

J. LOISELEUR
SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION

TECHNIQUES
DE
LABORATOIRE

TOME I
FASCICULE 2

CHIMIE PHYSIQUE
CHIMIE BIOLOGIQUE

MASSON

TECHNIQUES DE LABORATOIRE

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION

J. LOISELEUR

Chef de Service à l'Institut Pasteur



TOME I

(SECOND FASCICULE)

CHIMIE PHYSIQUE
CHIMIE BIOLOGIQUE

=====
TROISIÈME ÉDITION
ENTIÈREMENT REMANIÉE
=====

MASSON et C^{ie} ÉDITEURS PARIS
120, boulevard Saint-Germain, Paris-6^e

=====
1963
=====

TABLE DES MATIÈRES

FASCICULE I

PRÉFACE DU P ^r J. TRÉFOUËL	V
INTRODUCTION	VII

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS

I. — Principes généraux des méthodes de recherches et de dosage	3
II. — Appareils gradués	4
III. — Définition des solutions	5
IV. — Liqueurs titrées	7
V. — Erreurs de mesure par G. BRUN	15
VI. — DÉCANTATION, CENTRIFUGATION, FILTRATION, par R. O. PRUDHOMME . <i>Sédimentation</i> (26); <i>Décantation</i> (26); <i>Centrifugation</i> (28); <i>Filtration</i> (33); <i>Méthodes de filtration</i> (34); <i>Matériaux</i> (35); <i>Adjuvants de filtration. Préfiltration</i> (36); <i>Sterilisation par filtration</i> (37).	26
VII. — MÉTALLISATION DES APPAREILS DE LABORATOIRE	46

DEUXIÈME PARTIE

LES MÉTHODES GÉNÉRALES

CHAPITRE PREMIER

Détermination des poids, des formes et des dimensions moléculaires

I. — Mesure des pressions osmotiques , par A. DOBRY <i>Description des appareils</i> (47); <i>Appareils du type I</i> (47); <i>Appareils du Type II</i> (49); <i>Membranes</i> (50); <i>Membranes planes</i> (50); <i>Membranes en forme de sac</i> (51); <i>Mesure statique de la pression osmotique</i> (57); <i>Mesure dynamique de la pression osmotique</i> (58).	45
II. — Cryométrie, Ébulliométrie, Tonométrie , par R. O. PRUDHOMME. <i>Cryométrie</i> (66); <i>Rappel de quelques lois</i> (66); <i>Méthodes de mesures</i> (67); <i>Ébulliométrie</i> (72); <i>Lois de Raoult</i> (72); <i>Méthodes de mesures</i> (73); <i>Tonométrie</i> (75); <i>Utilisation de ces trois méthodes</i> (77); <i>Remarques</i> (81); <i>BIBLIOGRAPHIE</i> (82).	66

- III. — **Viscosimétrie des solutions macromoléculaires et micellaires diluées**, par M. JOLY 83
Introduction (83); *Définition de la viscosité et principe de sa mesure* (83); *Description de quelques viscosimètres* (86); *Viscosimètres capillaires* (87); *Viscosimètres à cylindres coaxiaux* (89); *Détails pratiques sur la réalisation des mesures* (92); *Viscosimètre capillaire* (94); *Viscosimètres à cylindres coaxiaux* (96); *Viscosité des solutions diluées* (99); *Particules rigides compactes* (99); *Particules déformables et pelotes* (102); *Particules chargées et polyélectrolytes* (105); *Utilisation des mesures de viscosités* (106); *Détermination du type de particule* (107); *Détermination des grandeurs moléculaires* (108); *Détermination des interactions* (112); *Conclusions* (113); *BIBLIOGRAPHIE* (114).
- IV. — **Biréfringence d'écoulement des solutions macromoléculaires ou micellaires** par M. JOLY 116
Définition et caractérisation de la biréfringence d'écoulement (116); *Principe de la mesure de l'angle d'extinction et de la biréfringence d'écoulement* (118); *Description des appareils* (121); *Quelques détails pratiques sur la réalisation des mesures* (124); *Causes de biréfringence d'écoulement* (126); *Biréfringence d'écoulement due à l'orientation de particules rigides* (126); *Biréfringence d'écoulement due à la déformation de particules sphériques* (129); *Biréfringence d'écoulement due au déroulement ou à la déformation de chaînes pelotonnées* (130); *Biréfringence d'écoulement due à la perturbation d'une structure d'ensemble* (132); *Utilisation des mesures de biréfringence d'écoulement* (132); *BIBLIOGRAPHIE* (139).
- V. — **Diffraction et diffusion des rayons X**, par C. RÉRAT 140
Structure cristalline et diffraction des rayons X (140); *Structure des cristaux* (140); *Diffraction des rayons X* (144); *Diagrammes de poudres. Identification des substances cristallisées* (145); *Diagrammes classiques* (145); *Diagrammes effectués à l'aide d'un monochromateur* (158); *Diagrammes de monocristaux. Étude de la maille cristalline* (161); *Méthode du cristal tournant* (161); *Méthode de Weissenberg* (170); *Diffusion des rayons X* (175); *Définitions* (175); *Diffusion par des particules identiques* (176); *Étude du maximum de diffusion central* (178); *Appareillage* (180); *Exemple* (181); *BIBLIOGRAPHIE* (182).
- CHAPITRE II
- Mesures optiques**
- I. — **Diffusion de la lumière**, par D. BOURGOIN 185
Introduction (185); *Bases théoriques* (186); *Intéraction d'une onde électromagnétique et d'un électron* (186); *Interaction entre une onde électromagnétique et un ensemble de molécules* (189); *Diffusion de la lumière par une solution binaire* (192); *Applications* (195); *Détermination de la masse moléculaire* (195); *Forme et taille des particules* (195); *Effet de l'anisotropie des particules* (197); *Effet de la concentration. Mesure des énergies d'interactions moléculaires* (199); *Influence de la polydispersion des particules du soluté* (199); *Technique des mesures de diffusion de la lumière* (200); *Détermination de la fonction de la diffusivité spécifique* $D_g(\theta)$ *d'une solution transparente dont le coefficient de dépolariation est négligeable* (201); *Choix de la longueur d'onde* (205); *Détermination de* $n, \frac{dn}{dc}$, *et choix de* c (205); *Utilisation pratique des résultats expérimentaux* (207); *Étude du système Σ -S* (211); *Solvant* (211); *Soluté* (212); *Solutions* (212); *Conditions de mesures* (213); *Appendice* (215); *BIBLIOGRAPHIE* (216).
- II. — **Photométrie des milieux absorbants**, par A. DOGNON 217
Photométrie des milieux limpides (colorométrie) (217); *Photométrie des milieux troubles* (223); *Réflexion diffuse* (229).

