai par l'acide azotique, on verse sur le fond d'un exsiccateur de l'acide azotique *pur* non fumant, et l'on place au-dessus, sur des verres de montre, les échantillons de naphthalène; on couvre le tout. S'ils restent incolores pendant une demi-heure au moins, ou mieux pendant deux heures, ils sont bons; alors le naphthalène épuré chimiquement est sublimé ou distillé.

La distillation du naphthalène est beaucoup plus avantageuse que la sublimation, d'abord parce qu'elle permet de traiter des quantités

beaucoup plus grandes, en une seule opération ensuite parce qu'on peut fractionner beaucoup plus exactement.

Pour la condensation, de même que pour le goudron, il est indispensable que l'eau de la cuve où se trouve le serpentín soit toujours maintenue à 80°.

Lorsqu'on distille le naphthalène, il passe presque toujours, en même temps que le naphthalène, un peu d'eau et de petites quantités d'huile légère. Aussi lorsque le thermomètre est monté à 210° dans la vapeur, on change le récipient et on recueille, comme naphthalène pur, ce qui passe jusqu'à environ 230° et au besoin jusqu'à 235°. On cesse alors la distillation et on ajoute le résidu à l'huile lourde.

CHAPITRE V

HUILE A ANTHRACÈNE

DISTILLATION DU BRAI

Bien longtemps avant que l'importance industrielle de l'anthracène ait été reconnue, de nombreuses tentatives furent faites pour ne pas terminer par le brai la distillation du goudron, mais extraire de celui-là d'autres produits encore. On songea donc à pousser la distillation assez loin, pour séparer tout ce qui était volatil, de façon à ce qu'il ne resta finalement que du coke, pour lequel on peut toujours trouver un débouché. L'impulsion donnée dans cette voie grandit encore, lorsque, avec la découverte de l'alizarine artificielle, l'anthracène devint l'élément le plus précieux du goudron de houille. On s'aperçut bientôt que le brai renfermait encore beaucoup d'anthracène, et l'on pensa qu'il serait

possible d'en extraire aussi ce dernier avec avantage. On commença donc par distiller le goudron jusqu'au brai dans des cornues de forme ordinaire et ensuite on distilla le brai dans des vases particuliers, dans lesquels on le chargea lorsqu'il fut solidifié, ou bien on le fit écouler directement de la cornue dans les fours à brai lorsqu'il était encore liquide.

La distillation du brai est effectuée aujourd'hui dans des moufles en maçonnerie, ou dans des cornues à gaz en terre réfractaire, ou bien encore dans des vases en fer de différentes formes.

L'huile qui passe d'abord est analogue aux derniers produits de la distillation des cornues à goudron; mais les portions qui suivent sont plus visqueuses, très foncées et empyreumatiques. Au bout de douze heures environ, lorsque la distillation est presque terminée, on voit apparaître de grandes quantités de vapeurs jaunes, lourdes, qui se condensent partiellement en une masse très épaisse et visqueuse; elles donnent quelquefois une substance jaune rouge, pulvérulente, qui, exposée à l'air, devient promptement molle et visqueuse, et contient notamment beaucoup de chrysène et de pyrène (avec d'autres hydrocarbures), on admet, en géné-

ral, que 100 parties de brai fournissent 25 parties d'huile et 50 parties de coke.

En trois ou quatre heures on peut distiller une charge de 3 tonnes de brai, qui donnent 700 à 800 kilogrammes d'huile. Les huiles sont immédiatement partagées en deux parties, celles qui passent en premier lieu sont mises à part comme huiles à anthracène, et celles très grasses qui viennent ensuite comme huiles de graissage.

Dès que les deux tiers de l'huile ont distillé, la formation du coke commence et la masse se boursouffle.

Voici, d'après Lunge, les produits obtenus dans la distillation du brai.

Huile à anthracène	}	27 à 30 %
Huile contenant du chrysène et du pyrène		
Résine rouge jaune sublimée		
Coke		48 à 52
Gaz, vapeur d'eau et 0,2 % d'huile légère		25 à 28

Lorsqu'on ne peut utiliser le brai d'une autre façon, on peut aussi en faire du *noir de fumée*.

HUILE A ANTHRACÈNE

L'huile à anthracène (*green grease, anthracene oil*), se compose des parties du goudron de houille à point d'ébullition le plus élevé, c'est-à-dire distillant lorsque le thermomètre marque à peu près 270° dans la vapeur, jusqu'à la fin de la distillation. Elle contient surtout les corps suivants : naphthalène, méthyl-naphtalène, anthracène, phénanthrène, acénaphtène, diphényle, méthylanthracène, pyrène, chrysène, rétène, fluorène, fluoranthrène, chrysogène, benzérythène, carbazol, acridine, etc., tous ces hydrocarbures sont solides (excepté le méthyl-naphtalène) et pour la plupart à point de fusion très élevé.

Le traitement de l'huile à anthracène consiste essentiellement à séparer par refroidissement et pressage les hydrocarbures solides d'avec les liquides. Les parties liquides retournent à l'huile lourde, dont la dernière portion a formé l'huile à anthracène ou bien elles sont utilisées comme huile de graissage ou distillées encore une fois; les produits solides, l'anthracène brut, sont livrés au commerce dans cet état ou après avoir été encore plus épurés par un traitement au moyen de dissolvants.

Les huiles à anthracène sont tout d'abord abandonnées à elles-mêmes pendant quelque temps, afin qu'elles se refroidissent et que les substances solides puissent bien se séparer par cristallisation. La cristallisation terminée, on introduit toute la masse pâteuse dans des filtres faits avec de la toile à sacs, puis on laisse l'huile s'écouler. L'anthracène ainsi obtenu contient ordinairement 12 à 15 % au plus d'anthracène pur.

A l'aide de *filtres-presses*, le travail se fait bien plus parfaitement et plus promptement, quoique, d'après Lunge, on ne retirerait, par ce moyen, que de l'anthracène à 12 %. On peut aussi se servir desessoreuses notamment pour les huiles épaisses.

Le produit obtenu est alors soumis à une seconde pression à chaud, dans des *presses hydrauliques*, et on se sert pour cela aussi bien de presses verticales que de presses horizontales. La teneur en anthracène monte alors jusqu'à 35-55 %.

En général, on n'obtient de l'anthracène à 50-60 % que par lavage. Pour cette opération, on a généralement recours au *naphte pour dissolution* (solvent naphtha) que l'on obtient après le benzène et le toluène, lors de la rectifi-

cation des huiles légères, et qui se compose essentiellement de xylène, de pseudocumène et de mésitylène. Il passe entre 120 et 180° environ. Dans ce naphte, le phénanthrène surtout est beaucoup plus soluble que l'anthracène.

L'anthracène brut sortant de la presse sous forme de tourteau solide doit, avant le traitement par le naphte, etc., être divisé avec soin; puis la poudre d'anthracène est agitée pendant plusieurs heures avec du naphte dans des chaudières en tôle, parfaitement étanches, qui sont munies d'un agitateur mécanique et entourées d'une enveloppe dans laquelle on fait arriver de la vapeur de façon à obtenir une légère élévation de température; le contenu de la chaudière est ensuite refoulé par de l'air comprimé dans un appareil à filtration.

Produits	Éther de pétrole point d'ébullition 70-100°	Benzène point d'ébullition 80-100°
Anthracène	0,115	0,976 ⁰ / ₀
Phénanthrène	3,206	2,19 ¹ / ₄ —
Carbazol	0,016	0,51 —
Dichloranthracène.	0,127	0,52 —
Anthraquinone	0,013	0,166 —

Le lavage par le naphte fournit un produit à

45-50 % au moins et qui atteindrait même, d'après Lunge, 70 %. Le tableau ci-dessus fait connaître la solubilité de l'anthracène et de quelques autres corps dans l'éther de pétrole et le benzène.

L'anthracène est alors mélangé avec de la *potasse caustique* et un peu de chaux, et distillé dans des cornues à gaz en fer. L'anthracène distillé forme des masses solides et jaunes, qui contiennent environ 40 % d'anthracène pur. La distillation avec la potasse caustique détruirait le chrysène; mais cette destruction paraît aussi s'étendre à l'anthracène comme le montrent les chiffres suivants :

600 kilogrammes d'anthracène brut à 31 % ont été distillés avec 180 kilogrammes de potasse caustique et 36 kilogrammes de chaux; on a obtenu 380 kilogrammes d'anthracène à 44 %, et perdu, par suite, $17^{\text{kg}},5 = 10\%$. Toutefois, l'anthracène ainsi épuré est le meilleur point de départ pour préparer de l'anthracène chimiquement pur.

L'anthracène, même aussi purifié que possible, doit, avant de pouvoir être transformé en anthraquinone par le fabricant d'alizarine, subir encore une préparation mécanique préliminaire appropriée, cette préparation ne peut consister en une

simple pulvérisation, parce que celle-ci ne l'amènerait pas à un état de division suffisante pour qu'il puisse être attaqué dans toute sa masse par l'agent oxydant.

C'est pour cela qu'ordinairement on le *sublime* et qu'on le précipite avec de l'eau dans un état de division extrême. La sublimation a toujours lieu au moyen de vapeur d'eau surchauffée à 220-240°.

PROPRIÉTÉS ET ANALYSE DE L'ANTHRACÈNE

L'anthracène brut, lorsqu'il n'a pas été sublimé, est une masse cassante d'un vert brun et qui contient encore la plupart des substances mentionnées à la p. 129. En présence de la grande valeur de l'anthracène et de la teneur extrêmement variable du produit brut en anthracène pur, il est, on le comprend, très important de posséder pour son analyse des méthodes convenables.

Autrefois on se contentait de méthodes par lavage, qui ont été presque généralement remplacées par la méthode de Luck.

En voici le principe, d'après Auerbach :

a) L'anthracène pur, dissous dans l'acide acétique cristallisable et traité à l'ébullition par 3 à 4 parties d'acide chromique, fournit 99,4 %

de la quantité d'antraquinone calculée théoriquement.

b) De l'antraquinone pure en solution acétique, bouillie pendant deux heures avec 3 ou 4 parties d'acide chromique, a donné après dilution avec de l'eau la quantité primitive d'antraquinone employée. Avec 0,447, on a obtenu 0,446⁸⁵.

c) Les impuretés de l'anthracène, sous l'influence d'une oxydation suffisamment prolongée, sont toutes transformées en corps solubles dans les acides ou les alcalis, et elles peuvent alors être séparées de l'antraquinone. C'est ce qui a lieu pour le phénanthrène, le chrysène, la paraffine, les résines pyrogénées, etc.

Voici maintenant en quoi consiste la méthode de Luck dans sa forme primitive : dans un petit ballon, on dissout 1 gramme d'anthracène à essayer, dans 45 centimètres cubes d'acide acétique cristallisable bouillant. Si c'est nécessaire, on jette sur un petit filtre la solution bouillante; on ajoute ensuite, par petites quantités, et en ayant soin de maintenir le liquide en ébullition légère, une solution de 10 grammes d'acide chromique dans 5 centimètres cubes d'eau. On laisse refroidir le liquide, on l'étend peu à peu avec 150 centimètres cubes d'eau, et on dessèche à 100°.

On s'est bientôt aperçu qu'en procédant ainsi on n'obtenait pas des résultats tout à fait exacts. Une partie des impuretés n'est pas complètement oxydée et se trouve par suite dosée comme anthraquinone.

C'est pour cela que Luck a prescrit plus tard de traiter encore l'anthraquinone obtenue, par le permanganate en solution alcaline. A l'aide de la fiole à jet, on fait tomber l'anthraquinone lavée avec l'alcali dans un petit verre de montre ou une capsule ; on lave avec de l'eau légèrement alcaline, on chauffe à une douce ébullition et l'on ajoute peu à peu une solution de permanganate de potasse, jusqu'à ce que celle-ci ne soit plus réduite et que la couleur verte soit remplacée par une légère coloration rouge ; puis, on ajoute un peu d'acide oxalique et d'acide sulfurique, afin de réduire l'excès de permanganate de potasse et de dissoudre le peroxyde de manganèse formé. On filtre sur le même filtre, on lave avec de l'eau complètement neutre, puis avec une solution étendue de carbonate de soude et enfin avec de l'eau. On dessèche à 100° et on pèse comme précédemment.

Avec la quantité de quinone trouvée, on calcule ensuite l'anthracène comme à l'ordinaire, sachant que 100 de quinone = 85,58 d'anthracène.

Quinone	Anthracène	Quinone	Anthracène	Quinone	Anthracène
1	0,86	35	29,95	68	58,21
2	1,71	36	30,81	69	59,06
3	2,56	37	31,66	70	59,91
4	3,42	38	32,53	71	60,77
5	4,28	39	33,38	72	61,62
6	5,14	40	34,23	73	62,47
7	5,99	41	35,09	74	63,33
8	6,86	42	35,94	75	64,19
9	7,71	43	36,79	76	65,05
10	8,56	44	37,65	77	65,90
11	9,42	45	38,51	78	66,77
12	10,27	46	39,37	79	67,62
13	11,16	47	40,22	80	68,46
14	11,98	48	41,09	81	69,32
15	12,84	49	41,94	82	70,17
16	13,70	50	42,79	83	71,02
17	14,55	51	43,65	84	71,88
18	15,42	52	44,50	85	72,74
19	16,27	53	45,35	86	73,60
20	17,12	54	46,21	87	74,45
21	17,98	55	47,07	88	76,32
22	18,83	56	47,93	89	76,17
23	19,68	57	48,78	90	77,02
24	20,54	58	49,65	91	77,88
25	21,40	59	50,50	92	78,73
26	22,26	60	51,35	93	79,58
27	23,11	61	52,21	94	80,44
28	23,98	62	53,06	95	81,30
29	24,83	63	53,91	96	82,16
30	25,67	64	54,77	97	83,01
31	26,53	65	55,63	98	83,87
32	27,38	66	56,49	99	84,73
33	28,23	67	57,34	100	85,58
34	29,09				

CHAPITRE VI

LE BRAI

Qu'est-ce que le brai ?

Dans la distillation du goudron de houille, si l'on ne distille que l'huile légère, par conséquent jusqu'à ce que le poids spécifique du *liquide distillé* soit égal à celui de l'eau, on obtient le brai liquide qui forme à peu près 80 % du poids du goudron ; si l'on distille environ 10 % de plus du goudron, on obtient du brai mou, puis du brai demi-sec, enfin du brai sec.

Le brai proprement dit contient toujours les éléments des huiles de goudron les plus difficilement volatiles, par conséquent de l'anthracène, du phénanthrène, du pyrène, du chrysène, etc., Il renferme en outre certaines substances mal définies, le bitumène, etc., et probablement aussi du carbone libre. En faisant digérer du brai, duquel avaient été éliminées les huiles jusqu'au poids spécifique 1,120, avec du benzène

et de l'alcool bouillant, Behrens (1) a obtenu 23,54 % d'une poudre noire qui contenait 90,836 de carbone, 3,058 d'hydrogène et 0,398 de cendre; après un traitement un peu différent, le résidu renfermait 91,921 de carbone, 3,15 d'hydrogène, 70,872 de cendres; il offrait, par suite, une analogie complète avec le charbon anthracitique de la Galles du Sud.

Suivant Habets (2), le bon brai sec se compose de 75,32 % de carbone, de 8,9 % d'hydrogène, de 19,06 % d'oxygène, de 0,43 % de cendre, et il possède un poids spécifique de 1,275 à 1,286.

On obtient du brai gras lorsqu'on interrompt la distillation avant le passage de l'antracène, à peu près lorsque le poids spécifique du distillatum s'élève à 1,090; on a du brai sec lorsqu'on va jusqu'au poids spécifique 1,120; entre les deux c'est du brai demi-sec.

Le brai gras se ramollit à 40°, fond à 60°.

Le brai demi-sec se ramollit à 60°, fond à 100°.

