

TRAITÉ
DE CHIMIE
ORGANIQUE

SOUS LA DIRECTION DE
V. GRIGNARD
G. DUPONT ET R. LOCQUIN

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL: PAUL BAUD

TOME XX

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

VICTOR GRIGNARD

Membre de l'Institut
Prix Nobel.

G. DUPONT

Directeur
de l'École Normale Supérieure.

et

R. LOCQUIN

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

Secrétaire général

PAUL BAUD

Chargé d'Enseignement à la Sorbonne.

TOME XX

QUELQUES REMARQUES SUR LES COMBINAISONS HÉTÉROCYCLIQUES
HÉTÉROCYCLES HEXATOMIQUES AVEC UN ATOME D'AZOTE
HÉTÉROCYCLES A PLUS DE SIX CHAÎNONS AVEC UN ATOME D'AZOTE
HÉTÉROCYCLES AVEC DEUX ATOMES D'OXYGÈNE OU DE SOUFRE
HÉTÉROCYCLES AVEC DEUX ATOMES D'AZOTE

PAR

MM. M. CRAMER, S. DAVID, J. DŒUVRE, A. ÉTIENNE, M. JULIA,
A. LESPAGNOL, C. PAQUOT, A. E. TCHITCHIBABINE

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS, VI^e

1953

BIBLIOGRAPHIE

Le cadre limité de ce Traité ne s'accordant pas avec une bibliographie totale des sujets traités, nous avons dû faire un choix critique des documents et laisser de côté certaines publications d'importance secondaire, ou fort anciennes, dont la référence était rappelée dans les travaux ultérieurs.

Nous avons donné l'indication des journaux les plus répandus où l'on pouvait trouver des travaux utiles à signaler. Les périodiques sont désignés par un certain nombre de sigles choisis par l'Union internationale de Chimie pure et appliquée, en général adoptés par la plupart des grands journaux scientifiques dans leurs « Extraits ». La liste en est répétée au début de chaque volume de l'ouvrage.

ABRÉVIATIONS

TITRES COMPLETS

<i>Acad. Sci. Amsterdam.</i>	ACADEMY OF SCIENCES OF AMSTERDAM (PROCEEDINGS).
<i>Accad. Lincei.</i>	ACCADÉMIA NAZIONALE DEI LINCEI (ATTI DELLA REALE).
<i>Akad. Wiss. Wien.</i>	{ AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN WIEN (ANZEIGER OU SITZBERICHTE DER).
<i>Am. Chem. J.</i>	AMERICAN CHEMICAL JOURNAL.
<i>Amer. Fertil.</i>	AMERICAN FERTILIZER.
<i>Am. J. Pharm.</i>	AMERICAN JOURNAL OF PHARMACY (PHILADELPHIA).
<i>Am. J. Sci.</i>	AMERICAN JOURNAL OF SCIENCE (NEW HAVEN).
<i>Amer. Mineral.</i>	AMERICAN MINERALOGIST.
<i>Analyst.</i>	THE ANALYST (CAMBRIDGE).
<i>Ann.</i>	{ ANNALEN DER CHEMIE (UND PHARMACIE) (suite de : ANNALEN DER PHARMACIE).
<i>Ann. Chim.</i>	Voir ci-dessous.
<i>Ann. Chim. Phys.</i>	{ ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, scindées en ANNALES DE CHIMIE ET ANNALES DE PHYSIQUE.
<i>Ann. Chim. anal. (Chim. appl.)</i>	{ ANNALES DE CHIMIE ANALYTIQUE, devenues ANNALES DE CHIMIE ANALYTIQUE ET DE CHIMIE APPLIQUÉE.
<i>Ann. Chim. applicata.</i>	ANNALI DI CHIMICA APPLICATA (ROMA).
<i>Ann. Comb. liq.</i>	ANNALES DES COMBUSTIBLES LIQUIDES.
<i>Ann. Fals. Fraudes.</i>	ANNALES DES FALSIFICATIONS ET DES FRAUDES.
<i>Ann. Inst. Pasteur.</i>	ANNALES DE L'INSTITUT PASTEUR.
<i>Ann. Mines.</i>	ANNALES DES MINES.
<i>Ann. Pharm.</i>	ANNALEN DER PHARMACIE (Voir ANN.).
<i>Ann. de Phys.</i>	Voir ANN. CHIM. PHYS.
<i>Ann. Physik.</i>	ANNALEN DER PHYSIK.
<i>Ann. Ponts Chauss.</i>	ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.
<i>Anales Soc. española Fis. Quim.</i>	ANNALES DE LA SOCIEDAD ESPANOLA DE FISICA Y QUIMICA.
<i>Arch. néerl. Sci.</i>	{ ARCHIVES NÉERLANDAISES DES SCIENCES EXACTES ET NATURELLES.
<i>Arch. Pharmaz.</i>	{ ARCHIV DER PHARMAZIE (fusionné en 1924 avec BER. der deutsch. Pharmazentischen Gesells.
<i>Arch. Sci. phys. nat.</i>	{ ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES (Mémoires de la Société de Genève).

