

## Initiation à l'étude expérimentale de la chromatographie en phase gazeuse Application à la mesure des coefficients de diffusion

par Gérard Charbit et Dimitri Rapakoulias

(Laboratoire de chimie-physique enseignement, E.N.S.C.P., 11, rue Pierre-et-Marie-Curie, Paris 5<sup>e</sup>)

Il est à peine schématique d'affirmer que, dans la majorité des cas, l'approche qu'ont les étudiants de cette technique se réduit à introduire dans un « appareil » un mélange plus ou moins complexe, pour en séparer les divers composants. Il est alors bon de savoir qu'une variation de température, de débit de gaz vecteur, ou qu'un changement de colonne peuvent améliorer la séparation.

S'il est exact que très souvent l'utilisation de la C.P.G. se résume à ce type d'opération, il faut constater que cette présentation des choses, laisse dans l'ombre l'aspect théorique, ainsi que les nombreuses applications possibles.

A partir de ces considérations, nous avons conçu au Laboratoire de chimie physique enseignement de 2<sup>e</sup> année, une manipulation destinée à initier les étudiants à la technique et la théorie en même temps. Le but recherché est la compréhension des phénomènes physiques de base et leur application à la mesure de paramètres. De ce fait nous nous sommes, autant que possible, limités à des concepts fondamentaux.

La manipulation est divisée en deux parties interdépendantes d'une journée chacune. La première est consacrée à l'étude de l'efficacité de la colonne et de l'influence de facteurs tels que le débit de gaz vecteur ou la température du four.

Durant la seconde journée, on présente une des applications possibles de la technique. La littérature en fournit de nombreux exemples (1, 2, 3, 4); pour ce qui nous concerne, le choix s'est porté sur la mesure des coefficients de diffusion de mélanges gazeux. La raison en est que, parallèlement, les notions de transfert de masse sont introduites à travers un cours de génie chimique.

Comme le montre le court rappel théorique suivant, la mesure des coefficients de diffusion est étroitement liée à la notion d'efficacité de colonne.

### Rappel théorique

En supposant un phénomène thermodynamique réversible, les pics obtenus sur un enregistreur, sont des courbes de Gauss d'écart type  $\sigma$ , et de largeur de base  $\omega$ . L'efficacité du système est alors mesurée par  $H$ , hauteur équivalente à un plateau théorique (H.E.P.T.), et représentée par le rapport de la variance  $\sigma^2$ , à la longueur de la colonne  $L$  (5). Sachant que  $\omega = 4\sigma$  et,  $\delta = 2,35\sigma$  ( $\delta$  est la largeur de pic à mi-hauteur), on peut alors utiliser une des

trois formules suivantes pour mesurer  $H$  :

$$H = \frac{\sigma^2}{L} \quad H = \frac{\omega^2}{16L} \quad H = \frac{\delta^2}{5,54L} \quad (I)$$

En pratique le nombre de plateaux théoriques  $n$ , est calculé par une des formules :

$$n = \left(\frac{d_r}{\sigma}\right)^2$$

$$n = 16 \left(\frac{d_r}{\omega}\right)^2$$

$$n = 5,54 \left(\frac{d_r}{\delta}\right)^2 \quad (II)$$

Dans ces équations,  $d_r$  désigne la distance de rétention, directement lue sur le chromatogramme.  $H$ ,  $L$ ,  $n$  sont liés par la relation :

$$H = \frac{L}{n} \quad (III)$$

### Influence de la vitesse du gaz vecteur

Moyennant certaines hypothèses, Van Deemter et coll. (6), ont établi l'équation suivante qui rend compte de l'influence de la vitesse du gaz vecteur sur l'efficacité de la colonne :

$$\bar{H} = A + \frac{B}{U_m} + CU_m \quad (IV)$$

$U_m$  est la vitesse moyenne du gaz vecteur dans la colonne,  $A$ ,  $B$ ,  $C$  sont des constantes et  $\bar{H}$  est la H.E.P.T. moyenne. En fait  $H$  varie le long de la colonne.

L'équation IV montre que l'étalement du pic résulte de trois effets :  $A$  mesure l'influence de la diffusion tourbillonnaire dans les canaux formés par le remplissage.  $B/U_m$  est la contribution de la diffusion moléculaire en phase gazeuse.  $CU_m$  est la résistance au transfert de masse en phase fixe.

Pour une colonne pleine, les variations de  $H$  en fonction de  $U_m$  sont donc représentées par une courbe de type hyperbolique (Figure 1).

