PROJET DE RECHERCHE

Extensions abeliennes, applications moment et modèles sigma

CONTEXTE GÉNÉRAL

L'objectif général de ce projet est l'étude de certains aspects de la géométrie symplectique et de Poisson de dimension infinie, qui sont utilisés de manière fondamentale en physique théorique. Plus précisément, nous allons considérer les modèles sigma et leurs généralisations, et étudier leurs propriétés à l'aide d'outils géométriques initialement développés pour l'étude des sytstèmes dynamiques hamiltoniens apparaissant en mécanique des milieux continus (hydrodynamique et élasticité).

De manière générale, le point de vue adopté pour l'approche géométrique de la mécanique des millieux continus est le suivant. L'EDP d'évolution du système est interprétée comme un système Hamiltonien sur un espace de configuration de dimension infinie, habituellement donné par un groupe de difféomorphismes ou une varieté de plongements. Puis, les outils issus de la mécanique Lagrangienne et Hamiltonienne, tels que les réductions par symmétries (réduction de Poisson, réduction symplectique, réduction Lagrangienne, etc…) et la théorie des applications moments, peuvent être utilisés pour étudier le système.

L'usage des ces techniques géométriques a déjà permi de nombreux progrès dans plusieurs situations telles que l'obtension du caractère bien posé d'EDP [EM], [S], l'interprétation géométrique des solutions points de vortex des équations d'Euler [MW], la dérivation de nouveaux modèles Hamiltoniens pour les fluides moyennisés (e.g. [HMR]), l'obtension de critères de stabilité non-linéaire en hydrodynamique (e.g. [AHMR], [HMRW]), et plus récemment, le développement d'intégrateurs géométriques en élasticité et hydrodynamique (e.g. [LMOW], [GMPMD]) ainsi que l'établissement de la compatibilité entre l'approche traditionnelle et l'approche micropolaire pour les cristaux liquides [GBRT].

Notre projet consiste à utiliser ces outils dans un autre contexte que celui la mécanique continue. Nous allons considérer la formulation géométrique infinie dimensionelle des modèles sigma, de leurs versions jaugées et de leurs generalizations récentes, ainsi que le lien que ces versions entretiennent avec la théorie des orbites coadjointes.

ETAT DE L'ART

Plusieurs aspects géométriques des modèles sigma non-linéaires et des théories de WZNW, pertinents pour notre projet, ont été étudiés récemment (par exemple dans [AS], [ASe], [SS], [KS], [KoS], [KSS]). En particulier, dans [AS], une nouvelle algèbre de courants décrivant les symmétries et les symmétries de jauge des modèles sigma de dimension 2 a été introduite. Les relations de commutation associées ont été analysées et interprétées à l'aide des structures de Dirac et des crochets de Courant, et reliées aux structures complexes généralisées. Dans [SS], la notion de modèles sigma de Poisson, pour lesquels l'espace des valeurs des champs est une variété de Poisson, a été introduite et étudiée. Un terme de Wess-Zumino a plus tard été considéré et étudié par [KS].

Des liens plus étroits entre les modèles sigma et d'autres structures géométriques telles que les distributions de Dirac et les algébroides ont été étudié par [KoS] et [KSS]. Ces théories, leurs symmétries, les courants correspondants et leur règle de commutation n'ont cependant pas été étudiées selon le point de vue d'applications moments associées à des extensions centrales ou abeliennes, contrairement au cas de théorie des champs apparaissant en mécanique continue [GIMM], [EGBHPR], [GBR]. Comme nous allons le voir ci-dessous, nos résultats préliminaries montrent que ce point de vue est d'une importance cruciale pour expliquer de manière naturelle et rigoureuse l'occurrence d'extensions centrales et abeliennes dans ces théories.

D'un point de vue algébrique, un foncteur associant una algèbre de Lie à une paire consistant en une variété et une algèbre de Lie différentielle graduée a été récemment définie par [ASe] et utilisée pour obtenir plusieurs extensions de groupes apparaissant dans ces théories, telles que l'extension Faddev-Mickelsson-Shatashvili (FMS). L'algèbre de Lie décrivant les symmétries des modèles sigma a été plus tard décrite [ASV] avec l'aide de ce foncteur.

