Andrea Altomani

Université du Luxembourg
Fac. Sciences, Tech. et Comm.
U. R. en Mathématiques
6, rue Richard Coudenhove-Kalergi
L-1359 Luxembourg

Tél : (+352)466644-6583
Fax : (+352)466644-6240
Mobile : (+352)691-989635
email : andrea.altomani@uni.lu
web : http://andrea.altomani.eu

Né le 16 septembre 1977 à Turin (Italie), célibataire
Nationalité italienne

Mots clefs : Variétés CR, Espaces homogènes, Groupes et Algèbres de Lie, Équations de Cauchy-Riemann tangentielles et autres opérateurs différentiels linéaires subelliptiques, Superalgèbres de Lie.

Fonction et établissement actuel

Assistant-Chercheur dans l'équipe d'analyse harmonique (responsable P^r Martin Olbrich), Université du Luxembourg.

Table des matières

Thèse doctorale

Lieu et date de soutenance : Università di Roma "Tor Vergata", 5 novembre 2007.

Titre : *Orbits of real forms in complex flag manifolds.*

Directeur : Pr Mauro Nacinovich (Rome Tor Vergata).

Jury : Pr Mauro Nacinovich (Rome Tor Vergata), président ;
Pr Joseph A. Wolf (UC Berkeley),
Pr Andrea Spiro (Camerino) ;
Pr Alan Huckleberry (Bochum), rapporteur ;
Priv.-Doz. Gregor Fels (Tübingen), rapporteur.

Mention : L'Université "Tor Vergata" ne prévoit pas en général de mention pour les thèses doctorales. Dans mon cas le jury a inclus une mention particulière d'excellence.

Rapport de soutenance : Les rapports du jury et des rapporteurs sont confidentiels. Ils peuvent être demandés au président du jury M. Nacinovich <`nacinovi@mat.uniroma2.it`>.

CV synthétique

Formation

2005–2007 **Dottorato di ricerca** en mathématiques (*summa cum laude*), *Roma "Tor Vergata"*, Italie
2004 **Bourse de recherche**, *Università della Basilicata*, Italie
2001 **Bourse de recherche**, *University of California at Berkeley*, USA
2001–2003 **Perfezionamento** en mathématiques, *S. N. S. Pisa*, Italie
1996–2000 **Laurea** en mathématiques (*summa cum laude*), *Università di Pisa*, Italie
1996–2000 **Licenza** en mathématiques (*summa cum laude*), *S. N. S. Pisa*, Italie

Langues

Italien : langue maternelle, **Anglais :** excellent, **Français :** courant, **Espagnol :** courant.

Enseignement

Cours Magistraux — Université du Luxembourg

2012 Niveau : Master en mathématiques
Algèbre homologique, 1^{er}–3^{e} semestre ($30\,\text{h}$, anglais)

2011 Niveau : Doctorat en mathématiques
Convexité holomorphique et pseudo-convexité, ($6\,\text{h}$, anglais)

2011 **Université du Luxembourg**
Niveau : Master en mathématiques
Topologie Algébrique, 1^{er}–3^{e} semestre ($30\,\text{h}$, anglais)

2010 Niveau : Doctorat en mathématiques
Théorie de Morse, ($6\,\text{h}$, anglais)

2010 Niveau : Master en mathématiques
Topologie Algébrique, 1^{er}–3^{e} semestre ($15\,\text{h}$, anglais)

2009–2012 **Université du Luxembourg**
Niveau : Bachelor académique en sciences et ingénierie — Filières physique et ingénierie
Analyse, 3^{e} semestre ($15\,\text{h} \times 4$, anglais et français)

2009 Niveau : Doctorat en mathématiques
Classes caractéristiques, ($6\,\text{h}$)

2008 Niveau : Bachelor académique en sciences et ingénierie — Filière mathématiques
Logiciels mathématiques, 2^{e}–4^{e} semestre ($15\,\text{h} \times 2$, anglais)

Travaux dirigés

2003–2009 **Rome "Sapienza", Rome "Tor Vergata", Turin Polytechnique, Luxembourg**, Niveau : Bachelor en mathématiques et ingénierie, *Analyse, Géometrie, Algèbre lineaire*, ($470\,\text{h}$).