### Influence de la température

De Wet et Pretorius (7) ont établi une équation analogue à la précédente et qui rend compte de l'effet de température sur  $H$  :

$$\bar{H} = A' + \frac{B'}{U_m} + C'U_m \quad (V)$$

La vérification expérimentale de cette équation est facilement réalisable. De cette

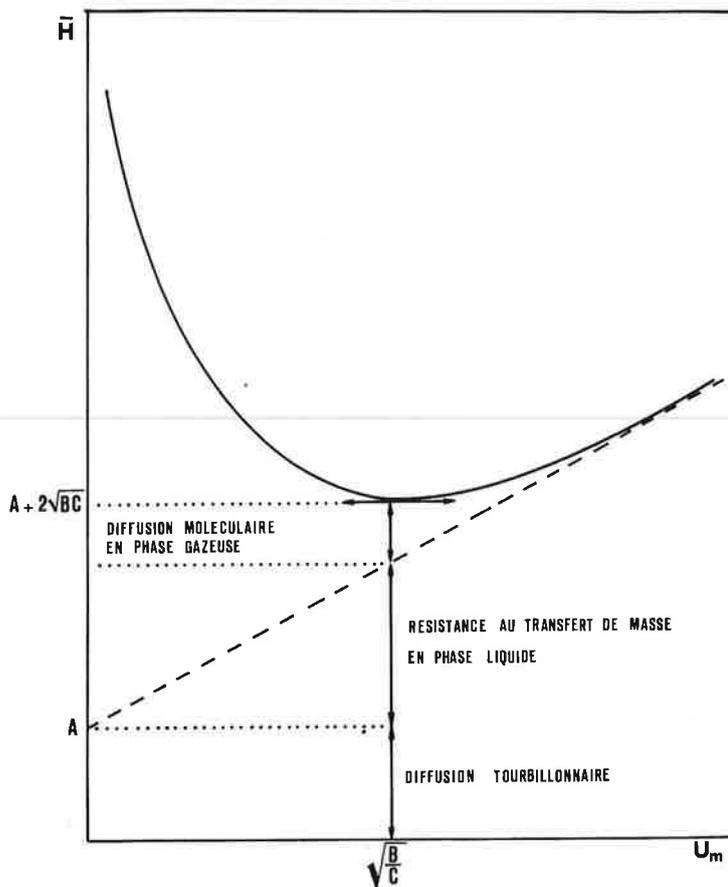


Figure 1. Exemple typique de courbe de Van Deemter.

façon en utilisant les représentations graphiques des équations IV et V on peut en théorie fixer les conditions optimales d'utilisation de la colonne. Il suffit pour cela de retenir les valeurs de  $U$  et de  $T$  correspondant au minimum de chacune des courbes.

L'effet de température peut également être mis en évidence sur les volumes de rétention. En considérant les équilibres liquide-vapeur, et en appliquant les lois de Dalton et Henry, on démontre que :

$$\log V_s = \frac{\Delta H}{RT} + C \quad (\text{VI})$$

$\Delta H$  : chaleur molaire partielle d'évaporation du soluté de la solution;  $C$  : constante,  $V_s$  : volume de rétention spécifique;  $V_s$  dépend de la masse de phase stationnaire, des volumes morts et du facteur correctif de compressibilité  $j$  de James et Martin défini par :

$$j = \frac{3(P_e/P_s)^2 - 1}{2(P_e/P_s)^2 + 1} \quad (\text{VII})$$

$P_e$  : pression d'entrée,  $P_s$  : pression de sortie.

En supposant négligeables les volumes morts de la colonne,  $V_s$  est proportionnel au volume de rétention  $V_r$ , lui-même proportionnel à  $d_r$ , distance de rétention. De ce fait la vérification de l'équation VI peut être remplacée par celle de la suivante :

$$\log d_r = \frac{\Delta H}{RT} + C' \quad (\text{VIII})$$

les différents coefficients de proportionnalité entrant dans la nouvelle constante  $C$  sous forme de leurs logarithmes.

#### Mesure des coefficients de diffusion des mélanges gazeux

Cette méthode a été tout d'abord proposée par Giddings (8) puis reprise par Grushka (9). Dans le cas d'une colonne vide l'équation qui lie  $H$  au coefficient de diffusion  $D$  est :

$$H = \frac{2D}{U} + \frac{R^2U}{24D} \quad (\text{IX})$$

ou :

$$HU = 2D + \frac{R^2U^2}{24D} \quad (\text{X})$$

$U$  représente la vitesse de la phase gazeuse moyennée sur la section de la colonne,  $R$  est le rayon de la colonne.

L'équation X montre que l'étalement du pic est le résultat de deux effets :

- le premier, représenté par le terme  $2D/U$ , est la contribution de la diffusion longitudinale due aux gradients de concentration,
- le second terme,  $R^2U/24D$ , traduit l'influence de la distribution parabolique des vitesses dans la colonne.

En fonction de la valeur de  $U$ , l'équation X peut prendre des formes simplifiées. Aux basses vitesses du gaz, le second terme est négligeable devant le premier et  $H$  est directement proportionnel à  $D$  :

$$H = \frac{2D}{U} \quad (\text{Xa})$$

Aux fortes vitesses, l'inverse se produit et  $H$  est inversement proportionnel à  $D$  :

$$H = \frac{R^2U}{24D} \quad (\text{Xb})$$

La transition d'une forme à l'autre intervenant lorsque :  $U = U_t$ .