ABRÉVIATIONS

TITRES COMPLETS

<i>Atti Accad. Lincei.</i>	VOIR ACCAD. LINCEI.
<i>Ber.</i>	BERICHTE DER DEUTSCHEN CHEMISCHEN GESELLSCHAFT.
<i>Ber. gesel. Kohlentechnik.</i>	BERICHTE DER GESELLSCHAFT FÜR KOHLENTHECHNICK.
<i>Brennstoff Chem.</i>	BRENNSTOFF CHEMIE.
<i>Brit. Chem. Abstracts.</i>	BRITISH CHEMICAL ABSTRACTS.
<i>Bul. Soc. Chim. Romania.</i>	BULETINUL SOCIETATEI DE CHIMIE DIN ROMANIA.
<i>Bull. Acad. Sci. Belg.</i>	BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE BELGIQUE.
<i>Bull. Acad. sci. Petrograd.</i>	BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE PETROGRAD.
<i>Bull. Chem. Soc. Japan.</i>	BULLETIN OF THE CHEMICAL SOCIETY OF JAPAN.
<i>Bull. Sei. pharmacol.</i>	BULLETIN DES SCIENCES PHARMACOLOGIQUES.
<i>Bull. Soc. Chim.</i>	BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE.
<i>Bull. Soc. Chim. biol.</i>	BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DE CHIMIE BIOLOGIQUE.
<i>Bull. Soc. Chim. Belg.</i>	BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE BELGIQUE.
<i>Bull. Soc. Encour.</i>	{ BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.
<i>Bull. Soc. Imp. Nat. Moscou.</i>	{ BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ IMPÉRIALE DES NATURALISTES DE MOSCOU.
<i>Bull. Soc. Ind. minérale.</i>	{ BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE (transformé en 1921 en REVUE DE).
<i>Bull. Soc. franç. Minéral.</i>	BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.
<i>Canad. J. Research.</i>	CANADIAN JOURNAL OF RESEARCH.
<i>Chem. Abstr.</i>	CHEMICAL ABSTRACTS.
<i>Chem. Ind.</i>	DIE CHEMISCHE INDUSTRIE.
<i>Chemistry Industry.</i>	CHEMISTRY AND INDUSTRY.
<i>Chem. Met. Eng.</i>	CHEMICAL AND METALLURGICAL ENGINEERING.
<i>Chem. Metall. Z.</i>	CHEMISCH METALLURGISCHE ZEITSCHRIFT (METALLBÖRSE).
<i>Chem. News.</i>	CHEMICAL NEWS AND JOURNAL OF INDUSTRIAL SCIENCE.
<i>Chem. Weekblad.</i>	CHEMISCH WEEKBLAD.
<i>Chem. Zentr.</i>	CHEMISCHES ZENTRALBLATT.
<i>Chem. Zig.</i>	CHEMIKER ZEITUNG.
<i>Chimie Industrie.</i>	CHIMIE ET INDUSTRIE.
<i>C. R.</i>	{ COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
<i>C. R. Acad. agric.</i>	{ COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE.
<i>C. R. Soc. biol.</i>	{ COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE.
<i>Electroch. Met. Ind.</i>	{ ELECTROCHEMICAL AND METALLURGICAL INDUSTRY (devenu MET. CHEM. ENG).
<i>Elektrotech. Z.</i>	ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT.
<i>Eng. Mining. J.</i>	ENGINEERING AND MINING JOURNAL
<i>Fortschritte Chem. Physik physik.</i>	{ FORTSCHRITTE DER CHEMIE, PHYSIK UND PHYSIKALISCHEN CHEMIE.
<i>Fuel Sc. Practice.</i>	FUEL IN SCIENCE AND PRACTICE
<i>Gazz. chim. ital.</i>	GAZZETTA CHIMICA ITALIANA
<i>Génie civil.</i>	LE GÉNIE CIVIL.
<i>Giorn. Chim. applic.</i>	{ GIORNALE DI CHIMICA APPLICATA, et GIORNALE DI CHIMICA INDUSTRIALE fusionsnés en :
<i>Giorn. Chim. ind.</i>	{ GIORNALE DI CHIMICA INDUSTRIALE ED APPLICATA.

ABRÉVIATIONS

TITRES COMPLETS

<i>Helv. Chim. Acta.</i>	HELVETICA CHIMICA ACTA.
<i>Ind. chimica.</i>	INDUSTRIA CHIMICA.
<i>Ind. Chimique.</i>	L'INDUSTRIE CHIMIQUE.
<i>Ind. Eng. Chemistry.</i>	INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY.
<i>Iron Age.</i>	THE IRON AGE.
<i>Japan. J. Chem.</i>	JAPANESE JOURNAL OF CHEMISTRY.
<i>Japan. J. Phys.</i>	JAPANESE JOURNAL OF PHYSICS.
<i>J. Am. Chem. Soc.</i>	THE JOURNAL OF AMERICAN CHEMICAL SOCIETY.
<i>J. Chem. Soc. London.</i>	THE JOURNAL OF THE CHEMICAL SOCIETY LONDON.
<i>J. Chim. phys.</i>	JOURNAL DE CHIMIE PHYSIQUE.
<i>J. Four élec.</i>	{ JOURNAL DU FOUR ÉLECTRIQUE ET DES INDUSTRIES ÉLECTRO- CHIMIQUES.
<i>J. Franklin Inst.</i>	JOURNAL OF THE FRANKLIN INSTITUTE.
<i>J. Indian Chemical Soc.</i>	JOURNAL OF THE INDIAN CHEMICAL SOCIETY.
<i>J. Pharm. Chim.</i>	JOURNAL DE PHARMACIE ET DE CHIMIE.
<i>J. Phys.</i>	{ JOURNAL DE PHYSIQUE THÉORIQUE ET APPLIQUÉE (devenu JOURNAL DE PHYSIQUE ET LE RADIUM).
<i>J. phys. Chem.</i>	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY.
<i>J. prakt. Chem.</i>	JOURNAL FÜR PRAKTISCHE CHEMIE.
<i>J. Soc. Chem. Ind.</i>	JOURNAL OF THE SOCIETY OF CHEMICAL INDUSTRY.
<i>J. Soc. physico-chim. russe.</i>	JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ PHYSICO-CHIMIQUE RUSSE.
<i>Kolloïdch. Beihefte.</i>	KOLLOÏDCHIMISCHE BEIHEFTE.
<i>Kolloïd. Z.</i>	KOLLOÏD-ZEITSCHRIFT.
<i>Liebigs Ann.</i>	LEIBIGS ANNALEN DER CHEMIE (voir ANN).
<i>Mem. Accad. Lincei.</i>	MEMORIE DELLA ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI.
<i>Mem. Am. Acad. Arts Sci.</i>	MEMOIRS OF THE AMERICAN ACADEMY OF ARTS AND SCIENCES.
<i>Mémorial Poudres.</i>	MÉMORIAL DES POUDRES (ET SALPÊTRES).
<i>Metallbörse.</i>	VOIR CHEM. METALL. Z.
<i>Métallurgie, ou Metall Erz.</i>	MÉTALLURGIE, devenue METALL UND ERZ.
<i>Met. Chem. Eng.</i>	{ METALLURGICAL AND CHEMICAL ENGINEERING (devenu CHEM. MET. ENG.).
<i>Mineral Ind.</i>	THE MINERAL INDUSTRY.
<i>Mining Met.</i>	MINING AND METALLURGY.
<i>Monatsh.</i>	MONATSHEFTE FÜR CHEMIE.
<i>Mon. Scient.</i>	MONITEUR SCIENTIFIQUE.
<i>Nature (Lond.)</i>	NATURE (LONDON).
<i>Pharm. J.</i>	PHARMACEUTICAL JOURNAL AND PHARMACIST.
<i>Phil. Mag.</i>	PHILOSOPHICAL MAGAZINE AND JOURNAL OF SCIENCE.
<i>Phil. Trans.</i>	PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS (devenu PROC. ROY. SOC.).
<i>Physical Rev.</i>	PHYSICAL REVIEW.
<i>Physik. Ber.</i>	PHYSIKALISCHE BERICHTE.
<i>Physik. Z.</i>	{ PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT (fusionné avec JAHRBUCH DER RADIATIVITÄT UND ELECTRONIK).
<i>Pogg. Ann.</i>	POGGENDORFS ANNALEN DER PHYSIK (voir ANN. PHYSIK).
<i>Proc. Phys. Soc.</i>	PROCEEDINGS OF THE PHYSICAL SOCIETY LONDON.
<i>Proc. Roy. Soc.</i>	{ PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY LONDON (voir PHIL TRANS.).
<i>Przem. Chemic.</i>	PRZEMYSŁ CHEMICZNY.
<i>Quim. Ind.</i>	QUIMICA E INDUSTRIA.

