ANNALES
DE LA FACULTÉ
DES SCIENCES
DE
TOULOUSE
Mathématiques

CHRISTIAN MIEBACH

Sur les quotients discrets de semi-groupes complexes

Tome XIX, nº 2 (2010), p. 269-276.

<http://afst.cedram.org/item?id=AFST_2010_6_19_2_269_0>

Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse Vol. XIX, n° 2, 2010
pp. 269–276

Sur les quotients discrets de semi-groupes complexes

Christian Miebach[(1)]

Résumé. — Soit $X = G/K$ un espace symétrique hermitien irréductible de type non-compact et soit $S \subset G^{\mathbb{C}}$ le semi-groupe associé formé des compressions de X. Soit $\Gamma \subset G$ un sous-groupe discret. Nous donnons une condition suffisante pour que le quotient $\Gamma\backslash S$ soit une variété de Stein. En outre nous démontrons qu'en général $\Gamma\backslash S$ n'est pas de Stein ce qui réfute une conjecture de Achab, Betten et Krötz.

Abstract. — Let $X = G/K$ be an irreducible Hermitian symmetric space of the non-compact type and let $S \subset G^{\mathbb{C}}$ be the associated compression semigroup. Let $\Gamma \subset G$ be a discrete subgroup. We give a sufficient condition for $\Gamma\backslash S$ to be Stein. Moreover, we show that $\Gamma\backslash S$ is not Stein in general which disproves a conjecture by Achab, Betten and Krötz.

0. Introduction

Soit $X = G/K$ un espace symétrique hermitien irréducible de type non-compact et soit $S \subset G^{\mathbb{C}}$ le semi-groupe associé consistant des compressions de X. On démontre dans [ABK04] que le quotient $\Gamma\backslash S$ est holomorphiquement séparable pour tout sous-groupe discret $\Gamma \subset G$. De plus, ils conjecturent que ce quotient est une variété de Stein et ils vérifient cette conjecture dans le cas où $G = \mathrm{SL}(2, \mathbb{R})$ et $\Gamma \subset \mathrm{SL}(2, \mathbb{Z})$.

Dans ce travail nous donnons une condition suffisante pour que $\Gamma\backslash S$ soit de Stein.

(*) Reçu le 19/06/2008, accepté le 14/12/2008
(1) L'auteur est soutenu par le SFB/TR 12 de la DFG
Fakultät für Mathematik, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, D - 44780 Bochum, Allemagne
christian.miebach@ruhr-uni-bochum.de
Adresse actuelle: Centre de Mathématiques et Informatique, UMR-CNRS 6632 (LATP), 39, rue Joliot-Curie, Université de Provence, 13453 Marseille Cedex 13 France.

Théorème 2.4. — *Soit $X = G/K$ un espace symétrique hermitien irréducible de type non-compact et soit $S \in G^{\mathbb{C}}$ le semi-groupe associé formé des compressions de X. Soit $\Gamma \subset G$ un sous-groupe discret qui agit librement sur X. Si X/Γ est une variété de Stein, alors $\Gamma\backslash S$ est de Stein aussi.*

Après avoir présenté les fondements nécessaires de la théorie des espaces symétriques hermitiens et des semi-groupes de compression dans la première section, nous démontrons ce théorème. Notre preuve utilise essentiellement le fibré $G^{\mathbb{C}} \to G^{\mathbb{C}}/K^{\mathbb{C}} \to Z$ (où nous notons par Z le dual compact de X) et des techniques qui ont été développées dans [Mie08]. Dans la dernière section nous montrons que, si $G = \mathrm{SL}(2, \mathbb{R})$ et si G/Γ est compacte, alors $\Gamma\backslash S$ n'est pas de Stein ce qui réfute la conjecture générale dans [ABK04].

Je remercie Karl Oeljeklaus pour l'intérêt et l'aide qu'il a apporté à ce travail ainsi que pour l'invitation à LATP de l'Université de Provence où ce travail a été effectué.

1. Le semi-groupe de compression associé à un espace symétrique hermitien

Dans cette section nous parcourons les parties de la théorie des espaces symétriques hermitiens non-compacts X dont nous avons besoin afin de définir le semi-groupe de compression associé à X. Pour en savoir plus nous prions le lecteur de s'adresser à [Hel01] et [HN93].