$U_t$  est défini par :

$$U_t = \frac{4D\sqrt{3}}{R} \quad (\text{XI})$$

Cette valeur de  $U$  n'est autre que la vitesse optimale fournie par la courbe de Van Deemter en solutionnant

$$\frac{dH}{dU} = 0$$

#### Mode opératoire. Appareillage

L'appareil utilisé est un chromatographe Intersmat IGC 120 ML à catharomètre équipé de deux colonnes. L'une d'un diamètre de 1/8", réservée à la première partie de la manipulation, est une SE 30 10 % sur Chromosorb PAW 80/100 de 1,5 m de longueur. La seconde, une colonne vide de P.T.F.E. de 7 m de long et de 0,5 cm de diamètre interne, permet la mesure des coefficients de diffusion. Le gaz vecteur utilisé est l'hydrogène.

#### Première partie

Consacrée uniquement à l'aspect théorique, elle conduira les étudiants à interpréter les phénomènes observés. Les valeurs obtenues pour les H.E.P.T. sont évidemment caractéristiques de l'appareillage utilisé. La vérification de l'équation IV de Van Deemter est menée en injectant un mélange benzène-heptane-acétone, dans les conditions opératoires suivantes :

- température du four : 80 °C,
  - températures de l'injecteur et du détecteur : 100 °C,
  - débit de gaz vecteur : 0,8 à 2,5 l.h<sup>-1</sup> (vitesse : 3 à 10 cm/s).
- Le débit étant mesuré à la sortie par un débitmètre à bulles de savon, il est nécessaire de corriger cette valeur en tenant compte des deux facteurs suivants :
- la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de colonne,
  - le facteur de compressibilité  $j$  défini plus haut.

Les valeurs de  $H$  sont calculées à partir des équations II et III. Le nombre de plateaux théoriques  $n$ , est obtenu à partir de la formule qui prend en compte la largeur de pic à mi-hauteur  $\delta$ . L'utilisation de cette formule est la plus commode car il s'avère difficile de situer le point d'inflexion sur les pics et donc de mesurer  $\sigma$ . Par ailleurs avec des colonnes telles que SE 30, on note des traînées de pic sur les chromatogrammes pour des composés tels que l'acétone. Ceci rend hasardeuses la mesure et l'utilisation de  $\omega$ . Les résultats expérimentaux moyens peuvent être comparés au graphe de la figure 2.

Sur ce graphe, on peut constater que le minimum de la courbe relative à l'acétone est beaucoup plus marqué que celui des deux autres composés. L'explication en sera demandée aux étudiants; ceci les amènera à comparer la polarité de chacun des constituants du mélange à celle de la phase stationnaire. A partir des valeurs  $U_h$ ,  $U_b$ ,  $U_a$  des vitesses optimales, on fixera une valeur

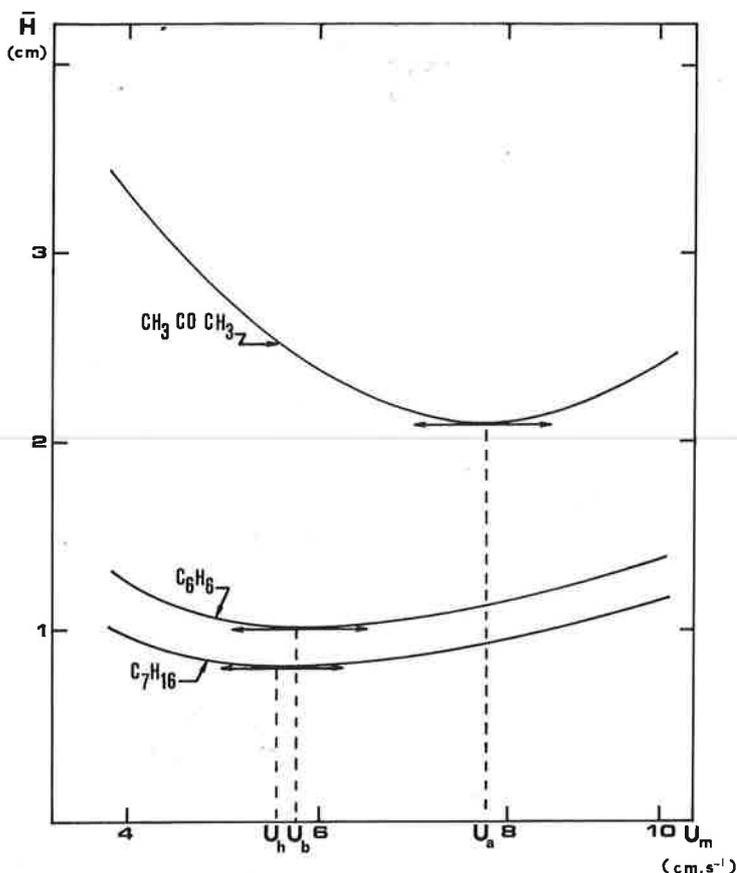


Figure 2. Influence de la vitesse du gaz vecteur sur la H.E.P.T. (moyennes des résultats expérimentaux).

