

Algèbres Enveloppantes

J. Dixmier

1. Introduction. 1.1. Soit G un groupe de Lie réel connexe d'élément neutre e . Pour la convolution, les distributions sur G concentrées en e forment une algèbre U sur \mathbb{C} . L'ensemble des vecteurs tangents complexes à G en e est une sous-algèbre de Lie \mathfrak{g} de U , et \mathfrak{g} est l'algèbre de Lie complexifiée de G .

1.2. On peut construire U à partir de \mathfrak{g} de manière algébrique: soient T l'algèbre tensorielle de \mathfrak{g} , I l'idéal bilatère de T engendré par les $x \otimes y - y \otimes x - [x, y]$ où $x, y \in \mathfrak{g}$; l'algèbre T/I , notée $U(\mathfrak{g})$, s'appelle l'algèbre enveloppante de \mathfrak{g} . Le plongement naturel de \mathfrak{g} dans $U(\mathfrak{g})$ est le plongement universel de \mathfrak{g} dans une algèbre associative, d'où la notation $U(\mathfrak{g})$; et U s'identifie canoniquement à $U(\mathfrak{g})$. Si (x_1, \dots, x_n) est une base de \mathfrak{g} , les $x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \dots x_n^{\alpha_n}$ où $\alpha_1, \dots, \alpha_n \in \mathbb{N}$ forment une base de $U(\mathfrak{g})$, d'où une vue assez concrète de $U(\mathfrak{g})$. Beaucoup de problèmes relatifs à \mathfrak{g} ne se comprennent bien qu'après passage à $U(\mathfrak{g})$. On note $Z(\mathfrak{g})$ le centre de $U(\mathfrak{g})$.

1.3. Toute représentation (=rep.) linéaire π de \mathfrak{g} se prolonge de manière unique en une rep. π' de $U(\mathfrak{g})$. L'application $\pi \rightarrow \pi'$ est une bijection entre rep. de \mathfrak{g} et rep. de $U(\mathfrak{g})$, qui conserve l'équivalence et la simplicité.

1.4. Les démonstrations des résultats ci-dessous font appel à l'algèbre non commutative, à la théorie des représentations, à la géométrie algébrique, et à des méthodes analytiques (groupes de Lie).

1.5. L'algèbre $U(\mathfrak{g})$ est utile dans d'autres contextes: corps de base quelconque, algèbres de Moody-Kac, superalgèbres de Lie. Nous n'en parlerons pas.

2. Représentations de G , de \mathfrak{g} , de $U(\mathfrak{g})$. 2.1. Soit $U(\mathfrak{g})^\wedge$ l'ensemble des classes de représentations simples de $U(\mathfrak{g})$, ou de \mathfrak{g} . La recherche de $U(\mathfrak{g})^\wedge$ a longtemps paru impraticable. Pourtant, $U(\mathfrak{g})^\wedge$ vient d'être calculé quand par exemple \mathfrak{g} est

l'algèbre de Heisenberg de dimension 3 [2], [2 bis]. L'ensemble $U(\mathfrak{g})^\wedge$ est très gros, et a peu de liens avec les rep. de G .

2.2. N. Jacobson a associé à tout anneau, par exemple à $U(\mathfrak{g})$, l'espace topologique $\text{Prim } U(\mathfrak{g})$ formé de tous les idéaux primitifs de $U(\mathfrak{g})$. (Un idéal primitif est le noyau d'une représentation simple). On a une surjection évidente $U(\mathfrak{g})^\wedge \rightarrow \text{Prim } U(\mathfrak{g})$; bien que $U(\mathfrak{g})^\wedge$ soit énorme, $\text{Prim } U(\mathfrak{g})$ est raisonnable.

2.3. Soit π une rep. continue de G dans un espace de Banach H . On lui associe une rep. π' de \mathfrak{g} , donc de $U(\mathfrak{g})$: soit H' l'ensemble des $\xi \in H$ tels que la fonction $g \mapsto \pi(g)\xi$ sur G soit C^∞ ; H' est un sous-espace vectoriel dense de H ; tout $x \in \mathfrak{g}$ (réel) définit, par dérivation de $t \mapsto \pi(\exp tx)$, un endomorphisme $\pi'(x)$ de H' , d'où une rep. π' de \mathfrak{g} dans H' . Supposons π simple, au seul sens intéressant, i.e. *topologiquement*: tout endomorphisme continu de H est limite forte de combinaisons linéaires des $\pi(g)$, $g \in G$. Alors, malheureusement, π' n'est pas *algébriquement* simple. Mais $\text{Ker } \pi' \in \text{Prim } U(\mathfrak{g})$ [10].