Soit $X = G/K$ un espace symétrique hermitien irréducible de type non-compact. Nous pouvons supposer que G est un groupe de Lie réel connexe simple sans facteurs compacts qui est plongé dans sa complexification universelle $G^{\mathbb{C}}$ et que K est un sous-groupe maximal compact de G qui est défini par l'involution de Cartan $\theta \in \mathrm{Aut(G)}$. Nous dénotons par $\mathfrak{g} = \mathfrak{k} \oplus \mathfrak{p}$ la décomposition de l'algèbre de Lie $\mathfrak{g}$ de G par rapport à $\theta_* \in \mathrm{Aut}(\mathfrak{g})$. Puisque X est une variété complexe sur laquelle G agit par des transformations holomorphes, il y a une structure complexe J sur $\mathfrak{p}$ invariante par l'action adjointe de K. Nous étendons J comme un operateur $\mathbb{C}$–linéaire à $\mathfrak{p}^{\mathbb{C}}$. Puisque les valeurs propres de J sont $\pm i$, on obtient la décomposition en somme direct $\mathfrak{p}^{\mathbb{C}} = \mathfrak{p}^+ \oplus \mathfrak{p}^-$. On peut démontrer que $\mathfrak{p}^\pm$ est une sous-algèbre commutative de $\mathfrak{g}^{\mathbb{C}}$ et $[\mathfrak{k}^{\mathbb{C}}, \mathfrak{p}^\pm] \subset \mathfrak{p}^\pm$.

Soient $K^{\mathbb{C}}$ et $P^\pm$ les sous-groupes analytiques de $G^{\mathbb{C}}$ dont l'algèbre de Lie est donnée par $\mathfrak{k}^{\mathbb{C}}$ et $\mathfrak{p}^\pm$. Alors $K^{\mathbb{C}}$ et $P^\pm$ sont des sous-groupes fermés et complexes de $G^{\mathbb{C}}$. De plus, l'ensemble $Q^\pm := K^{\mathbb{C}} P^\pm$ est un sous-groupe fermé complexe parabolique et isomorphe au produit semi-direct $K^{\mathbb{C}} \ltimes P^\pm$. L'espace complexe homogène $Z := G^{\mathbb{C}}/Q^-$ peut être identifié au dual compact de X et l'application $X \to Z$, $gK \mapsto gQ^-$, définit un plongement holomorphe de X comme un ouvert de Z. Ce plongement est connu comme le plongement de Borel. Désormais nous regardons X comme l'orbite ouverte $G \cdot eQ^- \subset Z$.

Définition 1.1. — *L'ensemble*

$$S := \{g \in G^{\mathbb{C}};\ g(\overline{X}) \subset X\}$$

s'appelle le semi-groupe ouvert complexe de compression associé à X.

Il suit immédiatement que S est un sous-ensemble ouvert et $(G \times G)$–invariant de $G^{\mathbb{C}}$ où l'action de $G \times G$ est donnée par $z \mapsto g_1 z g_2^{-1}$. De plus, S est stable par rapport à la multiplication de $G^{\mathbb{C}}$ et par conséquent un semi-groupe. Ce semi-groupe de compression est un cas particulier d'un semi-groupe d'Ol'shanskiĭ (comparer chapitre 8 dans [HN93]).

Théorème 1.2 ([Nee00]). — *Le semi-groupe de compression S est un domaine d'holomorphie hyperbolique au sens de Kobayashi dans $G^{\mathbb{C}}$. En particulier, le groupe $G \times G$ agit proprement sur S.*

Le quotient $\Gamma\backslash S$ est une variété complexe pour tout sous-groupe $\Gamma \subset G$ qui agit par multiplication de gauche sur S. Le théorème suivant est un cas particulier d'un resultat plus génèral de Achab, Betten et Krötz ([ABK04]).

Théorème 1.3. — *Soit Γ un sous-groupe discret de G.*

1. *La variété complexe $\Gamma\backslash S$ est holomorphiquement séparable.*
2. *Si G/Γ est compact, alors les fonctions holomorphes bornées séparent les points de $\Gamma\backslash S$, i. e. $\Gamma\backslash S$ est hyperbolique au sens de Caratheodory.*
3. *Si $G = \mathrm{SL}(2,\mathbb{R})$ et si Γ est contenu dans $\mathrm{SL}(2,\mathbb{Z})$, alors $\Gamma\backslash S$ est une variété de Stein.*

La preuve de ce théorème utilise la théorie des représentations de S.