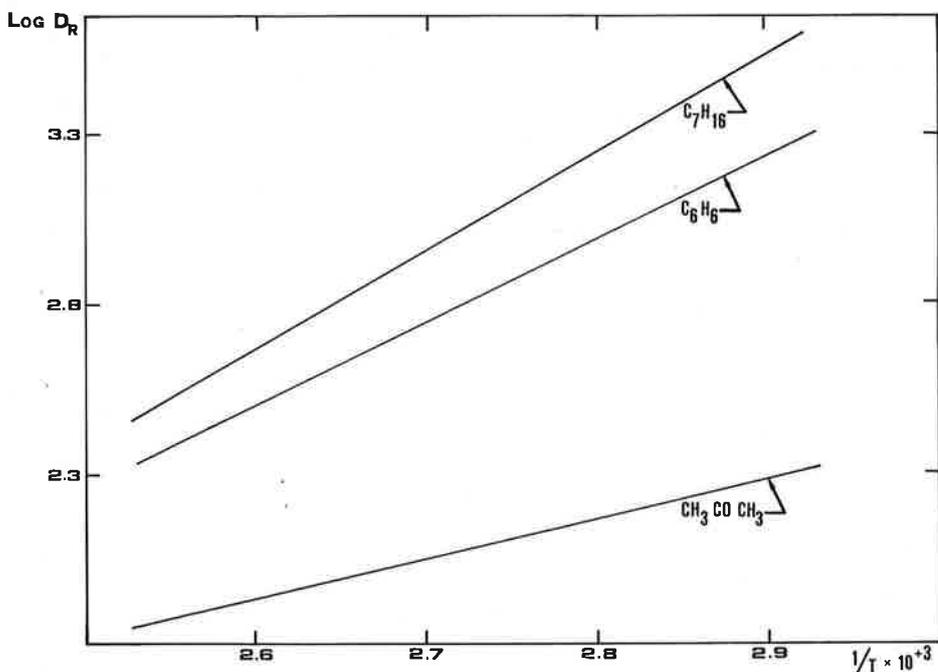


Figure 3. Influence de la température sur la distance de rétention (moyennes des résultats expérimentaux).

moyenne pour la suite de l'expérimentation. A titre indicatif et dans les conditions opératoires fixées plus haut, la vitesse optimum se situe aux environs de 6 cm.s<sup>-1</sup>. En fixant alors la vitesse du gaz vecteur à cette valeur, et en faisant varier de 70 à

110 °C la température du four, on procède à la vérification de l'équation VIII. Cette étude ne pose aucun problème si l'on prend soin de laisser la température se stabiliser correctement entre deux opérations successives. Les écarts à la linéarité

constatés pour le graphe  $\log d_r = f(1/T)$  sont en général dus à ce type d'erreur de manipulation. Les résultats obtenus par les étudiants sont comparables à ceux de la figure 3. Les pentes des droites fournissent les chaleurs molaires partielles des solutés de la solution.

#### Seconde partie

La mesure des coefficients de diffusion s'avère en général un peu plus délicate pour les étudiants. Deux types d'erreurs peuvent en effet intervenir dans cette partie de l'expérimentation :

- La première est due à la forme de la colonne. Théoriquement, celle-ci devrait être un tube long et linéaire, ce qui pose le problème de la taille du four. Celle-ci étant imposée, on doit donc enrouler la colonne sur elle-même. Cette façon de procéder a pour inconvénient de créer pour les gaz des « passages » de longueurs différentes et donc la possibilité d'un étalement supplémentaire du pic. Pour minimiser cet inconvénient, Giddings (8) propose de réaliser l'enroulement de façon telle que son diamètre soit 50 fois plus grand que celui du tube. Soit ici un diamètre minimum de 25 cm. Cependant, d'après Tijssen (10), aux basses vitesses de la phase gazeuse, les effets de ce phénomène sont négligeables.
- La seconde erreur commise est liée à la technique d'injection. Afin d'éviter un étalement supplémentaire du pic dû à une introduction « délayée » de l'échantillon, l'impulsion doit être aussi brève que possible. Ceci n'est correctement réalisé que si le chromatographe est équipé d'une vanne d'introduction de gaz. Lorsque, comme ici, ce n'est pas le cas, on doit se contenter d'une seringue pour effectuer l'opération. Les résultats s'avèrent cependant corrects pour peu que l'aiguille soit d'un diamètre suffisamment important, pour permettre un passage rapide de l'échantillon.

Pour calculer  $D$ , on peut soit porter sur un graphe  $HU = f(U^2)$  comme le suggère Giddings. La droite obtenue a pour pente  $R^2/24 D$ , et pour ordonnée à l'origine  $2 D$ . Quoique précise, cette méthode est longue et nécessite plusieurs injections pour le même composé avec variation du débit de gaz entre chaque opération.