Le brai sec se ramollit à 100°, fond entre 150 et 200°.

Dans la pratique, on reconnaît l'espèce du brai en en mâchant un petit échantillon.

(1) *Dingl. Journ.*, t. CCVIII, p. 369.

(2) GURLT. — *Steinkohlenbriquettes*, p. 123.

Si celui-ci se laisse facilement écraser, c'est du brai gras ; s'il est un peu difficile à écraser, c'est du brai demi-sec, et s'il se réduit en poudre croquant sous les dents, c'est du brai sec. Le brai gras est plus brillant et plus noir que le brai tout à fait sec dont la couleur tire plus sur le gris et qui est plus mat. Quelquefois ce dernier est aussi un peu poreux ; lorsque la distillation a été poussée trop loin, il commence à se rapprocher du coke, et alors le brai ne peut plus être employé pour la fabrication des briquettes.

Le poids spécifique du brai est de 1,3 environ.

Le brai du goudron est surtout employé pour la fabrication des *briquettes* (*peras, patent-fluel*) avec du menu de houille ou du poussier de coke (*coke aggloméré*), mais on l'emploie aussi pour la fabrication du carton pour toitures, des tuyaux, de l'asphalte, du ciment imperméable, etc.

Voici, d'après le brevet anglais de Gobin n° 1865, une formule pratique pour faire des pièces moulées : on fond dans une chaudière, 15 parties de schiste bitumineux avec 35 parties de brai de goudron de houille, jusqu'à ce que la mousse qui se forme au commencement ait disparu. On ajoute ensuite 10 parties de coke et 130 parties de pierre calcaire en poudre ; on mélange bien et on

déshydrate en chauffant pendant quelque temps au-dessus de 100°.

Avant que la masse soit refroidie, on y ajoute encore 160 parties de gravier fin desséché au feu. Pour les pierres destinées au pavage des rues, on porte la dose du gravier jusqu'à 190 parties environ, on moule la masse en blocs de $20 \times 15 \times 10$ centimètres environ, et l'on pose ceux-ci comme des pavés ordinaires sur une couche de gravier ou de sable.

L'asphalte de goudron peut être beaucoup amélioré par une addition de soufre.

L'asphalte de goudron de houille (soit le brai liquide proprement dit, soit le brai très mou) est aussi employé pour fabriquer des tuyaux (*tuyaux en asphalte*) (1), voici comment l'on procède : A travers une chaudière horizontale demi-cylindrique, remplie de brai bouillant et établie dans un fourneau de maçonnerie, on fait passer un papier de chanvre sans fin, large de 2 mètres.

Un rouleau qui se meut dans la chaudière prend le papier imbibé de brai et le conduit sur un autre rouleau plus petit, qui forme le noyau du tuyau, et autour duquel il enroule le papier en formant environ 100 couches superposées. Dès

(1) BEHRENS. — *Dingl. Journ.* CCVIII, p. 377.

que l'on a atteint l'épaisseur de paroi nécessaire, on exerce sur le tube, en saupoudrant en même temps avec du sable fin, une très forte pression au moyen d'une presse à cylindres et on le rend ainsi plus dense et plus homogène. Après un refroidissement de quelques instants dans l'eau froide, on retire le rouleau formant le noyau que l'on a eu soin d'enduire préalablement avec du savon gras.

Les tuyaux en asphalte sont réunis entre eux au moyen de collets en fer ou de manchons qui sont formés d'un court morceau d'un tuyau en asphalte plus gros et que l'on fixe sur le tuyau à l'aide d'un mélange de brai et de soufre ; la réunion peut aussi avoir lieu au moyen de bandes de toile plongées dans du brai fondu et enroulées dix à douze fois autour du tuyau. Les pièces coudées et les courbures qui sont nécessaires sont aussi faites de la même manière, et souvent au moment même de la pose des tuyaux.

Ces tuyaux ont des propriétés qui varient avec la nature du brai employé, Avec du brai très mou, contenant de l'huile, les tuyaux sont tout à fait imperméables à l'eau ; il sont, par conséquent, excellents pour établir des conduites dans les sols marécageux. Ceux qui sont faits avec du brai plus dur offrent une grande résis-

tance à la déformation sous l'influence de hautes pressions. Il est évident que les tuyaux en asphalte ne peuvent être employés que pour conduire des liquides froids ou du gaz, mais, avec cette restriction, leur emploi est généralement très avantageux, aussi bien à cause de leur bon marché relatif que de leurs propriétés spéciales. Ils résistent à une pression de 33 atmosphères de dedans en dehors : ils sont suffisamment élastiques pour ne pas se briser à leur point de réunion lorsque le terrain présente des déclivités ; par suite de leur mauvaise conductibilité pour la chaleur, leur contenu se trouve à l'abri de la gelée, ils ne sont pas attaqués par les acides et les alcalis étendus et ils peuvent être placés dans tous les terrains. Il sont surtout employés pour les conduites d'eau, d'acide et de souffleries, pour confectionner des buses, des porte-voix, et pour recevoir les fils télégraphiques souterrains. On s'en sert pour les conduites de gaz.

On fabrique une autre espèce de tuyaux avec du brai en le mélangeant avec du goudron et le coulant dans des moules. Les parois de ces tuyaux doivent être très épaisses à cause de leur fragilité. Aussi est-il convenable de les entourer d'un manteau de tôle mince. Il sont beaucoup employés à Paris sous cette dernière forme.

D'après Behrens, on prépare aussi du *papier d'asphalte* comme succédané du papier ciré. On fait glisser du papier d'emballage ordinaire enroulé sur un tambour chauffé, auquel est adaptée une racle. Devant celle-ci coule du brai fondu, qui, en ce point, forme une couche haute de 4 centimètres. Ce papier recouvert d'une mince couche de brai, passe ensuite sur plusieurs cylindres et s'enroule sur un dernier rouleau. On fait aussi, d'une manière analogue, le papier dit double, dans lequel une couche de brai se trouve entre deux surfaces de papier ; ce papier est très employé pour coller sur des murs humides.

BRIQUETTES

Les briquettes (peras, patent fuel, coke aggloméré) doivent répondre aux exigences suivantes :

Les briquettes ne doivent pas peser plus de 10 kilogrammes ; elles doivent offrir la consistance des charbons naturels, et il faut pour cela que la quantité du brai ajouté s'élève à plus de 5 % au moins, et avec une pression pas très forte à 8 ou 9 %. Leur teneur en cendres, lorsqu'elles

sont destinées au chauffage des locomotives, ne doit pas s'élever à plus de 6,5 à 7,5 %; pour les bateaux à vapeur, elle peut aller jusqu'à 10 %. Leur forme est ordinairement celle d'un parallépipède, afin qu'elles puissent être facilement emmagasinées dans les navires. Elles ne perdent que très peu par désagrégation pendant leur transport, seulement 1 à 2 %, tandis que la perte des houilles dans les mêmes circonstances est de 30 à 50 %.

Elles ne doivent pas se déliter au feu.

Les bonnes briquettes ont une puissance calorifique de 10 % supérieure à celle des bonnes houilles; elles donnent beaucoup moins de poussier, et lorsqu'elles sont fabriquées avec du brai sec, beaucoup moins de fumée que la plupart des houilles.

Cohésion. — Les morceaux d'agglomérés pesant au moins 500 grammes, mis dans un cylindre de fer de 1 mètre de long et de 0^m,50 de diamètre, par exemple, muni de lames à l'intérieur pour obliger les morceaux à retomber les uns sur les autres et à une vitesse déterminée, soit 50 révolutions en 2 minutes, ne doivent pas donner plus de 50 % de morceaux d'une grosseur inférieure à 4 centimètres.

Densité. — La densité des briquettes doit être en moyenne 1,17 (1,13 à 1,21).

Teneur en brai. — Le teneur en brai, *agglomérant* généralement employé, doit être de 8 % en moyenne lorsque le brai a servi à l'agglomération.

Ramollissement. — Une température de 60°, maintenue de dix à vingt-quatre heures, ne doit pas faire éprouver de ramollissement sensible.

Fumée. — Dans la marine, en particulier, on exige que les briquettes ne donnent pas de fumée noire, mais une fumée grise et légère.

Cendres. — La teneur en cendres est une des conditions les plus sévèrement contrôlées; on exige généralement que les agglomérés ne laissent, à l'essai d'incinération, que de 5 à 7 % de cendres et au maximum 10 % de cendres à la combustion du foyer.

Puissance calorifique. — La puissance calorifique des bonnes briquettes est souvent supérieure de 10 à 15 % à celle des bonnes houilles. Aussi en résumé est-ce un excellent combustible.

Nous indiquons ci-après, d'après Kuapp, le résultat de nombreuses expériences de M. l'ingénieur Delantel.

Designation des combustibles	Déchet pour 100			Pouvoir calorifique rapporté à celui de la bouille de Cardiff (1)	Ténacité rapportée au menu (2)
	Candres	Escarbilles	Total		
A. Charbons à courte flamme					
Anzin. — Roche (puits Thiets)	5,70	2,50	8,20	1,053	35 à 40
" Briquettes cylindriques au brai sec.	3,48	2,91	6,39	1,023	50 à 60
" Briquettes rectangulaires au brai sec.	3,48	2,91	6,39	1,010	50 à 60
Charleroi. — Baudin, Emaré-Behaynin . . .	"	"	6 à 7	1,002	"
Cardiff. — Roene	6,11	2,31	8,42	1,000	45 à 50
Chazotte. — Briquettes cylindriques brai gras.	3,53	3,49	7,02	0,981	"
B. Charbons gras					
Firminy. — Roche.	3,88	4,15	8,03	0,910	"
Brassai. — Roche	11,83	4,67	16,50	0,887	"
C. Charbons longue flamme					
Brunay. — Roche	2,34	1,52	3,86	0,878	"
Newcastle. — Roche.	3,55	1,62	5,17	0,811	50 à 60
Blanzy. — { Puits Ling-Lons	4,03	5,22	9,24	0,781	"
" Sainte-Marie				0,740	"

(1) Le Cardiff, pris pour unité, vaporise 8 kg. 30 d'eau par kilogramme. (2) La cohésion est prise d'après les renseignements donnés plus haut dans les conditions générales exigées pour les agglomérés.

CHARBON DE PARIS

L'industrie du charbon de Paris a été créée de toutes pièces par M. Popelin-Ducarre; il eut l'idée d'utiliser les résidus de matières végétales brûlant facilement après agglomération, comme du charbon de bois, et inventa les machines nécessaires à la réalisation de son idée.

Les matières premières qu'il avait en vue tout d'abord étaient les bruyères, la sciure de bois, les menues branches restant dans les forêts et le tan des tanneries; mais les dépenses de carbonisation préalable firent abandonner ces diverses substances (dont cependant la valeur brute était considérable) pour utiliser exclusivement les poussières de charbon de bois restant dans le fond des bateaux qui les amènent à Paris ou des magasins, et le poussier de charbon de tourbe.

Les matières brûlant très facilement et même trop rapidement, on put y mélanger du poussier de coke, qui, étant très bon marché, abaisse le prix de revient. Mais il y a une limite qu'il ne faut pas dépasser dans la proportion du mélange de coke, parce qu'alors, les briquettes deviennent

plus difficiles à brûler ; les quantités convenables de coke à introduire dans les briquettes sont indiquées par la pratique.

Comme dans la fabrication des agglomérés de houille que nous venons de passer en revue, trois éléments sont à considérer pour le charbon de Paris : la matière première, l'agglomération et les machines de compression ; mais cette fabrication entraîne une autre opération nécessitée par la nature de l'agglomérant employé, c'est la carbonisation après le mélange de la pâte. La fabrication dans le principe comprenait :

- 1° La carbonisation des résidus végétaux destinés à la fabrication du charbon ;
- 2° La pulvérisation du charbon obtenu ;
- 3° Le mélange avec l'agglomérant ;
- 4° Le moulage de la pâte ;
- 5° Le séchage des briquettes ;
- 6° La carbonisation du charbon moulé.

La poudre de charbon est mélangée avec du goudron brut de gaz d'éclairage dans la proportion de 35 à 50 $\frac{0}{0}$. Ce goudron, lors de la calcination ultérieure des briquettes, laissera 20 à 25 $\frac{0}{0}$ de son poids de charbon. Le mélange de la poudre et du goudron se fait dans une auge circulaire métallique dans laquelle tournent trois meules en fonte, deux cannelées et

une lisse : une lame de fer, inclinée en forme de soc de charrue, relève continuellement la pâte afin que le mélange soit plus homogène. Les meules tournent ainsi pendant un temps qui varie de trois quarts d'heure à une heure; puis on ouvre une porte en fonte ménagée dans la paroi de l'auge circulaire et, sans arrêter le mouvement des meules, on laisse descendre dans la pâte une lame oblique qui la chasse hors de l'appareil. On recharge aussitôt le mélangeur de charbon et de goudron pour faire une nouvelle quantité de pâte.

Depuis quelque temps, on a remplacé, comme dans la fabrication des agglomérés, le goudron de gaz par du brai sec dans la proportion de 43 à 40 %; les briquettes obtenues sont plus lourdes, le brai sec laissant perdre moins de matières volatiles que le goudron.

Le moulage se fait, soit avec les compresseurs de M. Popelin-Ducarre lorsqu'on emploie le goudron, soit avec la machine Mazeline, si c'est le brai sec qui sert d'agglomérant.

Avec la compression au goudron, il est nécessaire de faire sécher les briquettes qui sont trop molles; on les expose pour cela dans un endroit aéré, pendant une durée de 2 à 8 jours selon la saison.

Lorsque les briquettes sont assez fermes, on procède à leur carbonisation, qui a pour but d'en faire sortir tous les produits volatils du goudron et l'humidité provenant de l'addition d'eau du broyage.

La carbonisation s'opère dans un four en briques réfractaires renfermant un certain nombre de moufles ou caissons en terre également réfractaire autour desquelles circulent les flammes. Celles-ci sont produites par les matières volatiles qui s'échappent des briquettes elles-mêmes chauffées au rouge; c'est pourquoi les moufles ne sont pas chargés en même temps, mais successivement, de manière à utiliser les produits combustibles qui se dégagent des moufles chargés antérieurement. Les briquettes cylindriques étant entassées dans une sorte de caisse en tôle à trois côtés, sont introduites avec cette caisse dans les moufles, et tandis qu'un ouvrier, au moyen d'un outil formé d'une plaque rectangulaire, ayant les dimensions de la caisse, maintient les briquettes, un autre ouvrier, au moyen d'un crochet, tire la caisse en dehors du moufle, de manière à ne laisser que le charbon dans le four; puis il ferme immédiatement la porte en fonte du moufle. La carbonisation dure douze heures, et comme les

charges se font toutes les six heures, il ne se produit pas d'arrêt dans le fonctionnement. Lorsqu'au moyen de regards, on voit que les briquettes ne dégagent plus de gaz inflammables, on défourne, en les faisant tomber dans des étouffoirs en tôle où elles se refroidissent en dix ou douze heures.

La chaleur perdue des fours est employée à chauffer le générateur de la machine motrice de l'usine.

CHAPITRE VII

—

EAU AMMONIACALE

L'eau du gaz est une solution aqueuse des éléments suivants :

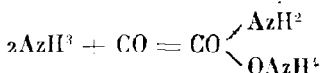
Ammoniaque libre ;
Carbonate d'ammonium ;
Sulfure d'ammonium ;
Sulfocyanure d'ammonium ;
Acétate d'ammonium ;
Chlorure d'ammonium ;
Sulfate d'ammonium ;
Sulfite d'ammonium ;
Hyposulfite d'ammonium ;
Sels d'amines organiques.