ABRÉVIATIONS

TITRES COMPLETS

<i>Rec. Trav. Chim. P.-B.</i>	RECUEIL DES TRAVAUX CHIMIQUES DES PAYS-BAS.
<i>Rev. chim. ind.</i>	LA REVUE DE CHIMIE INDUSTRIELLE.
<i>Rev. gén. Colloïdes.</i>	} REVUE GÉNÉRALE DES COLLOÏDES ET DE LEURS APPLICATIONS INDUSTRIELLES.
<i>Rev. gén. sci.</i>	
<i>Rev. Métal.</i>	REVUE DE MÉTALLURGIE.
<i>Rev. Prod. chim.</i>	REVUE DES PRODUITS CHIMIQUES.
<i>Rev. Scient.</i>	REVUE SCIENTIFIQUE.
<i>Roczniki Chem.</i>	ROCZNIKI CHEMJI (POLOGNE).
<i>Science (N.-Y.).</i>	SCIENCE (NEW-YORK).
<i>Tech. moderne.</i>	LA TECHNIQUE MODERNE.
<i>Trans. Electrochem. Soc.</i>	TRANSACTIONS OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY.
<i>Trans. Faraday Soc.</i>	TRANSACTIONS OF THE FARADAY SOCIETY.
<i>Wied. Ann.</i>	WIEDEMANN'S ANNALEN DER PHYSIK (voir ANN. PHYSIK).
<i>Z. anal. Chem.</i>	ZEITSCHRIFT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE.
<i>Z. angew. Chem.</i>	ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE CHEMIE.
<i>Z. anorg. allg. Chem.</i>	ZEITSCHRIFT FÜR ANORGANISCHE UND ALLGEMEINE CHEMIE.
<i>Z. Chem. Ind. Kolloïde.</i>	} ZEITSCHRIFT FÜR CHEMIE UND INDUSTRIE DER KOLLOÏDE (devenu KOLLOÏD-ZEITSCHRIFT).
<i>Z. Elektrochemie.</i>	
<i>Z. Krist.</i>	ZEITSCHRIFT FÜR KRISTALLOGRAPHIE.
<i>Z. Physik.</i>	ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK.
<i>Z. Pflanzenernähr., Düngung.</i>	} ZEITSCHRIFT FÜR PFLANZENERNÄHRUNG, DÜNGUNG UND BODENKUNDE (A ET B).
<i>Z. physik. Chem.</i>	
<i>Z. physiol. Chem.</i>	ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIKALISCHE CHEMIE, STÖCHIOMÉTRIE.
<i>Z. wiss. Phot.</i>	ZEITSCHRIFT FÜR WISSENSCHAFTLICHE PHOTOGRAPHIE.

Les références bibliographiques sont groupées et paginées à part; elles terminent les chapitres correspondants et un *indice*, répété au bas de chaque page de texte, permet de s'y reporter sans ambiguïté. Dans chaque groupe, les renvois sont divisés *en séries de dix*, indépendantes, qui faciliteront grandement les recherches.

Chaque référence comprend le ou les noms d'auteurs, suivis du sigle littéral du périodique ou du titre de l'ouvrage.

Viennent ensuite : pour un périodique, la série (éventuellement), l'année, le tome (en caractères gras), la ou les pages ; pour un ouvrage : l'année, le nom de l'éditeur, la ou les pages.

Les références relatives aux *brevets d'invention* indiquent à la fois le numéro et l'année. Ex.

Brevet français.	B. F.	Soit : B. F. 958322-1930.
— allemand.	D. R. P.	D. R. P. 52825-1885.
— anglais.	E. P.	E. P. 2725-1872.
— américain.	U. S. P.	U. S. P. 175275-1921
— canadien.	Br. Can.	Br. Can. 27532-1885.
— belge.	Br. Bel.	Br. Bel. 153821-1921.
— italien.	Br. It.	Br. It. 15325-1882.

ABRÉVIATIONS

Bien que la Direction scientifique ait proscrit du texte toute abréviation, certains symboles représentatifs de constantes physiques ont été tolérés ; ils sont alors suivis de leur valeur numérique, soit dans le texte même, soit dans les tableaux de nombres ou les graphiques correspondants.

Caractéristiques géométriques ou mécaniques.

Å	unité ångström = 10^{-8} cm.
atm.	atmosphère.
cm.	centimètre.
d_t^t	densité à t° centésimaux, par rapport à l'eau prise à 4° cent.
d_c	densité critique.
gr.	gramme (kg. : kilogramme).
l.	litre.
cc.	centimètre cube.
gr./l.	grammes au litre.
min.	minute.
p, P	pression partielle, pression totale.
p_c	pression critique.
t	temps.
v, V	volume partiel, volume total.
v_o	volume ramené (pour un gaz) à 0° et sous 76 cm. de mercure.
γ	tension superficielle en unités C. G. S.
μ	10^{-4} cm.
η	viscosité.
Δ	coefficient de diffusion.

Caractéristiques thermiques ou chimiques.

θ° C	θ degrés (échelle centésimale).
θ° K	θ degrés (échelle absolue).
t, T	température centigrade, température absolue.
t_c, T_c	température critique, centigrade ou absolue.
T. C. V.	température critique de vaporisation.
T. C. D.	température critique de dissolution.
P. C. D.	point critique de dissolution.
Q	chaleur de réaction (<i>en petites calories</i>).
L	chaleur latente moléculaire (<i>en petites calories</i>).
S	entropie.
F.	point de fusion.
Eb.	point d'ébullition sous la pression normale.
Eb _n	point d'ébullition sous la pression de n millimètres de mercure.
c_p, c_v	chaleur spécifique à pression ou à volume constant.
C_p, C_v	chaleur moléculaire à pression ou à volume constant.
c	chaleur spécifique (solide ou liquide).
mol.	molécule.
mol./l.	molécules par litre.

P. A., P. M.	poids atomique, poids moléculaire.
c_M	concentration moléculaire de la molécule, de l'atome ou de l'ion M.
p_M	pression partielle de la molécule ou de l'atome M.
K_c, K_p	constantes d'équilibre correspondant aux concentrations moléculaires (en molécules-gramme par litre) ou aux pressions partielles (en atmosphères), la fraction qui donne K_c ou K_p étant écrite de telle façon que les facteurs correspondant au deuxième membre de l'équation de réaction soient au numérateur.
k	constante de vitesse.
α, x	coefficients d'ionisation ou de dissociation.
R	constante des gaz parfaits, rapportée à la molécule.
=	séparation des deux termes d'une équation chimique.
\rightleftharpoons	séparation de deux systèmes capables de se transformer réversiblement l'un dans l'autre.

