

# PRESENTATION DU GROUPE DE TRAVAIL

## METHODES ENSEMBLISTES POUR L'AUTOMATIQUE

Luc Jaulin<sup>1</sup> et Nacim Ramdani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bureau D214, DTN (Laboratoire Développement des Technologies Nouvelles), ENSIETA (Ecole Nationale Supérieure des Ingénieurs des Etudes et Techniques d'Armement), 2 rue François Verny, 29806 Brest Cédex 09, Web : [www.ensieta.fr/jaulin/](http://www.ensieta.fr/jaulin/). Email : jaulinlu@ensieta.fr

<sup>2</sup> [INRIA](http://www.inria.fr) Sophia Antipolis - Méditerranée, France, membre de l'équipe projet [COPRIN](http://www.coprin.fr) et du Département Robotique du [LIRMM](http://www.lirmm.fr/~ramdani/) UMR 5506, Montpellier. Web : <http://www.lirmm.fr/~ramdani/>.

*Site Web du groupe de travail <http://www.lirmm.fr/ensemble/spip.php>*

### Présentation

Notre groupe de travail appartient aux deux axes :

- MEMO : Modélisation, évaluation et méthodes d'optimisation (responsable Yannick Frein)
- SIM : Supervision, Identification et Maintenance (responsable Didier Maquin)

du GDR MACS ([www.univ-valenciennes.fr/GDR-MACS/](http://www.univ-valenciennes.fr/GDR-MACS/)).

Il est à noter que notre groupe recense à l'heure actuelle 251 membres avec une progression d'environ 35 personnes par an.

Les méthodes ensemblistes, qui permettent la manipulation de sous-ensembles de  $\mathbb{R}^n$ , sont dédiées à la caractérisation de l'ensemble de toutes les solutions d'un problème donné. Cet ensemble peut être représenté de façon exacte, ou encadré par deux approximations intérieure et extérieure (ellipsoïdes, zonotopes, polytopes convexes ou unions de pavés). Ces méthodes permettent ainsi :

1. de déterminer si un ensemble de points vérifie une propriété donnée,
2. de garantir l'approximation extérieure, et donc de détecter la non-véracité d'une propriété du système lorsque cette approximation est vide,
3. de caractériser numériquement cet ensemble tout en contrôlant la qualité de la solution obtenue selon le seuil de tolérance imposé ou choisi par l'utilisateur.

Initialement développés par les informaticiens dans le cadre de l'analyse des intervalles, afin de tenir compte de la propagation des imprécisions liées aux valeurs numériques (représentation machine des nombres, gestion des erreurs d'arrondis), ces outils permettent également de gérer les imprécisions issues d'une chaîne d'instrumentation (qualité des capteurs, précision technologique, conditions opératoires, présence de signaux parasites), en quantifiant l'erreur sur le résultat final. Ont ainsi pu être traités des problèmes intrinsèquement mathématiques, mais surtout issus de l'automatique. Le calcul par intervalles permet ainsi de résoudre une grande classe de problèmes non-linéaires, comme par exemple le calcul de tous les minima globaux d'un critère non-convexe ou bien le calcul de toutes les solutions d'un système de  $n$  équations à  $n$  inconnues. Contrairement aux méthodes numériques classiques (méthodes de MontéCarlo, par exemple), le résultat est obtenu de façon globale et garantie en un temps fini, même lorsque des fonctions trigonométriques ou discontinues apparaissent dans le problème.

L'outil ensembliste est ainsi particulièrement utilisé en estimation paramétrique : en optimisation globale, où il fournit un encadrement garanti de tous les optimiseurs globaux d'un problème donné, et dans le contexte de l'estimation à erreurs bornées, où il permet de déterminer l'ensemble des

valeurs acceptables des paramètres du modèle (c'est-à-dire cohérentes avec les mesures, le modèle et les bornes sur l'erreur d'équation) en appréhendant les incertitudes sur ces paramètres. Les modèles traités sont tout aussi bien linéaires, que non linéaires, et une amélioration continue de ces techniques a permis de les étendre à des problèmes de plus grande dimension en termes de variables bornées à traiter (propagation de contraintes). Les principaux domaines d'étude de ces méthodes sont :

- **l'estimation et la modélisation** (estimation paramétrique, estimation d'état, problème inverse) avec prise en compte de l'incertain,
- **la commande** (analyse de stabilité, synthèse de lois de commande, validation des systèmes de commande),
- **La robotique** (planification de chemin, analyse de l'espace de configuration, localisation et cartographie)
- **la surveillance** (analyse de sûreté, analyse de risques, modélisation des effets pour les études de dangers, détection et diagnostic de défauts).