PROPRIÉTÉS DES ÉLÉMENTS DE L'EAU DU GAZ

AMMONIAQUE, NH_3

Gas incolore, d'une odeur pénétrante et d'une saveur nettement alcaline. L'ammoniaque ordinaire renfermant des bases organiques, a une

odeur beaucoup plus désagréable que l'ammoniaque pure. Poids spécifique : 0,5967. A 0° et à la pression de 0^m,760, un litre pèse 0^{sr},7635. Tension de vapeur à 0° = 4,8 atmosphères. En soumettant l'ammoniaque à l'action d'une forte pression et du froid, on peut la condenser en un liquide très mobile, incolore et fortement réfringent, d'une densité de 0,6362 à 0°. Avec l'acide carbonique anhydre, l'ammoniaque sèche donne du carbamate d'ammoniaque :



En présence d'eau, il se produit, en outre, du carbonate d'ammoniaque.

L'ammoniaque est absorbée par l'eau avec une très grande avidité. D'après Roscoe et Dittmar ⁽¹⁾ un gramme d'eau à 0° et à la pression de 0^m,760 absorbe 1146 centimètres cubes de gaz ammoniac — 0^{sr},899 AzH³; à 10° seulement, 0^{sr},679; à 20°, 0^{sr},526; à 30°, 0^{sr},403; à 100°, 0^{sr},074.

Carbonate neutre (AzH⁴)²CO³, H²O. Tables allongées; il a une odeur et une saveur ammoniacales; il s'effleurit à l'air en se transformant en sel acide avec perte d'ammoniaque et d'eau;

(1) *Ann. d. Chem. Pharm.*, t. CXII. p. 394.

à 58°, il se décompose en eau, acide carbonique et ammoniaque. Dissous dans l'eau, on peut le faire cristalliser par refroidissement sans altération; cependant la solution étendue contient déjà un mélange d'ammoniaque libre, de carbonate neutre et de carbonate acide. La solution aqueuse commence à dégager du gaz ammoniac à 70-75°, elle bout à 75-80° en dégageant de l'acide carbonique et de l'ammoniaque suivant les proportions dans lesquelles le sel les contient.

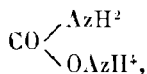
Sesquicarbonate $(AzH^4)^4 H^2(CO^3)^3, H^2O$. Tables minces hexagonales; à saveur et odeur ammoniacales. Il est décomposé par une petite quantité d'eau, mais il se dissout sans altération dans 5 parties d'eau à 15°, et la solution obtenue donne lieu à un vif dégagement gazeux lorsqu'on la chauffe.

Carbonate acide $(AzH^4) H (CO^3)$, bicarbonate d'ammoniaque. Il se rencontre tout formé dans un grand nombre de dépôts de guano, etc., et souvent aussi dans les mélanges employés pour l'épuration du gaz ou dans les conduites.

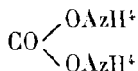
Poudre blanche ou cristaux rhombiques, généralement prismatiques. Poids spécifique : 1,573; sec, il ne sent pas l'ammoniaque, il a une saveur fraîche et salée. Inaltérables dans l'air

sec, les cristaux perdent leur éclat dans l'air humide. A 60°, ils se décomposent lentement en CO^2 , AzH^3 et H^2O . Ils se dissolvent facilement dans l'eau.

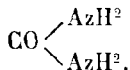
Carbamate d'ammoniaque (autrefois appelé carbonate d'ammoniaque sec).



tient, par conséquent, le milieu entre le carbonate ammonium neutre.



et la carbamide ou urée



Se forme toutes les fois que de l'acide carbonique et de l'ammoniaque sont mis en présence à l'état sec et pas trop chauds; mais il se produit aussi en présence d'humidité lorsqu'il y a au moins deux volumes AzH^3 pour un volume CO^2 ; c'est pour cela qu'il forme un élément essentiel du carbonate d'ammoniaque du commerce et qu'il peut être retiré de ce dernier par distillation lente. Il se présente sous

forme de grandes tables ou de croûtes cristallines, il a une forte odeur d'ammoniaque, il est déliquescent à l'air et se volatilise presque complètement. A $50-60^{\circ}$, il se décompose totalement en CO^2 et AzH^3 ; à $50-55^{\circ}$, il se forme aux dépens de ces éléments. Il se dissout dans 1,5 parties d'eau en produisant un refroidissement intense, et au bout de quelque temps il se transforme en sel acide par perte d'ammoniaque.

Le *carbonate d'ammoniaque du commerce*, sel de corne de cerf, sel volatil, est un mélange de bicarbonate d'ammoniaque et de carbonate d'ammoniaque qui, ordinairement, contient un peu d'eau. Il prend naissance lorsqu'on refroidit un mélange d'acide carbonique (même en excès) et de gaz ammoniac en présence d'une quantité suffisante de vapeur d'eau.

Le *monosulfure d'ammonium* $(\text{AzH}^4)^2\text{S}$, prend naissance lorsqu'on met en présence, de l'hydrogène sulfuré et un excès d'ammoniaque. Il forme des cristaux brillants, incolores à -18° , qui se dissolvent facilement dans l'eau en donnant un liquide incolore.

Sulfhydrate d'ammoniaque. AzH^4SH . Il se forme lorsqu'on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré dans de l'ammoniaque liquide

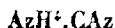
jusqu'à saturation (c'est le réactif ordinaire des laboratoires). La solution, primitivement incolore, jaunit à l'air par suite de la formation de polysulfures. Au-dessous de 10° , il peut être obtenu cristallisé; à l'état de vapeurs, il se décompose en H^2S et AzH^3 .

SULFOCYANURE D'AMMONIUM



Lamelles brillantes, incolores, sans eau de cristallisation; il se dissout très facilement dans l'eau en produisant un grand abaissement de température.

CYANURE D'AMMONIUM



Sel solide, incolore, cristallisant en cubes, possédant à la fois l'odeur et la saveur de l'acide prussique et de l'ammoniaque. Réaction alcaline.

Aussi vénéneux que l'acide prussique. Il est facilement soluble dans l'eau et l'alcool; il est très volatil, il entrerait en ébullition dès la température de 36° , mais en se vaporisant il se dé-

compose, et l'on doit admettre, d'après la densité de vapeur, une dissociation en ammoniaque et acide cyanhydrique. Le sel sec est très instable et se transforme rapidement à l'air en une masse brune contenant de l'azote (acide azulmique).

CHLORURE D'AMMONIUM

(Sel ammoniac), NH_4Cl .

Incolore et inodore à l'état pur, il cristallise dans l'eau ou l'alcool en octaèdres groupés sous forme de barbes de plumes ; dans l'urine, il cristallise en tubes. Le sel ammoniac sublimé se compose de masses cristallines fibreuses.

Poids spécifique des solutions de sel ammoniac à 150

0/0	Poids spécifique	0/0	Poids spécifique	0/0	Poids spécifique	0/0	Poids spécifique
1	1,00316	8	1,02481	15	1,04524	22	1,06479
2	1,00632	9	1,02781	16	1,04804	23	1,06754
3	1,00948	10	1,03081	17	1,05086	24	1,07024
4	1,01264	11	1,03370	18	1,05367	25	1,07304
5	1,01580	12	1,03638	19	1,05648	26	1,07375
6	1,01880	13	1,03947	20	1,05929		
7	1,02180	14	1,04325	21	1,06204		

Poids spécifique : 1,52. Il se dissout dans l'eau

en produisant un refroidissement considérable, 100 parties d'eau dissolvent, à 0°, 28,4 parties de sel ammoniac; à 10°, 32,8; à 110°, 77,2.

SULFATE D'AMMONIAQUE

Le *sulfate neutre* $(\text{AzH}^4)^2\text{SO}^4$, se présente en cristaux rhombiques, transparents et incolores, isomorphes avec le sulfate de potasse. Poids spécifique: 1,76. Saveur piquante et amère. Il décrépité lorsqu'on le chauffe, fond à 140 et commence à se décomposer à 280° et, par suite, n'est pas volatil sans altération, 100 parties d'eau dissolvent à :

0°	10°	20°	30°	40°	50°
71,00	73,65	76,30	78,95	81,60	84,25
60°	70°	80°	90°	100°	
86,90	89,55	92,20	94,85	97,50	

parties du sel. Il est insoluble dans l'alcool absolu.

Dans les fabriques de gaz et les distilleries de goudron, la valeur de l'eau ammoniacale est fréquemment déterminée, pour plus de commodité, à l'aide de l'aréomètre seul et, en France et en Allemagne c'est ordinairement l'instrument de *Baumé* dont on se sert à cet effet, tandis

qu'en Angleterre on emploie celui de *Twaddle*.

Mais il vaut beaucoup mieux déterminer la teneur de l'eau du gaz par un essai chimique. Dans la plupart des cas, on se contente de doser l'ammoniaque, qui est combinée à des acides facilement volatils, c'est à-dire celle qui se dégage par distillation sans chaux et qui est indiquée par titrage à froid avec l'acide sulfurique.

Pour le titrage direct avec l'acide, la teinture de tournesol ne convient pas, parce qu'elle est décolorée par l'hydrogène sulfuré; on emploie alors le papier de tournesol. Une solution aqueuse d'orange de diméthylaniline peut être employée avec beaucoup d'avantage; cette solution n'est altérée ni par l'acide carbonique, ni par l'hydrogène sulfuré, et elle permet d'opérer à *froid* avec une grande rapidité et une grande précision.

Lorsqu'on veut doser toute l'ammoniaque présente, même celle qui est combinée à des acides forts, on distille l'eau du gaz avec un alcali ou avec de la chaux ou bien avec de la baryte et on recueille les vapeurs dans l'eau, ou mieux immédiatement dans l'acide sulfurique titré, après quoi on titre avec un alcali normal l'acide non saturé.

TRAITEMENT DE L'EAU AMMONIACALE

La majeure partie de l'ammoniaque se trouve dans l'eau du gaz sous forme de sels qui, pendant l'ébullition se volatilisent, en se dissociant sous forme de carbonate et de sulfure d'ammonium. Ces combinaisons peuvent, par conséquent, être extraites par simple ébullition.

D'autres, au contraire, notamment le sulfate, le chlorure et le sulfoeyanure d'ammonium, ne sont pas expulsées par l'ébullition. Si l'on veut en retirer l'ammoniaque, il faut déplacer celle-ci avec de la chaux.

Il est important que toutes les chaudières dont on se sert pour expulser directement les sels ammoniacaux soient munis de *soupapes de sûreté*, les tubes adducteurs des gaz pouvant être obstrués facilement par du carbonate d'ammoniaque, ce qui pourrait donner lieu à des explosions.

L'expulsion de l'ammoniaque à l'aide de la vapeur directe est, par suite, le procédé le plus avantageux.

Il faut aussi considérer que, dans certains cas, l'eau du gaz doit être traitée immédiatement

en vue de la préparation de l'*ammoniaque liquide* (esprit de sel ammoniac) tandis que, généralement, on travaille pour l'obtention du sulfate d'ammoniaque.

Une quantité d'eau du gaz, égale à 7000 gallons (= 31^{m³},5) exige :

Mode opératoire	Chauffe en heures	Rendement
Avec chauffage à feu nu.	22	90 ^{0/10}
Avec chauffage à la vapeur indirecte au moyen d'un serpent.	18	92
Avec injection de vapeur directe	14	98,5

Lorsqu'on a en vue la fabrication du *sulfate d'ammoniaque*, il y a à distinguer deux systèmes différents d'absorption. D'après l'un, on recueille le gaz, déshydraté autant que possible par déflegmation, dans de l'acide sulfurique *étendu*, de façon à ce que, pendant la saturation, il ne puisse pas se déposer de sel; on laisse la solution du sel ainsi produit se clarifier par le repos et ensuite on l'évapore; l'eau-mère sert

pour étendre l'acide sulfurique d'une opération suivante.

D'après l'autre système, on recueille les vapeurs ammoniacales dans de l'acide sulfurique *concentré* (à 66°). Dans ce cas, le sulfate d'ammoniaque se sépare dans le vase à saturation même, et il en est retiré de temps en temps. On fait couler l'acide sulfurique sous forme d'un filet mince, continu, de façon à ce que le vase reste toujours rempli à la même hauteur. Ce procédé à sur le précédent le double avantage de permettre un travail tout à fait continu et d'éviter l'évaporation, mais il offre aussi cet inconvénient qu'on ne peut pas laisser les lessives se clarifier et qu'on n'obtient pas un sel aussi pur.

D'après *Watson Smith*, le procédé suivant est le meilleur pour produire un sulfate parfaitement blanc. On introduit dans le récipient de l'acide sulfurique étendu au degré convenable (à une densité de 1,4 environ) et l'on y fait arriver l'ammoniaque, jusqu'à ce que l'odeur de celle-ci se fasse sentir légèrement. On élimine l'excès avec un peu d'acide sulfurique et l'on enlève immédiatement le sulfate séparé aussi rapidement que possible.

On peut employer à la place d'acide sulfurique pour recueillir l'ammoniaque, l'acide chlor-

hydrique, et préparer ainsi directement du *chlorure d'ammonium*. Mais cela ne se fait qu'exceptionnellement, d'abord parce que le sel ammoniac ainsi obtenu n'est pas suffisamment pur et ensuite parce qu'il a des usages beaucoup plus restreints que le sulfate d'ammoniaque.

L'acide chlorhydrique chaud ne peut être employé que dans les vases en grès, ce qui rend l'appareil très incommode et très coûteux, et les vapeurs épaisses de sel ammoniac qui se dégagent sont aussi très désagréables.

L'on peut remplacer aussi l'acide sulfurique par de l'acide carbonique, et c'est ainsi que l'on obtient le carbonate d'ammoniaque du commerce.

Le nombre des appareils employés pour le traitement de l'eau du gaz est extrêmement considérable. Nous ne citerons que ceux d'*Elvers*, de *Müller-Pack*, de *Solvay* et de *Mallet*, employés par la Compagnie Parisienne du gaz qui servent aussi bien pour l'ammoniaque liquide que pour le sulfate d'ammoniaque.

Quant à l'appareil de *Grüneberg*, il est continu, c'est-à-dire alimenté d'eau ammoniacale d'une façon continue ; l'eau, débarrassée de son ammoniaque, s'écoule sans interruption et sans qu'il y ait à manœuvrer aucun robinet, comme dans les appareils indiqués ci-dessus.

Un appareil de ce genre mesurant 3 mètres de haut et 1^m,15 de diamètre, est desservi par deux hommes et traite 10 tonnes d'eau ammoniacale par jour avec 500 kilogrammes de charbon.

La chaux consommée est égale à 10 ou 15 % du sulfate d'ammoniaque produit. Cet appareil coûte environ 5 000 francs.

BIBLIOGRAPHIE

GOUDRON

- AUERBACH. — *Das Anthracen*.
- BARRESWILL et A. GIRARD. — *Dictionnaire de chimie industrielle*, 4 vol. in-8°, 1864.
- BERTHELOT. — *Traité de chimie organique*, in-8° ; Dunod, 1872.
- BELLEY et KOPP, traduction Gantier. — *Traité des matières colorantes dérivées du goudron de houille*, in-8° ; Savy.
- Bulletin de la Société d'encouragement*, 1876.
- Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1864-66.
- Bulletin de la Société chimique*, 1866.
- CALVET (A). — *Traitement des goudrons de houille*, in-8° ; Michelet, 1887.
- Chemical News* ; t. XVI, XX, XXIV, XXXI, XXXIII, XXXIV, XXXIX, XL, XLIII.
- Chemiker Zeitung*, 1879-1898.
- Chemische Industrie*, 1880.
- Deutsche Industrie Zeitung*, 1865.
- Dingler's Journal* ; t. CXVII, CXLVIII, CXXXVI.
- Engineer*, 1880.
- GIRARD et DE LAIRE. — *Traité des dérivés de la houille applicables à la production des matières colorantes*. In-8° ; Bernard Tignol.