Par ailleurs, l'origine de la fonctionnelle d'action de WZNW a été expliquée géométriquement et généralisée à d'autres situations telles que la gravité de Polyakov, les théories topologiques d'Horowitz, la théorie de Chern-Simons (e.g. [ASh], [ANN],[ANPZ], [GT]), à l'aide d'une fonctionnelle très spécifique (appelée action géométrique) associée à certaines extensions centrales de groupes de difféomorphismes. La théorie abstraite sous-jacente et unifiant ces examples, ainsi que l'explication rigoureuse de l'occurrence du terme de Wess-Zumino dans le cas de groupes de Kac-Moody n'a pas été expliquée en général. Nos résultats préliminaires montrent qu'une théorie générale expliquant le lien entre l'extension abelienne sous-jacente à la formulation "action géométrique" de ces théories et l'occurrence de l'extension abelienne en tant que symmétrie produisant l'application moment appropriée (comme décrit ci-dessus) est toujours manquante et impose de plus amples investigations.

TRAVAUX RÉCENTS

Nous présentons ci-dessous quelques uns de nos travaux récents qui sont d'importance cruciale pour ce projet.

Applications moment et extensions centrales:

Le concept d'application moment en dimension infinie, ses propriétés d' équivariance, et son occurrence dans le cas d'extensions de groupes de difféomorphismes ou d'automorphismes a été récemment étudiée dans le contexte de paires duales en hydrodynamique dans [GBV] and [GBTV], avec un traitement rigoureux des questions reliées au caractère infini dimensionnel des variétés utilisées.

L'article [GBV] est une étude rigoureuse de la structure de paire duale d'applications moment apparaissant pour les équations d'Euler et les équations de Camassa-Holm, incluant les preuves de transitivité nécessaires. Dans le cas des équations d'Euler, nous montrons qu'une définition rigoureuse des applications moments mène naturellement à des extensions centrales de groupes de difféomorphismes, tells que le groupe des quantomorphismes et l'extension centrale d'Ismagilov des groupes de difféomorphismes exacts préservant le volume.

Dans l'article [GBVT], nous avons formulé les équations d'Euler-Poincaré sur le groupe des automorphismes d'un fibré principal. Ces équations contiennent plusieurs systèmes importants en hydrodynamique, tels que les équations de Camassa-Holm à deux composantes [CLZ], leurs versions modifiées [HONT], et les équations d'un fluide chargé de charge non abélienne [V], [GBR]. De cette approche nous avons déduit une structure de paire duale d'applications moment pour ces équations. Dans [GBVT] nous avons aussi considéré la version incompressible de ces équations, pour lesquelles la définition d'une paire duale requiert l'introduction de nouvelles extensions centrales, telles que les groupes de chromomorphismes, qui sont une généralisation non abélienne du groupe des quantomorphismes.

Une paire duale d'applications moment apparaît aussi dans le cas des fluides à frontière libre. Dans ce cas la variété symplectique en question est le fibré cotangent de la variété des plongements préservant le volume, d'une variété à bord dans une variété sans bord, de même dimension. C'est un de nos projet en cours.

Groupes de difféomorphismes, extensions abelienne, et hat-calcul:

La théorie des extensions abéliennes des groupes de dimension infinie a été étudiée de manière systématique dans [N1]. Contrairement au cas de dimension finie, il y a deux obstructions à l'intégration d'un cocycle d'algèbre de Lie en une extension abélienne de groupe de Lie: l'application période et l'homomorphisme de flux. De ce point de vue, la construction géométrique explicite d'extensions de groupes de Lie de dimension infinie est très importante. Un exemple de ce type est donné par l'extension centrale associée à toute variété symplectique préquantisable. Cet exemple se généralise au cas de variétés munies d'une forme fermée à valeurs dans un espace vectoriel [NV]. Une version abelienne de l'extension associée aux variétés préquantisable a été introduite dans [V2].

A part les variétés d'applications, une importante classe de variétés de dimension infinie est fournie par les espaces de sous-variétés d'une variété donnée, appelés Grassmaniennes. Elles apparaissent naturellement comme orbites coadjointes de groupes de difféomorphismes. Par exemple, la grassmanienne des sous-variétés de codimension deux peut être réalisée comme orbite coadjointe d'une extension du groupe de difféomorphismes préservant le volume et exacts; la grassmanienne symplectique peut être identifiée à une orbite coadjointe du groupe des difféomorphismes Hamiltoniens [HV]. La réduction symplectique associée aux paires duales apparaissant en dynamique des fluides produit des nouvelles classes de grassmaniennes pouvant être identifiées à des orbites coadjointes. C'est un de nos projets en cours.

