

Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse

Publié sous la direction de

J. TRANCHANT

par P. ARPINO, A. PRÉVÔT, J. SERPINET
J. TRANCHANT, A. VERGNOL, P. WITIER

4^e édition

Préface de E. KOVÁTS

MASSON 

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|-------|
| PRÉFACE | V |
| INTRODUCTION. — Un demi-siècle de chromatographie en phase gazeuse : un bref historique , par J. SERPINET | VII |
| REMERCIEMENTS | X |
| NOMENCLATURE | XXI |
| AVANT-PROPOS | XXIII |
| <i>Plan de rédaction</i> | XXIV |
| CHAPITRE I. — Introduction à la chromatographie en phase gazeuse , par J. SERPINET | 1 |
| 1. <i>Chromatographie en phase gazeuse élémentaire</i> | 1 |
| Qu'est-ce que la chromatographie en phase gazeuse? (1). Comment fonctionne un chromatographe? (1). Les différentes variétés de chromatographie en phase gazeuse (3). La place de la chromatographie en phase gazeuse parmi les méthodes chromatographiques (6). | |
| 2. <i>Les variantes perfectionnées de la chromatographie en phase gazeuse</i> | 7 |
| Mélanges de composés de volatilités très différentes : la programmation de température ou l'inversion du sens du gaz vecteur (7). Séparation de mélanges de gaz permanents et de vapeurs condensables : emploi de plusieurs colonnes et d'une vanne de commutation (7). L'analyse des composés monomères peu ou pas volatils : la dérivation (7). L'analyse des produits par catégories : emploi de détecteurs sélectifs (8). La chromatographie en phase gazeuse des polymères : les procédés de pyrolyse (8). L'identification spectroscopique des pics. La chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (9). La chromatographie automatique : les analyseurs de procédés (9). L'analyse des traces extrêmes : la concentration des impuretés (9). La chromatographie en phase gazeuse ultrarapide (10). La chromatographie en phase gazeuse de haute précision (10). La chromatographie en phase gazeuse préparatoire (10). Les applications non analytiques de la chromatographie en | |

CHAPITRE IV. — Préparation de l'échantillon, par P. WITTEK 83

1. Généralités 83

 Choix d'un solvant pour la dilution (ou la mise en solution) (83). Cas
 des échantillons complexes (84).

2. Distillation 85

3. Extraction 86

 Extraction par solvant (87). Extraction par fluide supercritique (91).

4. Méthodes par adsorption 95

 Adsorption des gaz (97). Adsorption des liquides (99).

5. Chromatographie en phase liquide 103

 Généralités (103). Couplage en ligne de la chromatographie en phase
 liquide et de la chromatographie en phase gazeuse (105).

6. Méthode de l'espace de tête et techniques apparentées 109

 Généralités-espace de tête statique (109). Méthode de l'espace de tête
 dynamique; méthodes apparentées (114). Utilisation de microfibrés en
 espace de tête (116). Conclusion. Domaines d'utilisation (116).

7. Dérivatisation 116

 Principe (116). Principales réactions utilisées (118).

8. Pyrolyse 119

 Principe (119). Différents modes de pyrolyse (120). Interprétation des
 résultats. Domaines d'application (120).

CHAPITRE V. — Les systèmes d'injection, par P. WITTEK 126

1. Généralités 126

2. Injecteurs pour colonnes remplies 127

 Injecteur à pastille élastomère (*septum*) (127). Injecteurs automatiques
 pour liquides (*autosampler*) (133). Vannes d'injection (134). Injection
 des solides (136).

3. Injecteurs pour colonnes capillaires 136

 Généralités (136). Système d'injection avec division (*splitter*) (138).
 Système d'injection sans division (*splitless*) (150). Injection directe
 (159). Injection dans la colonne (*on-column*) (160). Injecteur à tempera-
 ture programmée (167). Injecteur à aiguille de verre (ou injecteur
 évaporateur) (170). Systèmes divers (172).

