THÉORIE DES GROUPES. — *Localisation de $\mathfrak{g}$-modules*. Note (*) d'**Alexandre Beilinson** et **Joseph Bernstein**, transmise par Pierre Deligne.

Dans l'étude des modules sur un anneau commutatif A, un rôle clef est joué par le foncteur de localisation qui identifie les A-modules avec les faisceaux quasi-cohérents sur Spec A. Nous montrerons comment construire un foncteur de localisation pour certains anneaux non commutatifs liés à une algèbre de Lie réductive $\mathfrak{g}$. Ce foncteur identifie les $\mathfrak{g}$-modules de caractère central régulier θ donné avec les faisceaux de modules quasi-cohérents sur une forme tordue, dépendant de θ, du faisceau d'anneaux des opérateurs différentiels sur la variété des drapeaux de $\mathfrak{g}$. En guise d'illustration, nous décrivons brièvement une nouvelle classification des modules de Harish-Chandra irréductibles et une preuve de la formule de multiplicité de Kazhdan-Lusztig.

One of the main tools in the study of modules over a commutative ring A is the localisation functor, identifying A-modules and quasi-coherent sheaves over Spec A. We show how to construct a localisation functor for certain non-commutative rings, related to a reductive Lie algebra $\mathfrak{g}$. This functor identifies $\mathfrak{g}$-modules with sheaves of modules over a ring of (twisted) differential operators over the flag manifold. So representation theory fits into the framework of algebraic geometry and the general theory of $\mathfrak{g}$-modules. As an illustration, we sketch a new classification of irreducible Harish-Chandra modules and a proof of Kazhdan-Lusztig multiplicity conjecture.

1. VARIÉTÉS $\mathscr{D}$-AFFINES. — Soit X une variété algébrique lisse sur un corps k algébriquement clos de caractéristique 0, $\mathcal{O}=\mathcal{O}_X$ le faisceau structural de X, $\mathscr{D}=\mathscr{D}_X$ le faisceau des opérateurs différentiels sur X, et $\mathscr{M}(\mathscr{D})$ la catégorie des faisceaux de $\mathscr{D}$-modules à gauche, quasi-cohérents en tant que $\mathcal{O}$-modules. Nous dirons que X est $\mathscr{D}$-affine si chaque faisceau $\mathscr{F}$ de $\mathscr{M}(\mathscr{D})$ est engendré (sur $\mathscr{D}$) par ses sections globales et que $H^i(X, \mathscr{F})=0$ pour $i>0$.

PROPOSITION. — *Si* X *est* $\mathscr{D}$*-affine, le foncteur sections globales* $\Gamma : \mathscr{F} \mapsto \Gamma(X, \mathscr{F})$ *est une équivalence de la catégorie* $\mathscr{M}(\mathscr{D})$ *avec la catégorie des* D*-modules, où* $D=\Gamma(X, \mathscr{D})$.

En effet, puisque $\Gamma(X, \mathscr{F})=\mathrm{Hom}_{\mathscr{M}}(\mathscr{D}, \mathscr{F})$, le fait que X est $\mathscr{D}$-affine signifie que $\mathscr{D}$ est un générateur projectif dans $\mathscr{M}(\mathscr{D})$. Puisque Γ conserve les sommes directes, l'assertion découle de la théorie générale des catégories (*voir* [1]).

Il est clair que chaque variété affine est $\mathscr{D}$-affine. La réciproque est fausse. Par exemple :

THÉORÈME. — *L'espace projectif* $\mathbb{P}^N$ *est* $\mathscr{D}$*-affine.*

Il résulte plus généralement des résultats de la section 2 ci-dessous que toutes les variétés de drapeaux G/P sont $\mathscr{D}$-affines.

Nous aurons besoin de faisceaux d'anneaux un peu plus généraux que $\mathscr{D}$. Considérons la catégorie des paires $(\mathscr{A}, i)$, où $\mathscr{A}$ est un faisceau de k-algèbres et $i : \mathcal{O} \to \mathscr{A}$ un morphisme de k-algèbres. Le faisceau d'anneaux $\mathscr{D}$, muni de l'inclusion naturelle i de $\mathcal{O}$ dans $\mathscr{D}$, appartient à cette catégorie. Les automorphismes de $\mathscr{D}$ sont déterminés par leur restriction aux opérateurs de dérivation par rapport à un champ de vecteurs; ce sont les $v \mapsto v - i(\langle \alpha, v \rangle)$, pour α une 1-forme fermée. Nous appellerons *anneau tordu d'opérateurs différentiels* (en abrégé t. d. o.) toute paire $(\mathscr{A}, i)$ localement isomorphe à la paire $(\mathscr{D}, i : \mathcal{O} \to \mathscr{D})$. Les t. d. o. correspondent bijectivement aux $\mathscr{Z}^1$-torseurs, où $\mathscr{Z}^1$ est le faisceau des 1-formes fermées.