CHAPITRE III

Les méthodes électrochimiques

- I. — **Mesure du pH en solutions aqueuses**, par M. QUINTIN 231
Définition (231); *Standardisation de l'échelle pH* (232); *Électrodes réversibles par rapport aux ions H⁺* (234); *Électrode à hydrogène* (234); *Électrode à quinhydrone* (237); *Électrode Hg. HgO* (239); *Électrode de verre* (240); *Électrodes de référence* (242); *Électrodes au calomel* (242); *Électrode Ag. Ag Cl/KCl 0,1 N* (243); *Jonction liquide* (243); *Technique de la mesure. Circuit électrique* (244); *Remarques sur les pH en solutions non aqueuses* (247); *BIBLIOGRAPHIE* (248).
- II. — **Constance de dissociation; pK apparent, pK vrai Pouvoir tampon**, par M. QUINTIN 249
Définitions (249); *Détermination de la constante thermodynamique d'ionisation à partir de la force électromotrice de piles sans jonction liquide* (251); *Détermination d'une valeur approchée de la constante apparente d'ionisation à partir d'une courbe de titrage* (252); *Solutions tampons. Pouvoir tampon* (255); *LIVRES A CONSULTER* (261).
- III. — **Réactions d'oxydoréduction**, par F. LABEYRIE 262
Symboles (262); *Définition* (263); *Différents types de réaction d'oxydoréduction* (263); *Échange d'électrons entre deux systèmes oxydoréducteurs* (263); *Stœchiométrie des réactions d'échange* (266); *Échange réversible d'électrons entre un système oxydoréducteur et une électrode inerte* (267); *Pile d'oxydoréduction, calcul de la force électromotrice* (267); *Système de référence: électrode normale d'hydrogène* (270); *Calcul des concentrations efficaces d'électrons* (271); *Potentiel d'oxydoréduction: potentiel normal et potentiel de demi-réduction* (271); *Évolution et équilibre d'une réaction couplée d'oxydoréduction* (277); *Exemples de calculs d'équilibre* (278); *Courbes d'oxydoréduction, courbes de titrage* (279); *Réactions enzymatiques d'oxydo-réduction* (280); *Étude expérimentale par potentiométrie* (282); *Corrections d'activités* (284); *Standardisation des mesures de potentiel* (284); *Détermination des potentiels de demi-réduction par étude colorimétrique des équilibres* (286); *Partie technique* (287); *Exemples typiques de calcul* (292); *Calcul de pourcentage de réduction d'un indicateur coloré en présence d'un système oxydant + réducteur à concentration déterminante* (292); *OUVRAGES A CONSULTER* (295).
- IV. — **Conductibilité**, par M. QUINTIN 296
Définitions (296); *Coefficient de dissociation et conductibilité* (297); *Mesure de conductance* (297); *Applications des mesures de conductibilité* (300); *LIVRES A CONSULTER* (304).

CHAPITRE IV

Techniques particulières

- I. — **Microscopie moderne**, par P. MANIGAULT 305
Emploi du microscope (305); *Choix de la combinaison optique* (306); *Effets de l'immersion sur le pouvoir de résolution* (309); *Effets de l'éclairage oblique sur le pouvoir de résolution* (309); *Choix de l'objectif* (310); *Transformateur d'ouverture pour objectif de microscope* (313); *Oculaires* (314); *Oculaires négatifs* (314); *Oculaires positifs* (315); *Condenseurs. Condenseur à fond noir. Concentrateur bifocal* (316); *Éclairage du microscope* (318); *Les filtres* (320); *Exemples d'emploi des filtres en microscopie* (322); *Contraste de phase en microscopie* (323); *Contraste de phase* (323); *Microscopie interférentielle* (327); *Microscopie par fluorescence* (328); *Comment réaliser un microscope fluorescent* (328); *Applications récentes des techniques de microscopie par fluorescence* (331); *Spectrophotomicroscopie* (333); *Spectromicroscopie qualitative d'absorption* (333); *Microspectroscopie d'émission* (335); *Spectromicroscopie quantitative* (335); *BIBLIOGRAPHIE* (336).