Caractéristiques optiques ou électromagnétiques.

I	intensité lumineuse totale.
I_λ	intensité pour la radiation de longueur d'onde λ .
λ	longueur d'onde.
n_λ^t	indice de réfraction pour la radiation λ , à la température t .
RM_λ	pouvoir réfringent moléculaire pour la radiation λ ; on précise, à la suite, s'il on a adopté la formule en (n) ou en (n^2) .
F	faraday.
r	résistance électrique, en unités C. G. S.
ρ	résistivité, en unités C. G. S.
ϵ	constante diélectrique.
ϵ_a, ϵ_c	force électromotrice de polarisation en solution normale, pour une électrode réversible, à l'anode ou à la cathode.
f. ém.	force électromotrice.
λ_v	conductibilité équivalente pour la dilution v (en litres).
μ	perméabilité.
κ	susceptibilité spécifique ou coefficient d'aimantation spécifique.
χ_a, χ_m	susceptibilité atomique ou moléculaire.

TABLEAU DES ÉLÉMENTS
SYMBOLE, NUMÉRO ATOMIQUE ET MASSE ATOMIQUE.
 (1950).

NOM	SYMBOLE	N° ATOMIQUE	MASSE ATOMIQUE	NOM	SYMBOLE	N° ATOMIQUE	MASSE ATOMIQUE
Argon	A	18	39,944	Azote	N	7	14,008
Argent	Ag	47	107,880	Sodium	Na	11	22,997
Aluminium	Al	13	26,97	Niobium (Co-	Nb(Cb)	41	92,91
Arsenic	As	33	74,91	lumbium).			
Or	Au	79	197,2	Néodyme	Nd	60	144,27
Bore	B	5	10,82	Néon	Ne	10	20,183
Baryum	Ba	56	137,36	Nickel	Ni	28	58,69
Béryllium*	Be	4	9,02	Oxygène	O	8	16,000
Bismuth	Bi	83	209,00	Osmium	Os	76	190,2
Brome	Br	35	79,916	Phosphore	P	15	30,98
Carbone	C	6	12,010	Proactinium	Pa	91	231
Calcium	Ca	20	40,08	Plomb	Pb	82	207,21
Cadmium	Cd	48	112,41	Palladium	Pd	46	106,7
Cérium	Ce	58	140,13	Praséodyme	Pr	59	140,92
Chlore	Cl	17	35,457	Platine	Pt	78	195,23
Cobalt	Co	27	58,94	Radium	Ra	88	226,05
Chrome	Cr	24	52,01	Rubidium	Rb	37	85,48
Césium	Cs	55	132,91	Rhénium	Re	75	186,31
Celtium (Haf-	Gt(Hf)	72	178,6	Rhodium	Rh	45	102,91
nium)				Radon	Rn	86	222
Cuivre	Cu	29	63,54	Rhénium	Ru	44	101,7
Dysprosium	Dy	66	162,46	Soufre	S	16	32,066
Erbium	Er	68	167,2	Antimoine	Sb	51	121,76
Europium	Eu	63	152,0	Scandium	Sc	21	45,10
Fluor	F	9	19,00	Sélénium	Se	34	78,96
Fer	Fe	26	55,85	Silicium	Si	14	28,06
Gallium	Ga	31	69,72	Samarium	Sm	62	150,43
Gadolinium	Gd	64	156,90	Étain	Sn	50	118,70
Germanium	Ge	32	72,60	Strontium	Sr	38	87,63
Hydrogène	H	1	1,008	Tantale	Ta	73	180,88
Hélium	He	2	4,003	Terbium	Tb	65	159,2
Mercure	Hg	80	200,61	Tellure	Te	52	127,6
Holmium	Ho	67	164,94	Thorium	Th	90	232,12
Iode	I	53	126,92	Titane	Ti	22	47,90
Indium	In	49	114,76	Thallium	Tl	81	204,39
Iridium	Ir	77	193,1	Thulium	Tm	69	169,4
Potassium	K	19	39,096	Tungstène	Tu(W)	74	183,92
Krypton	Kr	36	83,7	Uranium	U	92	238,14
Lanthane	La	57	138,92	Vanadium	V	23	50,95
Lithium	Li	3	6,94	Xénon	Xe	54	131,3
Lutétium	Lu	71	174,99	Yttrium	Y	39	88,92
Magnésium	Mg	12	24,32	Ytterbium	Yb	70	173,04
Manganèse	Mn	25	54,93	Zinc	Zn	30	65,38
Molybdène	Mo	42	95,95	Zirconium	Zr	40	91,22

* La Commission de Nomenclature inorganique de l'Union internationale de Chimie a décidé, en particulier, — septembre 1949 — que, seul, le nom de Béryllium, employé aussi souvent que Glucinium, subsisterait dorénavant pour « l'élément 4 ».

Solutions d'acide sulfurique

(LUNGE, ISLER ET NAEF).

