

Manuel pratique de chromatographie en phase liquide

R. ROSSET
M. CAUDE A. JARDY

2^e édition

Préface du Pr. G. CHARLOT

MASSON 

MANUEL PRATIQUE DE CHROMATOGRAPHIE EN PHASE LIQUIDE

Robert ROSSET

*Professeur à l'École Supérieure
de Physique et de Chimie Industrielles
de Paris*

Marcel CAUDE

*Chargé de Recherche au Centre
National de la Recherche Scientifique*

Alain JARDY

*Maître-assistant à l'École Supérieure
de Physique et de Chimie Industrielles
de Paris*

Préface du Professeur G. CHARLOT

Deuxième édition refondue

MASSON

*Paris New York Barcelone Milan Mexico Rio de Janeiro
1982*

La première édition de cet ouvrage a été publiée en 1975 par les Laboratoires VARIAN.

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

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies » ou « reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

© *Masson, Paris, 1982*

ISBN : 2-225-75086-6

MASSON S.A.
MASSON PUBLISHING U.S.A. Inc.
TORAY-MASSON S.A.
MASSON ITALIA EDITORI S.p.A.
MASSON EDITORES
EDITORIA MASSON DO BRASIL Ltda

120, Bd Saint-Germain, 75280 Paris Cedex 06
133 East 58 th Street, New York, N.Y. 10022
Balma 151, Barcelona 8
Via Giovanni Pascoli 55, 20133 Milano
Dakota 383, Colonia Napoles, Mexico 18 DF
Rua da Quitanda, 20/s 301 Rio de Janeiro R.J.

**MANUEL PRATIQUE
DE
CHROMATOGRAPHIE
EN PHASE LIQUIDE**

CHEZ LE MÊME ÉDITEUR

Du même auteur

CHIMIE ANALYTIQUE DES SOLUTIONS ET MICRO-INFORMATIQUE, par R. ROSSET, D. BAUER et J. DESBARRES. 1979, 168 pages, 58 figures.

Autres ouvrages

MANUEL PRATIQUE DE CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE, par J. TRANCHANT et coll., 3^e édition 1982 entièrement refondue, 528 pages, 188 figures.

CHROMATOGRAPHIE EN PHASE LIQUIDE ET CHROMATOGRAPHIE SUR COUCHE MINCE A HAUTE RÉOLUTION. Journée de chromatographie, 1978 Paris. *Mono-graphies des Périodiques Masson, Série Sciences, n° 1*. 1979, 100 pages, 90 figures, 10 tableaux.

SPECTROMÉTRIE D'ABSORPTION ATOMIQUE, par M. PINTA et collaborateurs.

Tome 1. *Problèmes généraux*. 2^e édition 1979 entièrement refondue, 272 pages, 108 figures, 29 tableaux.

Tome 2. *Application à l'analyse chimique*. 2^e édition 1980 entièrement refondue, 448 pages, 38 figures.

PRINCIPES DE LA SPECTROMÉTRIE DE MASSE DES SUBSTANCES ORGANIQUES, par P. LONGEVIALLE. 1980, 222 pages.

TRAITÉ DE MANIPULATION ET D'ANALYSE DES GAZ, par H. GUÉRIN, 2^e édition entièrement refondue, 1981, 680 pages.

CHIMIE ORGANIQUE INDUSTRIELLE. Principaux produits de base et intermédiaires, par K. WEISSERMEL et H. J. ARPE. Traduit de l'allemand par Ph. Dubois. 1981, 448 pages, 20 planches.

DOSAGES ABSORPTIOMÉTRIQUES DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX, par G. CHARLOT. 3^e édition 1978, 448 pages, 58 figures.

CHIMIE ANALYTIQUE QUANTITATIVE, par G. CHARLOT.

Tome 1. *Méthodes chimiques et physico-chimiques*. 6^e édition 1974 entièrement refondue, 360 pages, 362 figures.

Tome 2. *Méthodes sélectionnées d'analyse chimique des éléments*. 6^e édition 1974 entièrement refondue, 280 pages.

CHIMIE ORGANIQUE, par C. ARNAUD. *Collection des « Mémo-guides »*. 1981, 144 pages.