Les formes différentielles sur les grassmaniennes ou les variétés d'applications sont souvent construites à partir de formes différentielles sur les variétés de base. Afin de manipuler de manière rigoureuse ces formes, un calcul différentiel approprié a été développé dans [HV] et [V3], appelé hat-calcul. Ce calcul est d'une importance cruciale pour l'étude rigoureuse de paires duales d'application moments [GBV], et pour l'étude des symmétries des modèles sigma [ASV]. Ce sera un outils fondamental pour le présent projet.

Résultats préliminaires:

Grâce à nos progrès récents concernant les applications moment, les paires duales, et les grassmaniennes en mécanique continue, et en utilisant les analogies découvertes entre les symmétries dans le contexte de la mécanique continue et les symmétries dans le contexte des modèles sigma, nous sommes capables de formuler plusieurs conjectures précises et d'identifier de nouvelles directions de recherche concernant l'usage des techniques des méthodes géométriques de la mécanique continue pour l'étude des modèles sigma et leurs généralisations importantes en théorie des cordes.

Nous avons par exemple identifié plusieurs extensions de groupes de difféomorphismes qui jouent un rôle crucial dans la théorie des modèles sigmas. En particulier, il semble maintenant evident que l'extension due a Neeb est d'une importance cruciale en tant que symmétrie pour ces modèles. Par exemple, dans le cas des modèles sigma avec source S et but M, nous avons pu exhiber une symmétrie d'algèbre de Lie dans le cas particulier où la symmétrie ne depend pas de S. Il s'avère que cette algèbre de Lie est en fait une extension de Neeb des champs de vecteurs sur M et admet de plus une application moment équivariante. En outre, cette propriété d'équivarience permet d'expliquer les relations de commutation observées dans les modèles sigma. L'extension de Neeb nécessaire, est obtenue du terme de Wess-Zumino par fonctorialité, via l'usage du hat-calcul développé dans [HV] et [V3]. Ce calcul est aussi utilisé pour montrer de manière rigoureuse les propriétés d'applications moment. Dans le cas particulier où M est un groupe de Lie, nous avons déjà obtenu des relations entre les extensions de Neeb et de

Kac-Moody. En particulier, nous sommes capables d'expliquer géométriquement l'occurrence des extensions de Kac-Moody dans les théories de WZNW, de manière analogue à ce que nous avons établi dans [GBV] concernant l'occurrence des extensions par préquantization et d'Ismagilov en hydrodynamique.

OBJECTIFS

Objectif 1. Symmétries dans les modèles sigma et applications moment

Un nouveau type d'algèbre de Lie décrivant les symmétries et les symmétries de jauge des modèles sigma de dimension 2 a été introduit dans [AS]. Les courants de la théorie sont associés à des paires formées d'un champ de vecteur et d'une 1-forme sur la variété M des valeurs des champs du modèle sigma. La théorie est déformée par une 3-forme H sur M, induite par le terme de Wess-Zumino.

Dans [ASV] il a été montré comment cette algèbre de Lie des symmétries peut être obtenue avec l'aide du foncteur introduit par [AS]. Il s'avère que cette algèbre de Lie est une extension abelienne de l'algèbre de Lie des courants. Cette approche a aussi été adaptée au cas des modèles sigma de dimension supérieure. De plus, cette extension abelienne semble liée à une extension plus générale due a Neeb, et dont l'intégrabilité en une extension abelienne de groupe de Lie est connue [N2].

Le premier objectif de notre projet consiste à expliquer les règles de commutation des courants de la théorie, via des applications moment. Cela requière la définition d'une action Hamiltonienne appropriée sur l'espace de phase de la théorie. Par exemple, pour le cas de dimension deux, l'espace de phase en question est le fibré cotangent de l'espace des lacets dans M. Une difficulté supplémentaire est liée au fait que la forme symplectique canonique est déformée par une forme fermée H sur M, associée au terme de Wess-Zumino. Il s'avère que l'algèbre de Lie des symmétries appropriée pour ce cas est donnée par une extension abélienne de l'algèbre de Lie des applications sur S, à valeurs dans les champs de vecteurs sur M. Cette algèbre de Lie sera notée SM ci-dessous (en abréviation de sigma models).

L'occurrence de cette algèbre de Lie SM compliquée, rend difficile une preuve rigoureuse de l'existence éventuelle d'une application moment associée. Nous projetons d'obtenir une telle preuve avec notre nouvel outil, le hat-calcul, développé dans [V3] et utilisé avec succès dans [GBV]. L'étude des propriétés d'équivariance de ces applications moment et l'identification du plusieurs sous-algèbres de Lie remarquables de SM, devrait expliquer les relations de commutation observées dans [AS], et leur relation avec les algébroides de Courant.