Exemple. — Si $\mathscr{L}$ est un $\mathcal{O}$-module inversible, le faisceau d'algèbres $\mathscr{D}_{\mathscr{L}}$ des opérateurs différentiels de $\mathscr{L}$ dans $\mathscr{L}$ est un t. d. o. Le torseur correspondant est la différentielle logarithmique du $\mathcal{O}^*$-torseur correspondant à $\mathscr{L}$.

Nous désignerons par $\mathscr{M}(\mathscr{A})$ la catégorie des $\mathscr{A}$-modules quasi cohérents en tant que $\mathcal{O}$-modules, et nous dirons que X est $\mathscr{A}$-affine si chaque $\mathscr{F}$ dans $\mathscr{M}(\mathscr{A})$ est engendré par ses sections globales, et que $H^i(X, \mathscr{F})=0$ pour $i>0$.

2. Théorème principal. — Soit G un groupe connexe réductif sur k, $\mathfrak{g}=\mathrm{Lie}\ G$ son algèbre de Lie, $U=U(\mathfrak{g})$ l'algèbre enveloppante, et Z le centre de U. Soit X la variété des drapeaux complets du groupe G (i. e. la variété des sous-groupes de Borel de G), T_X le faisceau tangent de X, $\alpha : \mathfrak{g} \to T_X$ le morphisme d'algèbres de Lie défini par l'action de G sur X. Pour $x \in X$, soit B_x le sous-groupe de Borel correspondant, N_x son radical unipotent, $H=B_x/N_x$ le groupe de Cartan (les groupes de Cartan pour des points x distincts sont canoniquement isomorphes). Posons $\mathfrak{b}_x := \mathrm{Lie}\ B_x$, $\mathfrak{n}_x := \mathrm{Lie}\ N_x$, $\mathfrak{h} := \mathrm{Lie}\ H$. Soit $R \subset \mathfrak{h}^*$ l'ensemble des racines de $\mathfrak{h}$ dans $\mathfrak{g}$, R^+ l'ensemble des racines non contenues dans $\mathfrak{n}$ et ρ la demi-somme des racines contenues dans R^+.

Munissons $U^0 := \mathcal{O} \otimes_k U$ de la multiplication prolongeant la structure d'algèbre de U, et celle de $\mathcal{O}$-module de U^0 ($(f \otimes 1).x = f.x$), pour laquelle $[A, f]=\alpha(A) f$ pour $A \in \mathfrak{g}$ et f dans $\mathcal{O}$. Considérons la structure d'algèbre de Lie induite dans $\mathfrak{g}^0 := \mathcal{O} \otimes_K \mathfrak{g} \subset U^0$. Posons :

$$\mathfrak{b}^0 = \mathrm{Ker}(\alpha : \mathfrak{g}^0 \to T_X) = \{ \xi \in \mathfrak{g}^0 \mid \xi(x) \in \mathfrak{b}_x \text{ pour tout } x \in X \}.$$

Il est clair que $\mathfrak{b}^0$ et $\mathfrak{n}^0 = [\mathfrak{b}^0, \mathfrak{b}^0]$ sont des idéaux dans $\mathfrak{g}^0$, que $[\ ,\ ]$ est $\mathcal{O}$-linéaire dans $\mathfrak{g}^0$ et que $\mathfrak{b}^0/\mathfrak{n}^0 = \mathcal{O} \otimes_k \mathfrak{h}$.

Chaque poids $\chi \in \mathfrak{g}^*$ détermine un morphisme $\chi^0 : \mathfrak{b}^0 \to \mathcal{O}$. Posons $\mathcal{D}_\chi = U^0/\mathcal{I}_\chi$, où $\mathcal{I}_\chi$ est l'idéal engendré par les $\xi-(\chi-\rho)^0(\xi)$ pour ξ une section locale de $\mathfrak{b}^0$.