LES VERRÉS ET L'ÉTAT VITREUX, par J. ZARZYCKI. Environ 432 pages (*sous presse*).

PRÉFACE

de la première édition

Les méthodes de séparation ont toujours constitué l'un des moyens importants de la Chimie analytique.

A l'époque de la gravimétrie, c'était le moyen essentiel. Peu à peu des méthodes de mesure nouvelles ont permis d'analyser et de doser avec le minimum de séparations, parfois sans séparation et même directement sur le solide.

Il reste que les séparations, en particulier au moyen des méthodes plus récentes telles que le partage entre deux solvants, les échangeurs d'ions, etc., restent souvent indispensables lorsqu'il s'agit de corps voisins ou de séparation de traces. Et il ne faut pas oublier que, par ailleurs, ces mêmes méthodes de séparation restent obligatoirement à la base de la chimie préparative.

La séparation de corps voisins a fait des progrès considérables grâce à la répétition logique et automatique des opérations élémentaires de séparation c'est-à-dire par chromatographie.

La chromatographie ne se limite plus à la distillation et les moyens qu'elle peut mettre en œuvre sont très variés. Parmi ces diverses méthodes la plus connue est sans doute la chromatographie en phase gazeuse dont le développement fut particulièrement spectaculaire. On sait moins que la chromatographie en phase liquide a, depuis quelques années, pris le départ pour un développement qui peut être aussi important.

Il devenait nécessaire d'écrire un ouvrage de langue française qui permette à tout chimiste d'envisager concrètement l'utilisation de cette méthode.

M. ROSSET et ses collaborateurs MM. CAUDE et JARDY étaient très qualifiés d'une part par leurs travaux antérieurs, entre autres sur la séparation des isotopes par chromatographie d'échange d'ions, d'autre part par leurs travaux récents sur les développements nouveaux de la chromatographie en phase liquide.

Ils ont organisé de très importants stages d'initiation à cette méthode et ceci les a conduits à rassembler l'ensemble de ces expériences dans cet ouvrage.

Ce livre est véritablement un guide, critique en ce qui concerne les méthodes et les appareils. Son but est donc essentiellement pratique bien que les parties théorique et documentaire soient importantes.

Nul doute que les laboratoires de recherche et les laboratoires industriels assureront à cet ouvrage le succès qu'il mérite.

G. CHARLOT,

*Membre de l'Académie des Sciences.
Professeur honoraire à l'École Supérieure de
Physique et de Chimie de Paris et à
l'Université Pierre et Marie Curie.*

AVANT-PROPOS de la seconde édition

En 1975, lorsque fut publiée la première édition de cet ouvrage, la chromatographie en phase liquide (CPL) sous sa forme moderne utilisant des phases stationnaires de fine granulométrie et un appareillage approprié ne s'était implantée que dans quelques Services de Chimie analytique et, si l'on fondait beaucoup d'espoirs sur la technique, elle souffrait, avec raison, de nombreuses imperfections aux yeux de beaucoup : phases stationnaires peu reproductibles, appareillage onéreux et d'une manipulation délicate, méthodes de détection insuffisamment sensibles et générales.

Six ans plus tard, en 1981, des progrès considérables ont été accomplis et la méthode s'est imposée dans la plupart des laboratoires. On ne compte plus les domaines où des séparations remarquables ont été mises au point, entraînant l'adhésion et l'enthousiasme des chimistes analystes.

Ces progrès relèvent à la fois de la recherche fondamentale et d'innovations technologiques.

Par exemple on peut dire, qu'aujourd'hui, 70 % des séparations sont effectuées par chromatographie de partage à polarité de phases inversée sur des gels de silice greffés de chaînes *n*-alkyle. Cette méthode est le fruit d'une réflexion sur les mécanismes de rétention par effet hydrophobe en même temps que des méthodes de synthèse de silices greffées d'une grande perfection étaient mises au point et appliquées par les fabricants de phases stationnaires.

De même, des méthodes dans l'enfance en 1975 comme la chromatographie de paires d'ions ou la chromatographie ionique ont été développées et ont étendu le champ d'application de la CPL.