Nous avons préféré à cette méthode celle qui consiste à mesurer directement  $D$  pour un seul débit de gaz vecteur. Cette façon de faire bien que moins précise que la précédente a l'avantage d'être bien plus rapide. De ce fait il est possible d'effectuer le calcul du coefficient  $D$  pour un plus grand nombre de composés et éventuellement de comparer les résultats obtenus à l'intérieur d'une même famille. L'intérêt didactique en est accru à condition que les étudiants soient conscients des erreurs encourues par la méthode.

Les hydrocarbures étudiés sont le méthane, le propane, le butane, l'isobutane et l'acétylène. Les conditions opératoires fixées sont :

- température du four : 50 °C,
  - températures de l'injecteur et du détecteur : 70 °C,
  - débit de gaz vecteur : 1,5 l.h<sup>-1</sup>.
- Après élution des composés, on calcule la H.E.P.T., comme pour la première partie de la manipulation. En utilisant une des deux formes de l'équation X on peut alors calculer  $D$ . Le choix de la forme (a) ou (b) devra être justifié. Les valeurs de  $D$  ainsi obtenues sont ensuite comparées à celles

théoriques que fournit l'équation de Gilliland (11) :

$$D = 0,0043 \frac{T^{3/2}}{P(V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (XII)$$

dans laquelle les définitions sont les suivantes :

- T : température du four en °K,
- P : pression absolue en atmosphères,
- V<sub>A</sub> : volume molaire du soluté à son point d'ébullition en cm<sup>3</sup>.mole g<sup>-1</sup>,
- V<sub>B</sub> : volume molaire du gaz vecteur à son point d'ébullition en cm<sup>3</sup>.mole g<sup>-1</sup>,
- M<sub>A</sub> : masse molaire du soluté en g,
- M<sub>B</sub> : masse molaire du gaz vecteur en g,
- D : coefficient de diffusion en cm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>.

Les volumes molaires V<sub>A</sub> et V<sub>B</sub> sont obtenus à partir de la règle de Le Bas (12).

Les moyennes des résultats expérimentaux sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1

Composé	D mesuré	D théorique
Méthane	0,781	0,769
Propane	0,505*	0,478
Butane	0,490	0,426*
Isobutane	0,466	0,426*
Acétylène	0,691	0,664

\* La règle de Le Bas ne permet pas de différencier les volumes molaires du butane et de l'isobutane et par conséquent leurs coefficients de diffusion. Cependant les travaux de Titani (13) montrent que le volume molaire de l'isobutane est légèrement

plus grand que celui du butane et par conséquent son coefficient de diffusion doit être inférieur. Les résultats du tableau 1 laissent apparaître des écarts allant de 1,5 à 13 % entre les valeurs théoriques et expérimentales. A l'exception du butane, la précision est donc satisfaisante. Les divergences constatées doivent être attribuées à deux causes :

- la méthode de calcul, comme il a été dit, n'est pas la plus précise qui soit,
- bien que l'on prenne soin d'en avertir les étudiants, la technique d'injection reste le point faible de l'expérimentation. Le fait que les résultats expérimentaux soient toujours aux valeurs théoriques en est la preuve.

Effectivement, une injection lente de l'échantillon accroît ce qui conduit à une diminution de H et corrélativement augmente D. C'est sur ce point que l'on insiste particulièrement, et c'est ce type de raisonnement qui est demandé aux étudiants dans la mesure où il leur est plus profitable, pour la compréhension des phénomènes fondamentaux, que la manipulation elle-même.

### Conclusion

Tout en s'attachant aux concepts théoriques, la manipulation décrite présente deux utilisations différentes de la chromatographie en phase gazeuse. Si fondamentalement elle reste une technique de séparation, elle permet également la mesure de nombreux paramètres physiques.

L'application choisie, montre qu'il est possible d'obtenir, avec un équipement simplifié, des valeurs assez précises des coefficients

de diffusion, pour divers hydrocarbures dans l'hydrogène ou d'autres gaz vecteurs. Les résultats expérimentaux comparés entre eux sont également vérifiés par la théorie. La justification des écarts constatés, amènera les étudiants à considérer un certain nombre de phénomènes liés à l'écoulement des fluides et au transfert de masse.

### Bibliographie

- (1) R. S. Hansen, U. A. Murphy et T. C. Mac Gee, *Trans. Far. Soc.*, 1964, **60**, 597.
- (2) A. Kwantes et G. W. A. Rijnders, *Gas Chromatography*, D. H. Desty, Londres, 1958, p. 125.
- (3) S. Evered et F. H. Pollard, *Jour. of Chromat.*, 1960, **4**, 451.
- (4) D. E. Martire et L. Z. Pollara, *Jour. of Chem. Eng. Data*, 1965, **10**, 40.
- (5) J. C. Giddings, « Dynamics of Chromatography », M. Dekker, New York, 1965.
- (6) J. J. Van Deemter, J. F. Zuyderweg et A. Klinkenberg, *Chem. Eng. Sci.*, 1956, **5**, 271.
- (7) W. J. De Wet et V. Pretorius, *Anal. Chem.*, 1960, **30**, 325.
- (8) J. C. Giddings et S. L. Seager, *Jour. Chem. Phys.*, 1960, **33**, 1579.
- (9) E. Grushka et V. Maynard, *Jour. of Chem. Educ.*, 1972, **49**, 565.
- (10) R. Tijssen, *Chromatographia*, 1970, **3**, 535.
- (11) Gilliland, *Ind. and Eng. Chem.*, 1934, **28**, 681.
- (12) Le Bas, « The molecular volumes of liquid chemical compounds », Longmans, Londres, 1915.
- (13) Titani, *Bul. Chem. Soc. of Japan*, 1930, **5**, 41.