En particulier, notant G^\wedge l'ensemble des classes de rep. unitaires simples de G , on a une application canonique $\theta: G^\wedge \rightarrow \text{Prim } U(\mathfrak{g})$. Soit $\text{Prim}_a U(\mathfrak{g})$ l'ensemble des idéaux primitifs de $U(\mathfrak{g})$ qui sont autoadjoints, i.e. invariants pour l'involution canonique de $U(\mathfrak{g})$. Alors $\theta(G^\wedge) \subset \text{Prim}_a U(\mathfrak{g})$. Si G est nilpotent simplement connexe, l'application $G^\wedge \rightarrow \text{Prim}_a U(\mathfrak{g})$ est bijective [8]; en général, elle n'est ni injective, ni surjective, mais les espaces G^\wedge et $\text{Prim}_a U(\mathfrak{g})$ ont quelque ressemblance. Conjecture: si G est algébrique, les fibres de θ sont finies.

2.4. Pour prouver que π simple \Rightarrow $\text{Ker } \pi'$ primitif, il faut certaines *caractérisations des idéaux primitifs*. Soit dans $U(\mathfrak{g})$ un idéal bilatère I , premier (i.e. tel que $u, v \in U(\mathfrak{g})$, $uU(\mathfrak{g})v \subset I \Rightarrow u \in I$ ou $v \in I$; un idéal primitif est premier), et considérons les conditions suivantes: (a) I est primitif; (b) soit A l'anneau de fractions de $U(\mathfrak{g})/I$ (qui existe et est un anneau de matrices d'après Goldie); alors le centre de A est C ; (c) l'intersection des idéaux primitifs qui contiennent strictement I est distincte de I . Alors (c) \Rightarrow (a) \Leftrightarrow (b) [10]. Si \mathfrak{g} est résoluble (et probablement en général), (c) \Leftrightarrow (a) [9]. Ces propriétés cessent d'être vraies en algèbre non commutative générale [16], [24].

3. Recherche de $\text{Prim } U(\mathfrak{g})$. 3.1. Pour calculer $\text{Prim } U(\mathfrak{g})$, on cherche à imiter pour $U(\mathfrak{g})$ les théorèmes de Mackey concernant les rep. induites [10], et la méthode des orbites de Kirillov.

3.2. La méthode des orbites réussit pour \mathfrak{g} *résoluble*. Soit \mathfrak{g}^* l'espace dual de \mathfrak{g} . Soit $f \in \mathfrak{g}^*$. On appelle polarisation de \mathfrak{g} en f une sous-algèbre de \mathfrak{g} qui est un sous-espace vectoriel totalement isotrope maximal pour la forme alternée $(x, y) \mapsto f([x, y])$ sur $\mathfrak{g} \times \mathfrak{g}$. Il existe des polarisations de \mathfrak{g} en f . Soit \mathfrak{h} l'une d'elles. La forme $f|_{\mathfrak{h}}$ est une rep. de dimension 1 de \mathfrak{h} . Soit ϱ la rep. "induite tordue" de \mathfrak{g} , i.e. associée au $U(\mathfrak{g})$ -module $U(\mathfrak{g}) \otimes_{U(\mathfrak{g})} C$, où C est considéré comme \mathfrak{h} -module via la forme $x \mapsto f(x) + (1/2) \text{tr ad}_{\mathfrak{g}/\mathfrak{h}} x$ sur \mathfrak{h} . Alors: (1) $\text{Ker } \varrho \in \text{Prim } U(\mathfrak{g})$; (2) $\text{Ker } \varrho$ ne dépend que de f et non du choix de \mathfrak{h} ; posons $\text{Ker } \varrho = I(f)$; (3) l'application $I: \mathfrak{g}^* \rightarrow \text{Prim } U(\mathfrak{g})$ est surjective; (4) soit Γ le

groupe adjoint algébrique de \mathfrak{g} , i.e. le plus petit groupe algébrique d'automorphismes de \mathfrak{g} dont l'algèbre de Lie contient $\text{ad } \mathfrak{g}$; alors $I(f) = I(f^*) \Leftrightarrow f^* \in \Gamma f$. On a donc défini une bijection $\mathfrak{g}^*/\Gamma \rightarrow \text{Prim } U(\mathfrak{g})$ [9]. Cette bijection est même un homéomorphisme pour \mathfrak{g} nilpotente [5]; on ignore s'il est de même pour \mathfrak{g} résoluble.