Conférences, séminaires et écoles

Organisation

2012 Conférence *Symmetries in Differential Geometry and Mathematical Physics*, Luxembourg.
2011 Conférence *Workshop on CR, Sasakian and Pseudohermitian geometry*, Neuchatel.
2010 Conférence *Contributions in Differential Geometry*, Luxembourg.
2009 Conférence *Workshop on CR and Sasaki geometry*, Luxembourg.

Participation avec exposé

2007–2012 Plusieurs séminaires au Département de mathématiques de l'Université du Luxembourg.
2012 Séminaire "Groupes de Lie et analyse harmonique", Nancy, *Prolongations of extended Poincaré (super-)algebras.*
2012 Séminaire d'Algèbre et Géométrie de l'Université de Turin, *Automorphisms of homogeneous CR manifolds of tube type*
2012 Séminaire "Analyse, Géométrie et Algèbre", Metz, *On the automorphism group of homogeneous tube CR manifolds.*
2011 Séminaire du Département de mathématiques de l'Université de Bari, *Isometric pluriharmonic immersions of 3-dimensional CR manifolds.*
2010 Workshop *Lie Theory and Complex Geometry*, Marburg *On CR quadrics with a symmetry property.*
2008 Conférence *Recent progress in Complex and Real Geometry*, Levico Terme, *CR structure and topology of real group orbits in complex flag manifolds.*
2006 Conférence *Recent progress in Complex and Real Geometry*, Levico Terme, *On minimal orbits*
2006 *in complex flag manifolds and parabolic minimal CR algebras.* Séminaire du Département de mathématiques de l'Université de Bari, *The minimal orbit of a real group in a complex flag manifold.*
2006 Conférence *Recent progress in Complex and Real Geometry*, Levico Terme, *Abelian extensions of semisimple graded CR algebras.*
2005 Séminaire d'analyse complexe du Departement de mathématiques de l'Université de Rome "Tor Vergata", *On minimal orbits in complex flag manifolds and parabolic minimal CR algebras.*
2005 Séminaire de géométrie du Département de mathématiques de l'Université de Parme, *The CR structure of minimal orbits in complex flag manifolds.*
2003 Séminaire de géométrie du Département de mathématiques de l'Université de Parme, *Abelian extensions of CR algebras and CR vector bundles.*
2002 Séminaire d'analyse complexe du Departement de mathématiques de l'Université de Rome "Tor Vergata", *Abelian extensions of semisimple graded CR algebras and CR vector bundles on standard CR manifolds.*

Autres

Rapporteur pour *Zentralblatt MATH*
2008 *Prix "Michele Cuozzo"* de l'Université "Tor Vergata" pour la meilleure thèse doctorale
1995 *Mention honorable* à l'Olympiade internationale de mathématiques

Publications

Mes publications sont disponibles sur ma page web : http://andrea.altomani.eu/dossier.

Articles dans des journaux à comité de lecture

2013b A. Altomani, C. Medori, M. Nacinovich, *Reductive compact homogeneous CR manifolds*, à paraître dans Transf. Groups (2013), preprint arXiv:1106.2779

2013a A. Altomani, M.-A. Lawn, *Isometric and CR pluriharmonic immersions of three dimensional CR manifolds in Euclidean spaces*, à paraître dans Hokkaido Math. J. (2013), preprint arXiv:1106.2962

2012a A. Altomani, C. Medori, *A characterization of CR quadrics with a symmetry property*, J. of Geometric Anal. (2012), DOI : 10.1007/s12220-011-9228-6

2010d A. Altomani, C. Medori, M. Nacinovich, *On homogeneous and symmetric CR manifolds*, Boll. Unione Mat. Ital. (9) **III** (2010)

2010c A. Altomani, C. D. Hill, M. Nacinovich, E. Porten, *Holomorphic Extension from Weakly Pseudoconcave CR Manifolds*, Rend. Semin. Mat. Univ. Padova **123** (2010), 69-90.