Les progrès combinés de l'algorithmique et de la vitesse de calcul des ordinateurs permettent une diffusion toujours plus grande de l'outil ensembliste et d'envisager un nombre croissant de problèmes à traiter.

## Organisation du GT

Les coordinateurs sont Luc Jaulin et Nacim Ramdani. Les coordinateurs sont renouvelés en moyenne tous les 2 ans de façon démocratique (il faut tout de même dire que les candidats pour la gestion du GT ne se bousculent pas et que nous n'avons jamais dû organiser des élections). Les informations sont généralement diffusées par email ([mea-gdrmacs@univ-valenciennes.fr](mailto:mea-gdrmacs@univ-valenciennes.fr)). Nous nous réunissons en moyenne deux à trois fois par an à Paris ou en province avec en plus le workshop international SWIM qui nous permet de communiquer avec les communautés scientifiques extérieures. Cette gestion relativement simple nous permet de nous concentrer que les objectifs scientifiques.

Les laboratoires qui participent activement à notre GT sont le LISA (Angers), le LIRMM (Montpellier), DTN (Brest), Eudiasyc (Compiègne), le L2S (Paris), le LINA (Nantes), l'ECS (Cergy) et Coprin (Nice).

Parmi les industriels présents à nos réunions, nous avons Dassault et AC-système.

Nous sommes très liés à une communauté internationale sur le calcul par intervalles <http://www.cs.utep.edu/interval-comp/> qui regroupe environ 1000 chercheurs internationaux. Dans cette communauté, la France est représentée à travers notre GT. Sa particularité de la France est son application des méthodes ensemblistes à l'automatique et à la robotique ainsi que la propagation de contraintes.

## Workshop SWIM 08 (Small Workshop on Interval Methods, Montpellier), 19-20 juin 2008

Comme prévus dans notre dernier rapport d'activité, nous avons organisé la première édition du workshop international SWIM, qui s'est tenu au [LIRMM](#). Le programme est donné ci-dessous. Plus d'informations existent sur le site web du workshop <http://www.ensieta.fr/jaulin/swim08.html>.

### Jeudi 19 juin

**9h00-10h00 : Welcome.** Coffee

**10h-12h : Session CSP , nonlinear system and intervals arithmetics**

- ▶ Jamila Sam-Haroud, Artificial Intelligence Laboratory, Lausanne (Switzerland) Title : Enhancing numerical constraint propagation using multiple inclusion representations
- ▶ Gilles Trombettoni, Gilles Chabert. Title : Constructive Interval Disjunction : past, present, and future
- ▶ Ignacio Araya, Bertrand Neveu, Gilles Trombettoni. Title : Exploiting Common Subexpressions in Numerical CSPs
- ▶ Jean-Pierre MERLET, INRIA Sophia Antipolis. Title : Influence of uncertainties on ultrasonic localisation systems

▀ Milan Hladik, David Daney Title : Computing the range of real eigenvalues of an interval matrix

▀ Nathalie Revol, INRIA Rhones Alpes Title : Standardization and interval arithmetics

#### **14h-15h : Plenary Talk**

▀ Ned Nedialkov, Dept. of Computing and Software, McMaster University, Canada. Title : Interval Tools for ODEs and DAEs

#### **15h-16h30 : Session Continuous Reachability and Verification**

▀ Nacim Ramdani, INRIA Sophia-Antipolis Mediterranee and LIRMM UMR 5506, CNRS UM2 Montpellier. Title : Reachability of uncertain nonlinear systems using a nonlinear hybridization

▀ Olivier Bouissou, CEA Saclay - DRT/DTSI/SOL/MeASI Gif-sur-Yvette Title : Using guaranteed integration of ODEs for the verification of embedded software.

▀ Nicolas Delanoue, LISA, Angers. Title : : Attraction domain of a nonlinear system using interval analysis.