Exemple. — Si $\lambda \in \mathrm{Mor}(H, G_m)$ et que $\mathcal{O}(\lambda)$ est le G-faisceau inversible de $\mathcal{O}$-modules correspondant, alors $\mathcal{D}_{\mathcal{O}(\lambda)} = \mathcal{D}_{\lambda+\rho}$. En particulier, $\mathcal{D} = \mathcal{D}_\rho$.

Lemme. — 1. *$\mathcal{D}_\chi$ est un t. d. o.*

2. *Le morphisme $\sigma(\chi) : Z \to U^0 \to \mathcal{D}_\chi$ applique Z dans k. L'application $\sigma : \mathfrak{h}^* \to \mathrm{Spec}\ Z$ coïncide avec l'application de Harish-Chandra.*

3. $\Gamma(X, \mathcal{D}_\chi) = U_\theta = U/\mathrm{Ker}\,\theta.U$, *où θ est le morphisme $\sigma(\chi)$ de Z dans k.*

Les assertions 1 et 2 se vérifient immédiatement, tandis que l'assertion 3 se déduit du théorème de Kostant sur les fonctions sur le cône des éléments nilpotents (*voir* [2], chap. 8).

Supposons pour simplifier que $k=\mathbb{C}$. Les $d\lambda$, pour $\lambda \in \mathrm{Mor}(H, \mathbb{G}_m)$, définissent sur $\mathfrak{h}^*$ une structure entière, et donc une structure réelle. Nous dirons que $\chi \in \mathfrak{h}^*$ est dominant si sa partie réelle l'est (pour k quelconque, on pourrait plutôt utiliser de même une quelconque rétraction $\mathbb{Q}$-linéaire de k sur $\mathbb{Q}$).

Théorème principal. — *Si χ est dominant et régulier, alors X est $\mathcal{D}_\chi$-affine.*

Corollaire. — *Si χ est dominant et régulier, et que $\theta=\sigma(\chi)$, alors la catégorie* (U_θ-mod) *des $\mathfrak{g}$-modules de caractère central θ, est équivalente à la catégorie $\mathcal{M}(\mathcal{D}_\chi)$ de faisceaux de $\mathcal{D}_\chi$-modules sur X.*

Démonstration du théorème. — (i) Soit V un G-module irréductible, $\mathcal{V} = \mathcal{O} \otimes_k V$ le G-faisceau correspondant. Soit (V_i) une filtration $0=\mathcal{V}_0 \subset \mathcal{V}_1 \subset \ldots \subset \mathcal{V}_k = \mathcal{V}$ de V par des G-faisceaux de $\mathcal{O}$-modules, telle que les quotients $\mathcal{V}_i/\mathcal{V}_{i-1} \approx \mathcal{O}(\lambda_i)$ soient inversibles. Soient $\lambda=\lambda_k$ (le plus haut poids de V), $\mu=-\lambda_1$ (le plus haut poids de V*), $i : \mathcal{O}=\mathcal{V}_1(\mu) \to \mathcal{V}(\mu)$, $p : \mathcal{V} \to \mathcal{V}/\mathcal{V}_{k-1} = \mathcal{O}(\lambda)$ [ici, comme toujours, $\mathcal{V}(\mu) = \mathcal{O}(\mu) \otimes_{\mathcal{O}} \mathcal{V}$]. Pour chaque $\mathcal{O}$-module $\mathcal{F}$ posons :

$$i_{\mathcal{F}} = i \otimes \mathrm{id}_{\mathcal{F}} : \quad \mathcal{F} \to \mathcal{V} \otimes \mathcal{F}(\mu), \qquad p_{\mathcal{F}} = p \otimes \mathrm{id}_{\mathcal{F}} : \quad \mathcal{V} \otimes \mathcal{F} \to \mathcal{F}(\lambda).$$

(ii) Soit $\mathcal{F} \in \mathcal{M}(\mathcal{D}_\chi)$. Puisque $\mathcal{V}$, $\mathcal{O}(\lambda_i)$ sont des U^0-modules, les faisceaux $\mathcal{V} \otimes \mathcal{F}$, $\mathcal{V} \otimes \mathcal{F}(\mu)$, ... se munissent d'une structure de U-module naturelle (par la formule de Leibnitz). Les applications $i_{\mathcal{F}}$, $p_{\mathcal{F}}$ sont des morphismes de U^0-modules.