2010b A. Altomani, C. D. Hill, M. Nacinovich, E. Porten, *Complex vector fields and hypoelliptic partial differential operators*, Ann. Inst. Fourier **60** n. 3 (2010), 987-1034.

2010a A. Altomani, C. Medori, M. Nacinovich, *Orbits of real forms in complex flag manifolds*, Ann. Sc. Norm. Super. Pisa Cl. Sci. (5) Volume IX (2010)

2008 A. Altomani, C. Medori, M. Nacinovich, *On the topology of minimal orbits in complex flag manifolds*, Tohoku Math. J. (2) Volume 60, Number 3 (2008), 403-422

2006b A. Altomani, C. Medori, M. Nacinovich, *The CR structure of minimal orbits in complex flag manifolds*, J. Lie Theory **16** (2006), 483-530

2006a A. Altomani, C. Medori, *On homogeneous CR manifolds and their CR algebras*, Int. J. Geom. Methods Mod. Phys. **3** (2006), 1199-1214

2005 A. Altomani, *A note on the CR cohomology of Levi-flat minimal orbits in complex flag manifolds*, Rend. Istit. Mat. Univ. Trieste **37** (2005), 283-293

2004 A. Altomani, M. Nacinovich, *Abelian extensions of semisimple graded CR algebras*, Adv. Geom. **4** (2004), 433-457

Prépublications

2012c A. Altomani, M.-A. Lawn, *Associated Families of Immersions of Three Dimensional CR Manifolds in Euclidean Spaces*, preprint (2012), arXiv:1202.4624

2012b A. Altomani, A. Santi, *Tanaka structures modeled on extended Poincaré algebras*, preprint (2012), arXiv:1201.0555

2007 A. Altomani, *Global CR functions on parabolic CR manifolds*, preprint (2007), arXiv:math.CV/0702845

Description detaillée de ma recherche

Mon activité de recherche concerne principalement les variétés CR et les problèmes associés. Elle se développe autour de trois axes principaux :

1. variétés CR homogènes et localement homogènes, et en particulier les orbites de groupes réels dans les variétés de drapeaux complexes ;
2. régularité des fonctions CR sur les variétés CR abstraites et extension à un voisinage complet sur les sous-variétés CR plongées ;
3. immersions isométriques des variétés CR de dimension 3 dans les espaces Euclidiens.

En outre j'ai récemment commencé un nouvel volet de recherche sur certaines structure algèbrique et géometrique qui proviennent de la physique mathematique (super-algèbres de Poincaré étendues).

Contexte et généralités

Les variétés de Cauchy-Riemann, ou CR, généralisent le concept de sous-variétés réelles dans des variétés complexes. Une variété CR abstraite est la donnée d'une variétés lisse M avec le choix d'un sous-fibré lisse $T^{0,1}M$ du fibré tangent complexifié, satisfaisant $T^{0,1}M \cap \overline{T^{0,1}M} = 0$ (c'est à dire qu'il est lagrangien) et $[T^{0,1}M, T^{0,1}M] \subset T^{0,1}M$ (c'est à dire qu'il est formellement intégrable).
Historiquement, les premiers exemples ont été les composantes du bord d'un domaine dans $\mathbb{C}^n$. Plus généralement, si M est une sous-variété réelle d'une variété complexe X, et si le rang de $T^{0,1}M = T^{\mathbb{C}}M \cap T^{0,1}X$ est constant, alors $(M, T^{0,1}M)$ est une variété CR (dite *plongée* ; il n'est pas toujours possible de plonger une variété CR abstraite dans une variété complexe).
Les applications CR et les fonctions CR sont définies naturellement comme les applications $\phi\colon M \to N$ telles que $d\phi T^{0,1}M \subset T^{0,1}N$ (où l'on remplace N par $\mathbb{C}$ pour les fonctions CR).