Il est bien connu qu'un cas particulier intéressant apparaît lorsque M est un groupe de Lie G et la forme fermée H est la forme de Cartan bi-invariante. En particularisant nos résultats précédents et l'interprétation géométrique donnée en termes des espaces fibrés, il sera possible d'obtenir, par restriction, l'intepértation géométrique et les extensions abeliennes appropriées pour le cas important des groupes de Lie, ainsi que la version équivariante de l'algèbre de Lie SM.

Objectif 2. Cocycle de Fadeev-Mickelsson-Shatashvili (FMS), équations de descente et loi de Gauss dans les modèles WZNW de jaugés

Ayant traîté le cas des modèles sigma et WZNW via les outils géométriques de la mécanique continue, il s'agit maintenant de considérer les version jaugées de ces modèles ([F], [FS]). Une des tâches principales sera d'obtenir la formule des courants, leurs relation de commutation, l'occurrence d'anomalies, et leurs relations avec le cocycle de Faddev-Mickelsson-Shatashvili (FMS), à l'aide des actions d'algèbre de Lie de dimension infinie appropriées, de leurs applications moment, ainsi que de leurs propriétés de non-équivariance.

La situation est ici plus compliquée à cause de la présence d'une variable additionnelle, une connection (le potentiel de Yang-Mills) qui, en plus de modifier la forme symplectique canonique, modifie aussi l'action de l'algèbre de Lie. Cela a été observé dans [I], et les conditions de compatibilité entre ces déformations, sont données par des équations de descente.

Notre premier objectif dans ce contexte est de développer une théorie générale afin de comprendre géométriquement ces équations de descente, à l'aide des propriétés des applications moment. Nos résultats préliminaries montrent que la situation appropriée est la suivante. Considérons le produit semi-direct d'une algèbre de Lie g avec l'espace des fonctions F(Q) sur une variété Q, où g agit sur Q, et considérons l'action de ce produit semi-direct sur le fibré cotangent T*Q de Q. Le but est de comprendre comment déformer simultanément l'algèbre de Lie (à l'aide d'un 2-cocycle sur g à valeurs dans F(Q)) et son action sur T*Q (par une 2-forme fermée), de manière à ce que la nouvelle action admette une application moment. Il s'avère que cette condition est précisément donnée par une version généralisée des équations de descente. C'est donc le point de vue approprié pour comprendre les exemples concrets liés au cocycle FMS, tels que les théories WZNW jaugées.

Un cas particulier a été traîté dans [I], pour lequel g est l'algèbre de Lie des transformations de jauge et Q est le produit cartésien du groupe de jauge et de l'espace des connections, ainsi F(Q) est l'espace des fonctionelles dependant des variables de jauge et des connections, ce qui est exactement l'espace dans lequel le cocycle de FMS prend ses valeurs. Une situation similaire a été développée dans [F], pour un cocycle équivalent au cocycle de FMS. Ces approches engendrent des formules très sophistiquées qu'il est très difficile de manipuler. Grâce à notre formulation géométrique et avec l'aide du hat-calcul, nous pourrons obtenir une interprétation rigoureuse des courants correspondants, de leur relation de commutation, et des lois de Gauss pour les modèles WZNW jaugés.

De plus, en utilisant [AS] et adaptant les résultats que nous avons obtenus dans le premier paragraphe, nous pourrons établir un lien nouveau entre les modèles WNZW jaugés et les algebroides de Courant déformés. Une fois ce lien établi, nous pourrons considérer le cas de fibrés principaux non-triviaux. Dans ce cas, nous devrions obtenir, comme condition de compatibilté, une version généralisée des équations de descente. Le cocycle généralisant FMS est encore inconnu.

Objectif 3. Action géometrique et applications

Soit G un groupe de Lie, soit h une fonction sur G, et soit m un moment appartenant au dual g* de l'algèbre de Lie. L'action géométrique associée à G, h, et m, est une fonctionnelle définie sur les courbes dans G, dont l'équation critique fait apparaître l'action coadjointe. Il est bien connu que cette approche produit une classe d'actions importantes telles que WZNW, Polyakov, et Chern-Simons. Nous envisageons un traîtement systématique de l'action géométrique pour une classe de groupes de Lie de dimension infinie apparaîssant de manière fondamentale dans ces exemples. Il s'agit principalement d'extensions centrales ou abéliennes.