II. — Microscopie électronique , par P. LÉPINE	337
<i>Principe (337); Microscopes électroniques (339); Laboratoire de microscopie électronique (341); Techniques des préparations (341); Préparation des supports (341); Préparation de l'objet (342); Exécution des coupes (343); Méthodes des membranes de surface et des répliques (346); BIBLIOGRAPHIE (346).</i>	
III. — Les radiations dans les techniques biochimiques , par R. LATARJET.	348
<i>Radiation simple et rayonnement complexe (348); Radiation simple ou monochromatique (348); Rayonnement complexe (350); Principales sources de rayonnements (351); Notion de phénomène sélectif (365); Comportement des radiations dans la matière. Mécanisme de l'absorption (366); Lois et application de l'absorption (372); Phénomènes de désactivation. La fluorescence (379); L'effet Raman (383); Effets radiobiologiques (387); BIBLIOGRAPHIE (395).</i>	
IV. — Les traceurs radioactifs , par P. DAUDEL	396
<i>Généralités, emploi en chimie et en chimie physique (396); Rappel de notions de radioactivité (396); Principe de la méthode des radio-indicateurs (398); Préparation des radio-éléments (398); Synthèse de molécules marquées (401); Détection du rayonnement et mesure de son intensité (404); Emploi des isotopes en chimie (406); Application en chimie physique (409); Critique de la méthode (410); Emploi en biologie et en médecine (410); Notions de base (410); Conditions requises pour qu'un radioisotope soit utilisable dans une expérience biologique donnée (411); Méthodes générales et précautions requises (412); Techniques propres aux radio-isotopes, études possibles (413); Radioisotopes les plus couramment utilisés en biochimie (419); La protection (424).</i>	
V. — L'analyse chromatographique , par P. CHOVIN et R.-L. MUNIER	425
Généralités	425
<i>Mécanisme du cheminement d'une substance le long d'une colonne de chromatographie (425); Différents types physico-chimiques de chromatographie (427); Classification pratique des techniques chromatographiques : chromatographie en phase liquide sur colonne ou sur papier et en phase gazeuse (429); Modes de chromatographie sur colonne (429); Aspects théoriques fondamentaux de la chromatographie (431); Manière d'exprimer la mobilité d'une substance soumise à un processus chromatographique (433); BIBLIOGRAPHIE (436).</i>	
Chromatographie sur colonne en phase liquide	439
Chromatographie d'absorption , par P. CHOVIN (439); <i>Aperçus sur les théories de la chromatographie d'absorption (440); Théories de l'analyse par élution (440); Les adsorbants (444); Principaux adsorbants (445); Les adjuvants de filtration (448); Activité des adsorbants (448); Les solvants (451); Principaux solvants (451); Le pouvoir éluant et les « séries de solvants » (452); Facteurs influençant les séparations (453); Techniques expérimentales (456); Technique de Tswett pour les corps colorés (456); Chromatographie des substances incolores (461); Quelques applications de la chromatographie d'adsorption (465); BIBLIOGRAPHIE (469).</i>	
Chromatographie d'échange d'ions sur colonne , par R.-L. MUNIER (472); <i>NOTIONS D'ÉCHANGE D'IONS (472); CARACTÉRISTIQUES DES ÉCHANGEURS D'IONS LES PLUS COURAMMENT UTILISÉS (472); Résines échangeuses d'ions (472); Poudres de cellulose échangeuse d'ions (481); CONDITIONNEMENT DES ÉCHANGEURS D'IONS (483); Cas des résines organiques synthétiques (483); Cas des poudres de cellulose échangeuse d'ions (487); DIVERSES OPÉRATIONS ANALYTIQUES QUI PEUVENT ÊTRE RÉALISÉES SUR UNE MASSE D'ÉCHANGEUR D'IONS (487); Schéma type d'une opération sur colonne (487); Emploi d'une colonne d'échangeur d'ions pour la déminéralisation d'une solution de substances de bas poids moléculaire (491); Récupération d'un acide ou d'une base libre de ses sels (494); Emploi d'une colonne d'échangeur d'ions pour l'élimination d'un grand excès d'un réactif ionisable gênant (495); Substitution d'ions et préparation de sels (496). Récupération et concentration d'une substance ionisable à partir d'une solution diluée (497); Fractionnement sur colonne d'échangeurs d'ions basés sur la fixation spécifique de substances dites neutres (497);</i>	

Emploi des échangeurs d'ions pour le fractionnement en groupes des constituants d'un mélange grâce à leurs différences de propriétés ioniques (498); CHROMATOGRAPHIE DYNAMIQUE SUR COLONNE D'ÉCHANGEURS D'IONS (501); Réalisation d'une séparation chromatographique (méthode dynamique) (502); Choix de l'échangeur et de l'éluant (502); Choix des dimensions de la colonne d'échangeur (503); Choix du procédé d'éluion (504); Détermination de la concentration en substance dans l'éluat (508); Exemples d'application (508); Chromatographie des substances de faible poids moléculaire (508); Chromatographie des macromolécules biologiques (protéines et acides nucléiques) (532) [(Enzymes et autres protéines) (532); Acides nucléiques (547)]; BIBLIOGRAPHIE (547).

Chromatographie de partage sur colonne, par R.-L. MUNIER (553); CHROMATOGRAPHIE de partage direct sur colonne (phase fixe aqueuse) (553); Emploi de la cellulose (554); Emploi de la fécule de pomme de terre (558); Emploi de la terre d'infusoires et gel de silice (560); Chromatographie de partage direct sur colonne avec phase fixe moins polaire que l'eau (563); Chromatographie de partage inversé sur colonne (565); Désignation et préparation des supports de phase fixe (566); Exemples types de séparations chromatographiques obtenues à l'aide de colonnes formées par un support de phase fixe lipophile (567); Conclusion générale (570); BIBLIOGRAPHIE (570).

Chromatographie de « relargage sur colonne », par R.-L. MUNIER (572); Cas de substances de bas poids moléculaire (572); Cas de substances macromoléculaires (573); Exemples de modes opératoires (574); BIBLIOGRAPHIE (574).

Chromatographie d'exclusion-diffusion sur colonne, par R.-L. MUNIER (576); Propriétés physiques et caractéristiques des gels réticulés (577); Définition de quelques grandeurs utilisées en chromatographie d'exclusion-diffusion (578); Diverses opérations chromatographiques qui peuvent être réalisées sur des colonnes de grains de gel (579); Conclusion générale (587); BIBLIOGRAPHIE (587).