Variétés CR homogènes

Une variété CR $(M, T^{0,1}M)$ est (localement) homogène s'il existe un groupe de Lie réel G_0, agissant (localement) transitivement sur M par automorphismes CR. Les variétés CR homogènes sont particulièrement intéressantes pour leurs proprietés intrinsiques, et pour le cas genéral en tant que "modèles plats". Localement une variété CR homogène est entièrement déterminée par son algèbre CR (introduite dans [25]) : à savoir une paire $(\mathfrak{g}_0, \mathfrak{q})$ constituée de l'algèbre de Lie $\mathfrak{g}_0$ de G_0 et d'une sous-algèbre $\mathfrak{q}$ de la complexification de $\mathfrak{g}_0$, où $\mathfrak{q}$ est l'image inverse de $T^{0,1}M$ par la projection naturelle induite par l'action en proximité d'un point de M. L'algèbre de Lie $\mathfrak{q}$ est déterminée à une conjugaison près par un élément de G_0, et de manière univoque si un point de base est fixé sur M.

Orbites de groupes réels dans les variétés de drapeaux complexes

Soit G un groupe de Lie semi-simple complexe et connexe, dont l'algèbre de Lie est $\mathfrak{g}$. Même si ce n'est pas nécessaire, on assume pour des raisons de clarté que G est simplement connexe. Une variété de drapeaux (généralisée) est un espace complexe G-homogène $Z = G/Q$. Le sous-groupe d'isotropie Q est alors un sous-groupe parabolique.
On fixe une involution antiholomorphe σ de G. L'ensemble G_0 des points fixes de σ est un sous-groupe de Lie connexe réel de G, , appellé forme réelle de G. Le groupe G_0 agit holomorphiquement sur Z, par multiplication à gauche, donnant une décomposition de Z en G_0-orbites. Il est connu que les G_0-orbites sont finies, et qu'il existe exactement une G_0-orbite compacte.
Les G_0-orbites sont dotées d'une structure naturelle de variété CR homogène. Sans perdre en généralité, on considère l'orbite M du point $o = eQ$. L'espace tangent T_oM à M en o est isomorphe à $\mathfrak{g}_0/(\mathfrak{g}_0 \cap \mathfrak{q})$ et la structure CR en o est donnée par $T_o^{0,1}M = \mathfrak{q}/(\mathfrak{q} \cap \sigma\mathfrak{q})$. L'algèbre CR $(\mathfrak{g}_0, \mathfrak{q})$ décrit complètement la G_0-orbite M.
La classe des G_0-orbites comprend de nombreux espaces homogènes "classiques", parmi lesquels les espaces symétriques complexes et les variétés de drapeaux réelles. Elles ont été étudiés par plusieurs auteurs, à commencer par l'article fondamental de J. A. Wolf [27]. Parmi les dernières contributions à ce sujet, nous mentionnerons [19] et les références qui y sont citées. Aussi, la topologie des variétés de drapeaux réelles a été l'objet d'une etude approfondie (voir p. e. [17]).