LEMME CLEF. — *Si* χ *est dominant,* $i_{\mathscr{F}}$ *possède un inverse à droite* $j_{\mathscr{F}}$ *(unique) dans la catégorie des faisceaux de* U*-modules. Si* χ *est de plus régulier,* $p_{\mathscr{F}}$ *possède un inverse à droite* $q_{\mathscr{F}}$ *(unique) dans la catégorie des faisceaux de* U*-modules.*

Remarque. — $j_{\mathscr{F}}$ et $q_{\mathscr{F}}$ ne sont pas des morphismes de $\mathscr{O}$-modules. Ce sont des opérateurs différentiels.

Considérons la filtration $\mathscr{V}_i \otimes \mathscr{F}(\mu)$ de $\mathscr{V} \otimes \mathscr{F}(\mu)$. On vérifie facilement que

$$\mathscr{V}_i \otimes \mathscr{V}(\mu)/\mathscr{V}_{i-1} \otimes \mathscr{F}(\mu) = \mathscr{F}(\lambda_i + \mu)$$

est un $\mathscr{D}_{\chi+\lambda_i+\mu}$-module. En particulier, Z y agit par le caractère $\theta_i = \sigma(\chi + \lambda_i + \mu)$. Le poids dominant $\chi = \chi + \lambda_1 + \mu$ n'est conjugué (relativement à l'action du groupe de Weyl) à aucun des poids $\chi + \lambda_i + \mu$ pour $i > 1$. Par conséquent, le théorème de Harish-Chandra implique $\theta_i \neq \theta_1$ pour $i > 1$. Donc il existe une projection $j_{\mathscr{F}} : \mathscr{V} \otimes \mathscr{F}(\mu) \to \mathscr{V}_1 \otimes \mathscr{F}(\mu) = i_{\mathscr{F}}(\mathscr{F})$. On vérifie l'existence de $q_{\mathscr{F}}$ d'une manière analogue.

(iii) Supposons que χ est dominant et que $\mathscr{F} \in \mathscr{M}(\mathscr{D}_\chi)$. Démontrons que $\mathrm{H}^i(\mathrm{X}, \mathscr{F}) = 0$ pour $i > 0$. Il suffit de vérifier que pour tout $\mathscr{O}$-module cohérent $\mathscr{G}$ et chaque morphisme de $\mathscr{O}$-modules $\varphi : \mathscr{G} \to \mathscr{F}$ le morphisme correspondant $\varphi^i : \mathrm{H}^i(\mathrm{X}, \mathscr{G}) \to \mathrm{H}^i(\mathrm{X}, \mathscr{F})$ est nul. Envisageons le morphisme :

$$\psi = \mathrm{id}_v \otimes \varphi \otimes \mathrm{id}_{\mathscr{O}(\mu)} : \quad \mathscr{V} \otimes \mathscr{G}(\mu) \to \mathscr{V} \otimes \mathscr{F}(\mu).$$

Alors $\psi \circ i_{\mathscr{G}} = i_{\mathscr{F}} \circ \varphi$, i. e. $\varphi = j_{\mathscr{F}} \circ \psi \circ i_{\mathscr{G}}$. Si l'on choisit μ suffisamment grand, on a :

$$\mathrm{H}^i(\mathrm{X}, \mathscr{V} \otimes \mathscr{G}(\mu)) = \mathrm{V} \otimes_k \mathrm{H}^i(\mathrm{X}, \mathscr{G}(\mu)) = 0,$$

i. e. $\psi^i = 0$, donc $\varphi^i = 0$.

(iv) Supposons χ dominant et régulier. Montrons que $\mathscr{F}$ est engendré par des sections globales. Il découle de (iii) que le foncteur sections globales est exact, de sorte qu'il suffit de vérifier que $\Gamma(\mathscr{F}) \neq 0$ pour $\mathscr{F} \neq 0$. Choisissant λ suffisamment grand, nous pouvons admettre que $\Gamma(\mathscr{F}(\lambda)) \neq 0$. Il découle alors du lemme clef que $\Gamma(\mathscr{V} \otimes \mathscr{F}) = \mathrm{V} \otimes \Gamma(\mathscr{F}) \neq 0$, i. e. $\Gamma(\mathscr{F}) \neq 0$.