MASSE SPECIFIQUE à + 15°	DEGRÉ BAUMÉ	100 GR. DE SOLUTION RENFERMENT				1 CM ³ DE SOLUTION RENFERME			
		SO ₂	SO ₃ H ²	ACIDE à 60° BÉ.	ACIDE à 50° BÉ.	SO ₂	SO ₃ H ²	ACIDE à 60° BÉ.	ACIDE à 50° BÉ.
		GR.	GR.	GR.	GR.	GR.	GR.	GR.	GR.
1,01	1,4	1,28	1,57	2,01	2,51	0,013	0,016	0,020	0,025
1,02	2,7	2,47	3,03	3,88	4,85	0,025	0,031	0,040	0,05
1,03	4,1	3,67	4,49	5,78	7,18	0,038	0,046	0,059	0,074
1,04	5,4	4,87	5,96	7,64	9,54	0,051	0,062	0,079	0,099
1,05	6,7	6,02	7,37	9,44	11,79	0,063	0,077	0,099	0,124
1,06	8	7,16	8,77	11,24	14,03	0,076	0,093	0,119	0,149
1,07	9,4	8,32	10,19	13,05	16,30	0,089	0,109	0,140	0,174
1,08	10,6	9,47	11,60	14,87	18,56	0,103	0,125	0,161	0,201
1,09	11,9	10,60	12,99	16,65	20,78	0,116	0,142	0,181	0,227
1,10	13	11,71	14,35	18,39	22,96	0,129	0,158	0,202	0,253
1,12	15,4	13,89	17,01	21,80	27,22	0,156	0,191	0,245	0,305
1,13	16,5	14,95	18,31	23,47	29,30	0,169	0,207	0,265	0,331
1,15	18,8	17,07	20,91	26,79	33,46	0,196	0,239	0,308	0,385
1,17	20,0	19,16	23,47	30,07	37,55	0,224	0,275	0,352	0,439
1,19	23	21,26	26,04	33,37	41,66	0,253	0,310	0,397	0,496
1,20	24	22,30	27,32	35,01	43,71	0,268	0,328	0,420	0,525
1,22	26	24,36	29,84	38,23	47,74	0,297	0,364	0,466	0,583
1,24	27,9	26,35	32,28	41,37	51,65	0,327	0,400	0,513	0,640
1,26	29,7	28,22	34,57	44,30	55,31	0,356	0,435	0,558	0,697
1,28	31,5	30,10	36,87	47,24	58,99	0,385	0,472	0,605	0,755
1,30	33,3	31,99	39,19	50,21	62,70	0,416	0,510	0,653	0,815
1,32	35	33,88	41,50	53,18	66,40	0,447	0,548	0,702	0,876
1,34	36,6	35,71	43,74	56,05	69,98	0,479	0,586	0,751	0,938
1,36	38,2	37,45	45,88	58,79	73,41	0,509	0,624	0,800	0,998
1,38	39,8	39,18	48	61,51	76,80	0,541	0,662	0,849	1,06
1,40	41,2	40,91	50,11	64,21	80,18	0,573	0,702	0,899	1,123
1,45	44,8	44,92	55,03	70,52	88,05	0,651	0,798	1,023	1,277
1,50	48,1	48,73	59,70	76,57	95,52	0,731	0,896	1,147	1,433
1,55	51,2	52,46	64,26	82,34	102,82	0,813	0,996	1,276	1,593
1,60	54,1	56,09	68,70	88	109,92	0,897	1,099	1,409	1,759
1,65	56,9	59,57	72,96	93,45	116,72	0,983	1,204	1,543	1,926
1,70	59,5	63	77,17	98,89	123,47	1,071	1,312	1,681	2,100
1,75	61,8	66,58	81,56	104,52	130,49	1,165	1,427	1,829	2,284
1,80	64,2	70,96	86,92	111,32	139,06	1,277	1,565	2,003	2,503
1,831	65,5	75,46	92,43	118,41	147,88	1,382	1,692	2,169	2,708
1,840	65,9	78,04	95,60	122,51	152,96	1,436	1,759	2,254	2,814

Solutions d'acide chlorhydrique
(LUNGE ET MARCHLEWSKI).

MASSE SPÉCIFIQUE à + 15°.	DEGRÉ RAYMÉ	100 GR. DE SOLUTION RENFERMENT				1 CM ³ DE SOLUTION RENFERME			
		ClH	ACIDE à 18° Bc.	ACIDE à 20° Bc.	ACIDE à 22° Bc.	ClH	ACIDE à 18° Bc.	ACIDE à 20° Bc.	ACIDE à 22° Bc.
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1,005	0,7	1,15	4,08	3,58	3,25	0,012	0,041	0,036	0,033
1,010	1,4	2,14	7,60	6,66	6,04	0,022	0,077	0,076	0,061
1,015	2,1	3,12	11,08	9,71	8,81	0,032	0,113	0,099	0,089
1,020	2,7	4,13	14,67	12,86	11,67	0,042	0,150	0,131	0,119
1,025	3,4	5,15	18,30	16,04	14,55	0,053	0,188	0,164	0,149
1,030	4,1	6,15	21,85	19,16	17,38	0,064	0,225	0,197	0,179
1,035	4,7	7,15	25,40	22,27	20,20	0,074	0,263	0,231	0,209
1,040	5,4	8,16	28,99	25,42	23,06	0,085	0,302	0,264	0,240
1,045	6,0	9,16	32,55	28,53	25,88	0,096	0,340	0,298	0,270
1,050	6,7	10,17	36,14	31,68	28,74	0,107	0,380	0,333	0,302
1,055	7,4	11,18	39,73	34,82	31,59	0,118	0,419	0,367	0,333
1,060	8,0	12,19	43,32	37,97	34,44	0,129	0,459	0,403	0,365
1,065	8,7	13,19	46,87	41,09	37,27	0,141	0,499	0,438	0,397
1,070	9,4	14,17	50,35	44,14	40,04	0,152	0,539	0,472	0,428
1,075	10,0	15,16	53,87	47,22	42,84	0,163	0,579	0,508	0,460
1,080	10,6	16,15	57,39	50,31	45,63	0,174	0,620	0,543	0,493
1,085	11,2	17,13	60,87	53,36	48,40	0,186	0,660	0,579	0,523
1,090	11,9	18,11	64,35	56,41	51,17	0,197	0,701	0,615	0,558
1,095	12,4	19,06	67,73	59,37	53,86	0,209	0,742	0,650	0,590
1,100	13,0	20,01	71,11	62,33	56,54	0,220	0,782	0,686	0,622
1,105	13,6	20,97	74,52	65,32	59,26	0,232	0,823	0,722	0,655
1,110	14,2	21,92	77,89	68,28	61,94	0,243	0,865	0,758	0,687
1,115	14,9	22,86	81,23	71,21	64,60	0,255	0,906	0,794	0,719
1,120	15,4	23,82	84,64	74,20	67,31	0,267	0,948	0,831	0,754
1,125	16,0	24,78	88,06	77,19	70,02	0,278	0,991	0,868	0,788
1,130	16,5	25,75	91,50	80,21	72,76	0,291	1,034	0,906	0,822
1,135	17,1	26,70	94,88	83,18	75,45	0,303	1,077	0,944	0,856
1,140	17,7	27,66	98,29	86,17	78,16	0,315	1,121	0,982	0,891
1,145	18,3	28,61	101,67	89,13	80,84	0,328	1,164	1,021	0,926
1,150	18,8	29,57	105,08	92,11	83,55	0,340	1,208	1,059	0,961
1,155	19,4	30,55	108,58	95,17	86,32	0,353	1,254	1,099	0,997
1,160	19,8	31,52	112,01	98,19	89,07	0,366	1,299	1,139	1,033
1,165	20,3	32,49	115,46	101,21	91,81	0,379	1,345	1,179	1,070
1,170	20,9	33,46	118,91	104,24	94,55	0,392	1,391	1,220	1,106
1,175	21,4	34,42	122,32	107,22	97,26	0,404	1,437	1,260	1,143
1,180	22,0	35,39	125,76	110,24	100,00	0,418	1,484	1,301	1,180
1,185	22,5	36,31	129,03	113,11	102,60	0,430	1,529	1,340	1,216
1,190	23,0	37,23	132,30	115,98	105,20	0,443	1,574	1,380	1,252
1,195	23,5	38,16	135,61	118,87	107,83	0,456	1,621	1,421	1,289
1,200	24,0	39,11	138,98	121,84	110,51	0,469	1,667	1,462	1,326

Solutions d'acide azotique
(LUNGE ET REY).