Enfin, nous notons l'observation suivante qui se trouve sans démonstration dans [BR01]. Pour l'aise du lecteur nous en donnons une démonstration. À l'egard de la théorie des ensembles réel-algébriques et semi-algébriques nous renvoyons le lecteur à [BCR98].

Lemme 1.4. — *Le semi-groupe S est un sous-ensemble semi-algébrique de $G^{\mathbb{C}}$.*

Démonstration. — Soit $A: G^{\mathbb{C}} \times Z \to Z \times Z$ l'application $(g, z) \mapsto (g \cdot z, z)$ et soit $p_{G^{\mathbb{C}}}: G^{\mathbb{C}} \times Z \to G^{\mathbb{C}}$ la projection sur la première composante. Il n'est pas difficile de montrer que l'on a :

$$G^{\mathbb{C}} \setminus S = p_{G^{\mathbb{C}}}\big(A^{-1}(Z \setminus X \times \overline{X})\big).$$

De plus il est bien connu que $G^{\mathbb{C}}$ porte une unique structure de groupe linéaire-algébrique et que $G^{\mathbb{C}}$ agit de façon algébrique sur la variété projective Z. Puisque G est réel-algébrique dans $G^{\mathbb{C}}$, le théorème de Tarski-Seidenberg implique que l'orbite $X = G \cdot eQ^-$ est semi-algébrique. Par conséquent, son complémentaire $Z \setminus X$ et son adhérence $\overline{X}$ sont également semi-algébriques, donc $A^{-1}(Z \setminus X \times \overline{X})$ est semi-algébrique. Enfin, le théorème de Tarski-Seidenberg implique que $G^{\mathbb{C}} \setminus S$ et par conséquent S sont semi-algébriques. $\square$

2. Une condition suffisante pour que $\Gamma \backslash S$ soit de Stein

Nous continuons la notation etablie dans la section précédente. La complexification de l'espace symétrique hermitien $X = G/K$ est par définition la variété complexe homogène $X^{\mathbb{C}} := G^{\mathbb{C}}/K^{\mathbb{C}}$. Puisque $K^{\mathbb{C}}$ est fermé dans $Q^- \cong K^{\mathbb{C}} \ltimes P^-$, l'application naturelle $p: G^{\mathbb{C}}/K^{\mathbb{C}} \to G^{\mathbb{C}}/Q^-$ est un fibré holomorphe dont la fibre est donnée par $P^- \cong \mathbb{C}^{\dim X}$ et dont le groupe structural est le groupe complexe connexe Q^-/I où I est le sous-groupe maximal de $K^{\mathbb{C}}$ qui est normal dans Q^-.

Il est connu que l'application $gK^{\mathbb{C}} \mapsto (gQ^-, gQ^+)$ est un plongement ouvert de $X^{\mathbb{C}}$ dans $G^{\mathbb{C}}/Q^- \times G^{\mathbb{C}}/Q^+$. Il s'ensuit que nous obtenons que le diagramme

$$\begin{tikzcd} G^{\mathbb{C}}/K^{\mathbb{C}} \arrow[r] \arrow[d] & G^{\mathbb{C}}/Q^- \times G^{\mathbb{C}}/Q^+ \arrow[d] \\ G^{\mathbb{C}}/Q^- \arrow[r] & G^{\mathbb{C}}/Q^- \end{tikzcd}$$

est commutatif.

Soit $\pi: G^{\mathbb{C}} \to G^{\mathbb{C}}/K^{\mathbb{C}}$ le fibré principal de groupe structural $K^{\mathbb{C}}$. Nous commençons par montrer que l'image $\pi(S)$ est une variété de Stein. Un théorème de Matsushima et Morimoto assure que $\pi(S)$ est de Stein si et seulement si $SK^{\mathbb{C}}$ est de Stein.

Proposition 2.1. — *Le domaine $SK^{\mathbb{C}} \subset G^{\mathbb{C}}$ est de Stein. Par conséquent, $\pi(S) \subset G^{\mathbb{C}}/K^{\mathbb{C}}$ est de Stein.*

Démonstration. — Puisque S est invariant par rapport à la multiplication à droite de K, on obtient une action holomorphe locale par $K^{\mathbb{C}}$ sur S. Par [Hei91] il y a une variété de Stein S^* munie d'une action holomorphe de $K^{\mathbb{C}}$ et un plongement ouvert holomorphe K–equivariant $\varphi\colon S \to S^*$ tel que $S^* = K^{\mathbb{C}} \cdot \varphi(S)$. De plus, S^* est universel ce qui implique l'existence d'une application holomorphe $K^{\mathbb{C}}$–equivariante $\Phi\colon S^* \to SK^{\mathbb{C}}$ tel que $\Phi \circ \varphi$ coïncide avec l'inclusion $S \hookrightarrow SK^{\mathbb{C}}$. Il s'en suit que Φ est surjectif et localement biholomorphe. Donc il suffit de montrer que Φ est une application finie. Dans notre situation c'est le cas si et seulement si les fibres de Φ sont finies.