| | |
|---|-----|
| CHAPITRE IV. — Préparation de l'échantillon, par P. WITIER | 83 |
| 1. <i>Généralités</i> | 83 |
| Choix d'un solvant pour la dilution (ou la mise en solution) (83). Cas des échantillons complexes (84). | |
| 2. <i>Distillation</i> | 85 |
| 3. <i>Extraction</i> | 86 |
| Extraction par solvant (87). Extraction par fluide supercritique (91). | |
| 4. <i>Méthodes par adsorption</i> | 95 |
| Adsorption des gaz (97). Adsorption des liquides (99). | |
| 5. <i>Chromatographie en phase liquide</i> | 103 |
| Généralités (103). Couplage en ligne de la chromatographie en phase liquide et de la chromatographie en phase gazeuse (105). | |
| 6. <i>Méthode de l'espace de tête et techniques apparentées</i> | 109 |
| Généralités-espace de tête statique (109). Méthode de l'espace de tête dynamique; méthodes apparentées (114). Utilisation de microfibrilles en espace de tête (116). Conclusion. Domaines d'utilisation (116). | |
| 7. <i>Dérivatisation</i> | 116 |
| Principe (116). Principales réactions utilisées (118). | |
| 8. <i>Pyrolyse</i> | 119 |
| Principe (119). Différents modes de pyrolyse (120). Interprétation des résultats. Domaines d'application (120). | |
| CHAPITRE V. — Les systèmes d'injection, par P. WITIER | 126 |
| 1. <i>Généralités</i> | 126 |
| 2. <i>Injecteurs pour colonnes remplies</i> | 127 |
| Injecteur à pastille élastomère (<i>septum</i>) (127). Injecteurs automatiques pour liquides (<i>autosampler</i>) (133). Vannes d'injection (134). Injection des solides (136). | |
| 3. <i>Injecteurs pour colonnes capillaires</i> | 136 |
| Généralités (136). Système d'injection avec division (<i>splitter</i>) (138). Système d'injection sans division (<i>splitless</i>) (150). Injection directe (159). Injection dans la colonne (<i>on-column</i>) (160). Injecteur à température programmée (167). Injecteur à aiguille de verre (ou injecteur évaporateur) (170). Systèmes divers (172). | |

| | |
|--|-----|
| Les colonnes – Préambule , par A. PRÉVÔT | 177 |
| <i>Les différents types de colonnes. Introduction et généralités</i> | 177 |
| Les colonnes remplies (178). Les colonnes capillaires remplies (179). | |
| Les colonnes capillaires (179). | |
| CHAPITRE VI. — Les colonnes remplies, les supports, les colonnes capillaires remplies , par A. PRÉVÔT | 180 |
| 1. <i>Le tube</i> | 180 |
| Importance de la nature du tube. Les différents tubes utilisés (180). Influence de la longueur de la colonne (182). Influence du diamètre de la colonne (183). | |
| 2. <i>Le support</i> | 186 |
| Généralités, rôle du support en chromatographie gaz-liquide (186). Propriétés du support (187). Les supports siliceux naturels à base de diatomite (191). Les supports siliceux artificiels (193). Désactivation (195). Greffage de la phase stationnaire sur le support (199). Les supports non siliceux (200). | |
| 3. <i>Imprégnation du support avec la phase stationnaire et préparation des colonnes remplies</i> | 205 |
| Taux d'imprégnation. Solution de phase stationnaire (205). Méthodes d'évaporation du solvant (207). Techniques de remplissage des colonnes (210). Étiquetage, maturation, stockage, précautions d'emploi, vieillissement (213). | |
| 4. <i>Avantages et inconvénients des colonnes remplies</i> | 215 |
| Avantages (215). Inconvénients (216). | |
| 5. <i>Les colonnes capillaires remplies</i> | 217 |
| Avantages et inconvénients des colonnes capillaires remplies (217). Utilisation en CPG des colonnes d'HPLC (222). Colonnes capillaires remplies en chromatographie gaz-solide (224). | |
| 6. <i>Aperçu sur les colonnes préparatives (ou préparatoires)</i> | 225 |
| CHAPITRE VII. — Les colonnes capillaires , par A. PRÉVÔT | 227 |
| 1. <i>Généralités</i> | 227 |
| 2. <i>Rappel de notions théoriques simples</i> | 229 |
| La perméabilité (229). Le rapport de phases β entre les volumes de phase gazeuse V_G et de phase liquide V_L (230). Hauteur équivalente à | |