Ma recherche, principalement en collaboration avec prof. Mauro Nacinovich et prof. Costantino Medori, s'est concentrée sur la structure CR et sur la topologie de ces G_0-orbites. Les orbites compactes ont été étudiés dans [1, 7, 9, 11, 15], alors que orbites générales ont été considérées dans [2, 10]. Ma thèse [3] est basée sur les articles [2, 9, 10].
Un aspect essentiel est l'interaction entre les propriétés géométriques des orbites et les propriétés combinatoires du système des racines de l'algèbre de Lie $\mathfrak{g}$ de G, pour un choix convenable d'une sous-algèbre de Cartan.
Dans [15] des G_0-orbites compactes de type spécial (Levi-Tanaka) sont considérées, et on étudie leurs fibrés vectoriels CR qui sont eux-mêmes des variétés CR homogènes.
Dans [7, 9] on caractérise les G_0-orbites compactes qui sont de type fini et satisfont diverses conditions de non-dégénérescence, on calcule alors leur groupe fondamental et on décrit l'espace de leurs fonctions CR globales.
Dans [11] la topologie des G_0-orbites compactes est analysée plus en détail, et on calcule leur caractéristique d'Euler-Poincaré.
Dans [1] je donne une description de la cohomologie du complexe de Cauchy-Riemann tangentiel, dans le cas particulier des G_0-orbites compactes Levi-plates.
Dans [2, 13] on généralise aux G_0-orbites générales quelques-uns des résultats obtenus antérieurement pour les orbites fermées, y compris les critères du type fini et les conditions de non-dégénérescence, et on présente un calcul du groupe fondamental et une description de l'espace des fonctions CR.

Autres variétés CR homogènes

Dans [12] la notion et les techniques des algèbres CR ont été utilisées pour l'étude de variétés CR homogènes plus générales. On considère certaines fibrations canoniques et structures algébro-géométriques, donnant des applications à la classification des structures CR invariantes à gauche sur les groupes de Lie semi-simple et des structures CR symétriques sur les variétés de drapeaux complètes.
Dans [8] on étudie les quadriques CR de codimension arbitraire, et on caracterise celles dont l'algèbre de Lie des automorphismes CR infinitésimaux admet un automorphism involutif avec des caractéristiques particulières.
Dans [14] on definie et caracterise des fibrations canoniques équivariantes des certaines variétés CR, homogènes pour un groupe compact, sur des variétés de drapeaux complexes. Cettes fibrations généralisent la fibration de Hopf $S^3 \to \mathbb{CP}^1$.

Je poursuis mes recherches sur les variétés homogènes CR, dans les directions suivantes :

1. Propriétés de convexité globale des G_0-orbites dans les variétés de drapeaux pour les fonctions CR lisses et analytiques.
2. L'étude locale des fonctions CR, et leurs propriétés d'extension aux fonctions holomorphes en relation avec différentes notions faibles de pseudo-concavité.
3. Description de la cohomologie locale et globale du complexe de Cauchy-Riemann tangentiel des G_0-orbites.
4. L'étude des représentations de G dans les espaces de cohomologie du complexe de Cauchy-Riemann tangentiel des G_0-orbites, étendant les résultats déjà connus pour les orbites complexes (voir p. e. [23].
5. La généralisation des résultats sur les fonctions CR aux sections CR des fibrés en droites complexes et fibrés vectoriels homogènes.
6. Applications et extensions des résultats à des actions non transitive de groupes de Lie réels semi-simples ou réductifs sur variétés CR.

Régularité des fonctions CR

Un problème essentiel dans l'analyse sur les variétés CR est la régularité des fonctions CR, ou plus généralement des solutions des équations de type Cauchy-Riemann. Ce qui suit est une généralisation naturelle de ce problème.
Étant donné une variété réelle M, et un système $Z(M)$ de champs de vecteurs lisses complexes sur M, généré comme un module sur l'algèbre des fonctions complexes lisses sur M par un ensemble fini $L_1, \ldots, L_N$ de champs de vecteurs complexes, on considére les problèmes suivants, pour une fonction u sur M :

1. hypo-ellipticité : si $L_i(u)$ est lisse pour tout i, alors u est lisse ;
2. sous-ellipticité : une estimation de la forme $\|u\|_\epsilon^2 < C(\|u\|^2 + \sum_i \|\bar{L}_i(u)\|^2)$ vaut pour toute fonction lisse u à support compact (ici $\|u\|_\epsilon$ est une norme de Sobolev) ;

3. résultats analogues à 1. et 2. pour l'opérateur "somme des carrés" $D = \sum_i L_i^* L_i$, pour d'autres opérateurs de type sous-laplacien et des opérateurs de la chaleur associés.