3.3. Pour \mathfrak{g} non résoluble, il y a de sérieuses difficultés. (a) Certains éléments de \mathfrak{g}^* sont non polarisables. Toutefois, disons que $f \in \mathfrak{g}^*$ est régulier si son stabilisateur dans \mathfrak{g} est de dimension minimale; l'ensemble τ des éléments réguliers est ouvert dans \mathfrak{g}^* pour la topologie de Zariski. Si $f \in \tau$, f admet une polarisation résoluble. (b) Si $f \in \mathfrak{g}^*$ admet 2 polarisations $\mathfrak{p}_1, \mathfrak{p}_2$, les idéaux obtenus comme en 3.2 par induction à partir de \mathfrak{p}_1 et \mathfrak{p}_2 peuvent être distincts. Toutefois, si \mathfrak{p}_1 et \mathfrak{p}_2 sont résolubles, l'idéal obtenu est le même pour \mathfrak{p}_1 et \mathfrak{p}_2 , et est primitif. On a donc défini une application $I: \tau \rightarrow \text{Prim } U(\mathfrak{g})$, constante sur les orbites du groupe adjoint algébrique Γ [9]. (c) Les idéaux $I(f)$ précédents sont complètement premiers [6] (un idéal I de $U(\mathfrak{g})$ est complètement premier si $u, v \in U(\mathfrak{g}), uv \in I \Rightarrow u \in I$ ou $v \in I$). Un idéal premier de $U(\mathfrak{g})$ est complètement premier si \mathfrak{g} est résoluble mais pas pour \mathfrak{g} quelconque. Soit $\text{Primc } U(\mathfrak{g})$ l'ensemble des idéaux primitifs complètement premiers de $U(\mathfrak{g})$. La méthode des orbites, sous la forme précédente, ne peut donner au mieux que $\text{Primc } U(\mathfrak{g})$.

3.4. Supposons $\mathfrak{g} = \mathfrak{sl}(n)$. Alors tout $f \in \mathfrak{g}^*$ est polarisable [25]. L'idéal obtenu comme en 3.2 est indépendant du choix de la polarisation, et est primitif; notons — le $I(f)$. L'application $I: \mathfrak{g}^* \rightarrow \text{Primc } U(\mathfrak{g})$ est constante sur les Γ -orbites, d'où une application de \mathfrak{g}^*/Γ dans $\text{Primc } U(\mathfrak{g})$ qui est injective [3], [4]. On ignore si elle est surjective. Elle l'est pour $n \leq 5$ [20]. La situation est moins bonne pour \mathfrak{g} semi-simple quelconque.

3.5. Après ce qu'on a dit en 3.3 (c), on peut tenter d'induire à \mathfrak{g} des rep. simples de dimension finie > 1 . Cela ne suffit pas, hélas, pour obtenir $\text{Prim } U(\mathfrak{g})$ tout entier: même pour $\mathfrak{g} = \mathfrak{sl}(n)$, les idéaux primitifs «non induits» sont assez nombreux [4]. Nous reviendrons sur le calcul de $U(\mathfrak{g})$ au § 6.

4. Le centre de $U(\mathfrak{g})$. 4.1. Soit $Z(\mathfrak{g})^\wedge$ l'ensemble des caractères de $Z(\mathfrak{g})$ (=homomorphismes de $Z(\mathfrak{g})$ dans \mathbb{C}). Si π est une rep. simple de $U(\mathfrak{g})$, $\pi|Z(\mathfrak{g})$ appartient à $Z(\mathfrak{g})^\wedge$ et ne dépend que de $\text{Ker } \pi$, d'où une application canonique $\varphi: \text{Prim } U(\mathfrak{g}) \rightarrow Z(\mathfrak{g})^\wedge$. Il importe donc de bien connaître $Z(\mathfrak{g})$.