MASSE spécifique à + 15°	DEGRÉ BAUMÉ	100 GR. DE SOLUTION RENFERMENT					1 CM ³ CUBE DE SOLUTION RENFERME				
		N ^o O ^s	NO ³ H	Acide à 36° B ^e	Acide à 40° B ^e	Acide à 48°,5 B ^e	N ^o O ^s	NO ³ H	Acide à 36° B ^e	Acide à 40° B ^e	Acide à 48°,5 B ^e
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1,015	2,1	2,39	2,80	5,30	4,52	2,87	0,024	0,028	0,053	0,045	0,029
1,030	4,1	4,71	5,50	10,42	8,88	5,64	0,049	0,057	0,108	0,092	0,058
1,045	6,0	6,97	8,13	15,40	13,13	8,34	0,073	0,085	0,161	0,131	0,087
1,060	8,0	9,15	10,68	20,23	17,25	10,95	0,097	0,113	0,214	0,182	0,116
1,070	9,4	10,57	12,33	23,35	19,91	12,65	0,113	0,132	0,250	0,213	0,135
1,080	10,6	11,96	13,95	26,42	22,53	14,31	0,129	0,151	0,286	0,244	0,155
1,090	11,9	13,31	15,53	29,41	25,08	15,93	0,145	0,169	0,320	0,273	0,173
1,100	13,0	14,67	17,11	32,41	27,63	17,55	0,161	0,188	0,356	0,304	0,193
1,110	14,2	16,00	18,67	35,36	30,15	19,15	0,177	0,207	0,392	0,335	0,212
1,120	15,4	17,34	20,23	38,31	32,67	20,75	0,195	0,227	0,430	0,366	0,233
1,130	16,5	18,66	21,77	41,23	35,36	22,33	0,211	0,246	0,466	0,397	0,252
1,140	17,7	19,98	23,31	44,15	37,65	23,91	0,228	0,266	0,504	0,430	0,273
1,150	18,8	21,29	24,84	47,05	40,12	25,48	0,245	0,286	0,542	0,462	0,293
1,160	19,8	22,60	26,36	49,92	42,57	27,04	0,262	0,306	0,580	0,494	0,314
1,170	20,9	23,90	27,88	52,80	45,03	28,59	0,279	0,326	0,617	0,526	0,334
1,180	22	25,18	29,38	55,64	47,45	30,13	0,297	0,347	0,657	0,560	0,356
1,190	23	26,47	30,88	58,49	49,87	31,67	0,315	0,367	0,695	0,593	0,376
1,200	24	27,74	32,36	61,29	52,26	33,19	0,333	0,388	0,735	0,627	0,398
1,210	25	28,99	33,82	64,05	54,21	34,69	0,351	0,409	0,775	0,661	0,419
1,220	26	30,24	35,28	66,82	56,16	36,18	0,369	0,430	0,815	0,695	0,441
1,230	26,9	31,53	36,78	69,66	59,13	37,72	0,387	0,452	0,856	0,730	0,466
1,240	27,9	32,82	38,29	72,52	61,84	39,27	0,407	0,475	0,900	0,767	0,487
1,250	28,8	34,13	39,82	75,42	64,31	40,84	0,427	0,498	0,943	0,804	0,511
1,260	29,7	35,44	41,34	78,30	66,76	42,40	0,447	0,521	0,987	0,841	0,534
1,270	30,6	36,75	42,87	81,20	69,23	43,97	0,467	0,544	1,031	0,879	0,558
1,280	31,5	38,07	44,41	84,11	71,72	45,55	0,487	0,568	1,077	0,918	0,583
1,290	32,4	39,39	45,95	87,03	74,21	47,13	0,508	0,593	1,123	0,957	0,608
1,300	33,3	40,71	47,49	89,94	76,70	48,71	0,529	0,617	1,169	0,997	0,633
1,310	34,2	42,06	49,07	92,94	79,25	50,33	0,551	0,643	1,218	1,038	0,659
1,320	35	43,47	50,71	96,05	81,90	52,01	0,573	0,669	1,268	1,080	0,686
1,330	35,8	44,89	52,37	99,18	84,58	53,71	0,597	0,697	1,320	1,126	0,715
1,340	36,6	46,35	54,07	102,41	87,32	55,46	0,621	0,725	1,373	1,171	0,744
1,350	37,4	47,82	55,79	105,67	90,10	57,22	0,645	0,753	1,427	1,216	0,772
1,360	38,2	49,35	57,57	109,03	92,97	59,05	0,671	0,783	1,483	1,265	0,803
1,370	39	50,91	59,39	112,48	95,91	60,91	0,698	0,814	1,543	1,314	0,835
1,380	39,8	52,52	61,27	116,04	98,95	62,84	0,725	0,846	1,603	1,366	0,868
1,390	40,5	54,20	63,23	119,75	102,12	64,85	0,753	0,879	1,665	1,420	0,902
1,400	41,2	55,97	65,30	123,67	105,46	66,97	0,783	0,914	1,731	1,476	0,937
1,410	42	57,86	67,50	127,84	109,01	69,23	0,816	0,952	1,803	1,537	0,976
1,420	42,7	59,83	69,80	132,19	112,73	71,59	0,849	0,991	1,877	1,600	1,016
1,430	43,4	61,86	72,17	136,68	116,55	74,02	0,885	1,032	1,955	1,667	1,058
1,440	44,1	64,04	74,68	141,44	120,61	76,59	0,921	1,075	2,037	1,736	1,103
1,450	44,8	66,24	77,28	146,36	124,81	79,26	0,961	1,121	2,123	1,810	1,150
1,460	45,4	68,56	79,98	151,47	129,17	82,03	1,001	1,168	2,212	1,886	1,198
1,470	46,1	71,06	82,90	157,00	133,88	85,03	1,045	1,219	2,309	1,969	1,250
1,480	46,8	73,76	86,05	162,97	138,97	88,26	1,092	1,274	2,413	2,058	1,307
1,490	47,4	76,80	89,60	169,99	144,70	91,90	1,144	1,335	2,528	2,156	1,369
1,500	48,1	80,65	94,09	178,19	151,96	96,50	1,210	1,411	2,672	2,278	1,447
1,505	48,4	82,63	96,39	182,55	155,67	98,86	1,244	1,451	2,748	2,343	1,488
1,508	48,5	83,58	97,50	184,65	157,47	100,00	1,260	1,470	2,784	2,374	1,508
1,510	48,7	84,09	98,10	185,99	158,43	100,62	1,270	1,481	2,805	2,392	1,519
1,515	49	84,92	99,07	187,63	160,00	101,61	1,287	1,501	2,843	2,424	1,539
1,520	49,4	85,44	99,67	188,77	160,97	102,23	1,299	1,515	2,869	2,447	1,554

Lessives de soude
(LUNGE).