Le cas ou les L_i sont réels a été essentiellement résolu par Hörmander [22]. Le cas général est toujours ouvert et un sujet de recherche actif (voir p. e. [24]).
Une situation particulièrement intéressante est celle où $Z(M)$ est l'espace des champs de vecteurs de type $(0, 1)$ sur une variété CR, quand les équations $L_i(u) = 0$ sont les équations de Cauchy-Riemann. Dans ce cas, des conditions suffisantes pour la validité des énoncés de la forme 1.–3. ont été découvertes sous la forme de conditions de pseudo-concavité appropriées ([20, 21]).
Nous avons pu affaiblir les hypothèses de pseudo-concavité, en étendant la validité de 1.–3., même au cas où certaines formes de Levi scalaires sont semi-définies positives ([4]). Nous envisageons d'élargir la recherche aux espaces des formes de degrés supérieurs et aux systèmes $Z(M)$ non intégrables.

Géométrie CR pseudo-hermitienne

Soit M une variété CR de type hypersurface, de dimension réelle 2n + 1. Si la forme de Levi de M est non-dégénérée, le choix d'une forme de contact sur M definit une métrique pseudo-riemannienne (métrique de Webster). Si de plus la forme de Levi est positive, la métrique de Webster peut être choisie riemannienne.
Nous étudions des immersions isometriques de M dans l'espace Euclidien, pour des variétés CR M de dimension 3. On a obtenu les résultats suivants :

- Si $f \colon M \to \mathbb{R}^4$ est une immersion isométrique CR-pluriharmonique (c'est-à-dire partie réelle d'une fonction CR), alors M est un ouvert de la sphère S^3 ou du cylindre $S^1 \times \mathbb{R}^2$ et f est l'immersion standard [5].
- Si $f \colon M \to \mathbb{R}^n$ est une immersion isométrique qui admet une famille associée faible (dans un sens analogue à [18]), alors M est un ouvert de la sphère S^3 et f est l'immersion standard, ou M est un ouvert du cylindre $S^1 \times \mathbb{R}^2$ et $f(M)$ est contenue dans un 3-plan affine [6].

Algèbres de Poincaré étendues

Dans [26] A. Santi et A. Spiro proposent une nouvelle présentation de certaines théories de supergravité, fondée sur la notion d'*algèbre de Poincaré (super-)extendue* : si V est un espace vectoriel pseudo-riemannien, l'algèbre de Poincaré de V est $\mathfrak{p}(V) = \mathfrak{so}(V) + V$ et une (super-)extension de $\mathfrak{p}(V)$ est une (super-)algèbre de Lie $\mathfrak{m} = \mathfrak{p}(V) + S + V$ où S est un module sur l'algèbre de Clifford $C\ell(V)$, et le crochet $[\cdot, \cdot] \colon S \times S \to V$ satisfait des conditions de compatibilité avec l'action de $C\ell(V)$.
En collaboration avec A. Santi, on decrit les prolongements (dans le sense de N. Tanaka) d'extensions d'algèbres de Poincaré, et on classifie celles qui ont un prolongement simple [16].

Références

[1] A. Altomani, *A note on the CR cohomology of Levi-flat minimal orbits in complex flag manifolds*, Rend. Istit. Mat. Univ. Trieste **37** (2005), no. 1-2, 283–293 (2006).

[2] ———, *Global CR functions on parabolic CR manifolds*, 2007. arXiv:math/0702845.

[3] ———, *Orbits of real foms in complex flag manifolds*, Ph.D. Thesis, 2007. Università di Roma Tor Vergata.

[4] A. Altomani, C. D. Hill, M. Nacinovich, and E. Porten, *Complex vector fields and hypoelliptic partial differential operators*, Ann. Inst. Fourier (Grenoble) **60** (2010), no. 3, 987–1034.