4.2. Soit $S(\mathfrak{g})$ l'algèbre symétrique de \mathfrak{g} . Il existe une bijection linéaire β de $S(\mathfrak{g})$ sur $U(\mathfrak{g})$, la symétrisation, telle que $n! \beta(x_1 x_2 \cdots x_n) = \sum_{\sigma \in S_n} x_{\sigma(1)} x_{\sigma(2)} \cdots x_{\sigma(n)}$ quels que soient $x_1, \dots, x_n \in \mathfrak{g}$ (S_n : groupe symétrique); et β est un isomorphisme de \mathfrak{g} -modules pour les représentations adjointes. En particulier, notant $Y(\mathfrak{g})$ l'ensemble des invariants de $S(\mathfrak{g})$, on a $\beta(Y(\mathfrak{g})) = Z(\mathfrak{g})$. Si \mathfrak{g} est nilpotente, $\beta|Y(\mathfrak{g})$ est un isomorphisme d'algèbres de $Y(\mathfrak{g})$ sur $Z(\mathfrak{g})$. Pour \mathfrak{g} quelconque, considérons la fonction $x \mapsto (\det(\text{sh } \frac{1}{2} \text{ad } x / \frac{1}{2} \text{ad } x))^{-1/2}$ sur \mathfrak{g} au voisinage de 0; elle définit un opérateur de multiplication dans l'algèbre de séries formelles $S^\wedge(\mathfrak{g}^*)$ donc par transposition un opérateur différentiel d d'ordre infini dans $S(\mathfrak{g})$. L'application

$u \rightarrow d\beta^{-1}(u)$, où u parcourt $Z(\mathfrak{g})$, est un isomorphisme d'algèbres de $Z(\mathfrak{g})$ sur $Y(\mathfrak{g})$ [12]. Cela ramène l'étude de $Z(\mathfrak{g})$ à celle de $Y(\mathfrak{g})$.

4.3. Il peut arriver que $Z(\mathfrak{g})$ ne soit pas de type fini. Mais supposons \mathfrak{g} semi-simple. Soient \mathfrak{h} une sous-algèbre de Cartan de \mathfrak{g} , $r = \dim \mathfrak{h}$, W le groupe de Weyl, $S(\mathfrak{h})^W$ l'algèbre des éléments W -invariants de $S(\mathfrak{h})$. Il y a des isomorphismes connus $Y(\mathfrak{g}) \rightarrow S(\mathfrak{h})^W$ (Chevalley) et $Z(\mathfrak{g}) \rightarrow S(\mathfrak{h})^W$ (Harish-Chandra); ils sont liés à l'isomorphisme $Z(\mathfrak{g}) \rightarrow Y(\mathfrak{g})$ de 4.2 par un triangle commutatif. On sait que $S(\mathfrak{h})^W$ est une algèbre de polynômes à r générateurs, donc il en est de même de $Z(\mathfrak{g})$; on sait même décrire dans chaque cas des générateurs explicites de $Z(\mathfrak{g})$.

Les caractères de $S(\mathfrak{h})^W$ s'identifient aux W -orbites dans \mathfrak{h}^* . Compte tenu de l'isomorphisme de Harish-Chandra, on obtient une surjection $\lambda \mapsto \chi_\lambda$ de \mathfrak{h}^* sur $Z(\mathfrak{g})^\wedge$, et une bijection de \mathfrak{h}^*/W sur $Z(\mathfrak{g})^\wedge$.

4.4. Revenons au cas général. Soit $C^\infty(G)$ l'ensemble des fonctions complexes C^∞ sur G . Si $u \in U(\mathfrak{g})$ et $f \in C^\infty(G)$, on a $u * f, f * u \in C^\infty(G)$, et $f \mapsto u * f$ (resp. $f * u$) est un opérateur différentiel (OD) invariant à droite D_u (resp. à gauche D'_u) sur G ; l'application $u \mapsto D_u$ (resp. D'_u) est un isomorphisme (resp. antiisomorphisme) de l'algèbre $U(\mathfrak{g})$ sur l'algèbre des OD invariants à droite (resp. à gauche) sur G . Si $u \in Z(\mathfrak{g})$, on a $D_u = D'_u$ et $u \mapsto D_u$ est un isomorphisme de $Z(\mathfrak{g})$ sur l'algèbre des OD biinvariants sur G (exemple: les OD à coefficients constants sur \mathbb{R}^n). Grâce à 4.2, on montre que si Δ est un OD biinvariant sur G , et si $f \in C^\infty(G)$, il existe $g \in C^\infty(G)$ telle que $\Delta g = f$ au voisinage de e [12].