DEGRÉ BAUMÉ	MASSE SPÉCIFIQUE à + 15°	TENEUR POUR 100		DEGRÉ BAUMÉ	MASSE SPÉCIFIQUE à + 15°	TENEUR POUR 100	
		Na ² O	NaOH			Na ² O	NaOH
1	1,007	0,47	0,61	20	1,162	11,14	14,37
2	1,014	0,93	1,20	21	1,171	11,73	15,13
3	1,022	1,55	2	22	1,180	12,33	15,91
4	1,029	2,10	2,71	23	1,190	13	16,77
5	1,036	2,60	3,35	24	1,200	13,70	17,67
6	1,045	3,10	4	25	1,210	14,40	18,58
7	1,052	3,60	4,64	26	1,220	15,18	19,58
8	1,060	4,10	5,29	28	1,241	16,76	21,42
9	1,067	4,55	5,87	30	1,263	18,35	23,67
10	1,075	5,08	6,55	32	1,285	20	25,80
11	1,083	5,67	7,31	34	1,308	21,55	27,80
12	1,091	6,20	8	36	1,332	23,20	29,93
13	1,100	6,73	8,68	38	1,357	25,17	32,47
14	1,108	7,30	9,42	40	1,383	27,10	34,96
15	1,116	7,80	10,06	42	1,410	29,05	37,47
16	1,125	8,50	10,97	44	1,438	31	39,99
17	1,134	9,18	11,84	46	1,468	33,20	42,83
18	1,142	9,80	12,64	48	1,498	35,70	46,15
19	1,152	10,50	13,55	50	1,530	38	49,02

QUELQUES REMARQUES SUR LES COMBINAISONS HÉTÉROCYCLIQUES

Par A. E. TCHITCHIBABINE.

Le Pr Alexis Tchitchibabine, né à Kusemino (Russie) le 17 mars 1871, mort à Paris le 15 août 1945, fut professeur et doyen de la Faculté de chimie de la Haute Ecole Polytechnique Impériale de Moscou (1908-1929). Il était membre de l'Académie des Sciences en U. R. S. S. et membre correspondant de l'Académie des Sciences de Turin (Italie).

De 1931 jusqu'à sa mort il vécut à Paris et poursuivit ses travaux scientifiques dans un laboratoire du Collège de France.

Les fructueuses recherches auxquelles il doit sa notoriété et qu'il effectua soit seul, soit avec l'aide de divers collaborateurs, ont porté sur de nombreux chapitres de la chimie organique et principalement sur les corps possédant un noyau pyridique. En outre, en 1924, il a publié en russe, sous le titre « Les bases de la chimie organique », un ouvrage qui a remporté un très légitime succès, et dont une édition française, préfacée par V. Grignard, parut en 1933.

*Sollicité par ce maître, en 1934, de rédiger pour le présent *Traité* l'article relatif à la pyridine et à ses composés, chimie particulière qui doit beaucoup à son œuvre personnelle, Tchitchibabine remit aux éditeurs, quelques semaines avant de mourir, un manuscrit dont, malheureusement, il ne put jamais voir les épreuves typographiées.*

C'est I. Marszak qui, avec l'aide de Th. Jullig et R. Epsztojn a bien voulu se charger de la mise au point de ce manuscrit et d'en corriger les épreuves. Qu'ils veuillent bien trouver ici l'expression de toute notre reconnaissance.

N. d. l. D.

GÉNÉRALITÉS

L'introduction des *combinaisons hétérocycliques* (*) parmi les classes fondamentales des corps organiques, au même titre dans la classification que les séries acyclique et isocyclique, est de date récente. Cette terminologie appartient probablement à Jacobson (1890)**). La séparation des composés cycliques, en isocycliques et hétérocycliques, se rencontre pour la première fois dans le *Traité de Chimie Organique* de Meyer et Jacobson dont le premier tome parut en 1893. Rapidement, on admit partout cette division, comme naturelle, sans remonter aux sources qui lui avaient donné naissance.

La découverte et l'étude de quelques combinaisons hétérocycliques sont

(*) Voir aussi V. Grignard, R. Rambaud, t. XVIII, pp. 20 à 36.

(**) D'après l'aimable communication du Pr Stelzner.

très anciennes. Le début de cette étude correspond à celui du développement des recherches scientifiques sur les corps organiques en général.

Ainsi l'indigo et une série d'autres colorants naturels de la série hétérocyclique sont connus depuis l'antiquité. L'acide urique fut obtenu à l'état pur par Scheele⁽¹⁾ et, indépendamment de lui, par Bergmann⁽²⁾ déjà en 1776. Sa formule brute ne fut établie par Liebig⁽³⁾ et Mitscherlich⁽⁴⁾ qu'en 1834. Les premiers alcaloïdes de l'opium : morphine, narcotine..., et aussi l'acide méconique, furent isolés par Derosne⁽⁵⁾ et Seguin⁽⁶⁾ en 1804. La découverte d'une série d'autres alcaloïdes, ainsi que celle du furfural et de l'acide pyromucique est du début du siècle dernier.

Un développement plus rapide dans l'étude des composés hétérocycliques s'effectua parallèlement à celui des théories de la chimie organique qui pourvoient les chimistes en nouvelles méthodes de recherche. Dès le second quart du siècle dernier, la connaissance des combinaisons hétérocycliques les plus simples s'élargit et s'approfondit. Les recherches sur les constituants des produits de la distillation sèche du goudron de houille et de l'huile d'os ont une importance capitale. Runge⁽⁷⁾ a extrait du goudron la quinoléine et y a relevé la présence du pyrrole (le pyrrole pur ne fut obtenu par Anderson⁽⁸⁾ qu'en 1858). Anderson⁽⁹⁾ a isolé les constituants les plus simples du groupe de la pyridine. On commença, aussitôt, l'étude des produits de dégradation des molécules naturelles complexes. On obtint ainsi : l'isatine et d'autres dérivés de l'indole, à partir de l'indigo (Erdmann, 1841)⁽¹⁰⁾, (Laurent, 1842)⁽¹¹⁾, la quinoléine, à partir de la cinchonine (Gerhardt, 1842)⁽¹²⁾, l'acide apophyllénique par oxydation de la narcotine (Wöhler, 1844)⁽¹³⁾. En 1843, Hoffmann⁽¹⁴⁾ établit l'identité de la quinoléine extraite du goudron de houille avec celle obtenue à partir de la cinchonine.

L'étape suivante dans les développements de la connaissance des combinaisons hétérocycliques fut l'établissement de leur formule de structure; ce qui ne fut évidemment possible qu'après l'adoption des théories sur la structure de la molécule. L'établissement de la constitution de l'indole, pyrrole et furanne dans les célèbres travaux de v. Baeyer⁽¹⁵⁾ (1865-1870) joua dans ce développement un rôle important. La formule de structure proposée par Kœrner⁽¹⁶⁾ (1869) et Dewar⁽¹⁷⁾ (1871) pour la pyridine eut aussi une grande importance. Cette formule montre l'analogie de constitution entre la pyridine et le benzène (ainsi qu'entre la quinoléine et le naphthalène).