| | |
|--|-----|
| un plateau théorique h (233). Conséquences pratiques : comparaison avec les colonnes remplies (238). | |
| 3. <i>Les différents tubes capillaires utilisés</i> | 238 |
| Influence du diamètre du capillaire et de l'épaisseur de film (238). Nature du tube capillaire (241). Montage des capillaires (250). Jonction des tubes capillaires (251). Tubes de garde ou précolonne vide (255). | |
| 4. <i>Remplissage des tubes capillaires</i> | 258 |
| Aspiration de la solution (258). Refoulement de la solution (259). | |
| 5. <i>Considérations sur la mouillabilité. Instabilité du film de phase stationnaire dans un tube capillaire</i> | 261 |
| Tension superficielle critique et tension superficielle des phases stationnaires (261). Instabilité du film de phase stationnaire (261). Équation de Lord Rayleigh (262). Instabilité du film lors de l'opération d'imprégnation (263). Stabilité du film au cours de l'utilisation de la colonne (264). | |
| 6. <i>Préparation de la surface – Traitement préalable</i> | 265 |
| Traitement hydrothermique. Lixiviation et déshydratation. Augmentation de la concentration en hydroxyles de surface de la silice fondue (266). Augmentation de la rugosité par dépolissage ou dépôt de particules adhérentes (269). | |
| 7. <i>Désactivation – Silanisation</i> | 273 |
| Généralités (273). Persilylation (275). Les siloxanes cycliques (277). Traitement par les produits de dégradation des polysiloxanes (278). Silanisation à l'aide de molécules avec un groupement hydrure de silyle Si-H, polyméthylhydrosiloxanes (281). Cas d'un dépôt ultérieur d'un polysiloxane avec un groupe hydroxyle ou méthoxyle terminal (286). Modes opératoires, remarques et produits formés (286). Méthodes de désactivation autres que la silanisation (292). Cas spéciaux d'absence de désactivation des tubes capillaires en silice fondue (296). | |
| 8. <i>Imprégnation : dépôt du film de phase stationnaire</i> | 296 |
| Méthode dynamique (296). Méthode statique (300). Comparaison des méthodes dynamiques et de la méthode statique (307). | |
| 9. <i>Greffage et réticulation</i> | 308 |
| «Greffage» ou liaison chimique d'une phase stationnaire sur le support (308). Réticulation de la phase stationnaire. Principe. Intérêt (311). Réticulation de polyéthylène-glycols (Carbowax, Superox) (322). Inconvénients de la réticulation. Remarques (324). | |
| 10. <i>Influence de l'épaisseur de film de phase stationnaire et du diamètre de la colonne</i> | 324 |
| Influence de l'épaisseur de film (324). Influence du diamètre (329). | |

| | |
|---|-----|
| 11. <i>Évaluation de la qualité des colonnes</i> | 333 |
| Généralités (333). Tests d'inertie (334). Tests d'activité catalytique (339). Autres tests d'évaluation relatifs aux colonnes ou aux tubes capillaires, tubes nus ou en cours de traitement (342). Mélanges tests pour évaluer la désactivation de la laine de verre ou de silice et pour inserts (344). Mélanges tests pour microvannes de commutation; mélanges tests pour le domaine des arômes; mélanges tests pour système de chromatographie bidimensionnelle (345). CHIRAL-Test I (345). Mesure précise du <i>bleeding</i> (345). Durée de vie des colonnes capillaires (347). | |
| 12. <i>Colonnes PLOT</i> | 350 |
| Tamis moléculaire 5 Å (351). Tamis moléculaire 13 Å (351). Alumine (352). Charbon actif (353). Noir de Carbone graphité (353). CARBOPLOT (353). Colonnes PLOT à adsorbant modifié (colonnes CLOT) (354). Polymères poreux (354). | |
| 13. <i>Connexions en série ou en parallèle des colonnes capillaires</i> | 356 |
| Intérêt du couplage des colonnes capillaires (356). Systèmes d'élimination du solvant avant la colonne capillaire. Utilisation de tubes de rétention vides. Utilisation de précolonne (357). Élimination du solvant après la colonne capillaire, avant le détecteur (358). Chromatographie avec recyclage (358). Les colonnes capillaires en analyse multidimensionnelle (359). | |
| CHAPITRE 8. — La phase stationnaire , par A. PRÉVÔT | 360 |
| 1. <i>Rôle de la phase stationnaire, propriétés</i> | 360 |
| Inertie chimique (360). Limites de température d'emploi (361). Viscosité; distribution des poids moléculaires des polymères (364). | |
| 2. <i>Polarité de la phase stationnaire</i> | 366 |
| Généralités et notions élémentaires (366). Tentatives de classement (368). Constantes de McReynolds (368). Autres méthodes de classification des phases stationnaires (372). Comparaison des méthodes de classification des phases stationnaires (374). Influence de la température sur la polarité et sur la sélectivité (374). Méthodes simplifiées de classification des phases stationnaires; classements spécifiques (376). Polarité ajustable (377). | |
| 3. <i>Les différentes phases stationnaires</i> | 378 |
| Hydrocarbures ramifiés (379). Les polysiloxanes (380). Les polyéthylène-glycols et polypropylène-glycols (397). Les polyesters (400). Sulfone de polyaryléther (402). Phases stationnaires à sélectivités spécifiques (402). | |
| 4. <i>Stabilité de la phase stationnaire</i> | 411 |