5. Modules de Verma. 5.1. On a dit que $U(\mathfrak{g})^\wedge$ est énorme. Mais pour \mathfrak{g} semi-simple, on sait construire des sous-ensembles intéressants de $U(\mathfrak{g})^\wedge$: on définit des «séries» importantes $(\varrho_\lambda)_{\lambda \in \Lambda}$ de rep. de \mathfrak{g} , qui sont simples pour les valeurs génériques de λ , et seulement de longueur finie pour certaines valeurs exceptionnelles de λ ; même pour ces valeurs, la considération des sous-quotients de ϱ_λ fournit bien entendu des éléments de $U(\mathfrak{g})^\wedge$. Parmi ces séries, citons les modules de Verma [26], les modules de Verma généralisés [23], les modules de Whittaker [21], les modules de Harish-Chandra et parmi eux les modules de la série principale algébrique [22] (liés à la série principale de G), les modules d'Enright-Varadarajan [13] (liés à la série discrète de G), généralisés par Enright-Wallach [14]. Cf. [15] pour les modules de Harish-Chandra indécomposables sur certaines algèbres \mathfrak{g} .

5.2. Parlons seulement des modules de Verma (qui servent d'ailleurs à étudier les autres modules de 5.1). Soient \mathfrak{h} une sous-algèbre de Cartan de \mathfrak{g} , $\mathfrak{b} \supset \mathfrak{h}$ une sous-algèbre de Borel, $\mathfrak{n} = [\mathfrak{b}, \mathfrak{b}]$, $\lambda \in \mathfrak{h}^*$, ϱ la demi-somme des racines > 0 . On prolonge λ par 0 sur \mathfrak{n} , d'où une rep. de dimension 1 de \mathfrak{b} . Par induction tordue à \mathfrak{g} , on obtient le \mathfrak{g} -module de Verma $M(\lambda)$, qui admet le caractère infinitésimal χ_λ . En tant que \mathfrak{h} -module, $M(\lambda)$ est somme directe de sous-espace poids de dimension finie; c'est le module universel parmi les modules engendrés par un vecteur de plus grand poids $\lambda - \varrho$. Avec les notations classiques, $M(\lambda)$ simple $\Leftrightarrow \lambda(H_\alpha) \notin \{1, 2, 3, \dots\}$ pour toute racine positive α . Donc $M(\lambda)$ est en général simple. Pour les valeurs

exceptionnelles de λ , les multiplicités des sous-quotients simples de $M(\lambda)$ ne sont pas entièrement connues. [7], [17].

5.3. Pour tout λ , $M(\lambda)$ admet un plus grand sous-module distinct de $M(\lambda)$; soit $L(\lambda)$ le module quotient. Quand λ est dominant entier, $L(\lambda + \rho)$ est le module simple de dimension finie bien connu de plus grand poids λ . La théorie des modules de Verma permet de retrouver bien des résultats classiques: formule des caractères de Weyl, formule de Kostant pour la multiplicité des poids, théorème de Bott-Kostant sur la cohomologie $H^*(\mathfrak{u}, L(\lambda))$, homomorphisme de Harish-Chandra, y compris dans le cas sphérique, etc. [1], [22].

6. Recherche de Prim $U(\mathfrak{g})$ (suite). 6.1. Conservons les notations de 4.3. et 5.3. Pour tout $\lambda \in \mathfrak{h}^*$, l'annulateur $J(\lambda)$ de $L(\lambda)$ appartient à Prim $U(\mathfrak{g})$. L'application composée

$$\mathfrak{h}^* \xrightarrow{J} \text{Prim } U(\mathfrak{g}) \xrightarrow{\varphi} Z(\mathfrak{g})^\wedge \xrightarrow{\sim} \mathfrak{h}^*/W$$

est la surjection canonique. L'application J est surjective [11].