168 L'INDUSTRIE DU GOUDRON DE HOUILLE

- HAEUSSERMANN. — *Industrie der Theerfarbstoffe*.
Jacobsen's Chem. Techn. Repertorium, 1869.
- KNAB. — *Étude sur les goudrons*. In-8° ; Lacroix, 1874.
- KNAPP, traduction Debize et Mérijot. — *Traité de chimie technologique*, 2 vol. in-8° ; Dunod.
- LUNGE, traduction Gautier. — *Traité de la distillation des goudrons de houille*. In-8° , Masson.
- MUSPRATT-STOHMANN. — *Traité de chimie*, 6 vol. *Philosophical magazine* ; t. XLV.
- DONALD et RICHARDSON. — *Chemical technology*. Technologiste, 1861.
- THÉNUS. — *Die Technische Verwendung des Steinkohlentheers*,
WAGNER, traduction Gautier. — *Traité de chimie industrielle*, 2 vol. in-8° ; Savy, 1879.
- Wagner's Jahresbericht* ; 1855, 1858, 1859, 1860, 1861, 1862, 1863, 1865, 1866, 1867, 1868, 1869, 1870, 1871, 1872, 1873, 1874, 1877, 1878, 1879.
- WURZ. — *Traité des matières colorantes*.
— *Dictionnaire de chimie pure et appliquée*. Hachette, 1876.

EAUX AMMONIACALES

- Annalen der Chemie und Pharmacie* ; t. CXII, XCIII,
Bulletin de la Société technique de l'industrie du gaz en France ; années 1874 à 1898.
- Bulletin de la Société chimique* ; t. XXVII et XXXVI.
- Chemical News*, t. XII, XVIII, XXXII, XXXVIII.
- Dingler's Journal* t. CCXVI, CCXXIII, CCXXIII, CCXXXV, CCXLI, CCXXXII, CCXXXV.
- KNAPP, traduction Debize et Merijot. — *Chimie technologique*, 2 vol. in-8° Dunod, 1862.

- LORMÉ. — *Fabrication des produits chimiques*, Roset, 4 vol. in-12 et Atlas.
- LUNGE, traduction Gautier. — *Traité de la distillation du goudron de houille et du traitement de l'eau ammoniacale*. In-8° ; Savy, 1885.
- MAGNIER. — *Manuel d'éclairage au gaz*, Roret, In-12° 1866.
- Moniteur des Produits chimiques*, 1887-1898.
- Moniteur scientifique*, 1886.
- SCHILLING, traduction Servier. — *Traité d'éclairage par le gaz de houille*. In-4° ; Lacroix.
- Wagner's Jahresbericht*, 1861, 1867, 1870, 1876, 1877.
- WAGNER, traduction Gautier. — *Traité de chimie industrielle*. 2 vol. in-8 ; Savy, 1879.
- WURTZ. — *Dictionnaire de chimie pure et appliquée*. Hachette, 1876.
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	5

CHAPITRE PREMIER

<i>Définition du goudron.</i> — Historique. Extraction du goudron formé dans la préparation du gaz d'éclairage. Extraction du goudron formé dans la préparation du coke métallurgique. Extraction du goudron en suspension dans le gaz d'éclairage	9
--	---

CHAPITRE II

<i>Propriétés du goudron de houille.</i> — Propriétés des constituants au goudron de houille. Hydrocarbures de la série de méthane C^mH^{2m+2} . Hydrocarbures de la série de l'éthylène C^mH^{2m} . Produits aromatiques d'addition C^mH^{2m} . Hydrocarbures de la série de l'acétylène C^mH^{2m-2} . Hydrocarbures de la série du benzène. Corps oxygénés. Corps azotés. Série de la pyridine	41
--	----

CHAPITRE III

<i>Distillation du goudron.</i> — Déshydratation. Distillation à la vapeur. Distillation à feu nu. Huile légère. Essence de naphte. Rectification à la vapeur. Résumé	93
---	----

172 L'INDUSTRIE DU GOUDRON DE HOUILLE

CHAPITRE IV

	Pages
<i>L'huile lourde.</i> — Traitement des huiles lourdes.	
Préparation de l'acide phénique cristallisé.	
Naphtalène	113

CHAPITRE V

<i>Huile à anthracène.</i> — Distillation du brai.	
Huile à anthracène. Propriétés et analyse de l'anthracène	127

CHAPITRE VI

<i>Le brai.</i> — Briquettes. Charbon de Paris . . .	138
--	-----

CHAPITRE VII

<i>Eau ammoniacale.</i> — Propriétés des éléments du gaz. Ammoniaque. Sulfocyanure d'ammonium. Cyanure d'ammonium. Chlorure d'ammonium. Sulfate d'ammoniaque. Traitement de l'eau ammoniacale	153
BIBLIOGRAPHIE	167

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS.

Envoi *franco* contre mandat-poste ou valeur sur Paris. .

ŒUVRES MATHÉMATIQUES

DE RIEMANN,

TRADUITES

Par **L. LAUGEL,**

Avec une préface de M. HERMITE et un discours de M. Félix KLEIN.

Un beau volume grand in 8, avec figures; 1898..... 14 fr.

TRAITÉ

D'ALGÈBRE SUPÉRIEURE

Par **Henri WEBER,**

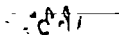
Professeur de Mathématiques à l'Université de Strasbourg.

Traduit de l'allemand sur la deuxième édition

Par **J. GRIESS,**

Ancien Élève de l'École Normale Supérieure,

Professeur de Mathématiques au Lycée Charlemagne.



PRINCIPES. — RACINES DES ÉQUATIONS.

GRANDEURS ALGÈBRIQUES. — THÉORIE DE GALOIS.

Un beau volume grand in-8 de xii-764 pages; 1898..... 22 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LES MÉTHODES NOUVELLES DE LA MÉCANIQUE CÉLESTE,

Par **H. POINCARÉ**,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences.

TROIS BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

- TOME I : Solutions périodiques. Non-existence des intégrales uniformes. Solutions asymptotiques 1892..... 12 fr.
TOME II : Méthodes de MM. Newcomb, Gylden, Lindstedt et Bohlin; 1894. 14 fr.
TOME III : Invariants intégraux. Stabilité. Solutions périodiques du deuxième genre. Solutions doublement asymptotiques. 13 fr.

LEÇONS

SUR LA

THÉORIE DES MARÉES,

PROFESSÉES AU COLLÈGE DE FRANCE

Par **Maurice LÉVY**,

Membre de l'Institut, Inspecteur général des Ponts et Chaussées,
Professeur au Collège de France.

DEUX BEAUX VOLUMES IN-4, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

- I^{re} PARTIE : Théories élémentaires. Formules pratiques de la prévision des marées, avec figures; 1898. 14 fr.
II^e PARTIE : Théorie de Laplace. Marées terrestres (*En préparation.*)

LEÇONS NOUVELLES

D'ANALYSE INFINITÉSIMALE

ET SES APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES.

Par **M. MÉRAY**,

Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon.

(Ouvrage honoré d'une souscription du Ministère de l'Instruction publique.)

4 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

- I^{re} PARTIE : Principes généraux; 1894 13 fr.
II^e PARTIE : Étude monographique des principales fonctions d'une variable; 1895..... 14 fr.
III^e PARTIE : Questions analytiques classiques; 1897..... 6 fr.
IV^e PARTIE : Applications géométriques classiques; 1898..... 7 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES
SUR LA THÉORIE DES FORMES

ET SES APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES,

A L'USAGE DES CANDIDATS A L'AGRÉGATION DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Par **K. ANDOYER,**

Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris.

UN VOLUME IN-4 DE VI-184 PAGES, AUTOGRAPHIÉ; 1898.... 8 FR.

COURS DE PHYSIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS AUX ÉCOLES SPÉCIALES

(conforme aux derniers programmes),

PAR

James CHAPPUIS,
Agrégé Docteur ès Sciences,
Professeur de Physique générale
à l'École Centrale
des Arts et Manufactures.

Alphonse BERGET,
Docteur ès Sciences,
Attaché au Laboratoire des recherches
physiques à la Sorbonne.

UN BEAU VOLUME, GRAND IN-8 (25^{cm} × 16^{cm}) DE IV-697 PAGES,
AVEC 465 FIGURES.

Broché..... 14 fr. | Relié cuir souple..... 17 fr.

DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

PAR COURANTS POLYPHASÉS,

Par **J. RODET,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Un volume in-8 de VIII-338 pages, avec figures; 1898..... 8 fr.

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES

D'ACOUSTIQUE ET D'OPTIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS AU CERTIFICAT D'ÉTUDES PHYSIQUES,
CHIMIQUES ET NATURELLES (P. C. N.).

Par **Ch. FABRY,**

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Marseille.

Un volume in-8, avec 205 figures; 1898..... 7 fr. 50 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COMPOSITIONS D'ANALYSE

CINÉMATIQUE, MÉCANIQUE ET ASTRONOMIE

données depuis 1869 à la Sorbonne pour la Licence ès Sciences mathématiques.

ÉNONCÉS ET SOLUTIONS,

Par **E. VILLIÉ**,

Ancien Ingénieur des Mines, Docteur ès Sciences,
Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

3 VOLUMES IN-8 AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

I ^{re} PARTIE: Compositions données depuis 1869. In-8; 1885.....	9 fr.
II ^e PARTIE: Compositions données depuis 1885. In-8; 1890.....	8 fr. 50 c.
III ^e PARTIE: Compositions données depuis 1889. In-8; 1898.....	8 fr.

COURS DE GÉOMÉTRIE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

LEÇONS SUR LA THÉORIE GÉNÉRALE DES

SURFACES

ET LES

APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES DU CALCUL INFINITÉSIMAL

Par **G. DARBOUX**,

Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences.

4 VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

I ^{re} PARTIE: Généralités. Coordonnées curvilignes. Surfaces minima; 1887..	15 fr.
II ^e PARTIE: Les congruences et les équations linéaires aux dérivées partielles. Des lignes tracées sur les surfaces; 1889.....	15 fr.
III ^e PARTIE: Lignes géodésiques et courbure géodésique.— Paramètres différentiels. — Déformation des surfaces; 1894.....	15 fr.
IV ^e PARTIE: Déformation infiniment petite et représentation sphérique; 1896.	15 fr.

LEÇONS SUR LES

SYSTÈMES ORTHOGONAUX

ET LES COORDONNÉES CURVILIGNES,

Par **G. DARBOUX**,

Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I: Volume de vi-338 pages; 1899.....	10 fr.
TOME II.....	(<i>Sous presse.</i>)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par M. J. JAMIN.

QUATRIÈME ÉDITION, AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFONDUE

Par M. E. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (OUVRAGE COMPLET)..... 72 fr.

On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 figures et 1 planche..... 5 fr.
2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 fig. 5 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches... 5 fr.
3^e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures..... 5 fr.

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures..... 4 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Optique géométrique*; avec 139 figures et 3 planches..... 4 fr.
3^e fascicule. — *Étude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur..... 14 fr.

TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 figures et 1 planche... .. 7 fr.
2^e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.

(*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1^{er} fascicule; Tome II, 1^{er} et 2^e fascicules; Tome III, 2^e fascicule.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TOME IV (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.

4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs des quatre volumes du Cours de Physique. In-8; 1891... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1^{er} SUPPLÉMENT. — *Chaleur. Acoustique. Optique*, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE

DES

FONCTIONS ELLIPTIQUES

PAR

Jules TANNERY,

Sous-Directeur des Études scientifiques
à l'École Normale supérieure,

Jules MOLK,

Professeur à l'Université
de Nancy.

QUATRE VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : Introduction. Calcul différentiel (1^{re} Partie); 1893..... 7 fr. 50 c.

TOME II : Calcul différentiel (II^e Partie); 1896..... 9 fr. »

TOME III : Calcul intégral (I^{re} Partie); 1898..... 8 fr. 50 c

TOME IV : Calcul intégral (II^e Partie) et Applications..... (Sous presse.)

LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
ANNEXÉ A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,

Par **M. Eric GÉRARD,**

Directeur de l'Institut Électrotechnique Montefiore.

5^e ÉDITION, REFONDUE ET COMPLÉTÉE.

TOME I : Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques, avec 381 figures; 1897..... 12 fr.

TOME II : Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Application de l'électricité à la télégraphie et à la téléphonie, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à l'éclairage et à la métallurgie. Avec 378 figures; 1898..... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

THÉORIE

DES

FONCTIONS ALGÈBRIQUES

DE DEUX VARIABLES INDÉPENDANTES,

PAR

Émile PICARD,

Membre de l'Institut,
Professeur à l'Université de Paris.

Georges SIMART,

Capitaine de frégate,
Répétiteur à l'École Polytechnique.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I, grand in-8 de vi-246 pages; 1897..... 9 fr.
TOME II..... (En préparation.)

LEÇONS

SUR LA

THÉORIE DES FONCTIONS

EXPOSÉ DES ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE DES ENSEMBLES
AVEC DES APPLICATIONS A LA THÉORIE DES FONCTIONS,

Par Émile BOREL,

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

Un volume grand in-8; 1898..... 3 fr. 50 c

LA

PRATIQUE DU TEINTURIER

PAR

JULES GARÇON,

Ingénieur-Chimiste, Licencié ès Sciences.

TROIS VOLUMES IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Les Méthodes et les essais de teinture. Le succès en teinture;
1894..... 3 fr. 50 c.
TOME II : Le Matériel de teinture. Avec 245 figures; 1894..... 10 fr.
TOME III : Les Recettes types et les procédés spéciaux de teinture; 1897.
9 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LE
LABORATOIRE D'ÉLECTRICITÉ.

NOTES ET FORMULES,

Par le **D^r J.-A. FLEMING**,
de l'*University College* de Londres.

Traduit de l'anglais sur la 2^e édition et augmenté d'un Appendice,

Par **J.-L. ROUTIN**,
Ancien Élève de l'École Polytechnique.

UN VOLUME IN-8, AVEC FIGURES; 1897.

BROCHÉ..... 6 FR. — CARTONNÉ..... 7 FR. 50 C.

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

COURS SUPÉRIEUR

DE MANIPULATIONS DE PHYSIQUE

PRÉPARATOIRE AUX CERTIFICATS D'ÉTUDES SUPÉRIEURES ET A LA LICENCE.

Par **M. Aimé WITZ**,
Docteur ès Sciences, Ingénieur des Arts et Manufactures,
Professeur aux Facultés catholiques de Lille.

2^e ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE. IN-8, AVEC 138 FIGURES; 1897. 10 FR.

PRINCIPES

DE LA

**THÉORIE DES FONCTIONS ELLIPTIQUES
ET APPLICATIONS,**

PAR

P. APPELL,
Membre de l'Institut, Professeur
à l'Université de Paris.

E. LACOUR,
Maître de Conférences à l'Université
de Nancy.

UN BEAU VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES; 1897..... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS

ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE

Fondées par M.-C. LECHALAS, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

RÉDIGÉ CONFORMÉMENT AU PROGRAMME DU COURS DE MACHINES A VAPEUR
DE L'ÉCOLE CENTRALE.

PAR

ALHEILIG,

Ingénieur de la Marine,

Ex-Professeur à l'École d'application
du Génie maritime.

Camille ROCHE,

Industriel,

Ancien Ingénieur de la Marine.

DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.) :

TOME I : Thermodynamique théorique et applications. La machine à vapeur et les métaux qui y sont employés. Puissance des machines, diagrammes indicateurs. Freins. Dynamomètres. Calcul et dispositions des organes d'une machine à vapeur. Régulation, épures de détente et de régulation. Théorie des mécanismes de distribution, détente et changement de marche. Condensation, alimentation. Pompes de service. — Volume de XI-604 pages, avec 412 figures; 1895..... **20 fr.**

TOME II : Forces d'inertie. Moments moteurs. Volants régulateurs. Description et classification des machines. Machines marines. Moteurs à gaz, à pétrole et à air chaud. Graissage, joints et presse-étoupes. Montage des machines et essais des moteurs. Passation des marchés. Prix de revient, d'exploitation et de construction. Servo-moteurs. Tables numériques. — Volume de IV-560 pages, avec 281 figures; 1895..... **18 fr.**

CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

PAR

E. DEHARME,

Ingénieur principal du Service central
de la Compagnie du Midi.