▀ M. Lhommeau, LISA Angers Title : Inner and outer approximation of the capture basin of a state space model using interval analysis

#### **16h30-17h30 : Session CSP again**

▀ Dominique LOHEZ, ISEN-Lille Title : Relational and Algebraic Concepts for Automated Interval Reasoning

▀ Guillaume Verger, LIRMM, Montpellier. Title : CSPs and Quantified CSPs

▀ Maëleann AUFRAY (ENSIACET - Toulouse), Adrien BROCHIER and Wulff POSSART Title : S.I.V.I.A. Applied to Dielectric Spectroscopy : a Guaranteed Parameter Estimation Using Interval Analysis

#### **Friday June 20th**

##### **9h00-9h30 : Welcome, Cofee**

##### **9h30 -12h : Session Estimation, uncertainty and CSP**

▀ Olivier STRAUSS, LIRMM UMR CNRS Univ. Montpellier. Title : Imprecise estimation in signal processing.

▀ Emmanuel Bénazéra, Louise Trave-Massuyes, LAAS, Toulouse. Title : Set-Theoretic Estimation of Hybrid System Configurations.

▀ Farah Mourad, Fahed Abdallah, Hichem Snoussi, Cédric Richard, UTC, LM2S, UTT Title : Guaranteed boxed localization in MANETs by interval analysis and constraints propagation techniques.

▀ Philippe Langlois (DALI, Univ. Perpignan) and Nicolas Louvet (Arénaire, INRIA and ENS Lyon). Title : Accurate results with compensated algorithms and validated error bounds in floating point computation : principles and applications.

▀ Jorge Florez, Mateu Sbert, Josep Vehí (University of Girona) Title : Improving ray tracing of implicit surfaces using interval arithmetic.

▀ Jan Sliwka, ENSIETA, Brest. Title : SAUC'ISSE : our interval robot

▀ Luc Jaulin and Gilles Chabert, ENSIETA. Title : Resolution of nonlinear interval problems using symbolic interval arithmetic.

▀ Gilles Chabert and Luc Jaulin, DTN, ENSIETA. Title : : Interval and Boolean constraint propagation for simultaneous localization and map building

▀ Sébastien LENGAGNE, Nacim RAMDANI, Philippe FRAISSE (LIRMM / INRIA) Title : Application of Interval Analysis : safe path planning.

##### **14h-15h : Visit of Robotics Lab. LIRMM.**

##### **15h-16h : Round Table**

##### **16h : End of Workshop**

Nous pensons que ce workshop a été un succès et nous avons décidé de proposer une seconde édition de ce workshop. SWIM'09 se tiendra à Lausanne, EPFL les 10,11,12 juin 2009.

**Programme des journées organisées par le groupe MEA depuis juillet 2007**

Réunion du 19 juillet 2007 (nombre de participants : 16)

- M. Lhommeau. Characterization of capture basins via interval methods.
- A. Goldsztejn. A new containment method for rigorous shadowing.
- T. Dang. Reachability computation using set integration.
- O. Nasri. Reachability analysis of nonlinear systems by warranty piecewise affine approximation.
- N. Meslem. Reachability analysis of nonlinear systems via interval analysis.
- L. Jaulin. Embedded intervals.
- G. Soares. An interval-based approach vs. particle filtering : comparison and application to range-only target tracking with multistatic radar.

Réunion du 1er octobre 2007 (nombre de participants : 23).

Cette réunion a été conjointement organisée par les GT SYSME et GT MEA du GDR MACS et le GT6 "Conception Innovante et Mécatronique" du GDR Robotique. Les exposés proposés offrent un large spectre de méthodes (arithmétique par intervalles, calcul ellipsoïdal, optimisation, satisfaction de contraintes ...) dans le but de contribuer à la résolution de problèmes concrets, en particulier la conception, estimation et commande en robotique.

Salle du conseil du Département de Génie Electrique, Bat Gustave Ferrié, INSA de Lyon

- Auteur : Nathalie REVOL, Optimisation globale sans et avec contraintes : résolution à l'aide de l'arithmétique par intervalles.
- Luc JAULIN, Interval analysis and constraint propagation ; applications to robotics
- Jean-Pierre MERLET, Conception appropriée et analyse par intervalles"
- Nacim RAMDANI, Suzanne LESECQ. Estimation et observation ensembliste ellipsoïdale : application à l'identification de paramètres en robotique".
- Nacim RAMDANI, Intégration numérique garantie d'équations différentielles ordinaires en présence d'incertitude. Application à l'atteignabilité continue non linéaire en présence d'incertitude.