## Enseignement supérieur : nomination, inscription

### I. Note à l'attention des candidats

Le Service des Personnels enseignants et techniques du Secrétariat d'État aux Universités a diffusé récemment une "Note à l'attention des candidats à une nomination dans l'enseignement supérieur ou une inscription sur une liste d'aptitude".

Nous reproduisons ici cette note pouvant être utile à nos lecteurs, qui complète et met à jour les souhaits du Comité Consultatif, précédemment diffusés par *L'actualité chimique*. La présente note tient compte des souhaits formulés par diverses sections du Comité Consultatif, soucieuses de pouvoir juger en connaissance de cause les mérites des candidats qu'elles ont à examiner.

Quelques points méritent des commentaires.

#### 1. Partie à remplir par le candidat

##### Curriculum-vitae

Ne détaillez ce curriculum-vitae qu'avec mesure, en y incluant les facteurs susceptibles d'aider votre Rapporteur. Par exemple, la liste de vos certificats de Maîtrise, avec leurs dates et mentions, sera peut-être utile pour une inscription sur la L.A.F.M.A. Elle sera sans doute inutile pour une inscription sur la L.A.F.M.C.

##### Missions et stages

Mentionnez spécialement les stages de longue durée, et les résultats obtenus. S'il s'agit de stages à l'étranger, faites envoyer directement au Secrétariat d'État aux Universités, les attestations éventuelles des responsables de votre activité durant ces stages. Donnez à ces respon-

sables (Professeurs étrangers, Chefs de laboratoires, Industriels, etc.) toutes les indications nécessaires pour que ces pièces soient bien jointes à votre dossier (N<sup>os</sup> de Section et Sous-Section).

##### Documents joints

Dans toute la mesure du possible, sélectionnez ces documents en fonction du but à atteindre : vous présenter à la Section par l'intermédiaire de votre Rapporteur. Évitez les doubles emplois : de nombreux dossiers comprennent plusieurs exemplaires des tirés à part, ou même des thèses (par exemple, en version photocopiée et en version imprimée !).

En ce qui concerne les attestations, évitez les lettres dithyrambiques et non confidentielles : elles n'ont aucun poids, même quand elles viennent de l'étranger : faites adresser ces attestations directement au Secrétariat d'État aux Universités.

##### Activités d'enseignement

Les précisions utiles peuvent être d'ordre quantitatif (durée, effectifs) et d'ordre qualitatif (nature et qualité des enseignements). Si les activités d'enseignement sont parfois insuffisamment prises en compte, c'est surtout parce que les dossiers remis permettent mal d'apprécier leur valeur réelle : les appréciations des responsables des services d'enseignement sont presque uniformément excellentes, et peu explicites. Des documents pédagogiques pourront être joints en annexe : choisissez-les de façon à illustrer votre activité, mais n'alour-

dissez pas inutilement votre dossier par des photocopies volumineux. Dans l'enseignement donné aux adultes, en formation continue, il est souvent possible d'obtenir une évaluation objective de votre efficacité ; n'hésitez pas à la solliciter du responsable de la Mission de Formation Continue de votre Université. Distinguez bien vos activités de participant (par exemple, stages, etc.), d'intervenant (en précisant l'ampleur de votre responsabilité), et d'animateur ou d'organisateur (en précisant en quoi consiste votre rôle).

Dans le cas où vous n'avez pas exercé de fonctions enseignantes au sens strict, votre Rapporteur cherchera à se convaincre que vous avez bien les aptitudes requises. Aidez-le, notamment en détaillant les colloques, congrès, etc., où vous avez parlé en public, les conférences sur invitation que vous avez prononcées, les séminaires que vous avez organisés, etc.

##### Activités de recherche

Cherchez, dans l'exposé de vos résultats et de vos projets, à dégager l'essentiel en renvoyant à vos publications ou rapports, en Annexe, pour les détails : un exposé long, touffu, sera apparemment impressionnant mais sa lecture ne convaincra peut-être pas vos Rapporteurs. Le nombre des Rapporteurs, dans une Section, est limité, et toutes les micro-spécialités ne peuvent pas être représentées ; adressez-vous donc à votre Rapporteur, dans votre exposé, comme à un collègue compétent, intéressé, a priori bienveillant, mais pas nécessairement spécialiste averti de votre domaine précis !