A. PULIN,

Ingénieur, Inspecteur principal
de l'Atelier central des chemins de fer
du Nord.

Un volume grand in-8, xxii-441 pages, 95 figures, 1 planche; 1895 (E. I.). **15 fr.**

VERRE ET VERRERIE

PAR

Léon APPERT et Jules HENRIVAUX,

Ingénieurs.

Grand in-8, avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.).... **20 fr.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par **M. C. BRICKA**,

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.)

TOME I : Études. — Construction. — Voie et appareils de voie. — Volume de VIII-634 pages avec 326 figures; 1894 20 fr.

TOME II : Matériel roulant et Traction. — Exploitation technique. — Tarifs. — Dépenses de construction et d'exploitation. — Régime des concessions. — Chemins de fer de systèmes divers. — Volume de 709 pages, avec 177 figures; 1894. 20 fr.

COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par **M. J. DENFER**,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.). . . 20 FR.

CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par **M. J. DENFER**,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.).

TOME I : Généralités sur la fonte, le fer et l'acier. — Résistance de ces matériaux. — Assemblages des éléments métalliques. — Chainages, linteaux et poitrails. — Planchers en fer. — Supports verticaux. Colonnes en fonte. Poteaux et piliers en fer. — Grand in-8 de 584 pages avec 479 figures; 1894. 20 fr.

TOME II : Pans métalliques. — Combles. — Passerelles et petits ponts. — Escaliers en fer. — Serrurerie. (Ferrements des charpentes et menuiseries. Paratonnerres. Clôtures métalliques. Menuiserie en fer. Serres et vérandas). — Grand in-8 de 626 pages avec 571 figures; 1894. 20 fr.

ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par **M. A. GOUILLY**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 406 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. I.). . . . 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

BLANCHIMENT ET APPRÊTS
TEINTURE ET IMPRESSION

PAR

Ch.-Er. GUIGNET,
Directeur des teintures aux Manufac-
tures nationales
des Gobelins et de Beauvais.

F. DOMMER,
Professeur à l'École de Physique
et de Chimie industrielles
de la Ville de Paris.

E. GRANDMOUGIN,

Chimiste, ancien préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 674 PAGES, AVEC 368 FIGURES ET ÉCHAN-
TILLONS DE TISSUS IMPRIMÉS; 1895 (E. I.)..... 30 FR.

CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par **M. A. CRONEAU,**

Ingénieur de la Marine,
Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8 ET ATLAS; 1894 (E. I.).

TOME I : Plans et devis. — Matériaux. — Assemblages. — Différents types de na-
vires. — Charpente. — Revêtement de la coque et des ponts. — Gr. in-8 de 379 pages
avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4° doubles, dont 2 en trois couleurs; 1894. 18 fr.

TOME II : Compartimentage. — Cuirassement. — Pavois et garde-corps. — Ouver-
tures pratiquées dans la coque, les ponts et les cloisons. — Pièces rapportées sur la
coque. — Ventilation. — Service d'eau. — Gouvernails. — Corrosion et salissure. —
Poids et résistance des coques. — Grand in-8 de 616 pages avec 359 fig.; 1894. 15 fr.

PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÉES
MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par **Ernest HENRY,**

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 267 FIG.; 1894 (E. T. P.).. 20 FR.

Calculs rapides pour l'établissement des projets de ponts métalliques et pour le con-
trôle de ces projets, sans emploi des méthodes analytiques ni de la statique graphique
(économie de temps et certitude de ne pas commettre d'erreurs).

TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

TERRES CUITES.
PRODUITS RÉFRACTAIRES. FAÏENCES. GRÈS. PORCELAINES.

Par **E. BOURRY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8, DE 755 PAGES, AVEC 349 FIG.; 1897 (E. I.). 20 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

RÉSUMÉ DU COURS

DE

MACHINES A VAPEUR ET LOCOMOTIVES

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Par M. HIRSCH,

Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées,
Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

DEUXIÈME ÉDITION.

Un volume grand in-8 de 510 pages avec 314 fig. (E. T. P.)... **20 fr.**

LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par Henri DE LAPPARENT,

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, DES CLIMATS, DES SOLS, ETC., SUR LA QUALITÉ DU VIN, VINIFICATION, CUVERIE ET CHAIS, LE VIN APRÈS LE DÉCUVAGE, ÉCONOMIE, LÉGISLATION.

GRAND IN-8 DE XII-533 PAGES, AVEC 111 FIGURES ET 28 CARTES DANS LE TEXTE; 1895 (E. I.)..... **12 fr.**

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE

Par M. A. JOANNIS,

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux,
Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8 (E. I.).

TOME I : Généralités. Carbures. Alcools. Phénols. Éthers. Aldéhydes. Cétones. Quinones. Sucres. — Volume de 688 pages, avec figures; 1896..... **20 fr.**

TOME II : Hydrates de carbone. Acides monobasiques à fonction simple. Acides polybasiques à fonction simple. Acides à fonctions mixtes. Alcalis organiques. Amides. Nitriles. Carbylaminés. Composés azoïques et diazoïques. Composés organo-métalliques. Matières albuminoïdes. Fermentations. Conservation des matières alimentaires. Volume de 718 pages, avec figures; 1896..... **15 fr.**

MACHINES FRIGORIFIQUES

PRODUCTION ET APPLICATIONS DU FROID ARTIFICIEL,

Par H. LORENZ,

Ingénieur, Professeur à l'Université de Halle.

TRADUIT DE L'ALLEMAND AVEC L'AUTORISATION DE L'AUTEUR.

P. PETIT,

Professeur à la Faculté des Sciences
de Nancy,
Directeur de l'École de Brasserie.

PAR

J. JAQUET,

Ingénieur civil,

Un volume de ix-186 pages, avec 131 figures; 1898..... **7 fr**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

Par **M. Georges LECHALAS,**

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. T. P.).

TOME I : Notions sur les trois pouvoirs. Personnel des Ponts et Chaussées. Principes d'ordre financier. Travaux intéressant plusieurs services. Expropriations. Dommages et occupations temporaires. — Volume de CXLVII-536 pages; 1889..... 20 fr.

TOME II (I^{re} PARTIE) : Participation des tiers aux dépenses des travaux publics. Adjudications. Fournitures. Régie. Entreprises. Concessions. — Volume de VIII-339 pages; 1893..... 10 fr.

II^e PARTIE : Principes généraux de police : Grande voirie. Simple police. Roulage. — Domaine public : Consistance et condition juridique. Délimitation. Redevances et perceptions diverses. Produits naturels. Concessions. Occupations temporaires. Grand in-8; 1898..... 10 fr.

COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par **M. Maurice D'OCAGNE,**

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées,
Répétiteur à l'École Polytechnique.

UN VOLUME GRAND IN-8, DE XI-428 PAGES, AVEC 340 FIGURES; 1896
(E. T. P.)..... 12 fr.

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la science, de l'art et des applications pratiques.

A côté d'Ouvrages d'une certaine étendue, comme le *Traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie photographique* de M. Fournier, la *Photographie médicale* de M. Loude, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier à fond un procédé et apprendre les tours de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

PETITS CLICHÉS ET GRANDES ÉPREUVES.

GUIDE PHOTOGRAPHIQUE DU TOURISTE CYCLISTE.

Par Jean BERNARD et L. TOUCHEBEUF.

In-18 jésus; 1898..... 2 fr. 75 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LES PAPIERS PHOTOGRAPHIQUES AU CHARBON,

ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DE LA PHOTOGRAPHIE.
(COURS PROFESSÉ A LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHOTOGRAPHIE.)

Par R. COLSON, Capitaine du Génie, Répétiteur
à l'École Polytechnique.

Un volume grand in-8; 1898..... 2 fr. 75 c.

IMPRESSION DES ÉPREUVES SUR PAPIERS DIVERS

PAR NOIRCISSEMENT DIRECT,
PAR IMPRESSION LATENTE ET DÉVELOPPEMENT,
Par A. COURRÈGES.

In-18 jésus; 1898..... 2 fr.

LA RETOUCHE DU CLICHÉ.

Retouche chimique, physique et artistique.
Par A. COURRÈGES.

In-18 jésus; 1898..... 1 fr. 50 c.

LA PRATIQUE DE LA PHOTOTYPOGRAVURE AMÉRICAINE.

Par M. Wilhelm CRONENBERG. — Traduit par M. C. FÉRY.

In-18, avec 66 figures et 13 planches; 1898..... 3 fr.

LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE.

Par M. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens... 32 fr.

Chaque volume se vend séparément..... 16 fr.

Un Supplément, mettant cet important Ouvrage au courant des derniers travaux, est en préparation.

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par M. C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... 48 fr.

Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1^{er} Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892. 14 fr.

2^e Supplément (B). Un beau vol. gr. in-8 de 424 p. avec 221 fig.; 1897. 14 fr.

Les 6 volumes se vendent ensemble..... 72 fr.

LA PRATIQUE DES PROJECTIONS.

Étude méthodique des appareils. Les accessoires. Usages et applications diverses des projections. Conduite des séances;

Par M. H. FOURTIER.

2 vol. in-18 jésus.

TOME I. Les Appareils, avec 66 figures; 1892..... 3 fr. 75 c.

TOME II. Les Accessoires. La Séance de projections, avec 67 fig.; 1893. 2 fr. 75 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE INDUSTRIELLE,

THÉORIE ET PRATIQUE,

Par Ch. FÉRY et A. BURAIS.

In-18 jésus, avec 94 figures et 9 planches; 1896..... 5 fr.

LA PLATINOTYPIE. TRAITÉ PRATIQUE,

Par HORSLEY-HINTON,

Traduit par G. DEVANLAY.

In-18 jésus, avec figures et spécimens; 1898..... 1 fr. 50 c.

LE FORMULAIRE CLASSEUR DU PHOTO-CLUB DE PARIS.

Collection de formules sur fiches renfermées dans un élégant cartonnage et classées en trois Parties: *Phototypes, Photocopies et Photocalques, Notes et renseignements divers*, divisées chacune en plusieurs Sections;

Par MM. H. FOURTIER, BOURGEOIS et BUCQUET.

Première Série; 1892..... 4 fr.

Deuxième Série; 1894..... 3 fr. 50 c.

CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE A L'USAGE DES DÉBUTANTS.

Par M. R.-Ed. LIESEGANG.

Traduit de l'allemand et annoté par le Professeur J. MAUPEIRAL.

In-18 jésus, avec figures; 1893..... 3 fr. 50 c.

**LE DÉVELOPPEMENT DES PAPIERS PHOTOGRAPHIQUES
A NOIRCISSEMENT DIRECT.**

Par M. R.-Ed. LIESEGANG. — Traduit de l'allemand

par M. V. HASSREIDTER.

In-18 jésus; 1893..... 1 fr. 75 c.

LA PHOTOGRAPHIE INSTANTANÉE,

THÉORIE ET PRATIQUE,

Par M. Albert LONDE.

Directeur du Service photographique à l'Hospice de la Salpêtrière,
3^e édition, entièrement refondue. In-18 jésus, avec figures; 1897. • 2 fr. 75 c.

TRAITÉ PRATIQUE DU DÉVELOPPEMENT.

ÉTUDE RAISONNÉE DES DIVERS RÉVÉLATEURS ET DE LEUR MODE
D'EMPLOI.

Par M. Albert LONDE.

3^e édition. In-18 jésus, avec figures; 1898..... 2 fr. 75 c.

**LE PROCÉDÉ A LA GOMME BICHROMATÉE
OU PHOTO-AQUATEINTE.**

Par MM. Alfred MASKELL et Robert DEMACHY.

Traduit de l'anglais par M. G. DEVANLAY.

In-18 jésus, avec figures; 1898..... 1 fr. 75 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

L'OPTIQUE PHOTOGRAPHIQUE.

ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DE LA PHOTOGRAPHIE.
(COURS PROFESSÉ A LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHOTOGRAPHIE).

Par M. P. MOËSSARD.

Grand in-8, avec nombreuses figures; 1898..... 4 fr.

LES ÉLÉMENTS D'UNE PHOTOGRAPHIE ARTISTIQUE,

Par H.-P. ROBINSON.

Traduit de l'anglais par H. COLARD.

Grand in-8, avec 38 figures d'après des clichés de l'auteur et 1 planche; 1898.. 4 fr.

DE LA PROPRIÉTÉ ARTISTIQUE EN PHOTOGRAPHIE

SPÉCIALEMENT EN MATIÈRE DE PORTRAITS,

Par Édouard SAUVEL, Avocat au Conseil d'État et à la Cour de Cassation.

Un volume in-18 jésus; 1897..... 2 fr. 75 c.

TRAITÉ PRATIQUE

DES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES.

Par M. E. TRUTAT.

2 volumes in-18 jésus, avec 112 figures..... 5 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Obtention des petits clichés. 2^e édition..... (Sous presse.)

II^e PARTIE : Agrandissements. 2^e édition, avec 60 figures; 1897..... 2 fr. 75 c.

LES ÉPREUVES POSITIVES SUR PAPIERS ÉMULSIONNÉS.

Papiers chlorurés. Papiers bromurés. Fabrication. Tirage et développement.
Virages. Formules diverses.

Par M. E. TRUTAT.

Un volume in-18 jésus; 1896..... 2 fr.

LA PHOTOTYPOGRAVURE A DEMI-TEINTES.

Manuel pratique des procédés de demi-teintes, sur zinc et sur cuivre;

Par M. Julius VERFASSER.

Traduit de l'anglais par M. E. COUSIN, Secrétaire-agent de la Société
française de Photographie.

In-18 jésus, avec 56 figures et 3 planches; 1895..... 3 fr.

LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS.

Sélection photographique des couleurs primaires. Son application à l'exécution de clichés et de tirages propres à la production d'images polychromes à trois couleurs;

Par M. Léon VIDAL,

Officier de l'Instruction publique, Professeur à l'École nationale
des Arts décoratifs.

In-18 jésus, avec 10 figures et 5 planches en couleurs; 1897..... 2 fr. 75

6429 B. Paris, Imp. Gauthier Villars et fils, 55, quai des Gr.-Augustins.

MASSON & C^{ie}, Éditeurs
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain, Paris
P. n^o 414.

EXTRAIT DU CATALOGUE
(Août 1898)

CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD
BABINSKI, BALLEZ, P. BLOCQ, BOIX, BRAULT, CHANTEMESSE,
CHARRIN, CHAUFFARD, COURTOIS-SUFFIT, DUTIL, GILBERT, GUIGNARD,
L. GUINON, HALLION, LAMY, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU,
NETTER, OËTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUAAULT,
SOUQUES, THIBERGE, THOINOT, FERNAND WIDAL.

Traité

VIENT DE PARAÎTRE

de Médecine

DEUXIÈME ÉDITION

Publiée sous la direction de MM.

BOUCHARD

Professeur de pathologie générale
à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Institut.

BRISSAUD

Professeur agrégé
à la Faculté de médecine de Paris,
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

10 volumes grand in-8^o, avec figures dans le texte.

PRÉFACE

Le *Traité de Médecine* s'est distingué par un triple caractère : il a été le premier livre didactique où ait trouvé place la doctrine des maladies par trouble préalable de la nutrition ; il a été, chez nous, le premier traité de médecine interne qui ait donné à la doctrine de l'infection l'importance et l'ampleur qui lui appartiennent ; il a offert de la pathologie du système nerveux un tableau complet, écrit sous son inspiration, par les élèves du Maître qui avait le plus contribué aux progrès étonnants accomplis en un tiers de siècle dans cette branche de la science. Ce triple caractère a valu au livre son succès, que nous affirmer notre éditeur. Ce succès, auquel MM. Masson ont certainement contribué par leurs soins et leurs sacrifices, a été invoqué comme argument en faveur de la publication d'une nouvelle édition.