| | |
|--|-----|
| 5. <i>Choix de la phase stationnaire. Couplage de colonnes. Colonnes à polarité ajustable</i> | 412 |
| Colonnes remplies avec des segments à différents taux d'imprégnation d'une même phase stationnaire (412). Ajustement ou réglage de la sélectivité (412). | |
| CHAPITRE IX. — Les adsorbants, par J. TRANCHANT | 441 |
| 1. <i>Évolution de l'utilisation des adsorbants</i> | 441 |
| 2. <i>Les adsorbants inorganiques</i> | 442 |
| Classification des adsorbants inorganiques (442). Les adsorbants à base de carbone (443). Les gels de silice et les verres poreux (444). Les alumines (446). Les zéolites (tamis moléculaires) (446). | |
| 3. <i>Les adsorbants organiques (polymères poreux)</i> | 446 |
| 4. <i>Les adsorbants divers</i> | 448 |
| Sels, hydroxydes et complexes métalliques (448). Argiles organiques (448). | |
| 5. <i>Utilisation des adsorbants en colonnes capillaires</i> | 449 |
| CHAPITRE X. — Les détecteurs, par J. TRANCHANT | 452 |
| 1. <i>Généralités</i> | 452 |
| Caractéristiques générales des détecteurs (453). Bruit de fond (454). Sensibilité (455). Niveau limite de détection. Quantité minimale détectable (455). Linéarité (455). | |
| 2. <i>Détecteurs universels ou semi-universels</i> | 455 |
| Le catharomètre. Détecteur à conductibilité thermique (456). La balance de densité des gaz (464). Le détecteur à ionisation de flamme (466). Les détecteurs spectromètres de masse et infra-rouge (473). | |
| 3. <i>Détecteurs spécifiques</i> | 474 |
| Détecteur à capture d'électrons (474). Détecteur thermo-ionique (477). Le photomètre de flamme (480). Détecteurs électrochimiques (483). Autres détecteurs à ionisation (484). | |
| 4. <i>Le traitement du signal</i> | 486 |
| 5. <i>Les montages après la colonne</i> | 488 |
| IDENTIFICATION - PRÉAMBULE, par J. TRANCHANT | 493 |
| CHAPITRE XI. — Analyse qualitative directe, par J. TRANCHANT | 494 |
| A. <i>Par les grandeurs de rétention</i> | 494 |
| 1. <i>Règles fondamentales</i> | 494 |

| | |
|--|-----|
| 2. <i>Grandeurs de rétention relatives</i> | 496 |
| Le système des étalons divers (497). Le système des indices de rétention (497). Variantes au système des indices de rétention (504). | |
| B. <i>Par les méthodes de comparaison ou réactionnelles</i> | 504 |
| 1. <i>Utilisation des détecteurs spécifiques</i> | 505 |
| 2. <i>Vérification simple d'une identification</i> | 505 |
| 3. <i>Méthode des « empreintes digitales »</i> | 506 |
| 4. <i>Méthodes réactionnelles</i> | 506 |
| CHAPITRE XII. — La détection par spectrométrie de masse (GC/MS), | |
| par P. ARPINO | 510 |
| 1. <i>Un détecteur particulier</i> | 510 |
| Pourquoi utiliser un spectromètre de masse comme détecteur chromatographique? (510). Principales caractéristiques d'un appareil GC/MS compact (512). | |
| 2. <i>Appareillage</i> | 516 |
| Le chromatographe (518). Les conditions de vide (525). Le système de production du vide (528). Architecture des systèmes modernes (531). Les interfaces GC/MS sans séparateurs (541). Les séparateurs moléculaires (562). L'analyseur (564). | |
| 3. <i>Conclusion</i> | 573 |
| <i>Liste des abréviations utilisées dans le chapitre (et unités pour certaines applications)</i> | 573 |
| CHAPITRE XIII. — Identification par couplage avec des techniques | |
| diverses, par J. TRANCHANT | 577 |
| 1. <i>Couplage chromatographe en phase gazeuse/spectromètre infrarouge (GC/IRFT)</i> | 577 |
| Éléments de montage (578). Applications (579). | |
| 2. <i>Couplage chromatographe en phase gazeuse/spectromètre d'absorption atomique (GC/AA)</i> | 582 |
| Éléments de montage (582). Applications (582). | |
| 3. <i>Assemblage de plusieurs techniques</i> | 584 |