La chromatographie en phase gazeuse, par R. CHOVIN 588

Définitions préliminaires des principales grandeurs de rétention qui interviennent en chromatographie en phase gazeuse (589); Aperçus sur les théories de la chromatographie gaz-solide (592); Aperçus sur les théories de la chromatographie gazeuse (593); La théorie des plateaux (593); Les théories cinétiques (595); Principaux facteurs susceptibles d'exercer une influence sur l'efficacité des séparations (597); Pratique de la chromatographie en phase gazeuse (604); L'appareillage (604); Le gaz vecteur (606); Les dispositifs d'introduction des échantillons (606); Les colonnes traditionnelles (607); Les colonnes capillaires (607); Le thermostat des colonnes et du détecteur (608); Les adsorbants (608); Les liquides stationnaires (609); Les détecteurs (611); Déterminations expérimentales des diverses grandeurs de rétention (614); Quelques applications de la chromatographie en phase gazeuse (617); BIBLIOGRAPHIE (620).

Microchromatographie sur papier, par R.-L. MUNIER 622

PRINCIPE (623); TECHNIQUES PARTICULIÈRES (624); Méthodes de développement du chromatogramme (624); Développement descendant unidimensionnel (624); Chromatographie descendante avec écoulement continu du solvant (627); Développement ascendant unidimensionnel (628); Développement bidimensionnel (ou chromatographie sur papier à deux dimensions) (628); Développement radial ou chromatographie circulaire (631); QUELQUES DÉTAILS EXPÉRIMENTAUX (632); Dépôt des substances (632); Séchage des chromatogrammes (634); Mise en évidence des substances soumises à la chromatographie ou révélation du chromatogramme (634); Identification d'une substance en chromatographie sur papier (637); Récupération des substances après chromatographie (637); LES DIVERS TYPES (639); Chromatographie de partage (direct) sur papier après phase fixe aqueuse (639); Mise en œuvre de la chromatographie de partage direct sur papier (641); Relations entre la valeur de R_f et la structure moléculaire des substances soumises à la chromatographie (644); Valeur de R_f des substances et composition de la phase solvante mobile

et de l'atmosphère de la cuve à chromatographie (647); Incidents de la chromatographie de partage direct sur papier (647); *Chromatographie de partage direct sur papier avec phase fixe moins polaire que l'eau* (652); Méthode de Zaffaroni et coll. (652); Méthode de Meigh (655); *Chromatographie de partage inverse sur papier* (656); Emploi des papiers imprégnés (656); Emploi des papiers « siliconés » (658); Emploi des papiers à trame lipophile (acétylés, benzoylés, etc.) (659); *Chromatographie de « relargage » sur papier* (661); *Chromatographie d'adsorption sur papier* (665); Chromatographie sur papier doué de propriétés adsorbantes (666); Chromatographie sur « chromatoplaque » (667); Préparation des feuilles et des films doués de propriétés adsorbantes (668); Emploi chromatographique des films et des feuilles doués de propriétés adsorbantes; Modes opératoires types (669); Champ d'application de la méthode (670); *Chromatographie d'échange d'ions sur papier* (670); EXEMPLES DE SÉPARATIONS CHROMATOGRAPHIQUES SUR PAPIER OBTENUES PARMI LES SUBSTANCES APPARTENANT A DIVERS GROUPES CHIMIQUES (671); *Substances polaires neutres ou ampholères* (671); Aminoacides (671); [Quantité d'acide aminé à mettre en œuvre (671); Mise en évidence des substances après chromatographie (671); Préparation des échantillons de substances à soumettre à la chromatographie (672); Systèmes solvants utilisés pour la chromatographie des aminoacides (676); Chromatographie quantitative des aminoacides (684); Chromatographie quantitative des dinitrophénylaminoacides (686)]; Peptides (688) [Mise en évidence des taches de peptides (688); Séparation chromatographique (688)]; Sucres (689) [Quantité de substance à mettre en œuvre; préparation des échantillons (689); Séparation chromatographique (689); Révélation (691)]; *Substances polaires ionisables non ampholères* (693); Alcaloïdes (693) [Révélation des taches d'alcaloïdes (693); Séparation chromatographique des alcaloïdes (694)]; Acides organiques hydrosolubles (706) [Acides organiques aliphatiques hydrosolubles et non volatils (706); Acides dicarboxyliques (709); Acides cétoniques (709); Acides aliphatiques volatils (710); Esters phosphoriques (713)]; Constituants des acides nucléiques et nucléotides libres des milieux biologiques (718) [Révélation (718); Séparation chromatographique (718)]; *Substances très lipophiles* (725); Lipides et acides gras supérieurs (725) [Phospholipides (725); Acides gras supérieurs (728); Autres produits d'hydrolyse des phospholipides (730)]; BIBLIOGRAPHIE (732).

FASCICULE II

- VI. — **La tension superficielle des liquides**, par D. G. DERVICHIAN 741
Mesures des tensions superficielles (741); Mesures des tensions interfaciales (752).
- VII. — **La technique des couches superficielles**, par D. G. DERVICHIAN 754
Mise en évidence des couches et premières manipulations (755); La pression superficielle et sa mesure (760); *Isothermes* et états des couches (767); Potentiel de surface (771); Viscosité des couches superficielles (773); Couches de protéines et conditions d'étalement (779); Quelques techniques complémentaires (781); BIBLIOGRAPHIE (785).
- VIII. — **Utilisation des substances amphiphiles ou à activité superficielle**, par D. G. DERVICHIAN 786
Notions fondamentales (786); Constitution moléculaire et caractères particuliers (786); Solutions aqueuses des corps amphiphiles (787); *Les activités superficielles* (789); L'adsorption et la couche superficielle (789); Les agents moussants (790); Les agents émulsionnants (792); Les agents mouillants (794); *Interactions en solutions et actions biologiques* (795); Actions sur les protéines (796); Solubilisation des lipides et des stérides (796); Actions sur les acides nucléiques (797); Actions sur les lipoprotéines et les nucléoprotéines (797); Actions sur les micro-organismes (798).