Fallait-il un livre nouveau ? une édition nouvelle suffisait-elle ?

Quand la médecine s'engage dans des voies inexplorées, quand des doctrines nouvelles surgissent, on ne tarde pas à ressentir le besoin de condenser en un tableau d'ensemble les conceptions et les acquisitions nouvelles ; il faut aux élèves et aux praticiens un livre nouveau, inspiré de l'esprit nouveau, écrit par des hommes nouveaux. La première édition du *Traité de Médecine* avait répondu

à un tel besoin. Mais on n'adapte pas les vieux moules aux formes nouvelles. On ne rajeunit pas les livres vieilliss : *Habent sua fata*.

Quelque grand événement médical capable de changer notre orientation s'est-il produit pendant ces sept dernières années ? Je ne le crois pas. La doctrine qui était nouvelle subsiste ; ce qui est nouveau c'est qu'on ne la combat plus ; elle se confirme et se consolide. Les idées poursuivent leur développement, quelques-unes débordantes rentrent dans les limites qui leur conviennent. Des médecins qui verront comme nous pourront exprimer autrement que nous, dans des livres différents, les idées médicales et les faits médicaux qui sont exposés dans le *Traité de Médecine*. Mais l'heure de sa disparition n'a pas sonné. Tel qu'il est, on le lit toujours, on réclame de nouveaux tirages. Nous résistions parce que nous voulions qu'il fût complété et corrigé. C'est ce que fait cette seconde édition.

Elle ne se présente plus avec le prestige d'un nom qui, à lui seul, était une garantie, mais la Rédaction reparait tout entière telle qu'elle était au premier jour, sans que ces sept années qui sont un grand espace dans la vie des livres et dans la vie des hommes aient réussi à l'entamer. Si la mort de Charcot a découvert notre œuvre, son esprit reste parmi nous et les élèves qu'il a formés compléteront la tâche qu'il avait approuvée. L'un deux, qui recevait plus particulièrement la confiance de sa pensée, avait, en accord avec lui, organisé la première édition. Son activité et son dévouement assurent la publication de la seconde édition. J'ai cru accomplir un acte de justice et j'ai agi selon mon cœur en priant M. Brissaud de prendre à côté de moi la place qu'occupait notre maître.

BOUGHARD.

CONDITIONS DE PUBLICATION

Les matières contenues dans la deuxième édition du TRAITÉ DE MÉDECINE seront augmentées d'un cinquième environ. Pour la commodité du lecteur cette édition formera dix volumes qui paraîtront successivement et à des intervalles rapprochés, de telle façon que l'ouvrage soit complet dans le courant de 1900.

Chaque volume sera vendu séparément.

Le prix de l'ouvrage est fixé dès à présent pour les souscripteurs jusqu'à la publication du Tome II à 150 fr.

En vente le 25 juillet 1898

TOME I^{er}

1 volume gr. in-8° de 845 pages, avec figures dans le texte. 16 fr.

Les Bactéries, par L. GUIGNARD, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine, professeur à l'École de Pharmacie de Paris.

Pathologie générale infectieuse, par A. CHARRIN, professeur remplaçant au Collège de France, directeur de laboratoire de médecine expérimentale (Hautes-Études), ancien vice-président de la Société de Biologie, médecin des Hôpitaux.

Troubles et maladies de la Nutrition, par PAUL LEGENDRE, médecin de l'hôpital Tenon.

Maladies infectieuses communes à l'homme et aux animaux, par G.-H. ROGER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital de la Porte d'Aubervilliers.

Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

Simon DUPLAY

Professeur de clinique chirurgicale
à la Faculté de médecine de Paris
Chirurgien de l'Hôtel-Dieu
Membre de l'Académie de médecine

Paul RECLUS

Professeur agrégé à la Faculté de médecine
Secrétaire général
de la Société de Chirurgie
Chirurgien des hôpitaux
Membre de l'Académie de médecine

PAR MM.

BERGER, BROCA, DELBET, DELENS, DEMOULIN, J.-L. FAURE, FORGUE
GÉRARD-MARCHANT, HARTMANN, HEYDENREICH, JALAGUIER, KIRMISSON
LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NÉLATON, PEYROT
PONCET, QUÉNU, RICARD, RIEFFEL, SEGOND, TUFFIER, WALTHER

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFONDUE

8 vol. gr. in-8 avec nombreuses figures dans le texte. En souscription. . . 150 fr.

TOME I. — 1 vol. grand in-8° avec 218 figures 18 fr.

RECLUS. — Inflammations, traumatismes, maladies virulentes.
BROCA. — Peau et tissu cellulaire sous-cutané.

QUÉNU. — Des tumeurs.
LEJARS. — Lymphatiques, muscles, synoviales tendineuses et bourses séreuses.

TOME II. — 1 vol. grand in-8° avec 361 figures 18 fr.

LEJARS. — Nerfs.
MICHAUX. — Artères.
QUÉNU. — Maladies des veines.

RICARD et DEMOULIN. — Lésions traumatiques des os.
PONCET. — Affections non traumatiques des os.

TOME III. — 1 vol. grand in-8° avec 285 figures 18 fr.

NÉLATON. — Traumatismes, entorses, luxations, plaies articulaires.
QUÉNU. — Arthropathies, arthrites sèches, corps étrangers articulaires.

LAGRANGE. — Arthrites infectieuses et inflammatoires.
GÉRARD-MARCHANT. — Crâne.
KIRMISSON. — Rachis.
S. DUPLAY. — Oreilles et annexes.

TOME IV. — 1 vol. grand in-8° avec 354 figures 18 fr.

DELENS. — L'œil et ses annexes.
GERARD MARCHANT. — Nez, fosses

nasales, pharynx nasal et sinus.
HEYDENREICH. — Mâchoires.

TOME V. — 1 vol. grand in-8° avec 187 figures 20 fr.

BROCA. — Face et cou. Lèvres, cavité buccale, gencives, palais, langue, larynx, corps thyroïde.
HARTMANN. — Plancher buccal,

glandes salivaires, œsophage et pharynx.
WALTHER. — Maladies du cou.
PEYROT. — Poitrine.
PIERRE DELBET. — Mammelle.

TOME VI. — 1 vol grand in-8° avec 218 figures 20 fr.

MICHAUX. — Parois de l'abdomen.
BERGER. — Hernies.
JALAGUIER. — Contusions et plaies de l'abdomen, lésions traumatiques et corps étrangers de l'estomac et de l'intestin. Occlusion intestinale, péritonites, appendicite.

HARTMANN. — Estomac.
FAURE et RIEFFEL. — Rectum et anus.
HARTMANN et GOSSET. — Anus contre nature. Fistules stercorales.
QUÉNU. — Mésentère. Rate. Pancréas.
SEGOND. — Foie.

Les tomes VII et VIII paraîtront successivement et à intervalles rapprochés.

Traité de Physiologie

PAR

J.-P. MORAT

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LYON

ET

Maurice DOYON

PROFESSEUR AGRÉGÉ A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE LYON

*Ce Traité de Physiologie formera cinq volumes
dont voici le détail :*

- I. — **Fonctions élémentaires.** — Prolégomènes. — Nutrition en général. — Physiologie des tissus en particulier (moins le système nerveux).
- II. — **Fonctions d'innervation et du milieu intérieur.** — Système nerveux. — Sang; lymphé; liquides interstitiels.
- III. — **Fonctions de nutrition.** — Circulation; calorification.
- IV. — **Fonctions de nutrition (suite).** — Digestion; respiration; excrétion.
- V. — **Fonctions de relation.** (Sens; Langage; expression; locomotion) **et fonctions de reproduction.** (A l'exception du développement embryologique).

Ces volumes ne seront pas publiés dans l'ordre ci-dessus, mais le seront dans celui de leur achèvement. Nous publions aujourd'hui sous le titre : « **Circulation; Calorification** » le tome qui portera, dans la tomainon définitive, le n° III. Le tome « **Digestion; Absorption; Respiration; Excrétion** » (suite des fonctions de nutrition), qui correspondra au tome IV, est dès à présent sous presse.

Toutes les mesures sont prises pour que l'ensemble de la publication soit terminé dans le courant de l'année 1900. Chaque volume sera, pendant tout le cours de la publication, vendu séparément à des prix qui varieront selon l'étendue de chacun.

Toutefois, les éditeurs acceptent, dès à présent, **au prix à forfait de cinquante francs**, des souscriptions à l'ouvrage complet.

IENT DE PARAITRE

FONCTIONS DE NUTRITION

CIRCULATION

Par **M. DOYON**

CALORIFICATION

Par **J.-P. MORAT**

1 vol. grand in-8° avec 173 fig. noires et en couleurs. 12 fr.

Traité des OUVRAGE COMPLET Maladies de l'Enfance

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

J. GRANCHERProfesseur à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Académie de médecine, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades.**J. COMBY**Médecin
de l'hôpital des Enfants-Malades.**A.-B. MARFAN**Agrégé,
Médecin des hôpitaux.

5 vol. grand in-8° avec figures dans le texte. . 90 fr.

DIVISIONS DE L'OUVRAGE**TOME I.** — 1 vol. in-8° de xvi-816 pages avec fig. dans le texte. 18 fr.
Physiologie et hygiène de l'enfance. — Considérations thérapeutiques sur les maladies de l'enfance. — Maladies infectieuses.**TOME II.** — 1 vol. in-8° de 818 pages avec fig. dans le texte. 18 fr.
Maladies générales de la nutrition. — Maladies du tube digestif.**TOME III.** — 1 vol. de 950 pages avec figures dans le texte. 20 fr.
Abdomen et annexes. — Appareil circulatoire. — Nez, larynx et annexes.**TOME IV.** — 1 vol. de 880 pages avec figures dans le texte. 18 fr.
Maladies des bronches, du poumon, des plèvres, du médiastin. — Maladies du système nerveux.**TOME V.** — 1 vol. de 890 pages avec figures dans le texte. 18 fr.
Organes des sens. — Maladies de la peau. — Maladies du fœtus et du nouveau-né. — Maladies chirurgicales des os, articulations, etc. — Table alphabétique des matières des 5 volumes.

CHAQUE VOLUME EST VENDU SÉPARÉMENT

Traité de Thérapeutique Chirurgicale

PAR

Émile FORGUEProfesseur de clinique chirurgicale
à la Faculté de médecine de Montpellier,
membre correspondant
de la Société de Chirurgie
Chirurgien en chef de l'hôpital St-Éloi,
Médecin-major hors cadre.**Paul RECLUS**Professeur agrégé à la Faculté
de médecine de Paris,
Chirurgien de l'hôpital Laënnec,
Secrétaire général
de la Société de Chirurgie,
Membre de l'Académie de médecine.**DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE**

AVEC 472 FIGURES DANS LE TEXTE

2 volumes grand in-8° de 2116 pages. 34 fr.

VIENT DE PARAÎTRE**LES DÉFENSES NATURELLES
DE L'ORGANISME**

LEÇONS PROFESSÉES AU COLLÈGE DE FRANCE

Par **A. CHARRIN**

Professeur remplaçant au Collège de France
 Directeur du Laboratoire de médecine expérimentale (Hautes-Études)
 Ancien Vice-président de la Société de biologie, Médecin des hôpitaux

1 volume in-8°. 6 fr.

Le sujet de ces leçons répond bien aux caractères de l'enseignement du Collège de France, qui demande des notions nouvelles, à l'ordre du jour, dont s'occupe le professeur, surtout au point de vue expérimental.

M. Charrin montre que le passage de l'état de santé à l'état de maladie se réalise souvent d'une façon insensible, et cela, soit parce que l'économie est pour ainsi dire en contact avec une série de causes morbides, soit aussi parce que le mal n'est fréquemment que l'exagération d'une fonction, que l'insuffisance de l'activité normale, qu'une dérogation aux processus physiologiques.

Dans ces conditions, l'auteur prend une série d'exemples destinés à établir comment l'organisme se tient en équilibre au milieu de ces agents de maladie.

Ces leçons laissent volontairement à l'écart l'immunité, les états bactéricides, antitoxiques, la phagocytose, défenses souvent en partie artificielles ; elles montrent l'économie pourvue d'une série de défenses naturelles aussi nombreuses que variées ; ces défenses, pour une part, sont éparses, mais elles sont également groupées soit en dehors de l'organisme, soit au niveau des portes d'entrée, soit dans les profondeurs, dans les milieux clos ; elles agissent tantôt isolément, tantôt synergiquement. De leur intégrité résulte l'état physiologique, qui, le jour où ces protections fléchissent, fait place à l'état pathologique.

Ces leçons, accompagnées d'exemples, de preuves, d'expériences, forment pour ainsi dire la synthèse de la physiologie pathologique générale.

VIENT DE PARAÎTRE**CODE PRATIQUE****Des Honoraires Médicaux**

OUVRAGE INDISPENSABLE

Aux Médecins, Chirurgiens, Sages-femmes, Dentistes, Pharmaciens,
 Étudiants, Magistrats, Avocats, Huissiers, etc.

Par le D^r **Ch. FLOQUET**

Licencié en droit, médecin en chef du Palais de Justice et du Tribunal
 de Commerce, membre de la Société de Médecine légale de France.

Préface de **M. le Professeur BROUARDEL**

Doyen de la Faculté de médecine de Paris.

2 volumes in-18 jésus de 746 pages 10 fr.

La question si délicate et si controversée des Honoraires médicaux n'a jusqu'à ce jour fait l'objet d'aucun traité spécial et complet. C'est pour combler cette lacune que l'auteur, familier avec les études de droit et avec la pratique médicale, a écrit ce livre dont le caractère pratique n'échappera pas au lecteur.

L'ouvrage, mis au courant de la doctrine et de la jurisprudence des Cours et Tribunaux, s'adresse tout aussi bien à la magistrature et au barreau qu'au monde médical. « C'est, comme le dit si bien M. le professeur Brouardel, l'éminent doyen de la Faculté de Paris, l'exposé fidèle des difficultés auxquelles se heurte le praticien lorsqu'il se trouve en présence de clients ou de sociétés qui refusent de reconnaître le prix d'un service rendu. »

L'ŒUVRE MÉDICO-CHIRURGICAL

Dr CRITZMAN, directeur,

Suite de Monographies cliniques

SUR LES QUESTIONS NOUVELLES

en Médecine, en Chirurgie et en Biologie

La science médicale réalise journellement des progrès incessants; les questions et découvertes vieillissent pour ainsi dire au moment même de leur éclosion. Les traités de médecine et de chirurgie, quelque rapides que soient leurs différentes éditions, auront toujours grand-peine à se tenir au courant.

C'est pour obvier à ce grave inconvénient, auquel les journaux, malgré la diversité de leurs matières, ne sauraient remédier, que nous avons fondé, avec le concours des savants et des praticiens les plus autorisés, un recueil de Monographies dont le titre général, *l'Œuvre médico-chirurgical*, nous paraît bien indiquer le but et la portée.

Nous publions, aussi souvent qu'il est nécessaire, des fascicules de 30 à 40 pages dont chacun résume et met au point une question médicale à l'ordre du jour, et cela de telle sorte qu'aucune ne puisse être omise au moment opportun.

Nous tenant essentiellement sur le terrain pratique, nous essayerons de donner à chaque problème une formule complète. La valeur et l'importance des questions seront examinées d'une manière critique, de façon à constituer un chapitre entier, digne de figurer dans le meilleur traité médico-chirurgical. Cette nouvelle publication pourrait être intitulée aussi : *Complément à tous les Traités de Pathologie, de Clinique et de Thérapeutique.*

CONDITIONS DE LA PUBLICATION

Chaque monographie est vendue séparément 1 fr. 25

Il est accepté des abonnements pour une série de 10 Monographies au prix à forfait et payable d'avance de 10 francs pour la France et 12 francs pour l'étranger (port compris).