| | |
|--|-----|
| CHAPITRE XIV. — Les commutations de colonnes et techniques diverses, par P. WITIER | 587 |
| 1. Commutations de colonnes – Chromatographie multidimensionnelle Considérations générales (587). Commutations de colonnes avec vannes (589). Commutations de colonnes sans vannes (593). | 587 |
| 2. <i>Distillation simulée par chromatographie en phase gazeuse</i> | 598 |
| CHAPITRE XV. — L'analyse quantitative, par A. VERGNOL | 604 |
| 1. <i>L'analyse quantitative</i> | 604 |
| Critères de qualité d'une méthode d'analyse (605). Utilisation des statistiques (605). | |
| 2. <i>Analyse quantitative par CPG</i> | 607 |
| Nature de l'information (607). Conditions requises pour envisager l'analyse quantitative (608). L'étalonnage (610). Le suivi des perfor- mances (613). | |
| 3. <i>Le traitement du signal</i> | 613 |
| Aire ou hauteur? (614). Méthodes anciennes d'intégration (614). L'intégration électronique (615). | |
| 4. <i>Les méthodes de quantification</i> | 620 |
| La relation fondamentale (620). La normalisation interne (620). La normalisation interne avec coefficients de réponse (621). L'étalonnage externe (623). L'étalonnage interne (625). Les ajouts dosés (629). Méthode de dosage avec standard différé (630). Sélection d'une méthode de quantification (632). | |
| 5. <i>Les différents aspects de l'analyse industrielle</i> | 633 |
| Objectifs visés (633). Les contraintes (634). Les moyens (635). | |
| CHAPITRE XVI. — Conseils pour la conduite d'une analyse, par J. TRANCHANT | 640 |
| 1. <i>L'importance du chromatographe</i> | 640 |
| 2. <i>Le choix de la colonne</i> | 641 |
| Première question : colonne capillaire ou colonne remplie? (641). Deuxième question : phase stationnaire ou adsorbant? (641). Tentative de réponse à ces deux questions (641). | |
| 3. <i>Le choix des paramètres opératoires</i> | 642 |

| | |
|---|-----|
| 4. <i>Considérations sur l'appareillage</i> | 643 |
| 5. <i>Considérations sur l'analyse qualitative et sur l'analyse quantitative</i> | 644 |
| 6. <i>Le suivi des analyses chromatographiques</i> | 644 |
| 7. <i>La présentation des résultats d'analyse</i> | 645 |
| 8. <i>L'entretien du chromatographe</i> | 646 |
| Conservation des colonnes (646). Utilisation des colonnes (646). Quelques pannes élémentaires (647). | |
| 9. <i>Bibliographie succincte</i> | 647 |
| | |
| CHAPITRE XVII. — Les applications non analytiques de la chromatographie en phase gazeuse, par J. SERPINET | 649 |
| <i>Introduction</i> | 649 |
| 1. <i>L'évaluation précise des temps et des volumes de rétention</i> | 650 |
| Aspect expérimental (650). Calculs et corrections (652). | |
| 2. <i>Applications de la chromatographie en phase gazeuse à différents domaines de la physicochimie</i> | 656 |
| Mesure de grandeurs thermodynamiques et interfaciales (656). Applications non analytiques de la chromatographie en phase gazeuse à la chimie (668). Mesure de grandeurs cinétiques physiques (670). Mesures de propriétés du gaz porteur (670). Étude de la phase stationnaire au moyen d'un soluté auxiliaire : la « chromatographie en phase gazeuse inverse » (670). | |
| | |
| INDEX DES MATIÈRES | 687 |
| 1. <i>Général</i> | 687 |
| 2. <i>Analyses en référence dans le Manuel</i> | 699 |

NOMENCLATURE

La nomenclature utilisée dans le Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse suit d'une manière générale celle qui est retenue par l'UICPA. Elle s'en écarte toutefois dans quelques cas où l'orthographe habituelle de la langue française ne correspondrait pas aux symboles.