Remarque. — Le foncteur Δ adjoint à gauche (dans la situation du théorème — le foncteur inverse) au foncteur Γ, est le foncteur $\Delta(\mathrm{M}) = \mathscr{D}_\chi \otimes_{\mathrm{U}_\theta} \mathrm{M}$. Il découle des définitions que la fibre géométrique du faisceau $\Delta(\mathrm{M})$ au point $x \in \mathrm{X}$ est $(\mathrm{M}/\mathfrak{n}\mathrm{M})^{\chi-\rho}$ [où $(\quad)^{\chi-\rho}$ désigne la composante du poids $\chi - \rho$ relativement à l'action de $\mathfrak{h}$]. Donc $\Delta(\mathrm{M})$ est un « faisceau de plus haut poids ».

3. MODULES DU HARISH-CHANDRA [$(\mathfrak{g}, \mathrm{K})$-MODULES]. — Soit K un sous-groupe de G n'ayant qu'un nombre fini d'orbites dans X (par exemple le sous-groupe des points fixes d'une involution, ou bien N). Soit $\mathfrak{k} = \mathrm{Lie}\ \mathrm{K}$.

Un $(\mathfrak{g}, \mathrm{K})$-module est un $\mathfrak{g}$-module M muni d'une action algébrique de K sur M compatible avec sa structure de $\mathfrak{g}$-module. Pour $\mathrm{K} = \mathrm{N}$, il s'agit simplement des $\mathfrak{g}$-modules, tels que l'action induite de Lie N soit localement nilpotente.

D'une manière analogue, un $(\mathscr{D}_\chi, \mathrm{K})$-module est un $\mathscr{D}_\chi$-module $\mathscr{F}$ sur X, quasi-cohérent en tant que $\mathscr{O}$-module, muni d'une action algébrique γ du groupe K sur $\mathscr{F}$ telle que $\mathscr{D}_\chi \otimes \mathscr{F} \to \mathscr{F}$ est un K-morphisme et que $d\gamma$ coïncide avec l'action de $\mathfrak{k} \subset \mathscr{D}_\chi$.

Il découle du théorème principal que, pour un poids χ régulier et dominant, la catégorie $\mathscr{M}(\mathscr{D}_\chi, \mathrm{K})$ des $(\mathscr{D}_\chi, \mathrm{K})$-modules est équivalente à la catégorie des $(\mathfrak{g}, \mathrm{K})$-modules de caractère central $\theta = \sigma(\chi)$.

Décrivons tous les $(\mathscr{D}_\chi, \mathrm{K})$-modules irréductibles. Fixons une K-orbite Q dans X et un point $q \in \mathrm{Q}$. Soit $i : \mathrm{Q} \hookrightarrow \mathrm{X}$ l'inclusion, $\mathrm{K}_q = \mathrm{K} \cap \mathrm{B}_q$ le stabilisateur de q, $\mathscr{I} \subset \mathscr{O}$ l'idéal qui détermine Q. Définissons le t.d.o. $\mathcal{D}_{\chi Q}$ sur Q en posant $\mathcal{D}_{\chi Q} = \mathrm{Norm}\,(\mathcal{J}\mathcal{D}_\chi)/\mathcal{J}\mathcal{D}_\chi$ où $\mathrm{Norm}\,(\mathcal{J}\mathcal{D}_\chi) = \{A \in \mathcal{D}_\chi \mid A\,\mathcal{J} \subset \mathcal{J}\mathcal{D}_\chi\}$. Définissons le foncteur d'image directe $i_* : \mathcal{M}(\mathcal{D}_{\chi Q}, K) \to \mathcal{M}(\mathcal{D}_\chi, K)$ d'après [3].

Soit τ une représentation irréductible (et donc unidimensionnelle) du groupe K_q, et supposons que τ coïncide avec le caractère $\chi - \rho$ sur l'algèbre de Lie $\mathfrak{k} \subset \mathfrak{b}_q$. Alors le K-faisceau $\mathrm{Ind}(\tau)$ de $\mathcal{O}_Q$-modules induit se munit d'une structure de $(\mathcal{D}_{\chi Q}, K)$-module naturelle. Posons $\mathcal{J}_{Q,\tau} = i_*(\mathrm{Ind}(\tau)) \in \mathcal{M}(\mathcal{D}_\chi, K)$.