Dans le cas où vous participez à des recherches pédagogiques, décrivez vos tentatives, et vos résultats. Joignez tous les documents (publications, rapports, évaluation pour les participants, etc.) permettant de juger le succès de vos entreprises. Mentionnez toutes les mesures prises pour assurer à celles-ci un caractère scientifique :

- participation de psycho-pédagogie, à des cellules pédagogiques des Missions de Formation Continue ou des IREM, par exemple ;

- publications dans des revues internationales de pédagogie ;

- collaboration avec des membres de la 8<sup>e</sup> section du Comité consultatif des universités (sciences de l'Éducation), etc.

Si votre activité de recherche vous paraît ne pas être liée à la didactique d'une discipline scientifique, mais à des problèmes généraux des sciences de l'éducation, cherchez à vous faire juger par la 8<sup>e</sup> section, dont c'est le rôle.

#### Activités administratives et autres responsabilités collectives

Détaillez toutes les responsabilités que vous avez assumées : gestion de laboratoire ou de bibliothèque, Direction d'U.E.R., tâches administratives diverses, participation à la mise en place d'enseignements nouveaux, d'organismes nouveaux (formation continue, etc.), responsabilités culturelles, etc. Ces indications devraient permettre au Rapporteur de se faire une idée précise de votre personnalité et de vos capacités d'organisateur, de responsable. Si, bien souvent, une Section paraît tenir peu compte des responsabilités collectives assumées, c'est parce que celles-ci sont généralement présentées de façon très peu convaincante : il devient alors difficile de distinguer celles qui constituent un élément positif de choix, de celles qui illustrent les tendances d'un candidat à fuir ses responsabilités normales d'enseignant ou de chercheur. Soyez donc clair sur ce point.

#### 2. Avis demandés sur le candidat

Le rôle de ces avis est important, s'ils sont francs, nuancés et explicites. En demandant que

ces avis soient rédigés par votre Directeur de recherche, votre Directeur d'U.E.R., le Professeur étranger chez lequel vous avez travaillé en stage, etc., insistez pour obtenir des appréciations de ce type. Le plus souvent, ceci n'est réalisable, en fait, que si ces appréciations sont confidentielles, bien que l'essentiel ne réside pas dans le secret, mais dans la franchise, les nuances et le caractère explicite des avis. Les remarques qui suivent s'adressent donc surtout aux rédacteurs de ces avis.

#### Avis confidentiel du Directeur du service d'enseignement

En « formation initiale », c'est-à-dire dans l'enseignement supérieur classique, cet avis est souvent difficile à formuler. Par exemple, un maître-assistant est souvent, en fait, indépendant, et l'avis du professeur « responsable » de son service repose alors sur des on-dit ou sur une impression globale. Plutôt que de se référer à des « dons pédagogiques certains », ou à une « satisfaction générale des étudiants » (dont on ne sait ni comment la contrôler, ni comment l'interpréter), il serait plus efficace de présenter l'étendue réelle des responsabilités du candidat.

En « formation continue », il est parfois plus facile de disposer de documents utilisables, si la Mission de Formation Continue dispose d'un responsable pédagogique habitué à évaluer l'impact des sessions (questionnaires d'évaluation remplis par les stagiaires, avis d'institutions demanderesse de formation sur la manière dont les objectifs annoncés ont été atteints, éventuellement avis des coanimateurs). Il peut être de l'intérêt du candidat de solliciter l'envoi confidentiel de ces avis, même si, pour l'essentiel, il en a été déjà informé lors de l'évaluation des stages auxquels il a participé.

#### Avis confidentiel du Directeur du Service de recherche

Cet avis pourra porter surtout sur les aspects qui ne peuvent apparaître dans le rapport personnel du candidat. Par exemple : quelle part personnelle a-t-il prise dans l'élaboration de

ses travaux de recherche, dans leur interprétation ? Quel rôle d'initiation joue-t-il dans le laboratoire ? A-t-il pris part à des travaux d'autres chercheurs ? Peut-on évaluer son rayonnement scientifique ? Si plusieurs candidats sont dans le même laboratoire, peut-on préciser leurs rôles respectifs ? etc. Par contre, il est rarement utile de résumer à nouveau les résultats obtenus par le candidat et ses projets, qu'il décrit lui-même par ailleurs.

Le Directeur du Service de recherche pourra également chercher à fournir des copies d'attestations qu'il a antérieurement rédigées sur le candidat pour d'autres buts (présentation à un prix, présentation à une bourse de stage à l'étranger, etc.), et d'attestations reçues à son sujet à l'issue de stages de longue durée.

Il est rappelé, par ailleurs, qu'il y a lieu de faire adresser au Secrétariat d'État aux Universités, par les Universités de thèse : les rapports de soutenance de doctorat de 3<sup>e</sup> cycle ou de doctorat d'État, et, pour tous les doctorats d'État nouveau régime, les rapports préalables à la soutenance.

