

---

---

# Biomedical MicroRobotics

David FOLIO

January 2013

---



---

---

## Table des matières

<b>I</b>	<b>Contexte et Positionnement des Activités</b>	<b>1</b>
I.1	Synthèse de la carrière . . . . .	1
I.1.1	Doctorat et post-doctorat . . . . .	1
I.1.2	Recrutement Maître de Conférences . . . . .	1
<b>A</b>	<b>Curriculum vitæ</b>	<b>3</b>
<b>B</b>	<b>Liste de mes publications</b>	<b>5</b>

[illegible]

---

---

## Table des figures



---

---

## Liste des tableaux

--



---

---

## Chapitre I

### CONTEXTE ET POSITIONNEMENT DES ACTIVITÉS

Ce chapitre présente le contexte de mes activités pédagogique et de recherche que j'ai pu mener depuis mon recrutement en tant que maître de conférences.

## I.1 SYNTHÈSE DE LA CARRIÈRE

### I.1.1 Doctorat et post-doctorat

J'ai soutenu mon doctorat en robotique en 2007 au sein du groupe Robotique, Action, et Perception (RAP) du Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (LAAS-CNRS), sous la direction de Viviane Cadenat, maître de conférences à l'Université Paul Sabatier de Toulouse. Ma thèse consistait à la conception de stratégies de commande référencées multi-capteurs capables de tolérer la perte de données sensorielle lors de l'exécution de la mission. Entre 2007 et 2008, j'ai rejoint l'équipe Lagadic de l'Inria Rennes-Bretagne Atlantique en tant que post-doctorant. J'y ai contribué au développement du lien sensori-moteur appliqué à la commande référencée capteur de drones.

### I.1.2 Recrutement Maître de Conférences

En 2008, j'ai été recruté en tant que maître de conférences en 61ème section à l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs (ENSI) de Bourges, qui devint l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) Centre Val de Loire en janvier 2014. Depuis, je suis amené à participer régulièrement à la vie de l'institut. En particulier, je contribue au niveau local à l'animation scientifique (eg. organisation de visite de laboratoire), de transfert et de lien formation-recherche. Ainsi, j'assiste régulièrement le service des relations internationales en accompagnant les délégations des écoles et universités partenaires lors de leurs visites au sein de l'INSA Centre Val Loire. Depuis 2012, je participe aux jurys d'entretiens des candidats au Groupe INSA de la 1ère (L1) à la 3ème (L3) année. À partir de septembre 2014, je suis devenu le responsable de l'option Énergie Nucléaire de la 5ème année du département Maîtrise des Risques Industrielles (MRI) de l'INSA Centre Val de Loire. À ce titre, je coordonne les enseignements spécifiques de l'option notamment par le recrutement des vacataires extérieurs. J'organise également les diverses visites (centrale électrique, simulateur, etc.) pour les élèves ingénieurs de l'option. Depuis mars 2017, le directeur de l'INSA Centre Val de Loire m'a confié la mission de référent "*racisme et antisémitisme*" de l'INSA Centre Val de Loire. En octobre 2017, j'ai été élu membre du conseil du département Énergie, Risques et Environnement (ERE), filière par apprentissage de l'INSA Centre Val de Loire. D'un point de vue pédagogique, je contribue au développement des enseignements d'électricité et d'électronique de l'établissement. Notamment, suite à la création du 1er cycle préparatoire intégré à l'école, j'ai contribué à la mise en œuvre des enseignements d'électronique analogique. Sur les 4 dernières années, j'ai une charge d'enseignements moyenne de 280 heures équivalentes TD. Cette charge d'enseignements peut varier en fonction du recrutement et des

choix des élèves ingénieur dans les différents départements dans lesquels j'interviens. En particulier, les heures réalisées en TD et TP dépendent du nombre de groupe, en particulier pour les niveaux L1 à L3 (eg. de 3 à 4 groupes de TD de 20 à 30 élèves).

En parallèle, je réalise mes activités de recherches au sein du Laboratoire PRISME<sup>1</sup> dans l'axe Robotique du pôle IRAuS. Mes activités de recherches s'intègrent pleinement au thème B « micro et nano robotique » de l'axe Robotique. Dans ce cadre, ma recherche concerne principalement la modélisation et la commande pour la micro et nano-robotique pour des applications principalement biomédicales. Dans un premier temps, mes travaux se sont intégrés au projet européen NANOMA (FP7-224594) qui consistait à concevoir des vecteurs thérapeutiques pour le traitement ciblé du cancer. En parallèle, j'ai aussi contribué au développement des activités de micromanipulation, tout d'abord pour des applications d'injections intra-cytoplasmique. Par la suite cette activité de recherche a évolué vers la micromanipulation d'objet devant être placé dans le foyer d'un faisceau lumineux dans le cadre du projet ANR PIANHO.

Depuis 2008, j'ai contribué à 39 publications, dont 12 revues internationales avec comité de lecture indexées JCR, 2 chapitres d'ouvrage et 20 conférences internationales avec comité de lectures et actes. J'ai également co-encadré 4 thèses, dont 1 cours. La liste détaillée de ces publications est donnée en annexe B.