La chromatographie en phase liquide est peut-être, plus que toute autre méthode d'analyse, celle où l'optimisation des séparations est fondamentale. Compte tenu du grand nombre de paramètres sur lesquels il est possible d'agir (diamètre des particules, longueur de la colonne, vitesse, viscosité, température de la phase mobile, pression d'entrée, etc.) les méthodes rationnelles d'optimisation ne se sont imposées que lentement. Mais on a, aujourd'hui, une vision très claire des phénomènes et l'on peut, comme nous l'avons fait, utiliser les méthodes de la microinformatique pour mettre au point les séparations dans les conditions les meilleures aussi bien sur le plan des investissements en matériel que de la gestion du temps d'analyse.

D'aucuns pensent qu'en 1981 on est parvenu, en matière de colonnes chromatographiques, à un certain état stationnaire quant à leur efficacité. Il est un fait que l'on peut obtenir des hauteurs de plateau aussi faibles que deux fois le diamètre des particules de phase stationnaire (ce qui représente 10 000 plateaux pour une colonne de 10 cm remplie d'une phase de 5 μm de diamètre nominal). Pourtant, bien des progrès pourront être accomplis avec la généralisation des phases de 3 μm et l'utilisation des micro et ultramicro-colonnes.

Quant à l'appareillage on a assisté à un développement exponentiel celui-ci se nourrissant à la fois des découvertes purement chromatographiques et du développement de la microélectronique. Les chromatographes modernes sont, pour la grande majorité, commandés par des microprocesseurs et, fondés principalement sur de nouvelles pompes à piston ou à diaphragme, des vannes proportionnelles et un traitement approfondi et automatique des chromatogrammes, ils sont devenus des appareils très perfectionnés, d'un emploi simple et agréable.

Les méthodes de détection ont également beaucoup progressé, qu'il s'agisse de méthodes nouvelles comme la détection électrochimique ou conductométrique ou de la spectrométrie de masse qui, associée aux microcolonnes, constituera le progrès essentiel des prochaines années. Mais l'on n'aurait garde d'oublier, pour la grande majorité des séparations, les performances accomplies par la détection absorptiométrique avec des appareils utilisables à partir de 190 nm et avec des sensibilités qui atteignent 1 millième d'unité d'absorbance pleine échelle.

Cet ensemble d'innovations nous a conduits à réécrire presque complètement ce manuel qui n'a plus guère en commun avec la première édition que son titre et son état d'esprit : choisir la méthode chromatographique la plus performante en allant au plus court. Inévitablement, cela a conduit à un ouvrage beaucoup plus volumineux — et, par suite, plus onéreux — ce dont nous nous excusons auprès de nos lecteurs.

Cet ouvrage a bénéficié des travaux de thèse qui ont été menés au Laboratoire de Chimie analytique de l'ESPCI, aussi est-il dédié à nos jeunes chercheurs, modernes « compagnons » sans lesquels il n'est pas de recherche féconde. Bien que nous ne puissions les citer ici ils reconnaîtront sans peine certains de leurs travaux dans les pages qui suivent.

Disons aussi que cet ouvrage a été enrichi par les stages de formation à la chromatographie en phase liquide que nous organisons à l'Ecole Supérieure de Physique et de Chimie de Paris depuis 1974. Quelques 30 stages auxquels ont participé plus de 600 personnes ont contribué à ce livre qu'il s'agisse des questions qui nous ont été posées par les débutants ou des discussions approfondies que nous avons eues avec les chromatographistes expérimentés qui ont suivi nos stages de perfectionnement.

Nos remerciements vont aussi aux Sociétés industrielles avec lesquelles nous collaborons régulièrement, Rhône-Poulenc Industries, Société Nationale Elf-Aquitaine, Compagnie Française de Raffinage pour ne citer que les principales et sans l'aide desquelles nombre de travaux n'auraient pu être menés à bien.

Enfin, nous accueillerons avec gratitude les suggestions et les critiques que l'on voudra bien nous adresser.

AVANT-PROPOS

de la première édition

Longtemps délaissée la chromatographie en phase liquide connaît un renouveau remarquable et s'impose aujourd'hui avec la même vigueur et le même succès que la chromatographie en phase gazeuse il y a vingt ans.