MONOGRAPHIES PUBLIÉES

- N° 1. **L'Appendicite**, par le Dr FÉLIX LEGUEU, chirurgien des hôpitaux de Paris.
- N° 2. **Le Traitement du mal de Pott**, par le Dr A. CHIPAULT, de Paris.
- N° 3. **Le Lavage du Sang**, par le Dr LEJARS, professeur agrégé, chirurgien des hôpitaux, membre de la Société de chirurgie.
- N° 4. **L'Hérédité normale et pathologique**, par le Dr CH. DEBIERRE, professeur d'anatomie à l'Université de Lille.
- N° 5. **L'Alcoolisme**, par le Dr JAQUET, privat-docent à l'Université de Bâle.
- N° 6. **Physiologie et pathologie des sécrétions gastriques**, par le Dr A. VERHAGEN, assistant à la Clinique médicale de Louvain.
- N° 7. **L'Eczéma**, par le Dr LEREDDE, chef de laboratoire, assistant de consultation à l'hôpital Saint-Louis.
- N° 8. **La Fièvre jaune**, par le Dr SANARELLI, directeur de l'Institut d'hygiène expérimentale de Montevideo.
- N° 9. **La Tuberculose du rein**, par le Dr TUFFIER, professeur agrégé, chirurgien de l'hôpital de la Pitié.
- N° 10. **L'Opothérapie. Traitement de certaines maladies par des extraits d'organes animaux**, par A. GILBERT, professeur agrégé, chef du laboratoire de thérapeutique à la Faculté de médecine de Paris, et P. CARNOT, docteur ès sciences, ancien interne des hôpitaux de Paris.

Traité d'Anatomie Humaine

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

Paul POIRIER

PROFESSEUR AGRÉGÉ A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS
CHEF DES TRAVAUX ANATOMIQUES, CHIRURGIEN DES HOPITAUX

PAR MM.

A. CHARPY

PROFESSEUR D'ANATOMIE
A LA FACULTÉ DE
TOULOUSE

A. NICOLAS

PROFESSEUR D'ANATOMIE
A LA FACULTÉ DE
NANCY

A. PRENANT

PROFESSEUR D'HISTOLOGIE
A LA FACULTÉ DE
NANCY

P. POIRIER

PROFESSEUR AGRÉGÉ
CHEF DES TRAVAUX ANATOMIQUES
CHIRURGIEN DES HOPITAUX

P. JACQUES

PROFESSEUR AGRÉGÉ
A LA FACULTÉ DE NANCY
CHEF DES TRAVAUX ANATOMIQUES

ÉTAT DE LA PUBLICATION AU 1^{er} AOUT 1898

TOME PREMIER

Embryologie; Ostéologie; Arthrologie. Un volume grand in-8°
avec 621 figures 20 fr.

TOME DEUXIÈME

- 1^{er} Fascicule : **Myologie.** Un volume grand in-8° avec 312 figures. 12 fr.
2^e Fascicule : **Angéiologie (Cœur et Artères).** Un volume grand
in-8° avec 145 figures. 8 fr.
3^e Fascicule : **Angéiologie (Capillaires, Veines).** Un volume grand
in-8° avec 75 figures 6 fr.

TOME TROISIÈME

1^{er} et 2^e Fascicules : **Système nerveux.** Deux volumes grand
in-8° avec 407 figures 22 fr.

TOME QUATRIÈME

- 1^{er} Fascicule : **Tube digestif.** Un volume grand in-8°, avec
158 figures. 12 fr.
2^e Fascicule : **Appareil respiratoire; Larynx, trachée, poumons,
plèvres, thyroïde, thymus.** Un volume grand in-8°, avec
121 figures. 6 fr.

IL RESTE A PUBLIER :

Un fascicule du tome II (Lymphatiques);
Un fascicule du tome III (Nerfs périphériques. Organes des sens);
Un fascicule du tome IV (Organes génito-urinaires).

Ces fascicules seront publiés successivement dans le plus bref délai possible.

Les maladies microbiennes des Animaux, par Ed. NOCARD, professeur à l'École d'Alfort, membre de l'Académie de médecine, et E. LECLAINCHE, professeur à l'École vétérinaire de Toulouse. *Deuxième édition, entièrement refondue.* 1 fort volume grand in-8° , **16 fr.**

Traité des maladies chirurgicales d'origine congénitale, par le Dr E. KIRMISSON, professeur agrégé à la Faculté de médecine, chirurgien de l'Hôpital Trousseau, membre de la Société de Chirurgie. 1 volume grand in-8° avec 311 figures dans le texte et 2 planches en couleurs. **15 fr.**

Recherches anatomiques et cliniques sur le glaucome et les néoplasmes intra-oculaires, par Ph. PANAS, professeur de clinique ophtalmologique à la Faculté de médecine, chirurgien de l'Hôtel-Dieu, membre de l'Académie de médecine, et le Dr ROCHON-DUVIGNEAUD, ancien chef de clinique de la Faculté. 1 volume in-8° avec 41 figures dans le texte **7 fr.**

Traité d'Ophthalmoscopie, par Étienne ROLLET, professeur agrégé à la Faculté de médecine, chirurgien des hôpitaux de Lyon. 1 volume in-8° avec 50 photographies en couleurs et 75 figures dans le texte, cartonné toile, tranches rouges. **9 fr.**

Cliniques chirurgicales de l'Hôtel-Dieu, par Simon DUPLAY, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine, chirurgien de l'Hôtel-Dieu, recueillies et publiées par les Drs Maurice CAZIN, chef de clinique chirurgicale à l'Hôtel-Dieu, et S. CLADO, chef des travaux gynécologiques. *Deuxième série.* 1 volume grand in-8° avec figures **8 fr.**

Consultations médicales sur quelques maladies fréquentes. *Quatrième édition, revue et considérablement augmentée,* suivie de quelques principes de Déontologie médicale et précédée de quelques règles pour l'examen des malades, par le Dr J. GRASSET, professeur de clinique médicale à l'Université de Montpellier, correspondant de l'Académie de médecine. 1 volume in-16, reliure souple, peau pleine. **4 fr. 50**

Le Bandage herniaire : Autrefois-Aujourd'hui, par Léon et Jules RAINAL. 1 fort volume très grand in-8°, avec 324 gravures intercalées dans le texte. **10 fr.**

Bibliothèque

d'Hygiène thérapeutique

DIRIGÉE PAR

Le Professeur PROUST

Membre de l'Académie de médecine, Médecin de l'Hôtel-Dieu,
Inspecteur général des Services sanitaires.

*Chaque ouvrage forme un volume in-16, cartonné toile, tranches rouges
et est vendu séparément : 4 fr.*

Chacun des volumes de cette collection n'est consacré qu'à une seule maladie ou à un seul groupe de maladies. Grâce à leur format, ils sont d'un maniement commode. D'un autre côté, en accordant un volume spécial à chacun des grands sujets d'hygiène thérapeutique, il a été facile de donner à leur développement toute l'étendue nécessaire.

L'hygiène thérapeutique s'appuie directement sur la pathogénie ; elle doit en être la conclusion logique et naturelle. La genèse des maladies sera donc étudiée tout d'abord. On se préoccupera moins d'être absolument complet que d'être clair. On ne cherchera pas à tracer un historique savant, à faire preuve de brillante érudition, à encombrer le texte de citations bibliographiques. On s'efforcera de n'exposer que les données importantes de pathogénie et d'hygiène thérapeutique et à les mettre en lumière.

VOLUMES PARUS

- L'Hygiène du Goutteux**, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.
- L'Hygiène de l'Obèse**, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.
- L'Hygiène des Asthmatiques**, par E. BRISSAUD, professeur agrégé, médecin de l'hôpital Saint-Antoine.
- L'Hygiène du Syphilitique**, par H. BOURGES, préparateur au laboratoire d'hygiène de la Faculté de médecine.
- Hygiène et thérapeutique thermales**, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.
- Les Cures thermales**, par G. DELFAU, ancien interne des Hôpitaux de Paris.
- L'Hygiène du Neurasthénique**, par le professeur PROUST et G. BALLET, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris.
- L'Hygiène des Albuminuriques**, par le D^r SPRINGER, ancien interne des hôpitaux de Paris, chef de laboratoire de la Faculté de médecine à la Clinique médicale de l'hôpital de la Charité.
- L'Hygiène du Tuberculeux**, par le D^r CHUQUET, ancien interne des hôpitaux de Paris, avec une introduction du D^r DAREMBERG, membre correspondant de l'Académie de médecine.

VOLUMES EN PRÉPARATION

- Hygiène et thérapeutique des maladies de la Bouche**, par le D^r CRUET.
- L'Hygiène du Diabétique**, par A. PROUST et A. MATHIEU, médecins des hôpitaux de Paris.
- L'Hygiène des Dyspeptiques**, par le D^r LINOSSIER.
- Hygiène thérapeutique des maladies de la peau**, par le D^r BROCCQ.
- L'Hygiène du Cardiaque**, par le D^r VAQUEZ, médecin des hôpitaux de Paris.

Traité

des Matières colorantes

ORGANIQUES ET ARTIFICIELLES

de leur préparation industrielle et de leurs applications

Par **Léon LEFÈVRE**

Ingénieur (E. I. R.), Préparateur de chimie à l'École Polytechnique.

Préface de E. GRIMAUX, membre de l'Institut.

2 volumes grand in-8° comprenant ensemble 1650 pages, reliés toile anglaise, avec 31 gravures dans le texte et 261 échantillons.

Prix des deux volumes : 90 francs.

Le *Traité des matières colorantes* s'adresse à la fois au monde scientifique par l'étude des travaux réalisés dans cette branche si compliquée de la chimie, et au public industriel par l'exposé des méthodes rationnelles d'emploi des colorants nouveaux. L'auteur a réuni dans des tableaux qui permettent de trouver facilement une couleur quelconque, toutes les couleurs indiquées dans les mémoires et dans les brevets. La partie technique contient, avec l'indication des brevets, les procédés employés pour la fabrication des couleurs, la description et la figure des appareils, ainsi que la description des procédés rationnels d'application des couleurs les plus récentes. Cette partie importante de l'ouvrage est illustrée par un grand nombre d'échantillons teints ou imprimés, *fabriqués spécialement pour l'ouvrage.*

Chimie

des Matières colorantes

PAR

A. SEYEWETZ

Chef des travaux

à l'École de chimie industrielle de Lyon

P. SISLEY

Chimiste-Coloriste

1 volume grand in-8° de 822 pages. 30 fr.

Les auteurs, dans cette importante publication, se sont proposé de réunir sous la forme la plus rationnelle et la plus condensée tous les éléments pouvant contribuer à l'enseignement de la chimie des matières colorantes, qui a pris aujourd'hui une extension si considérable. Cet ouvrage est, par le plan sur lequel il est conçu, d'une utilité incontestable non seulement aux chimistes se destinant soit à la fabrication des matières colorantes, soit à la teinture, mais à tous ceux qui sont désireux de se tenir au courant de ces remarquables industries.

MASSON ET C^{ie}, Libraires de l'Académie de Médecine

EXPÉDITIONS SCIENTIFIQUES

DU

“ TRAVAILLEUR ” et du “ TALISMAN ”

Pendant les années 1880, 1881, 1882 et 1883

Ouvrage publié sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique

SOUS LA DIRECTION DE

M. A. MILNE-EDWARDS

MEMBRE DE L'INSTITUT, PRÉSIDENT DE LA COMMISSION DES DRAGAGES SOUS-MARINS
DIRECTEUR DU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS

VIENT DE PARAÎTRE

MOLLUSQUES TESTACÉS

PAR

ARNOULD LOCARD

TOME I. — 1 fort vol. gr. in-4^o avec 24 planches hors texte. 50 fr.

TOME II. — 1 vol. gr. in-4^o avec nombreuses planches hors texte.

(*Sous presse*).

VOLUMES PRÉCÉDEMMENT PARUS :

Poissons, par L. VAILLANT, professeur-administrateur au Muséum d'Histoire Naturelle, membre de la commission des dragages sous-marins. 1 fort volume in-4^o avec 28 planches hors texte . . . 50 fr.

Brachiopodes, par P. FISCHER, membre de la commission des dragages sous-marins, et D.-P. OEHLERT, membre de la Société géologique de France. 1 vol. in-4^o avec 8 planches hors texte. . . . 20 fr.

Échinodermes, par Edmond PERRIER, professeur-administrateur au Muséum d'Histoire Naturelle, membre de l'Institut. 1 fort vol. in-4^o, avec 25 planches hors texte. 50 fr.

VIENT DE PARAÎTRE

L'Anatomie comparée des Animaux

BASÉE SUR L'EMBRYOLOGIE

PAR

LOUIS ROULE

LAURÉAT DE L'INSTITUT (Grand Prix des Sciences Physiques),
PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE
(Facultés des Sciences).

*Deux volumes grand in-8° de xxvi-1970 pages
avec 1202 figures dans le texte 48 fr.*

Ce traité d'*Anatomie comparée* ne se borne pas à contenir un exposé des faits acquis à la science actuelle. Ce dernier n'est, pour l'auteur, qu'un moyen d'analyse, destiné à lui permettre la réalisation d'une synthèse, et à montrer, d'après une stricte méthode scientifique, l'enchaînement des êtres. Tout en constituant la part principale, et de beaucoup la plus considérable, il n'existe pas seul.

« Ce livre est, à la fois, un traité élémentaire d'anatomie appuyée sur l'embryologie, et un exposé succinct de philosophie zoologique. La manière dont les faits, mis en leur lieu naturel, se groupent et se complètent, donne par elle seule, avec une évidence toujours plus nette, le sentiment d'une lente évolution, subie incessamment par la matière vivante, et des voies qu'elle a suivies. La méthode scientifique part des faits pour arriver à concevoir les causes. . . . »

Ce traité ne s'adresse pas seulement aux étudiants désireux d'avoir un guide en anatomie. Il est de portée plus haute. Par sa méthode de rigoureuse logique, par son esprit de synthèse, il mérite d'intéresser les personnes qui, de près ou de loin, s'attachent aux sciences biologiques, soit pour elles-mêmes, soit pour leurs applications, soit pour leurs conséquences philosophiques.

L'ouvrage comprend deux volumes, et compte 1970 pages. Il est divisé en seize chapitres, dont chacun renferme l'étude anatomique d'un embranchement déterminé. Les chapitres varient, dans leur étendue, suivant l'importance des embranchements; certains se réduisent à quelques pages; d'autres, celui des *Vertébrés* par exemple, en mesurent près de six cents, et constituent autant de traités spéciaux. Les figures, nouvelles pour la plupart, sont nombreuses, et fort soignées; rien n'a été omis pour les rendre des plus artistiques, sans ôter à leur valeur scientifique ni à leur simplicité.

VIENT DE PARAÎTRE

Les Colonies animales et la formation des organismes

Par **Edmond PERRIER**

Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle.

DEUXIÈME ÉDITION

1 vol. gr. in-8° avec 2 planches hors texte et 158 figures. 18 fr.

Dans cette deuxième édition d'un livre bien connu non seulement des naturalistes mais aussi des philosophes et des sociologistes, l'auteur n'a eu à modifier en rien ni le fond de sa doctrine, ni les arguments principaux sur lesquels il s'appuyait. Certains chapitres ont été plus ou moins profondément remaniés de manière à enregistrer quelques points de vue nouveaux ou à éliminer quelques objections; tel est le chapitre relatif aux *Formes originelles des vers annelés et des animaux articulés*; tel est aussi le chapitre sur l'*individualité*, auquel la sanction du temps écoulé permettait de donner des conclusions plus fermes et plus rigoureusement scientifiques.