---

1. Laboratoire Pluridisciplinaire de Recherche en Ingénierie des Systèmes, Mécanique, Énergétique, <http://www.univ-orleans.fr/PRISME> (PRISME)

---

---

Annexe A

CURRICULUM VITÆ

Draft

---

---

Annexe B

LISTE DE MES PUBLICATIONS

Draft

---

---

## Références Bibliographiques

- [1] **D. Folio**, “Micro/nano-robots thérapeutique pour le traitement cibler du cancer,” Invited speaker in Colloque International : “Quelles nanotechnologies pour la médecine”, Rabat, Maroc, Nov. 2014.
- [2] —, “Bio-nanorobotics : A reality for tomorrow ?” Invited keynote speaker in International R&D Symposium : “biology and communications”, Madrid, Spain, Mar. 2012, fundación Ramón Areces.
- [3] **D. Folio**, C. Dahmen, T. Wortmann, M. A. Zeeshan, K. Shou, S. Pane, B. J. Nelson, A. Ferreira, and S. Fatikow, “MRI magnetic signature imaging, tracking and navigation for targeted micro/nano-capsule therapeutics,” in *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS’2011)*, San Fransisco, CA, USA, Sep. 2011, pp. 1297–1303.
- [4] **D. Folio** and A. Ferreira, “Endovascular navigation of magnetic microcarriers using a MRI system,” Presented in the Workshop on Magnetically Actuated Multiscale Medical Robots, Vilamoura, Algarve, Portugal, Oct. 2012.
- [5] N. Amari, **D. Folio**, K. Belharet, and A. Ferreira, “Motion of a micro/nanomanipulator using a laser beam tracking system,” in *International Symposium on Optomechatronic Technologies (ISOT’2013)*, Jeju Island, Korea, Oct. 2013.
- [6] N. Amari, **D. Folio**, and A. Ferreira, “Robust tracking of a two-fingered micromanipulation system working through the focus of an optical beam,” in *American Control Conference (ACC’2014)*, Portland, OR, USA, Jun. 2014, pp. 1613–1618.
- [7] —, “Motion of a micro/nanomanipulator using a laser beam tracking system,” *International Journal of Optomechatronics*, vol. 8, no. 1, pp. 30–46, Apr. 2014.
- [8] —, “Robust nanomanipulation control based on laser beam feedback,” in *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS’2014)*, Chicago, IL, USA, Sep. 2014, pp. 4674–4679.
- [9] —, “Robust laser beam tracking control using micro/nano dual-stage manipulators,” in *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS’2013)*, Tokyo Big Sight, Japan, Nov. 2013, pp. 1543–1548.
- [10] —, “Robust tracking of a two-fingered nanomanipulation system working through the focus of a x-ray beam,” Presented in the Workshop on Automation of Assembly and Packaging at the Micro/Nano-scale, Trieste, Italy, Aug. 2011.
- [11] —, *Encyclopedia of Nanotechnology*, 2nd ed. Dordrecht : Springer Netherlands, 2016, ch. Nanorobotics for Synchrotron Radiation Applications, pp. 1–19.

- [12] K. Belharet, **D. Folio**, and A. Ferreira, *Real-time software platform for in vivo navigation of magnetic micro-carriers using MRI system*, ser. Biomaterials. Cambridge : Woodhead Publishing, Oct. 2012, no. 51, ch. 11.
- [13] —, “Vision-based forces characterization of magnetic microrobot in a viscous environment,” in *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA’2014)*, Hong Kong, China, May 2014, pp. 2065–2070.
- [14] —, “Study on rotational and unclogging motions of magnetic chain-like microrobot,” in *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS’2014)*, Chicago, IL, USA, Sep. 2014, pp. 834–839.
- [15] —, “Simulation and planning of a magnetically actuated microrobot navigating in arteries,” *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 60, no. 4, pp. 994–1001, Apr. 2013.
- [16] —, “Control of a magnetic microrobot navigating in microfluidic arterial bifurcations through pulsatile and viscous flow,” in *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS’2012)*, Vilamoura, Algarve, Portugal, Oct. 2012, pp. 2559–2564.
- [17] —, “Untethered microrobot control in fluidic environment using magnetic gradients,” in *International Symposium on Optomechatronic Technologies (ISOT’2012)*, Oct. 2012, pp. 1–5.
- [18] —, “Three-dimensional controlled motion of a microrobot using magnetic gradients,” *Advanced Robotics*, vol. 25, no. 8, pp. 1069–1083(15), May 2011, in 2013 one of the Advanced Robotics’ most cited articles from 2011 publication.
- [19] —, “3d MRI-based predictive control of a ferromagnetic microrobot navigating in blood vessels,” in *3rd IEEE RAS and EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob’2010)*, Tokyo, Japan, Sep. 2010, pp. 808–813.
- [20] —, “Endovascular navigation of a ferromagnetic microrobot using MRI-based predictive control,” in *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS’2010)*, Taipei, Taiwan, Oct. 2010, pp. 2804–2809.
- [21] —, “MRI-based microrobotic system for the propulsion and navigation of ferromagnetic microcapsules,” *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, vol. 19, no. 3, pp. 157–169, Jun. 2010.
- [22] K. Belharet, Y. Chunbo, **D. Folio**, and A. Ferreira, “Model characterization of magnetic microrobot navigating in viscous environment,” in *International Symposium on Optomechatronic Technologies (ISOT’2013)*, Jeju Island, Korea, Oct. 2013.
- [23] V. Cadenat, **D. Folio**, and A. Durand, “A comparison of two sequencing techniques to perform a vision-based navigation task in a cluttered environment,” *Advanced Robotics*, vol. 26, no. 5-6, pp. 487–514, Mar. 2012.
- [24] C. Dahmen, **D. Folio**, T. Wortmann, A. Kluge, A. Ferreira, and S. Fatikow, “Evaluation of a MRI based propulsion/control system aiming at targeted micro/nano-capsule therapeutics,” in *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS’2012)*, Vilamoura, Algarve, Portugal, Oct. 2012, pp. 2565–2570.