PROPOSITION. — *Le faisceau $\mathcal{J}_{Q,\tau}$ contient un sous-faisceau irréductible unique $\mathcal{L}_{Q,\tau}$. Les faisceaux $\mathcal{L}_{Q,\tau}$ pour des paires distinctes (Q, τ) ne sont pas isomorphes et constituent l'ensemble de tous les objets irréductibles dans $\mathcal{M}(\mathcal{D}_\chi, K)$. Chaque $(\mathcal{D}_\chi, K)$-module cohérent $\mathcal{F}$ est holonome à singularités régulières et de longueur finie.*

Soit θ un caractère de Z et χ un poids dominant tel que $\theta = \sigma(\chi)$. Nous dirons que la paire (Q, τ) est régulière si $L_{Q,\tau} = \Gamma(\mathcal{L}_{Q,\tau}) \neq 0$. Pour des paires régulières (Q, τ) les $(\mathfrak{g}, K)$-modules $L_{Q,\tau}$ sont irréductibles, deux à deux non isomorphes et constituent l'ensemble de tous les $(\mathfrak{g}, K)$-modules irréductibles de caractère central θ.

Si χ est un poids régulier, toutes les paires (Q, τ) sont régulières. Pour χ non régulier, on peut donner un critère géométrique de régularité pour les paires (Q, τ).

4. FORMULE DE MULTIPLICITÉ DE KAZHDAN-LUSZTIG. — Dans cette section $k = \mathbb{C}$. Faisons $\chi = \rho$, i.e. $\mathcal{D}_\chi = \mathcal{D}$. La construction exposée dans ([4], [5]) fait correspondre à chaque $(\mathcal{D}_\chi, K)$-module un complexe de faisceaux sur X dans la topologie classique avec action du groupe K, les faisceaux de cohomologie de ce complexe étant algébriquement constructibles, localement constants sur chaque orbite de K.

Au faisceau $\mathcal{J}_{Q,\tau}$ correspond le faisceau localement constant $\mathrm{Ind}(\tau)$ sur Q, prolongé par zéro, et au faisceau $\mathcal{L}_{Q,\tau}$ — son prolongement de Deligne-MacPherson [7]. Cette correspondance permet d'exprimer les multiplicités $[I_{Q,\tau} : L_{Q,\tau}]$ en termes géométriques (selon les dimensions des fibres des faisceaux de Deligne-MacPherson). Une construction similaire existe pour un poids quelconque χ.

Dans le cas $K = N$, la réponse obtenue permet de démontrer, en se servant des résultats de [7], l'hypothèse de D. Kazhdan et G. Lusztig [6]. Ce sont nos efforts pour démontrer cette hypothèse qui nous ont amenés à la démonstration du théorème principal.

Nous sommes reconnaissants à P. Deligne pour des discussions qui ont permis de simplifier les démonstrations.

Remarque. — Nous venons de recevoir une prépublication de J. L. Brylinski et M. Kashiwara contenant une démonstration de la conjecture de Kazhdan-Lusztig semblable à la nôtre. Par ailleurs, D. Kazhdan nous a fait savoir (communication par lettre) que D. Vogan a obtenu des résultats analogues pour les modules de Harish-Chandra.

(*) Remise le 8 décembre 1980.

[1] H. BASS, *Algebraic K-Theory*, Benjamin, 1968.
[2] J. DIXMIER, *Algèbres enveloppantes*, Gauthier-Villars, Paris, 1974.
[3] M. KASHIWARA, *Invent. Math.*, 38, 1976, p. 33-53.
[4] M. KASHIWARA, *Publ. R.I.M.S.*, 10, 1975, p. 563-579.
[5] Z. MEBKOUT, *Sur le problème de Hilbert-Riemann* (in *Lecture Notes in Physics*, 126, Springer Verlag).
[6] D. KAZHDAN et G. LUSZTIG, *Invent. Math.*, 53, 1979, p. 165-184.
[7] D. KAZHDAN et G. LUSZTIG, *Schubert Varieties and Poincaré Duality* (*Proc. Symp. Pure Math.*, 1980).

A. B. : *rue Tcherniakov*, 5/144 *Moscou*;
J. B. : *prospekt Maréchal Joukov*, 35/4/10 *Moscou*.