Pour $z_0 \in S$ nous définisson l'ensemble

$$K^{\mathbb{C}}[z_0] := \big\{k \in K^{\mathbb{C}};\ z_0 k^{-1} \in S\big\}.$$

Or, S est semi-algébrique par Lemme 1.4 et $K^{\mathbb{C}}$ est un groupe linéaire algébrique, donc $K^{\mathbb{C}}[z_0]$ est semi-algébrique. En particulier, le nombre de composantes connexes de $K^{\mathbb{C}}[z_0]$ est fini. Nous allons démontrer que $\#\Phi^{-1}(z_0)$ est borné par le nombre de composantes connexes de $K^{\mathbb{C}}[z_0]$.

Soit $z \in \Phi^{-1}(z_0)$. Alors il y a un élément $k \in K^{\mathbb{C}}$ tel que $k \cdot z \in \varphi(S)$. Par conséquent, nous avons $\Phi(k \cdot z) = k \cdot \Phi(z) = z_0 k^{-1} \in S$, i. e. $k \in K^{\mathbb{C}}[z_0]$. Comme $\Phi|_{\varphi(S)}\colon \varphi(S) \to S$ est biholomorphe, nous concluons $k \cdot z = \varphi(z_0 k^{-1})$, ce qui est équivalent à $z = k^{-1} \cdot \varphi(z_0 k^{-1})$. Comme réciproquement tout élément $z \in S^*$ de la forme $z = k^{-1} \cdot \varphi(z_0 k^{-1})$ avec $k \in K^{\mathbb{C}}[z_0]$ est contenu dans $\Phi^{-1}(z_0)$, nous obtenons une application surjective

$$K^{\mathbb{C}}[z_0] \to \Phi^{-1}(z_0), \quad k \mapsto k^{-1} \cdot \varphi(z_0 k^{-1}). \tag{2.1}$$

Si $k \in K^{\mathbb{C}}[z_0]$ est contenu dans la composante connexe de l'élément neutre, nous avons $\varphi(z_0 k^{-1}) = k \cdot \varphi(z_0)$. Cette observation implique que l'application (2.1) est localement constante, ce qui montre la proposition. □

Remarque. — La variété S^* est la globalisation universelle de la $K^{\mathbb{C}}$–action locale sur S au sens de [Pal57].

La proposition 2.1 nous permet de donner la condition equivalente suivante pour que $\Gamma\backslash S$ soit de Stein.

PROPOSITION 2.2. — *Soit $\Gamma \subset G$ un sous-groupe discret. Alors $\Gamma\backslash S$ est de Stein si et seulement si $\Gamma\backslash\pi(S)$ est de Stein.*

Démonstration. — Si $\Gamma\backslash S$ est de Stein, alors la globalisation universelle $\Gamma\backslash S^*$ de la $K^{\mathbb{C}}$–action locale sur $\Gamma\backslash S$ est aussi de Stein. Comme $K^{\mathbb{C}}[\Gamma g] = K^{\mathbb{C}}[g]$ pour tout $g \in S$, le même argument qu'au-dessus implique que $\Gamma\backslash SK^{\mathbb{C}}$ est de Stein, ce qui montre que $\Gamma\backslash\pi(S)$ est de Stein.

Réciproquement, si $\Gamma\backslash\pi(S)$ est de Stein, alors $\Gamma\backslash SK^{\mathbb{C}}$ est aussi de Stein. Puisque $\Gamma\backslash S$ est plongé comme ouvert dans $\Gamma\backslash SK^{\mathbb{C}}$ et localement de Stein, l'affirmation découle d'un argument à la Docquier-Grauert (comparer Proposition 4.7 dans [Mie08]). $\square$

Soit $p\colon G^{\mathbb{C}}/K^{\mathbb{C}} \to G^{\mathbb{C}}/Q^{-}$ le fibré holomorphe et considérons $X \subset G^{\mathbb{C}}/Q^{-}$.