- IX. — **Électrophorèse en veine liquide avec des frontières mobiles**, par A. BUSSARD 801
Principes théoriques de l'électrophorèse à frontières mobiles (803); Théorie de la frontière mobile (803); *Réalisation pratique de l'électrophorèse libre* (806); Description de l'appareil d'électrophorèse (806); Formation des frontières. Observation (808); Tampons d'électrophorèse (810); *Mesures et calculs* (811); Calcul du champ électrique (811); Calcul de la mobilité électrophorétique (812); Détermination du point isoélectrique (814); Composition apparente des mélanges tirée de l'analyse des diagrammes d'électrophorèse (815); Déviations des résultats expérimentaux par rapport au cas théorique idéal (819); L'électrophorèse utilisée comme critère d'homogénéité (820); BIBLIOGRAPHIE (823).
- X. — **Électrophorèse de zone**, par A. BUSSARD 824
 PRINCIPES GÉNÉRAUX (825); Déplacements réels dans le support; Paramètres de structure (826); Electro-osmose (828); Évaporation (829); PRINCIPALES MÉTHODES ANALYTIQUES D'ÉLECTROPHORÈSE SUR SUPPORT (830); *Techniques employant un support mince doué de cohésion mécanique* (831); Techniques sans évaporation (831); Techniques avec évaporation (832); *Techniques employant un gel* (835); *Techniques employant une poudre* (839); Technique en cuve (839); Technique en colonne verticale (840); PRINCIPES DE DÉTECTION ET DE DOSAGE DES FRACTIONS SÉPARÉES PAR L'ÉLECTROPHORÈSE (842); *Coloration* (843); Différentes techniques (843); Dosages des fractions (844); *Détection immunochimique des composants* (847); *Activité antigénique* (848); *Activité anticorps* (851); *Autres types de détection des zones* (851); L'ÉLECTROPHORÈSE DE ZONE COMME MÉTHODE PRÉPARATIVE (852); Méthodes discontinues (852); Méthodes continues (853); BIBLIOGRAPHIE (854).
- XI. — **Ultracentrifugation**, par P. LÉPINE 855
 Théorie de la centrifugation (856); Les centrifugeuses (859); L'ultracentrifugation dans la pratique biologique (861); BIBLIOGRAPHIE (865).
- XII. — **Centrifugation à l'équilibre en gradient de densité**, par R. COHEN. 866
 Introduction (866); Fractionnement de macromolécules de densités différentes (868); Application demandant l'emploi de la centrifugeuse analytique (871); Conclusion (877); Annexes et tableaux (878); BIBLIOGRAPHIE (880).
- XIII. — **Thermodynamique chimique**, par E. CALVET 881
 L'énergie et le premier principe de la thermodynamique (881); Le deuxième principe de la thermodynamique (887); L'enthalpie libre (890); La constante d'équilibre et l'enthalpie libre d'une réaction chimique (897); Résumé et conclusions (903).
- XIV. — **Les mesures calorimétriques. La microcalorimétrie**, par E. CALVET 905
 Introduction (905); Différents types de calorimètre (906); Microcalorimétrie (907); Microbombe calorimétrique (922); Analyse thermique différentielle (925); Applications (927); BIBLIOGRAPHIE (928).
- XV. — **Caractérisation d'enzymes par électrophorèse en gélose**, par J. URIEL 930
 Caractérisation de quelques oxydo-réductases (931); Caractérisation des estérases (932); Caractérisation d'enzymes protéolytiques (934); BIBLIOGRAPHIE (935).
- XVI. — **Étude des réactions enzymatiques**, par J. YON 936
 Considérations théoriques sur la cinétique des réactions enzymatiques (936); Réactions enzymatiques en présence d'inhibiteurs (944); Étude des systèmes ternaires (950); Techniques utilisées pour l'étude des enzymes protéolytiques (951); Techniques utilisées pour l'étude de quelques autres systèmes enzymatiques (955); BIBLIOGRAPHIE (959).

TROISIÈME PARTIE

TECHNIQUES DE DOSAGE

- CHAPITRE PREMIER. — **Techniques de dosage**, par D. BERTRAND 963
Destruction de la matière organique (963); *Destruction par voie sèche* (963); *Destruction par voie humide* (964); *Microdosages photométriques de flamme* (965); *Source lumineuse* (966); *Système séparateur* (966); *Système récepteur* (966); *Technique théorique à suivre* (967); *Dosage du sodium ou du potassium dans le sang (ou sérum)* (968); *Dosage du calcium du sérum sanguin* (970); *Dosage du magnésium dans les milieux d'origine biologique* (971); *Microdosages par méthode optique* (971); Les réactions « colorimétriques » et leur extension à l'analyse quantitative (972); *Loi de Beer-Lambert et son domaine de validité* (974); *Spécificité de mesures spectrophotométriques* (976); *Exemples d'applications* (978); *Microdosage de l'azote* (980); *Microdosage du phosphore total* (983); *Microdosage du calcium et du magnésium* (984); *Microdosage du fer* (986); *Technique au cupferron* (986); *Technique à l'o-phénanthroline* (987); *Microdosage du zinc* (988); *Microdosage du cuivre* (989); *Microdosage du manganèse* (991); *Microdosage du chlore* (992); *Technique de Volhard* (992); *Technique générale* (993); *Microdosage de l'iode* (998).
- II. — **Dosage des différentes formes du soufre dans les milieux biologiques**, par P. FROMAGEOT 1000
Soufre total (1000); *Dosage du soufre par sa transformation en acide sulfurique* (1000); *Dosage du soufre par sa transformation en hydrogène sulfuré : méthode de Ter Meulen* (1003); *Soufre élémentaire* (1004); *Dosage du soufre élémentaire total, colloïdal ou non* (1004); *Dosage du soufre élémentaire colloïdal* (1005); *Sulfures et hydrogène sulfuré* (1007); *Isolement du sulfure initial ou de l'hydrogène sulfuré sous forme de sulfure de zinc : dosage par colorimétrie* (1007); *Dosage par iodométrie* (1009); *Thiosulfate* (1009); *Sulfite* (1010); *Isolement de SO₂ et dosage par l'iode* (1011); *Dosage colorimétrique* (1011); *Dosage polarographique* (1012); *Sulfate* (1013); *Dosage des ions sulfate dans le sérum, le plasma ou l'urine* (1013); *Microdosage du sulfate à l'état de sel de benzidine* (1015); *Dosage des sulfates totaux* (1015); *Recristallisation du sulfate de Baryum* (1016); *BIBLIOGRAPHIE*, (1016).
- III. — **Dosage des groupements acétyls**, par A. M. STAUB 1017
Dosage des groupements O acyls (1019).
- IV. — **Dosage de l'eau oxygénée** 1020
Méthode de Denigès (1020); *Méthode de Bonet-Maury au sulfate de titane* (1020).
- V. — **Dosage du Glutathion** 1022
Méthode de Binet et Weller (1022).
- VI. — **Identification des produits élaborés par les bactéries dans les milieux de cultures**, par A. R. PRÉVOT 1024
 PRODUITS VOLATILS NEUTRES OU ALCALINS (1024); *Alcools* (1024); *Aldéhydes* (1025); *Cétones* (1025); *Amines* (1026); *Amines volatiles* (1029); *Dosage des amines* (1030); **PRODUITS A RECHERCHER DIRECTEMENT DANS LES CULTURES** (1033); **ACIDES DE FERMENTATION** (1034); *Acides volatils* (1034); *Caractérisation des acides fixes* (1036); *BIBLIOGRAPHIE* (1037).