Réunion du 22 novembre 2007

La réunion s'est tenu à l'ENSAM, Bld Hopital, Paris 13e en salle rouge le jeudi 22 novembre 2007, de 10h à 17h. Nous avons eu sept exposés :

- ► FLIP - Software support for single precision floating-point arithmetic on integer processors (Guillaume Revy)
- Int4Sci, a Scilab interface for interval analysis (Raphael Pereira, David Daney)
- IBEX, an Interval-Based EXplorer (Gilles Chabert)
- Résolution de problème de contraintes disjonctifs - Heuristiques de splitting. (Thomas Douillard)
- Resolution of nonlinear interval-valued problems using symbolic interval arithmetic (Luc Jaulin, Gilles Chabert)
- Guaranteed computation of constraints for safe path planning (Sébastien Lengagne, Nacim Ramdani, Philippe Fraisse)
- Efficient 16-bit floating point interval processor for embedded systems and applications (Stéphane Pikorski, Lionel Lacassagne, Michel Kieffer, Daniel Etiemble)

Réunion du 13 mars 2008.

Notre groupe de travail s'est réuni le jeudi 13 mars 2007. au LISA (<http://www.istia.univ-angers.fr/LISA/>), ISTIA à Angers. Nous avons eu cinq exposés.

- Analyse par intervalles appliquée à la détermination de l'espace de travail des robots parallèles à câbles. par Marc Gouttefarde, LIRMM, Montpellier.
- QUIMPER : a new programming language for set computation, par Luc Jaulin and Gilles Chabert, ENSIETA, Brest.
- Quelques applications d'intelligence artificielle en automatique par Gilles Chabert et Luc Jaulin, ENSIETA, Brest.
- On the parallelepiped methods and higher order methods par Alexandre Goldsztejn, LINA, Nantes.
- Set convexity analysis with Interval Analysis par Nicolas Delanoue et Didier Henrion, LISA Angers et LAAS Toulouse.

#### Réunion du 13 novembre 2008 (nombre de participants : 25)

Notre réunion s'est tenue le jeudi 13 novembre 2008 de 10h-17h, à l'ENSAM, Bld Hopital, Paris 13e, en salle Rouge. Le programme est rappelé ci-dessous.

- Trajectory Planning for UAVs in Presence of Winds par Michael Soulignac, Patrick Taillibert, Michel Rueher.
- On an algebra whose elements are intervals par Nicolas Goze, Elisabeth Remm, Michel Goze.
- Relational and Algebraic Concepts for Automated Interval Reasoning par Dominique LOHEZ (ISEN-Lille).
- Identification of fuzzy regression models par Amory Bisserier, Sylvie Galichet and Reda Boukezzoula.
- A New Framework for Sharp and Efficient Resolution of NCSP with Manifolds of Solutions par Alexandre Goldsztejn.
- A new interval/graph approach for nonlinear control par Mehdi Lhommeau.
- QUIMPER, A new constraint tool par Gilles Chabert
- Image Shape Extraction using Interval Methods par Luc Jaulin et Stéphane Bazeille.

## Perspectives

Les méthodes ensemblistes sont largement appliquées dans les domaines de la robotique et de l'automatique en France, mais très peu à l'étranger. Nous souhaitons étendre l'utilisation des méthodes ensemblistes pour d'autres domaines d'applications (comme le traitement du signal, la biologie ; ...), mais aussi, nous voudrions que les roboticiens ou roboticiens étrangers se mettent à utiliser plus largement les méthodes par intervalles. C'est à travers le workshop SWIM et les publications des membres de notre GT que nous espérons parvenir à atteindre nos objectifs.

En effet, malgré, toutes ses bonnes propriétés, le calcul par intervalles est resté relativement confidentiel dans la communauté automatique pour les raisons suivantes :

- *Trop coûteux.* Le nombre de variables doit être faible car sinon le temps de calcul est beaucoup trop grand.
- *Pas robuste.* Lorsque des bornes sur les erreurs de mesures ne sont pas rigoureusement respectées ou lorsque des données aberrantes existent, l'ensemble des solutions est vide et le résultat est difficilement exploitable.
- *Difficiles à mettre en œuvre.* L'implémentation efficace des méthodes intervalles est laborieuse et demande des connaissances approfondies en informatique.
- *Peu d'applications réalistes.* Il n'existe pas ou peu d'applications industrielles utilisant le calcul par intervalles et qui pourraient difficilement fonctionner sans un tel outil. Ce fait n'encourage pas un investissement lourd dans les intervalles lorsqu'on doit se confronter à une application d'envergure.