Dans le cas où les extensions sont définies avec l'aide de 2-cocycles de groupes, l'action et son équation stationnaire peuvent être écrites sans difficultés. C'est par exemple le cas pour le groupe de Bott-Virasoro, apparaîssant dans l'appoche de Polyakov pour la gravitation [ASh], [ANN],[ANPZ].

Il est cependant difficile de comprendre cette action lorsque l'extension est topologiquement non-triviale et ne peut donc pas être décrite par un 2-cocycle de groupe. C'est le cas pour les groupes de Kac-Moody, apparaissant dans la théorie WZNW, [ASh].

Une partie importante de ce projet est de développer un traîtement rigoureux et général de l'action géométrique pour les extensions de groupe de courants. A cette fin, nous projetons d'utiliser la construction donnée en [M] pour les groupes de lacets, généralisée en [LMNS] au cas des groupes de courant, puis plus tard adaptée dans [H] et, par l'un de nous dans [V] pour le cas d'extensions arbitraires de groupe de Lie de dimension infinie.

Un autre exemple topologiquement non-trivial est donné par l'extension de FMS et l'extension SM mentionnée dans le premier paragraphe. Il sera crucial de comprendre l'action géométrique pour ces cas, et d'analyser le lien entre cette approche et les actions Hamiltoniennes considérées dans les paragraphes 1 et 2 ci-dessus.

Finalement, nous explorerons aussi une autre classe de groupe donnée par le produit semi direct d'un groupe de Lie de dimension infinie et le groupe de Heisenberg. Ces groupes furent considérés par exemple par [GT] dans le contexte de théories de Yang-Mills et de Horowitz.

References

[AHMR] Abarbanel, H, D. D. Holm, J. E. Marsden, and T. S. Ratiu [1986], Nonlinear stability analysis of stratified fluid equillibria, Phil. Trans. R. Soc. Lond. A 318, 349-409.

[ANN] Aldaya, V., J. Navarro-Salas, and M. Navarro [1993], Field models from two cocycles on infinite-dimensional Lie groups and symplectic structures: 2D-gravity and Chern-Simons theory, J. Phys. Math. 26, 5391--5412.

[ANPZ] Aratyn, H., E. Nissimov, S. Pacheva, and A.~H. Zimerman [1990], Symplectic actions on coadjoint orbits, Phys. Lett. B. 240(1,2), 127--132.

[ASe] Alekseev, A. and P. Severa [2011], Equivariant cohomology and current algebras, Preprint

[ASh] Alekseev, A. and S. Shatashvili [1989], Path integral quantization of the Virasoro group and 2-d gravity, Nucl. Phys. B. 323, 719-733.

[ASV] Alekseev, A., P. Severa, C. Vizman [2011], Current algebra functors and extensions, Preprint

[AS] Alekseev, A. and T. Strobl [2005], Current algebra and differential geometry, JHEP 03(2005)035.

[CLZ] Chen, M., S. Liu, and Y. Zhang [2005], A two-component generalization of the Camassa-Holm equation and its solutions., Lett. Math. Phys. 75 (1), 1-15.

[EM] Ebin, D. G. and J. E. Marsden [1970], Group of diffeomorphisms and the motion of an incompressible fluid, Ann. of Math. (2) 93, 102-163.

[EGBHPR] Ellis, D., F. Gay-Balmaz, D. D. Holm, V. Putkaradze, and T. S. Ratiu [2010], Symmetry reduced dynamics of charged molecular strands, Arch. Rat. Mech. Anal. 197 (2), 811-902.

[F] Fadeev, L. D. [1984] Operator anomaly for the Gauss law, Phys. Lett. 145B, 81-84.

[FS] Fadeev, L. D. , S. L. Shatashvilli [1984] Algebraic and Hamiltonian methods in the theory of nonabelian anomalies. Theor. Math. Phys. 60, 206–217.

[GIMM] Gotay, M., J. Isenberg, J. E. Marsden, and R. Montgomery [2004], Momentum Maps and Classical Relativistic Fields. Part I and II, arXiv:physics/9801019v2, arXiv:math-ph/0411032v1.

[GMPMD] Gawlik, E., P. Mullen, D. Pavlov, J. E. Marsden, and M. Desbrun [2011], Geometric variational discretization of continuum theories, Physica D 240(21), 1724-1760, 2011.

[GBR] Gay-Balmaz, G. and T. S. Ratiu [2010], A new Lagrangian dynamic reduction in field theory, Annales de l'Institut Fourier, 16 (3), 1125-1160.