QUATRIÈME PARTIE

MÉTHODES DE PRÉPARATION, DE PURIFICATION ET DE DOSAGE

- I. — **Isolement, purification et cristallisation des protéines**, par J.-J. PÉREZ 1041
EXTRACTION DES PROTÉINES DES TISSUS (1043); *MÉTHODES D'ISOLEMENT DES PROTÉINES* (1045); *PURIFICATION* (1049); *Élimination des substances non protéiques* (1049); *Contrôle de pureté et identification des protéines* (1053); *Conservation des protéines* (1054); *Cristallisation des protéines* (1055); **EXEM-**

	<p>PLES DE PRÉPARATION PRATIQUES (1056); <i>Protéines du blanc d'œuf</i> (1056); <i>Ovoglobuline</i> (1056); <i>Ovalbumine</i> (1058); <i>Conalbumine</i> (1061); <i>Protéines du lait</i> (1061); Préparation de la caséine (1061); <i>Protéines du petit lait</i> (1062); Préparation de la β-lactoglobuline cristallisée (1063); Préparation des β-lactoglobulines et de l'α-lactalbumine cristallisées (1064); PROTÉINES PLASMATIQUES (1065); <i>Préparation par les sels</i> (1065); <i>Fractionnement des protéines du sérum</i> (1066); Fractionnement par le sulfate d'ammonium (1066) [Préparation des globulines totales (1067); Préparation des pseudoglobulines et des euglobulines (1068); Préparation de la sérum-albumine (méthode de Machebœuf) (1068)]; Fractionnement par le sulfate de sodium (1072); Fractionnement par l'alcool (1076); Hémoglobine cristallisée (1077); BIBLIOGRAPHIE (1079).</p>	
II.	— <i>Méthode d'établissement des courbes de relargage des protéines</i> , par Y. DERRIEN	1082
III.	— <i>Recherche et dosage colorimétrique des acides aminés</i> par M. JUTISZ	1094
	<p>RECHERCHE DES ACIDES AMINÉS PAR RÉACTIONS COLORÉES SUR PAPIER (1095); <i>Réactifs généraux</i> (1095); <i>Réactions spécifiques</i> (1097); Acides aminés hydroxylés (1097); <i>Arginine</i> (1097); <i>Cystéine, cystine, méthionine</i> et tous les acides aminés soufrés (1098); <i>Glycocolle</i> (1099); <i>Histidine</i> (1100); <i>Ornithine</i> et acides aminés (1100); <i>Proline</i> et <i>hydroxyproline</i> (1101); <i>Tryptophane</i> (1102); <i>Tyrosine</i> (1102); DOSAGES COLORIMÉTRIQUES DES ACIDES AMINÉS (1103); <i>Colorimétrie aspécifique à la ninhydrine</i> (1103); <i>Méthode de Moore et Stein</i> (1103); <i>Méthode de Troll et Cannan</i> (1105); <i>Colorimétrie spécifique</i> (1106); <i>Arginine</i> (1107); <i>Cystéine</i> et <i>Cystine</i> (1108); <i>Glycocolle</i> (1111); <i>Histidine</i> (1112); <i>Hydroxyproline</i> (1114); <i>Lysine</i> (1116); <i>Méthionine</i> (1118); <i>Proline</i> (1121); <i>Sérine</i> (1122); <i>Thréonine</i> (1124); <i>Tryptophane</i> (1127); <i>Tyrosine</i> (1128); <i>Tryptophane</i> et <i>tyrosine</i> (1129); BIBLIOGRAPHIE (1132).</p>	
IV.	— <i>Titrage physico-chimique des protéides</i>	1132
V.	— <i>Mesure du nombre des groupes fonctionnels libres</i>	1139
VI.	— <i>Dosages chimiques sur les protéines</i>	1144
	<p>Dosage de l'azote aminé par la méthode de Sørensen (1144); Dosage de l'azote aminé par la méthode de van Slyke (1145); Dosage des groupes phénoliques de la tyrosine sur les protéines (1151).</p>	
VII.	— <i>Chromatographie des protéides</i> , par G. SANDOR	1154
	<p>Description de quelques techniques d'utilisation (1155); BIBLIOGRAPHIE (1159).</p>	
VIII.	— <i>Nucléoprotéines. Acides nucléiques et nucléases des tissus animaux</i> , par Cl. PAOLETTI et R. TRUHAUT	1160
	<p>INTRODUCTION (1160); Constitution chimique et structure des AN (1160); Les nucléases (1166); Rôle biologique des AN (1167); EXTRACTION DES ACIDES NUCLÉIQUES ET DES NUCLÉOPROTÉINES (1168); <i>Préparation des nucléoprotéines</i> (1173); Préparation des désoxyribonucléoprotéines (1173); Préparation des ribonucléoprotéines (1174); <i>Préparation des acides désoxyribonucléiques</i> (1176); Principales méthodes de préparation (1176); Préparation par emploi de détergents (méthode de Kay-Simmons-Dounce) (1181); Préparation à partir des différents tissus animaux (méthode au phénol) (1182); <i>Préparation des acides ribonucléiques</i> (1183); ANALYSE DES ACIDES NUCLÉIQUES (1187); <i>Analyse spectrophotométrique</i> (1187); <i>Analyse chimique</i> (1188); Dosage des pentoses (1190) [Généralités (1190); Dosage du ribose et de l'ARN (1193); Dosage du désoxyribose et de l'ADN (1196)]; Dosage des impuretés nucléiques protéiques et polysaccharidiques dans les AN (1197) [Dosage de l'ADN dans l'ARN et vice-versa (1197); Dosage des protéines dans les AN (1198); Dosage des polysaccharides dans les AN (1199)]; <i>Analyse chromatographique et électrophorétique des acides nucléiques</i> (1199); Chromatographie de l'ADN sur échangeurs celluloseiques (1200) [Choix de l'échangeur (1200)]; Préparation sur la colonne (1201); Fractionnement de l'ADN (1203); Déterminations analytiques (1205); Expression des résultats (1205)]; <i>Analyse chromatographique des bases de</i></p>	