Si elles ont le même dessein, réaliser des séparations avec une grande résolution en un temps aussi court que possible, les modes de raisonnement et la mise en œuvre de la chromatographie en phase liquide et de la chromatographie en phase gazeuse sont très différents et le passage de la seconde à la première ne se fait pas sans difficulté.

Depuis 1974 notre Laboratoire organise régulièrement des stages de formation en chromatographie en phase liquide dont la caractéristique essentielle est de faire pratiquer la méthode sur un grand nombre d'exemples de séparations ainsi que les opérations annexes (mais combien essentielles) telles que le remplissage des colonnes chromatographiques. Le succès remporté par ces stages et les demandes de nos stagiaires nous ont incités à rassembler dans ce manuel notre expérience de ces dernières années afin d'offrir au nouveau venu l'essentiel de ce qu'il doit connaître pour pratiquer efficacement la chromatographie en phase liquide.

Comme nous le soulignons dans le titre il s'agit d'un manuel pratique ce qui signifie que s'il est fait souvent appel à la théorie c'est avec un minimum de démonstrations et de mathématiques en essayant de ne retenir des théories que ce qui peut guider l'analyste dans le choix d'une méthode et dans sa mise en œuvre. C'est ainsi par exemple que les problèmes d'optimisation qui, ici, sont essentiels ont été traités avec le souci constant de conduire aux séparations les plus simples avec des contraintes technologiques aussi allégées que possible.

L'appareillage est décrit avec beaucoup de détail ; la technique est actuellement nettement plus onéreuse que la chromatographie en phase gazeuse et le choix d'un appareil ne doit pas être fait à la légère ; c'est pourquoi nous insistons sur chacun des éléments des chromatographes, pompes, injecteurs, détecteurs, etc.

Aussi perfectionné que soit l'appareillage le nerf de toute séparation reste la colonne chromatographique qui doit être l'objet de soins exigeants. Son remplissage a été tout spécialement étudié.

Le choix d'une méthode face à un problème donné est notablement plus compliqué ici qu'en chromatographie en phase gazeuse en raison des interactions supplémentaires entre la phase mobile et, d'une part, le soluté, d'autre part, la phase stationnaire. Or la connaissance de ces interactions (et de celles entre soluté et phase fixe) est encore trop souvent insuffisante et empirique. Nous avons essayé de rassembler de façon simple les principales règles qui président au choix des différentes méthodes de la chromatographie en phase liquide : adsorption, partage, échange d'ions et, surtout, nous avons cherché à montrer comment on pouvait raisonner une séparation.

Tous les types de chromatographie en phase liquide ont été traités de manière approfondie sauf la chromatographie d'exclusion qui n'est abordée que de façon sommaire. Il s'agit en effet d'une technique qui est un peu à part de la chromatographie en phase liquide rapide et pour laquelle il existe des ouvrages spécialisés.

Pour terminer nous ne saurions omettre de remercier très vivement la Société Varian et, tout particulièrement, MM. GEORGEN et MAJORS d'avoir bien voulu se charger d'éditer cet ouvrage et pour les encouragements qu'ils n'ont cessé de nous prodiguer tout au long de sa rédaction.

mars 1975

R. ROSSET, M. CAUDE, A. JARDY.

REMERCIEMENTS

La première édition de cet ouvrage a été publiée en 1975 par Varian S. A. Nous lui sommes reconnaissants de nous avoir autorisés à en confier la deuxième édition à Masson S. A.

Nos remerciements vont à Mmes Paulette RAMEAU, Françoise BUTTERFASS et Anne LEMAIRE qui ont dactylographié notre manuscrit et à M. Michel LOMONT auquel nous devons l'exécution des illustrations de cet ouvrage.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

- BPC (« Bonded Phase Chromatography ») : Chromatographie sur phases greffées.
- CC : Chromatographie en colonne.
- CCM : Chromatographie sur couche mince.
- CLG : Chromatographie liquide-gel.
- CLL : Chromatographie liquide-liquide.
- CLS : Chromatographie liquide-solide.
- CP : Chromatographie sur papier.
- CPG : Chromatographie en phase gazeuse.
- CPL : Chromatographie en phase liquide.
- GPC : (« Gel Permeation Chromatography ») : Chromatographie de perméation sur gel.
- GFC : (« Gel Filtration Chromatography ») : Chromatographie de filtration sur gel.
- HEPT : Hauteur équivalente à un plateau théorique.