[GBRT] Gay-Balmaz, F., T. S. Ratiu and C. Tronci [2012], Equivalent theories of liquid crystal dynamics, preprint.

[GBV] Gay-Balmaz, F. and C. Vizman [2012], Dual pairs in fluid dynamics, Annals Glob. Anal. Geom. 41(1), 1-24.

[GBTV] Gay-Balmaz, F., C. Tronci, and C. Vizman [2012], Geometric dynamics on the automorphism group of principal bundles: geodesic flows, dual pairs and chromomorphism groups, accepted in J. Geometric Mechanics.
[GT] Grabowski, M.~P. and C.-H. Tze [1991], Classical gauge theories on the coadjoint orbits of infinite dimensional groups, Phys. Lett. B. 258(1,2), 145-150.
[HV] Haller, S. and C. Vizman [2004] Non-linear Grassmannians as coadjoint orbits, Math. Ann. 329(4), 771-785.
[H] Hekmati, P. [2010], Integrability criterion for abelian extensions of Lie groups, Proc. Amer. Math. Soc. 138(3), 4137-4148.
[HMR] Holm, D., J. E. Marsden, and T. S. Ratiu [2002], Euler-Poincaré models of ideal fluids with nonlinear dispersion, Phys. Rev. Lett. 349, 4173-4177.
[HMRW] Holm, D., J. E. Marsden, T. S. Ratiu, and A. Weinstein [1983], Nonlinear stability conditions and a priori estimates for barotropic hydrodynamics, Phys. Lett. 98A, 15-21.
[HONT] Holm, D. D., L. O Naraigh, and C. Tronci [2009], Singular solutions of a modified two-component Camassa-Holm equation, Phys. Rev. E 79 , 016601.
[I] Inamoto, T. [1992], Symplectic structures oin the chirally gauged WZW model, Phys. Rev. D. 45(4), 1276-1290.
[KS] Klimcik, C. and T. Strobl [2002], WZW-Poisson manifolds, J. Geom. Phys. 43(4), 341–344.
[KoS] Kotov, A. and T. Strobl [2010], Generalizing geometry - algebroids and sigma models, Hand. of pseudo-Riemannian geom. and supersym., 209–262, IRMA Lect. Math. Theor. Phys., 16.
[KSS] Kotov, A., P. Schaller, and T. Strobl [2005], Dirac sigma models. Comm. Math. Phys. 260, 455–480.
[LMNS] Losev, A., G. Moore, N. Nekrasov, S. Shatashvili [1998], Central extension of gauge groups revisited, Selecta Mathematica, 4(1), 117-123.
[LMOW] Lew A., J. E. Marsden, M. Ortiz, and M. West [2003], Asynchronous Variational Integrators, Arch. Rat. Mech. Anal. 167(2), 85-146.
[M] Mickelsson, J. [1987], Kac-Moody groups, topology of the Dirac determinant bundle and fermionization, Comm. Math. Phys. 110, 173-183.
[M] Mickelsson, J. [1985], Chiral anomalies in even and odd dimensions, Comm. Math. Phys. 97(3), 361-370.
[MW] Marsden, J.E. and A. Weinstein, A. [1983], Coadjoint orbits, vortices, and Clebsch variables for incompressible fluids, Phys. D **7**, 305–323.
[N1] Neeb, K.-H. [2004], Abelian extensions of infinite-dimensional Lie groups, Travaux Math., XV 69-194.
[N2] Neeb, K.-H. [2011], Lie groups o bundle automorphisms and their extensions, Developments and Trends in Infinite-Dimensional Lie Theory, Progress in Math. 288, Part 2, 281-338.
[NV] Neeb, K.-H. and C. Vizman [2003], Flux homomorphisms and principal bundles over infinite-dimensional manifolds. Monatshefte fuer Math. 139, 309-333.
[S] Shkoller, S. [2000], Analysis on groups of diffeomorphisms of manifolds with boundary and the averaged motion of a fluid, J. Diff. Geom. (1), 145-191.
[SS] Schaller, P. and T. Strobl [1994], Poisson structure induced (topological) field theories, Modern Phys. Lett. A 9 (33), 3129–3136.
[V1] Vizman, C. [2008], The path group construction of Lie group extensions, J. Geom. and Phys. 58, 860-873.
[V2] Vizman, C. [2011], Abelian extensions via prequantization, Ann. Global Analysis and Geom. 39(4), 361-386.
[V3] Vizman, C. [2011], Induced differential forms on manifolds of functions, Arch. Math. (Brno) 47 (3), 201-215.