l'ADN (1207); Analyse électrophorétique des nucléotides de l'ARN (1210); Analyse chromatographique de l'ARN hydrolysé (1211); *Principales caractéristiques des acides nucléiques et de leurs dérivés* (1211); DISSOLUTION, CONSERVATION, STÉRILISATION DÉNATURATION ET DÉGRADATION DES ACIDES NUCLÉIQUES (1215); *Altérations* (1215); *Dissolution et conservation* (1216); *Altérations contrôlées des AN* (1219); Description des phénomènes (1219); Techniques de mesure de l'altération des AN (1224); Résultats obtenus par l'altération provoquée des AN (1224); DOSAGE DES ACIDES NUCLÉIQUES DANS LES TISSUS DES ANIMAUX (1225); *Méthodes de dosage* (1226); Traitement préalable des tissus (1226); Principes des méthodes d'extraction en vue du dosage des composants nucléiques (1228); Méthode de Schmidt-Thannhauser (1229); *Teneur en acides nucléiques* (1231); DOSAGES DES ACTIVITÉS NUCLÉASIQUES DANS LES TISSUS ANIMAUX (1232); *Précautions communes à toutes les méthodes de dosage des activités nucléasiques* (1233); *Dosage des activités désoxyribonucléasiques* (1235); Dosage de l'activité désoxyribonucléasique neutre I (1235) [Technique au vert de méthyle (1235); Microtechnique par diffusion sur gélose-ADN (1238)]; Dosage de l'activité désoxyribonucléasique acide II. Technique spectrophotométrique par libération d'acidodissolubles (1239); *Dosage des activités ribonucléasiques* (1241); Technique spectrophotométrique de Kunitz (1241); BIBLIOGRAPHIE (1242).

- IX. — *Les lipides*, par M. FAURE 1247
 EXTRACTION, SÉPARATION ET DOSAGE DES LIPIDES (1247); *Définition des lipides* (1247); *Extraction des lipides* (1248); *Séparation des lipides d'avec les substances non lipidiques extraites* (1250); *Préparation d'extraits lipidiques et dosages des lipides totaux* (1252); Extraction et dosage des lipides du sérum sanguin et de ses fractions protéiques (1253); Extraction et dosage des lipides des organes animaux (1254); Extraction et dosage des lipides végétaux (1255); FRACTIONNEMENT DES LIPIDES (1255); *Schéma de fractionnement d'un extrait lipidique total* (1258); *Extraction fractionnée des lipides* (1259); *Chromatographie sur papier* (1260); *Chromatographie sur colonne* (1268); *Techniques chromatographiques* (1270); *Méthodes de préparation de quelques lipides* (1272); ANALYSE DES LIPIDES (1273); *Dosage de l'azote et du phosphore* (1273); *Méthode d'hydrolyse des lipides* (1275); *Fractionnement de l'hydrolysats* (1276); *Acides gras* (1277); Détermination du poids moléculaire des acides gras (1280); Indice d'iode (1280); Dosage des fonctions —OH éthéro-solubles (indice d'acétyle) (1281); Fractionnement des acides gras (1282); Dosage des groupes esters d'acides gras (1284); *L'insaponifiable* (1285); Dosage du cholestérol (1285); Dosage des aldéhydes gras (1286); Dosage de la sphingosine (1287); *L'hydrosoluble* (1287); Glycérol (1288); Acide glycérophosphorique (1289); Choline (1290); Éthanolamine, sérine (1290); Inositol (1291); Produits d'hydrolyse ménagée des phosphatides : identification et estimation des divers phosphatides (1292); PRÉCAUTIONS GÉNÉRALES, APPAREILLAGE, PURIFICATION DES SOLVANTS ORGANIQUES (1294); *Appareillage* (1295); *Manipulation et conservation des lipides* (1299); *Purification des solvants organiques* (1301); La rectification (1301); Conservation des solvants (1302); Purification des solvants usuels (1303); BIBLIOGRAPHIE (1307).