FACTEURS DE CONVERSION

Certaines conversions d'unité sont fréquentes en chromatographie en phase liquide.

1) Unités de longueur : les diamètres des colonnes sont souvent indiqués en pouce (inch) et l'on a : 1 pouce = 25,4 mm.

2) Unités de pression : dans la littérature anglo-saxonne on continue encore à utiliser la livre par pouce carré (pound per square inch ou p.s.i.) et l'on a : pression en pascal (Pa) = pression en p.s.i. \times 6 894,76 soit, sensiblement : pression en pascal = pression en p.s.i. \times $7 \cdot 10^3$. On utilise plus souvent comme unité de pression le bar et l'on a : 1 bar = 10^5 Pa d'où : pression en bar = pression en p.s.i. \times 0,07.

On a aussi : pression en bar = pression en atmosphère (atm) \times 1,013 25.

3) Unités de viscosité : dans le système SI, l'unité de viscosité (dynamique) est le pascal.seconde (Pa.s).

Dans de nombreuses tables, la viscosité est exprimée en centipoise (cP) et l'on a : 1 cP = 10^{-3} Pa.s.

4) Coefficient de diffusion D : on utilise le mètre carré par seconde ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$); dans les tables ils sont souvent exprimés en centimètre carré par seconde ($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) et l'on a : $D (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}) = D (\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}) \times 10^{-4}$.

MULTIPLES ET SOUS-MULTIPLES DU SYSTÈME SI

Facteur	Préfixe	Symbole
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10^1	deca	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

LISTE DES SYMBOLES

<i>A</i>	: Coefficient d'anisotropie d'écoulement (équation $h = f(v)$)
<i>A</i>	: Absorbance (autrefois densité optique)
<i>A_i</i>	: Aire du pic chromatographique du soluté <i>i</i>
<i>A_S</i>	: Surface occupée sur un adsorbant par une mole de soluté
<i>B</i>	: Coefficient de diffusion longitudinale (équation $h = f(v)$)
<i>b</i>	: Bruit de fond du détecteur
<i>C</i>	: Coefficient de résistance au transfert de masse (équation $h = f(v)$)
<i>C_D</i>	: Capacité disponible d'une phase stationnaire (mmol . g ⁻¹)
<i>C_E</i>	: Capacité propre d'un échangeur d'ions (meq . g ⁻¹)
<i>C_M</i>	: Concentration à l'équilibre du soluté dans la phase mobile
<i>C_{max}</i>	: Concentration du soluté au sommet d'un pic d'élution
<i>C₀</i>	: Concentration du soluté injecté
<i>C_S</i>	: Concentration à l'équilibre du soluté dans la phase stationnaire
<i>c</i>	: Concentration du soluté dans l'effluent
<i><u>D</u></i>	: Débit de la phase mobile
<i><u>D</u></i>	: Diamètre moyen des pores de l'adsorbant
<i>D_m</i>	: Coefficient de diffusion moléculaire du soluté dans la phase mobile
<i><u>D_S</u></i>	: Coefficient de diffusion moléculaire du soluté dans la phase stationnaire
<i><u>d</u></i>	: Libre parcours moyen d'une molécule de soluté dans la phase stationnaire
<i>d_c</i>	: Diamètre intérieur de la colonne chromatographique
<i>d_p</i>	: Diamètre des particules de phase stationnaire
<i>d_p'</i>	: Diamètre chromatographique des particules de phase stationnaire
<i>d_{tube}</i>	: Diamètre intérieur d'un tube de connexion
<i>E</i>	: Impédance de séparation
<i>E</i>	: Coefficient d'aplatissement (Excess) d'un pic d'élution en chromatographie préparative
<i>E₀</i>	: Énergie d'adsorption des molécules de soluté par unité de surface d'adsorbant dans les conditions d'activité standard ($\beta^* = 1$)
<i>E_S</i>	: « Effets secondaires » de la phase mobile en chromatographie d'adsorption
<i>F</i>	: Faraday
<i>f</i>	: Facteur de dilution apporté par la colonne chromatographique
ΔG^0	: Variation d'enthalpie libre de distribution du soluté entre les deux phases
<i>g</i>	: Accélération de la pesanteur
ΔH^0	: Variation d'enthalpie de distribution du soluté entre les deux phases
<i>H</i>	: Hauteur équivalente à un plateau théorique (HEPT)
<i>h</i>	: Hauteur de plateau réduite
<i>I</i>	: Intensité du rayonnement transmis
<i>I_f</i>	: Intensité du rayonnement émis en fluorescence
<i>I₀</i>	: Intensité du rayonnement incident
<i>I_p</i>	: Indice de performance
<i>i_t</i>	: Intensité du courant traversant un détecteur électrochimique