LEMME 2.3. — *On a* $\pi(S) \subset p^{-1}(X)$.

Démonstration. — Soit $g \in S$. Comme les applications π and p sont $G^{\mathbb{C}}$–equivariantes, nous en déduisons que $p \circ \pi(g) = g \cdot p \circ \pi(e) = g \cdot eQ^{-}$. À cause de $eQ^{-} \in X$, la définition de S implique que $gQ^{-} \in X$. $\square$

La restriction $p\colon p^{-1}(X) \to X$ est un fibré holomorphe de fibre P^{-} et de groupe structural complexe connexe Q^{-}. De plus, le groupe G agit par des automorphismes de fibré sur $p^{-1}(X)$.

Le théorème suivant donne une condition suffisante pour que $\Gamma\backslash S$ soit de Stein.

THÉORÈME 2.4. — *Soit* $\Gamma \subset G$ *un sous-group discret qui agit librement sur* X*. Si* X/Γ *est de Stein, alors* $\Gamma\backslash S$ *est également de Stein.*

Démonstration. — Comme le groupe Γ agit par automorphismes de fibré, nous obtenons le fibré holomorphe $\Gamma\backslash p^{-1}(X) \to X/\Gamma$ (comparer Proposition 6.1 dans [Mie08]). Comme X/Γ est de Stein, la fibre P^{-} est de Stein, et le groupe structural de ce fibré est complexe connexe, nous en déduisons que $\Gamma\backslash p^{-1}(X)$ est de Stein. Puisque $\pi(S)$ est de Stein et $\Gamma\backslash\pi(S)$ est un ouvert dans $\Gamma\backslash p^{-1}(X)$, nous concluons que $\Gamma\backslash\pi(S)$ est de Stein et donc que $\Gamma\backslash S$ est de Stein. $\square$

Exemple. —

1. Soit $G = \mathrm{SL}(2,\mathbb{R})$ et soit $\Gamma \subset G$ un sous-groupe discret qui agit librement sur le demi-plan supérieur $\mathbb{H}$ tel que la surface de Riemann $R := \mathbb{H}/\Gamma$ est non-compacte. Dans ce cas R est de Stein, donc le quotient $\Gamma\backslash S$ est de Stein aussi. Cette observation donne une nouvelle démonstration du Théorème 1.3 (3).

2. Si $X = G/K$ est un espace symétrique hermitien quelconque de type non-compact et si $\Gamma \subset G$ et cyclique, alors X/Γ et donc $\Gamma\backslash S$ sont de Stein par [Mie08].

3. Un contre-exemple

Dans cette section nous considérons l'exemple explicit du disque $X = \Delta = \{z \in \mathbb{C};\ z < 1\}$. Le dual compact de X est donné par $Z = \mathbb{P}_1$ et nous avons

$$\Delta \cong \big\{[z_0 : z_1] \in \mathbb{P}_1;\ z_0^2 - z_1^2 < 0\big\} \cong G/K \tag{3.2}$$

pour $G = \mathrm{SU}(1,1)$ et $K = \left\{\begin{pmatrix} e^{it} & 0 \\ 0 & e^{-it}\end{pmatrix};\ t \in \mathbb{R}\right\} \cong S^1$.

On vérifie que $P^- = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \mathbb{C} & 1\end{pmatrix}$ et $P^+ = \begin{pmatrix} 1 & \mathbb{C} \\ 0 & 1\end{pmatrix}$. Donc, nous pouvons identifier $G^{\mathbb{C}}/Q^- \times G^{\mathbb{C}}/Q^+$ avec $\mathbb{P}_1 \times \mathbb{P}_1$ où le point (eQ^-, eQ^+) correspond à $\big([0:1],[1:0]\big)$. De plus, nous identifions la complexification $X^{\mathbb{C}} = G^{\mathbb{C}}/K^{\mathbb{C}}$ avec la $G^{\mathbb{C}}$–orbite ouverte de (eQ^-, eQ^+), i. e. avec $(\mathbb{P}_1 \times \mathbb{P}_1) \setminus D$ où nous notons par D la diagonale dans $\mathbb{P}_1 \times \mathbb{P}_1$. Par conséquent, $p^{-1}(\Delta) = (\Delta \times \mathbb{P}_1) \setminus D$ contient les domaines G–invariants $(\Delta \times \Delta) \setminus D$ et $\Delta \times (\mathbb{P}_1 \setminus \overline{\Delta})$ qui sont de Stein tous les deux. Le groupe G agit librement et transitivement sur leur frontière $F := \Delta \times S^1$ qui est alors une hypersurface Levi-plate dans $p^{-1}(\Delta)$.