La préface de la première édition était uniquement consacrée à présenter au public l'idée mère du livre qui, neuve alors, n'a plus, aujourd'hui, besoin d'être présentée; M. Perrier a pensé qu'il convenait plutôt d'en montrer la fécondité; il a résumé dans une préface de 32 pages toute la théorie de la formation et de l'évolution des organismes, et mis en relief la part qu'ont prise à cette évolution les diverses forces qui agissent encore autour de nous.

Traité de Zoologie

PAR

Edmond PERRIER

Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle

VIENT DE PARAÎTRE

FASCICULE IV

VERS ET MOLLUSQUES

1 vol. gr. in-8 de 792 pages, avec 566 figures. 16 fr.

ONT DÉJÀ PARU :

FASCICULE I : **Zoologie générale.** 412 pages, 458 figures. . . 12 fr.

FASCICULE II : **Protozoaires et Phytozoaires.** 452 p., 243 fig. 10 fr.

FASCICULE III : **Arthropodes.** 480 pages, 278 figures. 8 fr.

Ces trois fascicules réunis forment la première partie. 1 vol. in-8° de 1344 pages, avec 980 figures 30 fr.

VIENT DE PARAÎTRE

Éléments de Botanique

Par Ph. Van TIEGHEM

Membre de l'Institut, professeur au Muséum d'Histoire naturelle

TROISIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

**2 volumes in-16 comprenant ensemble 1170 pages et
580 figures intercalées dans le texte, cartonnés toile . . . 12 fr**

L'auteur a fait tous ses efforts pour mettre cette nouvelle édition au courant de tous les progrès accomplis en botanique depuis l'année 1893, date de l'achèvement de la deuxième édition. Ces progrès ont intéressé d'une part la morphologie et la physiologie des plantes, c'est-à-dire la botanique générale, traitée dans le premier volume, de l'autre l'histoire des familles végétales, c'est-à-dire la botanique spéciale, qui fait l'objet du second volume. De là, dans le premier volume, toute une série de modifications et d'additions, portant notamment sur la structure de la racine, de la tige et de la feuille, sur la formation de l'œuf, etc., qui l'ont augmenté d'environ cinquante pages avec les figures correspondantes. De là, surtout dans le second volume, un remaniement complet de la classification des phanérogames, où une place a dû être faite au groupe nouveau des inséminées avec ses cinq ordres et ses trente-neuf familles, remaniement qui a nécessité une addition de cent pages, avec les figures correspondantes. C'est, en somme, une augmentation de cent cinquante pages qui, jointe à de nombreuses corrections et modifications de détail, fait de cette édition un ouvrage véritablement nouveau.

VIENT DE PARAÎTRE

PRÉCIS DE BOTANIQUE MÉDICALE

Par L. TRABUT

PROFESSEUR D'HISTOIRE NATURELLE MÉDICALE A L'ÉCOLE
DE PLEIN EXERCICE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER**DEUXIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFOUNDUE****1 volume in-8° de 740 pages avec 954 figures dans le texte. . . 8 fr.**

L'étude des végétaux, faite en vue d'en retirer des données applicables à la médecine, constitue la botanique médicale, science bien ancienne, née avec la médecine des temps primitifs et qui est depuis longtemps et reste la principale source où puise la thérapeutique; d'un autre côté, par la bactériologie, elle devient la base de la pathogénie.

Dans ce petit volume, l'auteur s'est efforcé de condenser les notions de botanique médicale indispensables au médecin comme au pharmacien. Éliminant toutes les obscurités et les longueurs, il a cherché à accumuler dans ces quelques pages des renseignements précis et pratiques. Il est bien difficile de séparer la botanique médicale de la matière médicale; aussi l'auteur n'a-t-il pas hésité à citer les principales drogues d'un usage courant, après avoir donné les caractères des plantes qui les fournissent. Un grand nombre de figures (954) accompagnent et facilitent les descriptions en permettant d'analyser les caractères des plantes et de vérifier les détails de leur organisation.

VIENT DE PARAÎTRE

DEUXIÈME ÉDITION

Entièrement refondue

des

Leçons de Géographie Physique

PAR

A. DE LAPPARENT

Membre de l'Institut,
Professeur à l'École libre des Hautes-Études,
Ancien président de la Commission centrale de la Société de Géographie.

1 volume grand in-8° de xvi-720 pages avec 168 figures dans le texte
et une planche en couleurs. 12 fr.

Il y a juste deux ans, nous présentions au public savant les *Leçons de Géographie physique* de M. de Lapparent. Ce court intervalle a suffi pour épuiser la première édition. Et cependant, il s'agissait d'un ouvrage qui ne répondait à aucun programme d'examen, où l'auteur cherchait à changer les traditions accoutumées de l'enseignement géographique et à introduire dans ce domaine la science géologique, si peu répandue de nos jours et si maltraitée dans les programmes universitaires.

Le succès obtenu par cette tentative suffit à montrer combien elle était opportune, et l'entrée récente de l'auteur à l'Académie des Sciences n'est pas pour en diminuer la signification. On a compris enfin qu'à l'étude de la surface du globe il fallait une base rationnelle, et que cette base devait être la connaissance des conditions de la genèse des formes terrestres.

Un livre aussi bien accueilli aurait pu essayer de réparer sans modifications. L'auteur ne l'a pas voulu et, fidèle à une habitude dont ses précédents ouvrages ont fourni mainte preuve, il a refondu son œuvre en y introduisant toutes les améliorations dont il lui avait été possible, en deux ans, de réunir les éléments. Le texte s'est enrichi de 128 pages, soit par le dédoublement des chapitres consacrés à la France et à l'Amérique, soit par l'addition de deux leçons nouvelles, l'une sur les océans, l'autre sur l'intéressante question de la classification des montagnes. Le nombre des dessins, jugé avec raison insuffisant dans la première édition, a été porté de 116 à 163. Enfin, tout l'ouvrage a subi une révision minutieuse à l'aide des documents les plus sûrs et les plus récents.

On remarquera d'ailleurs que ces importantes modifications n'ont entraîné aucun accroissement pour le prix de l'ouvrage, que nous avons tenu à maintenir sans changement.

Nous nous plaisions à espérer que cette seconde édition rencontrerait la même fortune que la première et qu'elle sera goûtée même des géographes de l'ancienne école. On rendra du moins cette justice à l'auteur que, s'il plaide chaleureusement la cause de l'élément scientifique pur, il le fait sous une forme que les lettrés eux-mêmes ne désavoueraient pas.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette. — 13818.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

DIRIGÉE PAR M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

Collection de 250 volumes petit in-8 (30 à 40 volumes publiés par an)

CHAQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT : BROCHÉ, 2 FR. 50; CARTONNÉ, 3 FR.

Ouvrages parus

Section de l'Ingénieur

- PICOU. — Distribution de l'électricité, 2 vol.).
A. GOUILLY. — Air comprimé ou raréfié. — Géométrie descriptive (3 vol.).
D. WELSHAUVERS-DERY. — Machine à vapeur. — I. Etude expérimentale calorimétrique. — II. Etude expérimentale dynamique.
A. MADAMET. — Tiroirs et distributeurs de vapeur. — Détente variable de la vapeur. — Epures de régulation.
M. DE LA SOURCE. — Analyse des vins.
ALHEILIG. — I. Travail des bois. — II. Corderie — III Construction et résistance des machines à vapeur.
AIME WITZ. — I. Thermodynamique. — II. Les moteurs thermiques.
LINDET. — La bière.
TH. SCHLÆBSING fils. — Chimie agricole.
SAUVAGE. — Moteurs à vapeur.
LE CHATELIER. — Le grison.
DUBOIS. — Appareils d'essai des moteurs à vapeur.
CRONEAU. — I. Canon, torpilles et cuirasse. — II. Construction du navire.
H. GAUTIER. — Essais d'or et d'argent.
LECOMTE. — Les textiles végétaux.
DE LAUNAY. — I. Les gîtes métallifères. — II. Production métallifère.
FERTIN. — Etat de la marine de guerre.
FERDINAND JEAN. — L'industrie des peaux et des cuirs.
BERTHELOT. — Calorimétrie chimique.
DE VIARIS. — L'art de chiffrer et déchiffrer les dépêches secrètes.
GUILLAUME. — Unités et étalons.
WIDMANN. — Principes de la machine à vapeur.
MINEL (P.). — Electricité industrielle. (2 vol.). — Electricité appliquée à la marine. — Régularisation des moteurs des machines électriques.
HÉBERT. — Boissons falsifiées.
NAUDIN. — Fabrication des vernis.
SINIGAGLIA. — Accidents de chaudières.
GUENEZ. — Décoration de la porcelaine au feu de moufle.
VERMAND. — Moteurs à gaz et à pétrole.
MEYER (ERNEST). — L'utilité publique et la propriété privée.
WALLON. — Objectifs photographiques.
BLOCH. — Eau sous pression.

Section du Biologiste

- FAISANS. — Maladies des organes respiratoires.
MAGNAN et SÉRIEUX. — I. Le délire chronique. — II. La paralysie générale.
AUVARD. — I. Séméiologie génitale. — II. Menstruation et fécondation.
G. WEISS. — Electro-physiologie.
BAZY. — Maladies des voies urinaires. (2 vol.).
TROUSSEAU. — Hygiène de l'œil.
FERRÉ. — Epilepsie.
LAVERAN. — Paludisme.
POLIN et LABIT. — Aliments suspects.
BERGONIE. — Physique du physiologiste et de l'étudiant en médecine.
MEGNIN. — I. Les acariens parasites. — II. La faune des cadavres.
DEMELIN. — Anatomie obstétricale.
CUCNOT. — I. Les moyens de défense dans la série animale. — II. L'influence du milieu sur les animaux.
A. OLIVIER. — L'accouchement normal.
BERGÉ. — Guide de l'étudiant à l'hôpital.
CHARRIN. — I. Les poisons de l'urine. — II. Poisons du tube digestif. — III. Poisons des tissus.
ROGER. — Physiologie normale et pathologique du foie.
BROCC et JACQUET. — Précis élémentaire de dermatologie (5 vol.).
HANOT. — De l'endocardite aiguë.
WEILL-MANTOU. — Guide du médecin d'assurances sur la vie.
LANGLOIS. — Le lait.
DE BRUN. — Maladies des pays chauds. (2 vol.).
BROCA. — Tumeurs blanches des membres chez l'enfant.
DE CAZAL et CATRIN. — Médecine légale militaire.
LAPERONNE (DE). — Maladies des paupières et des membranes externes de l'œil.
KÖHLER. — Applications de la photographie aux Sciences naturelles.
BEAUREGARD. — Le microscope.
LESAGE. — Le choléra.
LANNELONGUE. — La tuberculose chirurgicale.
CORNEVIN. — Production du lait.
J. CHATIN. — Anatomie comparée (4 v.).

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

Ouvrages parus

Section de l'Ingénieur

DE MARCHENA. — Machines frigorifiques (2 vol.)
 P. R. D'HOMME. — Teinture et impression.
 SOREL. — I. La rectification de l'alcool.
 — II. La distillation.
 DE BULLY. — Fabrication de la fonte.
 HENNEBERT (C.). — I. La fortification.
 — II. Les torpilles sèches. — III. Bouches à feu. — IV. Attaque des places. — V. Travaux de campagne. — VI. Communications militaires.
 CASPARI. — Chronomètres de marine.
 LOUIS JACQUET. — La fabrication des eaux-de-vie.
 DUBOIS et CRONAU. — Appareils accessoires des chaudières à vapeur.
 C. BOURLET. — Bicycles et bicyclettes.
 H. LÉAUTÉ et A. BÉRARD. — Transmissions par câbles métalliques.
 DE LA BARRÉ PLUVINEL. — La théorie des procédés photographiques.
 HATT. — Les marées.
 H. LAURENT. — I. Théorie des jeux de hasard. — II. Assurances sur la vie. — III. Opérations financières.
 C. VALLIER. — Balistique (2 vol.). — Projectiles. Fusées. Chirasses (2 vol.)
 LELOUTRE. — Le fonctionnement des machines à vapeur.
 DARGES. — Cubature des terrasses.
 SIDERSKY. — I. Polarisation et saccharimétrie. — II. Constantes physiques.
 NIKWENGLOWSKI. — Applications scientifiques de la photographie.
 ROUQUIS (X.). — Alcools ou eaux-de-vie.
 MOUSSARD. — Topographie.
 BOUSSAULT. — Calcul du temps de pose.
 SEGUELA. — Les tramways.
 LEFÈVRE (J.). — I. La Spectroscopie. — II. La Spectrométrie. — III. L'éclairage électrique. — IV. Éclairage aux gaz, aux huiles, aux acides gras.
 BARILLOT (E.). — Distillation des bois.
 MOISSAN et OUVRARD. — Le nickel.
 URBAIN. — Les succédanés du chiffon en papeterie.
 LOPPE. — I. Accumulateurs électriques. — II. Transformateurs de tensions.
 ARIES. — I. Chaleur et énergie. — II. Thermodynamique.
 FABRY. — Piles électriques.
 HENRIET. — Les gaz de l'atmosphère.
 DUMONT. — Electromoteurs.
 MINET (A.). — I. L'Electro-metallurgie. — II. Les fours électriques. — III. L'Electro-chimie.
 DUPUCUR. — Tracé d'un chemin de fer.
 MIRON (F.). — Les huiles minérales.
 BORNÉQUE. — Armement portatif.

Section du Biologiste

CASTEX. — Hygiène de la voix.
 MERKLEN. — Maladies du cœur.
 G. ROCHÉ. — Les grandes pêches maritimes modernes de la France.
 OLLIER. — I. Résections sous-périosteuses. — II. Résections des grandes articulations.
 LUTULLÉ. — Pus et suppuration.
 CRITZMAN. — Le cancer.
 ARMAND GAUGIER. — La chimie de la cellule vivante.
 SÉGLAS. — Le délire des négations.
 STANISLAS MEUNIER. — Les mélicorites.
 GREHANT. — Les gaz du sang.
 NOCARD. — Les tuberculoses animales et la tuberculose humaine.
 MOUSSOUS. — Maladies congénitales du cœur.
 BRITHAULT. — Les prairies (2 vol.)
 TROUSSART. — Parasites des habitations humaines.
 LAMY. — Syphilis des centres nerveux.
 RECLUS. — La cécité en chirurgie.
 TROULLET. — Océanographie pratique.
 HOUDAILLE. — Météorologie agricole.
 VICTOR MEUNIER. — Sélection et perfectionnement animal.
 HENOCQUE. — Spectroscopie biol.
 GALIÈRE et BARRÉ. — Le pain (2 v.)
 LE DANTEC. — I. La matière vivante. — II. La Bactériologie charbonneuse. — III. La Forme spécifique.
 L'HÔTE. — Analyse des engrais.
 LARBALETRIER. — Les tourteaux — Résidus industriels employés comme engrais (2 vol.)
 LE DANTEC et BERARD. — Les sporozoïtes.
 DEMMLER. — Soins aux malades.
 DALLEMAGNE. — Études sur la criminalité (3 vol.)
 BRAULT. — Des artérites (2 vol.)
 RAVAZ. — Reconstitution du vignoble.
 EHLERS. — L'Érétisme.
 BONNIER. — L'Orfèvre (5 vol.)
 DESMOULINS. — Conservation des produits de denrées agricoles.
 LOVERDO. — Le ver à soie.
 DUBREUILH et BEILLE. — Les parasites animaux de la peau humaine.
 KAYSER. — Les lésures.
 COLLET. — Troubles auditifs des maladies nerveuses.
 LOUTRE. — Essences forestières.
 MONOD. — L'Appendicite.
 DALLEMAGNE. — La Volonté (3 vol.)
 DELOBELLE et COZETTE. — La Vaccinologie.