K	: Coefficient de distribution ou coefficient de partage
K_H	: Coefficient de la relation : : $H = K_H d_p^b \cdot u^n$
K_i	: Facteur de proportionalité ou coefficient de réponse
K^0	: Constante de perméabilité de la colonne chromatographique
K_{tr}	: Coefficient de transposition CPL-CCM
k'	: Facteur de capacité d'un soluté
k_A ou K_A	: Constante d'acidité d'un couple acide-base ($pK_A = -\log k_A$)
L	: Longueur de la colonne chromatographique
L_{tube}	: Longueur d'un tube de connexion
l	: Longueur réduite de la colonne chromatographique
l^*	: Chemin optique de la cellule de détection d'un détecteur absorptiométrique ou fluorimétrique
l_i	: Conductivité équivalente de l'ion i
l_i^0	: Conductivité équivalente limite (à dilution infinie) de l'ion i
M_E	: Masse de l'échantillon à analyser
M_I	: Masse de l'étalon interne I
M_0	: Moment d'ordre zéro d'un profil concentration-volume d'effluent
M_1	: Moment normalisé d'ordre 1 d'un profil concentration-volume d'effluent
M_i	: Moment normalisé centré d'ordre i d'un profil concentration-volume d'effluent ($i \geq 2$)
M_R	: Masse du composé à doser dans la solution étalon
M_S	: Masse molaire du solvant
m	: Masse molaire d'un groupement réactif d'un silane
m'	: Masse de phase stationnaire contenue dans une colonne chromatographique
m_i	: Masse de substance i ayant traversé un détecteur
N	: Nombre de plateaux théoriques contenus dans une colonne chromatographique
N_m	: Nombre de moles de substance transformées au cours de l'électrolyse dans un détecteur électrochimique
$N.S$: Surface hydrocarbonée greffée sur la silice
n	: Indice de réfraction d'un effluent
n'	: Nombre de sites actifs par nm^2 d'un adsorbant
\bar{n}	: Nombre moyen de groupements ayant réagi par molécule de silane
n_e	: Nombre d'électrons échangés dans une réaction électrochimique
n_i	: Indice de réfraction du soluté i pur
n_0	: Indice de réfraction de la phase mobile
Δn	: Variation d'indice de réfraction
P	: Coefficient de partage
P	: Solvant polaire (modificateur)
P'	: Paramètre de Rohrschneider
ΔP	: Perte de charge d'une colonne
p_i	: Fraction massique du soluté i dans l'effluent
PM	: Phase mobile
Q	: Charge échangée avec une électrode au cours d'une réaction électrochimique
Q^0	: Quantité de soluté injectée
Q_i^0	: Énergie d'adsorption d'un groupement i d'une molécule dans les conditions d'activité standard ($\beta^* = 1$)
Q_R	: Quantité de soluté récupérée
Q_s	: Quantité de soluté fixée à l'équilibre (saturation) par la phase stationnaire
q	: Coefficient de proportionnalité entre d^2 et d_p^2
q_i	: Quantité de soluté i injectée
R	: Constante des gaz parfaits