- X. — *Extraction, identification et dosage des glucides dans les extraits d'organes et les corps bactériens*, par A.-M. STAUB 1309
 OBTENTION DES GLUCIDES (1310); *Extraction* (1310); Extraction des oses simples libres (1310); Extraction des oses simples liés dans des complexes (1311); Extraction des polyosides des humeurs et des tissus des animaux (1313); Extraction des polyosides microbiens (1315); *Purification* (1318); Défécation des solutions des glucides simples (1318); Défécation et purification des solutions de polyosides (1322); Tests utilisés pour vérifier la pureté d'une préparation de polyoside (1325); IDENTIFICATION ET DOSAGE DES DIFFÉRENTS SUCRES DANS UN MÉLANGE (1331); *Méthodes générales d'identification* (1331); *Méthodes générales de dosage* (1335); Méthodes de dosage du pouvoir réducteur (1336) [Méthode de Somogyi (1336); Méthode de Somogyi-Nelson (1337); Méthode de Hagedorn et Jensen (1339)]; Méthodes colorimétriques (1342) [Méthode à l'orcinol de Soerensen et Haugaard (1343); Méthode au carbazol de Gurin et Hood (1343); Méthode à l'anthrone de Morris (1344)]; Dosage des

aldoses par l'iode (1344); Dosages après chromatographie (1345); Réactions et dosages spécifiques des principaux sucres (1346); Pentoses et dérivés (1347) [Aldo- et cétopentoses (1347); Désoxypentoses (1348); Ribitol (1348)]; Hexoses et dérivés (1349) [Aldohexoses (1349); Cétohexoses (1350); 6-Désoxyhexoses ou méthylpentoses (1351); Dérivés méthylés des 6-désoxyhexoses (1352); 3-, 6-didésoxyhexoses (1352); 2-amino-2-désoxyhexoses (hexosamines) (1353)]; Heptoses (1356); Acides uroniques et dérivés (1357) [Acides uroniques simples (1357); Acide muramique (1358); Acides neuraminiques ou sialiques (1359)]; Oses-phosphates (1360); Diosides (1361); Glucoprotéines et polysides. Glycogène (1362); BIBLIOGRAPHIE (1364).

CINQUIÈME PARTIE

MÉTHODES D'ANALYSES IMMUNOCHIMIQUES

- I. — **La précipitation spécifique**, par P. GRABAR 1368
Généralités (1368); *Préparation des immunosérums* (1371); *Conservation des Immunosérums* (1374); *Méthodes d'emploi de la réaction de précipitation spécifique* (1375); *Études qualitatives* (1375); *Études quantitatives* (1375); *Utilisation des méthodes de précipitation spécifique et interprétation des résultats* (1384); *Contrôle de la pureté d'une préparation* (1385); *Dosage des anticorps dans un immunosérum* (1385); *Comparaison de deux substances antigéniques* (1387); *Dosage d'une substance antigénique* (1388); *Analyse de la constitution d'un antigène* (1388); *BIBLIOGRAPHIE* (1388).
- II. — **Analyse immuno-électrophorétique**, par P. GRABAR 1390
Préparation des plaques de gel de gélose (1391); *L'électrophorèse* (1395); *Précipitation spécifique* (1395); *Enregistrement des résultats* (1396); *Utilisation de la méthode* (1399); *Définition des substances par leur mobilité électrophorétique* (1399); *Définition des substances par leur spécificité* (1400); *Définition des substances par des colorations* (1402); *Inconvénients et facteurs limitatifs* (1402); *Conclusions* (1404); *Exemple. Identification et classification des constituants du sérum humain normal* (1404); *BIBLIOGRAPHIE* (1406).
- III. — **L'analyse immunochimique par la méthode des gels**, par J. OUDIN . 1408
TECHNIQUES (1409); *Substances gélifiantes* (1409); *Préparation des réactions* (1410); *Diffusion simple en tubes* (1410); *Diffusion double en tubes* (1412); *Diffusion simple et diffusion double en cuves à faces parallèles* (1412); *Diffusion simple et diffusion double en plaques* (1414); *Photographie des réactions* (1416); *RÉSULTATS ET LEUR INTERPRÉTATION* (1417); *LOIS DE L'ÉVOLUTION DES RÉACTIONS* (1417); *Cas des systèmes précipitants simples* (1417); *Cas des systèmes précipitants multiples* (1420); *Cas des systèmes complexes* (1422); *APPLICATION DES RÉACTIONS A L'ANALYSE IMMUNOCHIMIQUE* (1422); *Dénombrement* (1422); *Identification* (1423); *Dosage des antigènes et des anticorps* (1432); *Dosages du premier type* (1432); *Dosages du deuxième type dans la diffusion double* (1436); *TECHNIQUES A RÉPONSE RAPIDE ET MICROTECHNIQUES* (1438); *RÉACTIONS NON IMMUNOCHIMIQUES ET COLORATION DES ZONES DE PRÉCIPITATION* (1438); *TECHNIQUES UTILISANT L'ACÉTATE DE CELLULOSE* (1439); *BIBLIOGRAPHIE* (1440).
- IV. — **Thermodynamique de la réaction antigène-anticorps**, par S. FILITTI-WURMSER 1442
Introduction (1442); *Généralités sur les méthodes de mesures* (1444); *Chaleur de réaction* (1444); *Détermination de la constante d'équilibre* (1445); *Techniques expérimentales pour déterminer la constante d'équilibre* (1447); *Procédés d'analyses* (1447); *Équilibre entre anticorps unifonctionnels ou se comportant comme tels et antigènes plurifonctionnels* (1447); *Équilibre entre un anticorps bifonctionnel et un haptène unifonctionnel* (1452); *Équilibre entre anticorps bifonctionnels et antigènes* (1453); *BIBLIOGRAPHIE* (1456).

Index alphabétique des matières 1457