#### Avis confidentiel du Chef de l'Établissement

Cet avis est relatif aux activités « visibles » au niveau du Directeur d'U.E.R. ou du Président de l'Université. Il n'est utile au Rapporteur sous la forme habituelle que s'il est défavorable ou nuancé. Il serait utile qu'il cherche à préciser l'efficacité du candidat dans les responsabilités collectives qu'il a assumées : A-t-il été un Directeur d'U.E.R. ou un chef de département d'I.U.T. efficace ? Pourquoi a-t-il été remplacé dans ce poste ? Participe-t-il volontiers, et efficacement, aux tâches d'information et d'orientation ? etc.

#### Conseil final

Une fois votre dossier constitué, passez-le en revue vous-même, d'une façon critique, en vérifiant qu'il contient bien toutes les informations que vous cherchez à transmettre à la Section, et qu'il est clair et concis.

## II. Questionnaire destiné au rapporteur d'une candidature à l'inscription sur une liste d'aptitude

Le rapporteur est prié de vérifier si le dossier remis permet de répondre aux questions ci-dessous. Si ce n'est pas le cas, et s'il le juge utile, il est prié de demander les renseignements complémentaires au candidat, par l'intermédiaire du président de la Section, pour respecter l'anonymat des rapports.

Les renseignements fournis par les réponses au questionnaire ne devront pas être utilisés rigideusement pour le rapport, et les questions posées ne devront pas constituer des conditions restrictives se superposant aux conditions légales d'inscription. Ces renseignements fourniront simplement une base objective de comparaison entre les divers dossiers ; en dehors des conditions légales d'inscription, les rapporteurs devront fonder leur jugement sur l'ensemble de l'activité professionnelle des candidats (enseignement, recherche, activités d'animation) ; *Aucun questionnaire ne peut permettre de définir des conditions d'inscription automatique sur une liste d'aptitude.*

#### LAFMA

- Ancienneté du candidat dans l'enseignement supérieur (3 ans ou plus).

- Expérience d'enseignement : nature (TP, TD, cours), niveau (1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> cycles), durée (en heures annuelles d'enseignement).

- Si le candidat n'appartient pas à l'enseignement supérieur, a-t-il participé à un enseignement ; de quels nature, niveau, durée ?

- Diplômes : éventuellement École, Agrégation.

- Thèse soutenue : nature (3<sup>e</sup> cycle, État, Docteur ingénieur, pharmacie) ; durée.

- Publications : nombre et nature ; attention de bien distinguer publications écrites (notes préliminaires et mémoires définitifs) et communications orales (exposés brefs et conférences).

#### LAES

- Date d'inscription sur la LAFMA.

- Le candidat a-t-il déjà été candidat à la LAES ?

- Ancienneté dans l'enseignement supérieur.

- Expérience d'enseignement : nature (TP, TD, cours), niveau (1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> cycles, formation continue), durée (en heures annuelles d'enseignement) ; le candidat a-t-il fait preuve d'innovation pédagogique ?

- Si le candidat n'appartient pas à l'enseignement supérieur, a-t-il participé à un enseignement ; de quels nature, niveau, durée ?

- Le candidat a-t-il participé à des activités d'animation (au sens le plus large du terme) ?

Diplômes : éventuellement École, Agrégation.

- Nombre d'années consacrées à la préparation de la thèse.

- Les résultats essentiels de la thèse sont-ils publiés ?

- sous quelle forme (notes et/ou mémoires) ?

- En cas d'auteurs multiples, ces notes ou mémoires permettent-ils de préciser la part personnelle du candidat ?

- Autres travaux scientifiques.

#### LAMC

- Le candidat a-t-il déjà été candidat à la LAMC ?

- Date d'inscription sur la LAES ?

- Expérience d'enseignement : nature (TP, TD, cours), niveau (1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> cycles, formation continue), durée (en heures annuelles d'enseignement) ; le candidat a-t-il une expérience d'enseignement diversifiée, a-t-il certaines responsabilités d'enseignement, a-t-il fait preuve d'innovation pédagogique ?

- Le candidat a-t-il participé à des activités d'animation (au sens le plus large du terme) ?

- Présente-t-il des travaux scientifiques indépendants de sa thèse ? déjà publiés ? réalisés en partie dans un laboratoire différent du laboratoire d'origine ?

- Fait-il état de collaboration avec des chercheurs extérieurs à son laboratoire ?

- Le dossier contient-il une appréciation d'autres chefs de service avec lesquels le candidat a travaillé ? Ces appréciations comportent-elles une évaluation spécifique de l'avenir universitaire prévisible du candidat ?

- Le candidat a-t-il participé à des réunions professionnelles sélectives, sur invitation ou à assistance limitée ? Y-a-t-il présenté des communications ?

- A-t-il dirigé les recherches de chercheurs débutants ? État d'avancement de ces travaux.

- Indique-t-il un programme de recherches précis ?

- A-t-il (eu) une activité professionnelle en dehors du CNRS et de l'enseignement supérieur ?