R^*	: Nombre de répétitions avant régénération de la colonne de neutralisation en chromatographie ionique
R_e	: Nombre de Reynolds
R_F	: Rapport de la distance parcourue par le soluté à celle parcourue par le front du solvant (rate factor)
R_h	: Rendement horaire en chromatographie préparative
R_I	: Réponse du réfractomètre
R_n	: Résolution après n cycles en chromatographie préparative avec recyclage
R_S	: Résolution
r_c	: Rayon d'un tube capillaire
S	: Soluté
S	: Coefficient d'asymétrie (Skewness) d'un pic d'éluion en chromatographie préparative
S_e	: Surface externe d'un solide poreux
S_i	: Surface interne d'un solide poreux
S_0	: Solubilité d'un soluté dans la phase éluante
S_p	: Surface spécifique
l	: Température absolue en K
T_{i_1}	: Taux d'impureté en composé 1 dans la fraction 2 (chromatographie préparative)
T_R	: Taux de récupération du produit injecté
t	: Temps de séjour moyen d'une molécule de soluté dans la phase stationnaire
t_0	: Temps de rétention nulle
t_R	: Temps de rétention d'un soluté
u	: Vitesse linéaire de la phase mobile en CPL ou en CCM
u'	: Vitesse linéaire du soluté en CCM
u_s	: Vitesse de sédimentation d'une particule sphérique en suspension dans un liquide
V	: Volume molaire d'un soluté
V_a	: Volume de phase mobile adsorbé par gramme d'adsorbant
V_c	: Volume d'une colonne chromatographique
$V_{dét}$: Volume d'une cellule de détection
V_i	: Volume interstitiel
V_M	: Volume de phase mobile contenu dans la colonne chromatographique ou sur la plaque
V_0	: Volume d'échantillon injecté
V_p	: Volume poreux de la phase stationnaire
V_R	: Volume de rétention d'un soluté
V_S	: Volume de la phase stationnaire contenue dans la colonne chromatographique
V_T	: Volume de perméation totale
W_a	: Masse d'adsorbant contenue dans une colonne chromatographique ou sur une plaque
X	: Taux de pontage d'une résine échangeuse d'ions (pourcentage en masse de divinylbenzène dans le copolymère)
x_i	: Fraction volumique du solvant i dans un mélange de solvants
y_i	: Fraction molaire du solvant i dans un mélange de solvants
Z	: Constante caractéristique d'un réfractomètre différentiel
z	: Déphasage entre les molécules de soluté situées dans les phases stationnaire et mobile
z_i	: Charge de l'ion i
α	: Sélectivité ou rétention relative

α_i	: Taux d'ionisation d'un électrolyte faible
β	: Coefficient de la relation $H = K_H d_p^\beta \cdot u^n$
β^*	: Activité d'un adsorbant (nombre sans dimension compris entre 0 et 1)
β_i	: Constante globale de formation de complexes
γ	: Facteur de tortuosité
δ	: Largeur à mi-hauteur d'un pic chromatographique
δ	: Paramètre de solubilité de Hildebrand
ε	: Absorptivité molaire (autrefois coefficient d'extinction moléculaire)
ε_c	: Porosité totale d'une colonne chromatographique
ε_0	: Énergie d'adsorption des molécules de phase mobile par unité de surface d'adsorbant dans les conditions d'activité standard ($\beta^* = 1$) ou « force éluante »
η	: Viscosité de la phase mobile
θ	: Intervalle de temps séparant deux injections consécutives en chromatographie préparative
λ	: Coefficient de proportionnalité dans l'équation de résistance au transfert de masse
Λ	: Conductivité d'une solution
v	: Vitesse réduite de la phase mobile
ρ	: Masse volumique de la phase mobile
ρ_l	: Masse volumique du solvant de remplissage
ρ_s	: Masse volumique de la phase stationnaire
σ	: Écart-type du pic chromatographique
σ_a^2	: Variance due au temps de réponse de l'amplificateur du détecteur
σ_c^2	: Variance due à la colonne chromatographique
$\sigma_{\text{dét}}^2$: Variance due au volume mort de la cellule de détection
σ_i^2	: Variance due au facteur i (extra-colonne) d'élargissement du pic
σ_T^2	: Variance totale exprimée en unité de temps
σ_{tube}^2	: Variance due au volume mort d'un tube de connexion
τ	: Constante de temps de l'amplificateur du détecteur
τ_i	: Teneur du constituant i dans un mélange
ϕ	: Facteur de résistance à l'écoulement de la phase mobile (loi de Darcy)
ψ	: Facteur d'association des molécules de solvant (relation de Wilke et Chang)
ω	: Largeur à la base d'un pic chromatographique