Quelques avancées récentes nous ont permis d'éliminer ces verrous dans le but de diffuser les méthodes ensemblistes.

- Il a été montré récemment que les méthodes par intervalles pouvaient s'avérer très efficaces même quand le nombre de variables est très grand (>100 000, par exemple). Il suffit pour cela de les combiner à des méthodes de propagation de contraintes.
- Lorsque des données aberrantes sont présentes, en cherchant à être cohérent, non pas avec toutes les mesures, mais avec un maximum d'entre-elles, on peut obtenir des méthodes d'estimation très robustes, qui fonctionnent dans des situations incertaines.
- Une nouvelle méthode a été proposée pour calculer de manière efficace l'espace atteignable des systèmes continus non linéaires en présence d'incertitude. Cette méthode associe les modèles de Taylor intervalles avec les théorèmes de comparaison des inégalités différentielles et la théorie des systèmes dynamiques hybrides.
- Ces deux dernières années, des outils informatiques ont été développés dans le cadre de notre groupe de travail (Int4Sci, QUIMPER, Alias). Ces outils permettent de programmer rapidement et aisément des algorithmes ensemblistes.
- Des applications réelles convaincantes utilisant le calcul par intervalles commencent à voir le jour. Des robots utilisant le calcul par intervalles pour se localiser existent. Le SLAM avec des méthodes ensemblistes est utilisé pour la localisation de mines sous-marine, etc.

## Publications

- N.Meslem, N.Ramdani, Y.Candau (2008) Hybrid Modeling for Set-membership State Estimation with Uncertain Nonlinear Continuous-time Systems, In : J. Filipe, J.Andrade-Cetto and J.L Ferrier (Eds.) : ICINCO 2008, LNEE, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, to appear 2009.
- N.Ramdani, N.Meslem, Y.Candau. Reachability of uncertain nonlinear systems using a nonlinear hybridization. In : M. Egerstedt and B. Mishra (Eds.) : HSCC 2008, LNCS 4981, pp. 415–428. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
- M.Gouttefarde, S.Krut, O.Company, F.Pierrot, N.Ramdani On the design of fully constrained parallel cable-driven robots. in : J. Lenarcic and P. Wenger (Eds.) Advances in Robot Kinematics : Analysis and Design. pp. 71–78. Springer, 2008.
- N.Ramdani, C.Azevedo-Coste, D.Guiraud, P.Fraisse, R.Héliot, G.Pagès. Posture and movement estimation based on reduced information. Application to the context of FES-based control of lower-limbs. in N.Sarkar, (Ed.), Human-Robot Interaction. pp.289–308. I-Tech Education & Publishing, Vienna. 2007. (ISBN 978-3-902613-13-4)
- N.Meslem, N.Ramdani & Y.Candau, Méthodes intervalles pour le calcul de l'espace atteignable des systèmes dynamiques continus incertains, APII-JESA 43(1-2) :241-266, 2009.
- T.Bastogne, S.Mézières-Wantz, N.Ramdani, P.Vallois & M.Barberi-Heyob, Identification of Pharmacokinetics Models in the presence of Timing Noise, European Journal of Control 14(2) :149-157, 2008.
- I.Braems, Ramdani, M.Kieffer, L.Jaulin, E.Walter & Y.Candau, Guaranteed characterization of thermal conductivity and diffusivity in presence of model uncertainty, Inverse Problems in Science and Engineering 15(8) :895–910, 2007.
- S.Lengagne, N.Ramdani, P.Fraisse (2009) Safe motion planning computation for databasing balanced movement of Humanoid Robots IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2009, Kobe, Japan.
- S.Lengagne, N.Ramdani, P.Fraisse (2008) A new method for generating safe motions for humanoid robots IEEE International Conference on Humanoid Robots, Humanoids 2008, Korea South. pp.105-110.
- N.Ramdani, M.Gouttefarde, F.Pierrot, J.-P.Merlet (2008) First Results on the Design of High Speed Parallel Robots in Presence of Uncertainty IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Nice, France. pp. 2410-2415
- N.Ramdani, Y.Papegay (2008) Guaranteed Numerical Integration of Nonlinear Parametric ODEs 9th International Mathematica Symposium (IMS 2008), Maastricht, The Netherlands.
- N.Meslem, N.Ramdani, Y.Candau (2008) Guaranteed state bounding estimation for uncertain non linear continuous systems using hybrid automata. IFAC International Conference on Informatics in Control, Automation & Robotics, Funchal, Madeira, Portugal.
- N.Meslem, N.Ramdani, Y.Candau (2008) Interval Observers for Uncertain Nonlinear Systems. Application to bioreactors. IFAC World Congress 2008, Seoul. pp.9667-9672.
- N.Ramdani, N.Meslem, Y.Candau (2008) Reachability analysis of uncertain nonlinear systems using guaranteed set integration. IFAC World Congress 2008, Seoul. invited paper. pp.8972-8977.
- S.Lengagne, N.Ramdani, P.Fraisse (2007) Guaranteed constraints computation for a safe path planning. IEEE-RAS 7th International Conference on Humanoid Robots, Humanoids 2007, Pittsburg, PA, USA.
- G.Pagès, N.Ramdani, P.Fraisse, D.Guiraud (2007) Upper body posture estimation for standing function restoration, IEEE International Conference on Robotics and Automation ICRA'07, Roma, pp.3742–3747.
- N. Delanoue, L. Jaulin and Bertrand Cotteceau (2007), Guaranteeing the homotopy type of a set defined by nonlinear inequalities. *Reliable computing*, volume 13, issue 5, pages 381-398.