L'exposant ' a toujours le sens d'une valeur corrigée (en anglais *adjusted value*)

Les indices suivants sont systématiques :

| | | | |
|-------|--|------------|---|
| R | pour la rétention, exemple t_R | k' | facteur de capacité de la colonne |
| G | pour le gaz vecteur, exemple V_G | L_c | longueur de la colonne |
| L | pour la phase liquide, exemple C_L | l | largeur du pic à mi-hauteur |
| e | pour l'entrée dans la colonne, exemple p_e | m_i | masse de soluté introduit dans la colonne (en anglais w) |
| s | pour la sortie de la colonne, exemple p_s (en anglais c' est l'indice o qui prévaut) | M | masse moléculaire |
| c | pour ce qui se rapporte à la colonne, exemple L_c | N | nombre de plateaux théoriques |
| i | pour ce qui se rapporte au soluté, exemple I_i | N_{eff} | nombre de plateaux théoriques effectifs (efficaces) |
| k | pour ce qui se rapporte à l'adsorption, exemple C_k | $R_{A,B}$ | résolution de deux pics |
| A | aire | r | rétention relative de deux solutés |
| C | coefficient de transfert | r_c | rayon intérieur du tube de la colonne |
| C_L | en phase liquide | S | facteur de séparation selon Purnell |
| C_G | en phase gazeuse | SN | nombre de séparation |
| D | coefficient de diffusion moléculaire | TZ | Trennzahl (équivalent à SN) |
| D_L | en phase liquide | T | température en K |
| D_G | en phase gazeuse | u | vitesse linéaire |
| D_s | débit du gaz vecteur à la sortie de la colonne (en anglais F) | V | volume |
| d_c | diamètre intérieur de la colonne | V_G | volume de phase liquide dans la colonne |
| d_p | diamètre des particules de remplissage | V_L | volume gazeux de la colonne |
| E_d | quantité minimale détectable | β | rapport des phases dans la colonne |
| e | épaisseur moyenne du film de phase fixe | γ | facteur de tortuosité |
| H | hauteur du pic de soluté | ϵ | porosité |
| h | hauteur équivalente à un plateau théorique | λ | paramètre d'irrégularité du remplissage |
| K | indice de rétention selon Kováts | η | viscosité |
| J | facteur de correction de James et Martin | ω | largeur d'un pic à la base (en anglais w) |
| K | coefficient de partage | ρ | densité |
| k | perméabilité | σ | écart-type de la courbe de Gauss |
| | | θ | température en °C |

Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse

Sous la direction de **J. TRANCHANT**

Largement utilisée dans l'industrie et la recherche, la chromatographie est une des techniques d'analyse et de contrôle les plus fiables. Cette quatrième édition du *Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse* tient compte de l'évolution continue et récente de cette technique analytique. Entièrement refondue, elle conserve un esprit résolument pratique. Le formalisme est limité à l'essentiel dans la théorie de la séparation, ceci afin de permettre une utilisation optimale du chromatographe qui est décrit dans ses parties principales, notamment les systèmes d'injection et de détection, sans oublier la colonne, cœur de l'appareil, qui est traitée de façon approfondie. Suivant le parcours d'un échantillon dans le chromatographe on trouve un chapitre sur sa préparation, puis des chapitres sur l'identification des composés des mélanges analysés, tout particulièrement par l'utilisation du détecteur spectromètre de masse, et enfin sur l'analyse quantitative.

Des conseils pratiques sur la conduite d'une analyse chromatographique complètent des applications réparties tout au long de l'ouvrage, qui se termine par un chapitre sur les applications non analytiques de la technique.

Cet ouvrage s'adresse aux étudiants et chercheurs confrontés à cette technique, mais aussi aux professionnels soucieux d'approfondir et de mettre à jour leurs connaissances.

ISBN : 2-225-84681-2



9 782225 846816