[5] A. Altomani and M.-A. Lawn, *Isometric and CR pluriharmonic immersions of three dimensional CR manifolds in Euclidean spaces*, 2011. arXiv:1106.2962.

[6] ———, *Associated families of immersions of three dimensional CR manifolds in Euclidean spaces*, 2012. arXiv:1202.4624.

[7] A. Altomani and C. Medori, *On homogeneous CR manifolds and their CR algebras*, Int. J. Geom. Methods Mod. Phys. **3** (2006), no. 5-6, 1199–1214.

[8] A. Altomani and C. Medori, *A characterization of CR quadrics with a symmetry property*, J. Geom. Anal. (2012). DOI:10.1007/s12220-011-9228-6.

[9] A. Altomani, C. Medori, and M. Nacinovich, *The CR structure of minimal orbits in complex flag manifolds*, J. Lie Theory **16** (2006), no. 3, 483–530.

[10] ———, *Orbits of real forms in complex flag manifolds*, 2006. arXiv:math/0611755.

[11] ———, *On the topology of minimal orbits in complex flag manifolds*, Tohoku Math. J. (2) **60** (2008), no. 3, 403–422.

[12] ———, *On homogeneous and symmetric CR manifolds*, Boll. Unione Mat. Ital. (9) **3** (2010), no. 2, 221–265.

[13] ———, *Orbits of real forms in complex flag manifolds*, Ann. Sc. Norm. Super. Pisa Cl. Sci. (5) **9** (2010), no. 1, 69–109.

[14] ———, *Reductive compact homogeneous CR manifolds*, 2011. arXiv:1106.2779.

[15] A. Altomani and M. Nacinovich, *Abelian extensions of semisimple graded CR algebras*, Adv. Geom. **4** (2004), no. 4, 433–457.

[16] A. Altomani and A. Santi, *Tanaka structures modeled on extended Poincaré algebras*, 2012. arXiv:1201.0555.

[17] J. J. Duistermaat, J. A. C. Kolk, and V. S. Varadarajan, *Functions, flows and oscillatory integrals on flag manifolds and conjugacy classes in real semisimple Lie groups*, Compositio Math. **49** (1983), no. 3, 309–398.

[18] J.-H. Eschenburg, *The associated family*, Mat. Contemp. **31** (2006), 1–12. Workshop on Differential Geometry (Portuguese).

[19] G. Fels, A. Huckleberry, and J. A. Wolf, *Cycle spaces of flag domains*, Progress in Mathematics, vol. 245, Birkhäuser Boston Inc., Boston, MA, 2006. A complex geometric viewpoint.

[20] C. D. Hill and M. Nacinovich, *A weak pseudoconcavity condition for abstract almost CR manifolds*, Invent. Math. **142** (2000), no. 2, 251–283.

[21] ———, *Weak pseudoconcavity and the maximum modulus principle*, Ann. Mat. Pura Appl. (4) **182** (2003), no. 1, 103–112.

[22] L. Hörmander, *Hypoelliptic second order differential equations*, Acta Math. **119** (1967), 147–171.

[23] A. T. Huckleberry and J. A. Wolf, *Injectivity of the double fibration transform for cycle spaces of flag domains*, J. Lie Theory **14** (2004), no. 2, 509–522.

[24] J. J. Kohn, *Hypoellipticity and loss of derivatives*, Ann. of Math. (2) **162** (2005), no. 2, 943–986. With an appendix by Makhlouf Derridj and David S. Tartakoff.

[25] C. Medori and M. Nacinovich, *Algebras of infinitesimal CR automorphisms*, J. Algebra **287** (2005), no. 1, 234–274.

[26] A. Santi and A. Spiro, *Super-Poincare' algebras, space-times and supergravities (I)*, 2011. arXiv:1011.2722.

[27] J. A. Wolf, *The action of a real semisimple group on a complex flag manifold. I. Orbit structure and holomorphic arc components*, Bull. Amer. Math. Soc. **75** (1969), 1121–1237.

Luxembourg, le 3 décembre 2012