- S. Lagrange, N. Delanoue, L. Jaulin (2007), On sufficient conditions of injectivity, development of a numerical test via interval analysis. *Reliable computing*, volume 13, issue 5, pages 409-421.
- S. Bazeille, L. Jaulin, I. Quidu, and J.P Malkasse (2007) « Une méthode de prétraitement automatique pour le débruitage des images sous marines », *Traitement du signal*, numéro spécial "Caractérisation du milieu marin".
- G. Chabert and L. Jaulin (2007), Computing the pessimism of inclusion functions. *Reliable computing*, volume 13, issue 6, 489-504.
- G. Soares, A. Arnold-Bos, L. Jaulin, J. A. Vasconcelos, C. A. Maia (2008), *An interval-based target tracking approach for range-only multistatic radar*, IEEE Transactions on Magnetics.
- S. Lagrange, L. Jaulin, V. Vigneron and C. Jutten, Nonlinear Blind Parameter Estimation (2008), *IEEE TAC*, vol. 53, issue 4.
- S. Lagrange, N. Delanoue and L. Jaulin, Injectivity Analysis using Interval Analysis. Application to Structural Identifiability, *Automatica*, Volume 44, Issue 11, November 2008, Pages 2959-2962.
- A. Goldsztejn and L. Jaulin (2009), Inner approximation of the range of vector-valued functions *Reliable computing*.
- L. Jaulin (2009), Robust set membership state estimation ; Application to Underwater Robotics, *Automatica*
- G. Chabert and L. Jaulin, A Priori Error Analysis with Intervals, *SIAM journal on Scientific Computing*.
- L. Jaulin, A nonlinear set-membership approach for the localization and map building of an underwater robot using interval constraint propagation, *IEEE Transaction on Robotics* (V1 : 24/01/07, V2 : 1/09/2007, V3 : 12/01/2008, V4 : 18/07/2008, V5 : 9/11/2008).
- G. Chabert and L. Jaulin, QUIMPER, A Language for Quick Interval Modeling and Programming in a Bounded-Error Context. *Artificial Intelligence*.
- L. Jaulin, Control of a wheeled stair-climbing robot using linear programming, *ICRA 2007*.
- L Jaulin, A. Bertholom, F. Dabe, M. Legris (2007), A set approach to the simultaneous localization and map building; application to underwater robots. *ICINCO 2007*, Angers.
- M. Lhommeau, L Jaulin, L. Hardouin (2007). Inner and outer approximation of capture basins using interval analysis. *ICINCO 2007*, Angers.
- A. Mazeika, L. Jaulin, and C. Osswald. A new approach for computing with fuzzy sets using interval analysis. In *Information Fusion, 2007 10th International Conference on*, pages 1–8, Québec, Canada.
- L. Jaulin et G. Chabert. QUIMPER : un langage de programmation pour le calcul ensembliste ; Application à l'automatique. *CIFA 2008*.
- F. Abdallah, A. Gning and Ph. Bonnifait. "Box Particle Filtering for non Linear State Estimation using Interval Analysis." *Automatica*. Available online 21 December 2007. Volume 44 (2008). pp. 807 – 815 DOI:10.1016/j.automatica.2007.07.024.
- A. Gning, F. Abdallah, Ph. Bonnifait. "A new estimation method for multisensor fusion by using interval analysis and particle filtering". *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 07)*. April 2007. Roma.
- F. Abdallah, A. Gning, Ph. Bonnifait. "Adapting particle filter on interval data for dynamic state estimation", *IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP 07)*, April 15-20, 2007. Hawaii , USA.
- R.Pons, C. Jaubertie, L. Trave-Massuyes, P.Goupil. Control surfaces oscillatory failures identification using interval analysis. *Manifestations avec actes, 19th International Workshop on Principles of Diagnosis (DX-08)*, Blue Mountains (Australie), 22-24 Septembre 2008, pp.323-330.
- J.Karim, C. Jaubertie, M.Combacau. Model-based fault detection method using interval analysis: application to an aeronautic test bench. *Manifestations avec actes, 19th International Workshop on Principles of Diagnosis (DX-08)*, Blue Mountains (Australie), 22-24 Septembre 2008, pp.269-274.
- R. Pons , C. Jaubertie, L. Trave-Massuyes, P. Goupil. Interval analysis based learning for fault model identification. Application to control surfaces oscillatory failures *Manifestations avec actes, 22nd International Workshop on Qualitative Reasoning*, Boulder (USA), 24-26 Juin 2008, 8p.
- C.Combastel, C. Jaubertie, T. Raissi, N. Ramdani, L. Trave-Massuyes. Guaranteed set estimation of dynamical systems and application to the fault detection problem (08035)  
Rapport LAAS N°08035, Janvier 2008, 21p. Rapport ADES.
- J. Karim, C. Jaubertie, M.Combacau. Surveillance, diagnostic et pronostic en temps réel de systèmes hybrides: application à des bancs d'essais CERTIA (07529). Rapport LAAS N°07529, Octobre 2007.
- P.Ribot, C. Jaubertie, L. Trave-Massuyes. State estimation by interval analysis for a nonlinear differential aerospace model. *Manifestations avec actes, European Control Conference (ECC'07)*, Kos. (Grèce), 2-5 Juillet 2007, pp.4839-4844.
- Goldsztejn A., Michel C., Rueher M. *Efficient Handling of Universally Quantified Inequalities Constraints* (Springer), volume 14(1), pages 117-135, 2009.