L'étude des composés hétérocycliques très simples cités plus haut, de leurs homologues et dérivés et de quelques autres, suivait depuis le début un chemin indépendant; elle était liée seulement à l'étude des autres classes par le fait que la connaissance d'un corps organique quelconque dépend du progrès de la chimie organique en général. Au contraire la connaissance de beaucoup d'autres composés hétérocycliques ne progressait qu'étroitement liée à celle des classes bien connues de la série grasse ou aromatique et plus tard de la série alicyclique.

A cette dernière catégorie appartiennent : les anhydrides et les imides des di- et poly-acides, en commençant par l'anhydride et l'imide succiniques et phthaliques; les lactones, les oxydes d'éthylène, et leurs homologues, les poly-

mères de l'acide cyanique, les esters complexes des alcools polyvalents avec les di- et poly-acides, les uréides des poly-acides, l'acide urique, et de nombreuses autres substances.

A une date relativement récente, il fut définitivement établi que les hydrates de carbone les plus simples, appelés glucoses, qui, jusque-là, formaient une classe des plus importantes de la série grasse ou acyclique, contiennent dans leurs molécules des hétérocycles oxygénés.

Ordinairement, dans les cours de chimie organique, on ne décrit ni ces composés, ni leurs propriétés chimiques, dans la partie réservée aux combinaisons hétérocycliques. Ils sont considérés comme dérivés des combinaisons acycliques ou isocycliques proches d'elles au point de vue génétique, c'est-à-dire liées avec elles par une série de transformations réciproques et faciles. Cependant à mesure que progresse l'étude des combinaisons hétérocycliques, on voit, de plus en plus, le lien entre les combinaisons hétérocycliques typiques et les combinaisons de la dernière catégorie : celles qui, autrefois, n'intéressaient que par leurs rapports de parenté avec les composés des autres classes. L'absence de ces dernières dans la description systématique de la série hétérocyclique commence à se faire sentir. Les liens entre un grand nombre de combinaisons hétérocycliques qui, autrefois, ne paraissaient que formels, deviennent de plus en plus réels.

Aussi dans de nombreux traités, les combinaisons de la seconde catégorie émigrent-elles peu à peu de leur place d'autrefois vers celles des combinaisons hétérocycliques. L'application la plus rigoureuse de ce système est faite dans la rédaction du nouveau Dict. de Beilstein, qui reporte au chapitre des Combinaisons hétérocycliques tous les composés à hétérocycles, sauf une exception importante : la classe des glucoses. Quant à l'exception faite pour les sels des métaux polyvalents avec les bi- et poly-acides, elle trouve une justification et formelle et réelle : les ions de ces sels ne contiennent pas de cycles. Or la plupart de leurs réactions sont des réactions d'ions. Cependant, dans les traités de chimie organique on continue à décrire bon nombre de combinaisons hétérocycliques avec les combinaisons des autres classes liées aux premières par une série de transformations chimiques faciles.

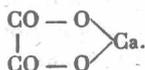
Quels sont donc les éléments, en dehors du carbone, qui peuvent jouer un rôle dans la formation des cycles atomiques ?

On peut affirmer que tous les éléments, sauf les monovalents, peuvent entrer dans la constitution des hétérocycles (*). Cependant, actuellement une majorité surprenante d'hétérocycles contient des éléments dits organogènes : azote (les plus nombreux) et oxygène ; et aussi des atomes de soufre qu'on a également le droit de classer au nombre des éléments organogènes. Tout dernièrement on a obtenu une quantité assez considérable de combinaisons renfermant de l'arsenic dans leurs cycles. On n'en connaît, jusqu'à présent, qu'un très petit nombre avec du phosphore, du sélénium, du tellure, de l'iode trivalent et pentavalent, du silicium, de l'étain, du plomb, de l'antimoine

(*) Tant que, dans le système des combinaisons organiques, n'entrent pas les complexes organiques.

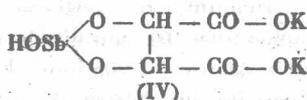
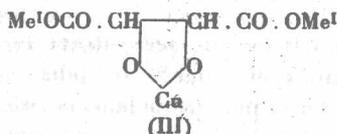
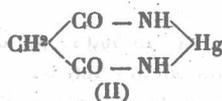
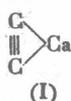
ou du bismuth, et parmi les métaux des premières colonnes du système périodique : le mercure.

Comme on l'a mentionné plus haut, beaucoup de sels de métaux polyvalents et de poly-acides, en commençant par l'oxalate de calcium,



se rattachent, tout au moins extérieurement, aux combinaisons hétérocycliques, mais en réalité ne se comportent pas comme telles, dans la majorité de leurs réactions, sinon dans toutes. Cependant de nombreux dérivés métalliques possèdent une série de réactions sans ions particulières. Ce sont : d'une part, des composés métalliques obtenus à partir de corps à caractères acide surtout lorsque l'atome de métal n'est pas uni à l'oxygène, et d'autre part, une série de corps où le métal remplace l'hydrogène des hydroxyles sans caractère acide.

Au nombre de telles combinaisons se trouvent le carbure de calcium (I) en admettant le poids moléculaire le plus simple et sans doute aussi, les dérivés métalliques de la malonylamide et de l'oxamide, — tel le dérivé mercurique de la malonylamide obtenu par Freund⁽¹⁸⁾ et de formule probable II et aussi les combinaisons métalliques de cuivre et de nickel de l'oxamide obtenues par Hoffmann et Ehrhardt⁽¹⁹⁾. A cette classe se rattachent les sels de cuivre (liqueur de Fehling), d'antimoine (émétique) et de quelques autres métaux lourds, avec l'acide tartrique, dont les formules probables sont du type (III) ou (IV) :



Les réactions de telles combinaisons n'ont pas été systématiquement étudiées et l'influence que peut exercer sur elles la cyclisation n'a donné lieu qu'à des observations superficielles. Il est cependant évident que ce genre de composés joue dans la nature un rôle important : de tels cycles sont formés par le magnésium dans la chlorophylle et par le fer dans le sang (hématine). On a toutes raisons de croire que la cyclisation leur communique une stabilité particulière qui les rapproche déjà des complexes parfaits.

La plupart des cycles connus, dans la série hétérocyclique comme dans la série isocyclique, contiennent cinq ou six atomes. Les cycles tri ou tétra-atomiques sont connus depuis longtemps, mais sont sensiblement moins nombreux, et ceux de sept ou huit chaînons le sont encore moins.

Les hétérocycles de plus de huit atomes furent connus avant les composés