- [25] **D. Folio**, “Innovation en microrobotique pour le biomédical,” Invited speaker in Colloque “les futurs de l’innovation”, Bourges, France, Jun. 2015, prospective et Stratégie.
- [26] **D. Folio**, C. Dahmen, A. Ferreira, and S. Fatikow, “Mri-based dynamic tracking of an untethered ferromagnetic microcapsule navigating in liquid,” *International Journal of Optomechatronics*, vol. 10, no. 2, pp. 73–96, Apr. 2016.
- [27] **D. Folio** and A. Ferreira, “2d robust magnetic resonance navigation of a ferromagnetic microrobot using pareto optimality,” *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 33, no. 3, pp. 583–593, 2017.
- [28] B. Jang, W. Wang, S. Wiget, A. Petruska, X. Chen, C. Hu, A. Hong, **D. Folio**, A. Ferreira, S. Pané, and B. Nelson, “Catalytic locomotion of core-shell nanowire motors,” *ACS Nano*, vol. 10, no. 11, pp. 9983–9991, Nov. 2016.
- [29] O. Kermorgant, **D. Folio**, and F. Chaumette, “A new sensor self-calibration framework from velocity measurements,” in *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA’2010)*, Anchorage, Alaska, May 2010, pp. 1524–1529.
- [30] J. Kim, D. Chang, H. Ladjal, **D. Folio**, and A. F. J. Kim, “Evaluation of telerobotic shared control for efficient manipulation of single cells in microinjection,” in *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA’2011)*, Shanghai, China, May 2011, pp. 3382–3387.
- [31] J. Kim, H. Ladjal, **D. Folio**, A. Ferreira, and J. Kim, “Evaluation of telerobotic shared control strategy for efficient single-cell manipulation,” *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 402–406, Apr. 2012.
- [32] A. Krupa, **D. Folio**, C. Novales, P. Vieyres, and T. Li, “Robotized tele-echography : an assisting visibility tool to support expert diagnostic,” *IEEE Systems Journal*, vol. 99, pp. 1–10, Apr. 2014.
- [33] L. Mellal, K. Belharet, **D. Folio**, and A. Ferreira, “Optimal structure of particles-based superparamagnetic microrobots,” *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 16, pp. 1–14, Nov. 2014.
- [34] —, “Optimal structure of particles-based superparamagnetic microrobots : application to mri guided targeted drug therapy,” *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 17, no. 2, pp. 1–18, Feb. 2015.
- [35] L. Mellal, **D. Folio**, K. Belharet, and A. Ferreira, “Motion control analysis of two magnetic microrobots using the combination of magnetic gradient and oscillatory magnetic field,” in *International Conference on Manipulation, Automation and Robotics at Small Scales (MARSS’2017)*. Montreal, QC, Canada : IEEE, Jul. 2017, pp. 1–6.
- [36] —, “Optimal control of multiple magnetic microbeads navigating in microfluidic channels,” in *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA’2016)*. Stockholm, Sweden : IEEE, May 2016, pp. 1921–1926.
- [37] —, “Estimation of interaction forces between two magnetic bolus-like microrobots,” in *International Conference on Manipulation, Automation and Robotics at Small Scales (MARSS’2016)*. Paris, France : IEEE, Jul. 2016, pp. 1–6.
- [38] —, “Modeling of optimal targeted therapies using drug-loaded magnetic nanoparticles for the liver cancer,” *IEEE Transactions on Nano-Bioscience*, vol. 15, no. 3, pp. 265–274, Apr. 2016.

- [39] —, “Magnetic microbot design framework for antiangiogenic tumor therapy,” in *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS'2015)*. Hamburg, Germany : IEEE, Sep. 2015, pp. 1397–1402.
- [40] B. Sarkis, **D. Folio**, and A. Ferreira, “Catalytic tubular microjet propulsion model for endovascular navigation,” in *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'2015)*. Seattle, Washington, USA : IEEE, May 2015, pp. 3537–3542.

Draft

---

---

## Glossaires