Collins P., Goldsztejn A. The Reach-and-Evolve Algorithm for Reachability Analysis of Nonlinear Dynamical Systems, WRP 2008: ENTCS 223 pages 87-102.

Goldsztejn A., Granvilliers L. A New Framework for Sharp and Efficient Resolution of NCSP with Manifolds of Solutions, CP 2008: LNCS 5202/2008 pages 190-204 (best research paper award).

Goldsztejn A., Hayes W., A New Containment Method For Rigorous Shadowing SCICADE 2007: International Conference on Scientific Computation And Differential Equations.

Gu L., S. Hennequin, A. Sava, X. Xie, "Electromagnetism-like mechanism algorithm for stochastic assembly line balancing with reliability constant", International conference on industrial engineering and system management IESM 2007, Beijing China, May 2007.

Gu L., S. Hennequin, A. Sava, X. Xie, "Assembly line balancing problems solved by estimation of distribution", Automation science and engineering, Case 2007. IEEE International conference on vol, Issue, 22-25, September. 2007 pp :123-127

Gu L., S. Hennequin, A. Sava, X. Xie, "A new heuristic for simple assembly line balancing type II problems", IX triennial international SAUM conference on system, automatic control and measurements, Nis, Serbia, November, 2007.

Gu L., S. Hennequin, A. Sava, X. Xie, "Electro-Magnetism based optimization for stochastic assembly line balancing with reliability constant". Publication of journal of operation and logistic.