6.2. L'ensemble Prim $U(\mathfrak{g})$ est donc «intermédiaire» entre \mathfrak{h}^* et \mathfrak{h}^*/W . Soient $\lambda \in \mathfrak{h}^*$, et λ^\wedge la W -orbite de λ ou le caractère correspondant de $Z(\mathfrak{g})$. Si $\lambda(H_\alpha) \notin \mathbb{Z}$ pour toute racine α , on a $\# \varphi^{-1}(\lambda^\wedge) = 1$. Mais la situation est beaucoup plus subtile quand par exemple λ est entier régulier; on a alors $2^r \ll \# \varphi^{-1}(\lambda^\wedge) \ll i$, où i est le nombre d'involutions de W ; ces inégalités sont strictes en général, mais $\# \varphi^{-1}(\lambda^\wedge) = i$ quand $\mathfrak{g} = \mathfrak{sl}(n)$ [19]; cf. [19] pour des conjectures quand $\mathfrak{g} \neq \mathfrak{sl}(n)$.

6.3. Fixons λ entier dominant. Quand w parcourt W , l'annulateur de $L(w\lambda)$ parcourt $\varphi^{-1}(\lambda^\wedge)$, d'où une surjection $W \rightarrow \varphi^{-1}(\lambda^\wedge)$. L'inclusion dans $\varphi^{-1}(\lambda^\wedge)$ définit par image réciproque un préordre et par suite une relation d'équivalence intéressants sur W [18].

6.4. Supposons \mathfrak{g} simple. L'ensemble Prim $U(\mathfrak{g})$ n'est complètement connu que pour $\mathfrak{g} = \mathfrak{sl}(n)$ ou \mathfrak{g} de rang ≤ 2 . Il est presque complètement connu pour \mathfrak{g} de rang 3.

Bibliographie

(Très incomplète; on trouvera dans [9] des références aux mémoires originaux.)

1. I. N. Bernstein, I. M. Gelfand and S. I. Gelfand, Publ. of 1971 Summer School in Math., Budapest, 1971.
2. R. E. Block, *The irreducible representations of the Weyl algebra A_1* (preprint); [2 bis] *Classification of the irreducible representations of $\mathfrak{sl}(2, C)$* (preprint).
3. W. Borho, Invent. Math. **40** (1977), 143—169.
4. W. Borho and J. C. Jantzen, Invent. Math. **39** (1977), 1—53.
- 5., 6. N. Conze, J. Algebra **25** (1973), 100—105; Bull. Soc. Math. France **102** (1974), 379—415.
7. V. V. Deodhar and J. Lepowsky, *On multiplicity in the Jordan-Hölder series of Verma modules* (preprint).
- 8., 9., 10. J. Dixmier, An. Acad. Brasil. ci. **35** (1963), 491—519; *Algèbres enveloppantes*, Gauthier-Villars, Paris, 1974; J. Algebra **48** (1977), 96—112.

- 11., 12. M. Duflo, *Ann. of Math.* **105** (1977), 107—120; *Ann. École Nat. Sup.* **10** (1977), 265—288.
13. T. J. Enright and V. S. Varadarajan, *Ann. of Math.* **102** (1975), 1—15.
14. T. J. Enright and N. R. Wallach, *The fundamental series of representations of a real semisimple Lie algebra*, (preprint).
15. I. M. Gelfand and V. A. Ponomarev, *Uspehi Mat. Nauk* **23** (1968), 3—60.
16. R. S. Irving, *Math. Z.* **160** (1978), 241—247.
17. J. C. Jantzen, *Moduln mit einem höchsten Gewicht* (preprint).
- 18., 19., 20. A. Joseph, *Gelfand-Kirillov dimension for the annihilators of simple quotients of Verma modules* (preprint); *Towards the Jantzen conjecture II* (preprint); *Kostant's problem, Goldie rank and the Gelfand—Kirillov conjecture* (preprint).
21. B. Kostant, *On Whittaker vectors and representation theory* (preprint).
- 22., 23. J. Lepowsky, *Trans. Amer. Math. Soc.* **176** (1973), 1—44; *J. Algebra* **49** (1977), 470—495.
24. M. Lorenz, *Math. Ann.* **225** (1977), 115—122.
25. H. Oseki and M. Wakimoto, *Hiroshima Math. J.* **2** (1972), 445—482.
26. D. N. Verma, *Bull. Amer. Math. Soc.* **74** (1968), 160—166 .

UNIVERSITÉ PARIS VI,
PARIS, FRANCE