Lemme 3.1. — *Le domaine $\pi(S)$ contient l'hypersurface Levi-plate F.*

Démonstration. — On vérifie directement que pour $t > 0$ l'élément $\begin{pmatrix} e^{-t} & 0 \\ 0 & e^{t}\end{pmatrix}$ est contenu dans $S \cap K^{\mathbb{C}}$. Comme la matrice $\begin{pmatrix} 1+ix & -ix \\ ix & 1-ix\end{pmatrix}$ se trouve dans $G = \mathrm{SU}(1,1)$ pour tout $x \in \mathbb{R}$, leur produit est contenu dans S. L'orbite par ce produit du point $\big([0:1],[1:0]\big)$ est donneé par

$$\big([-ie^{-t}x : e^{t}(1-ix)], [e^{-t}(1+ix) : ie^{t}x]\big). \tag{3.3}$$

Un calcul simple montre que pour le choix $x = 1$ et $t = \frac{1}{4}\log(2)$ cet élément est contenu dans F. En utilisant la multiplication à gauche par G l'affirmation est demontrée. $\square$

Proposition 3.2. — *Si G/Γ est compact, alors le quotient $\Gamma\backslash S$ n'est pas de Stein.*

Démonstration. — Par la proposition 2.2 le quotient $\Gamma\backslash S$ est de Stein si et seulement si $\Gamma\backslash\pi(S)$ est de Stein. Nous avons vu que $\pi(S)$ contient une hypersurface G–invariante Levi-plate F ce qui implique que $\Gamma\backslash\pi(S)$ contient l'hypersurface compacte Levi-plate $\Gamma\backslash F$. Soit f une fonction holomorphe quelconque sur $\Gamma\backslash\pi(S)$ et soit $z \in \Gamma\backslash F$ un point dans lequel la norme absolue de la restriction de f sur $\Gamma\backslash F$ prend son maximum. Comme $\Gamma\backslash F$

est Levi-plate, il y a une feuille holomorphe qui passe par z. Le principe du maximum implique que f doit être constante sur cette feuille. Nous en déduisons que les points de cette feuille ne peuvent pas être séparés par les fonctions holomorphes, i.e. que $\Gamma\backslash\pi(S)$ n'est pas holomorphiquement séparable, et en particulier, pas de Stein. $\square$

Bibliographie

[ABK04] Achab (D.), Betten (F.) & Krötz (B.). — « Discrete group actions on Stein domains in complex Lie groups », Forum Math, 16, no. 1, p. 37-68 (2004).

[BCR98] J. Bochnak, M. Coste & M.-F. Roy. — Real algebraic geometry, Ergebnisse der Mathematik und ihrer Grenzgebiete (3) [Results in Mathematics and Related Areas (3)], vol. 36, Springer-Verlag, Berlin, (1998), Translated from the 1987 French original, Revised by the authors.

[BR01] Breckner (B. E.) & Ruppert (W. A. F.). — « On asymptotic behavior and rectangular band structures in $\mathrm{SL}(2,\mathbb{R})$ », J. Lie Theory 11, no. 2, p. 559-604 (2001).

[Hei91] Heinzner (P.). — « Geometric invariant theory on Stein spaces », Math. Ann. 289, no. 4, p. 631-662 (1991).

[Hel01] Helgason (S.). — Differential geometry, Lie groups, and symmetric spaces, Graduate Studies in Mathematics, vol. 34, American Mathematical Society, Providence, RI, 2001, Corrected reprint of the 1978 original.

[HN93] Hilgert (J.) & Neeb (K.-H.). — Lie semigroups and their applications, Lecture Notes in Mathematics, vol. 1552, Springer-Verlag, Berlin (1993).

[Mie08] Miebach (C.). — « Quotients of bounded homogeneous domains by cyclic groups », à paraître dans Osaka Journal of Mathematics, 2010.

[Nee00] Neeb (K.-H.). — Holomorphy and convexity in Lie theory, de Gruyter Expositions in Mathematics, vol. 28, Walter de Gruyter & Co., Berlin (2000).

[Pal57] Palais (R. S.). — « A global formulation of the Lie theory of transformation groups », Mem. Amer. Math. Soc. No. 22, p. iii+123 (1957).