

# Candidature d'Orlando Chuquimia à un contrat doctoral du labex SMART

27 mai 2016

## 1 Titre de la thèse

"Smart Vision Chip" pour l'exploration du colon

## 2 Encadrement

- Directeur de thèse : Bertrand Granado - Professeur à l'UPMC - Laboratoire d'Informatique de Paris6 (LIP6) - Département Systèmes sur Puce - Equipe Systèmes Electroniques
- Encadrant de thèse : Andrea Pinna - Maître de Conférences à l'UPMC - Laboratoire d'Informatique de Paris6 (LIP6) - Département Systèmes sur Puce - Equipe Systèmes Electroniques

## 3 Lien avec le Labex SMART

Ce sujet de thèse s'inscrit dans l'axe "Human autonomy and e-health" et plus particulièrement dans "innovative medical devices, from assisting robots to implanted sensors and bio-mechatronic embedded systems, are to be synergistically integrated in close intimacy with human bodies" du Labex SMART.

## 4 Environnement de la thèse

Cette thèse bénéficiera des collaborations existantes de l'équipe SYEL avec le Dr Xavier Dray du service de gastro-entérologie de l'hôpital Saint Antoine et avec le Dr Anastasios Koulouazidis du service de gastro-entérologie du Royal Infirmary of Edinburgh.

## 5 Sujet de thèse

### 5.1 Contexte et enjeux médicaux-sociaux

Le côlon est la partie distale du tube digestif. Il est situé dans l'abdomen en aval de l'intestin grêle et mesure environ 1,5 mètres de long. Le cancer du côlon est fréquent, et facilement curable à un stade précoce ce qui justifie un dépistage systématique.

En France en 2010, le cancer colorectal se situe au deuxième rang des décès par cancer derrière celui du poumon (28700 décès) et devant celui du sein (11500 décès). Il représente ainsi 11,9% de l'ensemble des décès par cancer pour la France. Dans certains pays européens, le cancer colorectal occupe la première place des décès par cancer. En 2011, l'institut de Veille Sanitaire dénombrait jusqu'à 39000 nouveaux cas. La prévalence mondiale du cancer colorectal était de 1,2 millions de cas recensés et en constante progression. Le bilan mondial des décès par ce cancer s'élève à 0,6 millions, dont 0,3 millions dans les pays industrialisés. Il représente donc un problème de santé publique à l'échelle nationale et mondiale.

L'examen diagnostique de référence du côlon est la vidéocoloscopie [6]. Elle permet (1) de détecter ces polypes, (2) de caractériser leur risque dégénératif (selon leur relief et l'aspect des orifice des cryptes coliques dénommées "pit pattern" [7]) et (3) de procéder à l'excision des polypes le méritant (avec dans un second temps un examen anatomopathologique visant à étayer le diagnostic). La vidéocoloscopie n'est pas sans contraintes ni sans risques. Elle présente plusieurs inconvénients : préparation par purge la veille; hospitalisation quand l'examen est fait sous anesthésie (plus de 90%); risques liés à l'anesthésie générale; risques liés à l'endoscopie (perforation, hémorragie).

Afin de palier ces inconvénients, des capsules ingérables de 11mm de diamètre et de 26 à 31mm de long selon les modèles ont été développées au début des années 2000 et commercialisées à partir de 2003. Ces dispositifs autonomes permettent de prendre des images du tube digestif (œsophage, intestin grêle et côlon). Les images 2D sont transmises à travers le corps humain à un boîtier d'enregistrement. Ce dispositif permet au patient de mener une vie normale, sans nécessité d'hospitalisation. Le patient ingère la capsule et rapporte au médecin le boîtier d'enregistrement. En moyenne, 140000 images sont enregistrées dans l'autonomie impartie (8 à 10 h) lors d'un examen du côlon et le médecin établit son diagnostic en visionnant le film en 30 à 60 minutes. Plusieurs études ont prouvé l'efficacité de la capsule [7, 3] mais ce procédé possède encore des limitations : préparation par purge la veille; pas de mesure directe. Les images délivrées sont 2D sans référentiel; temps de traitement et quantité de données importants; autonomie limitée ne permettant pas d'examen de la totalité du tube digestif; sensibilité inférieure à la vidéocoloscopie due à une caractérisation difficile des polypes par le médecin lecteur.

Dans ce contexte, la détection des polypes in situ et leur caractérisation suivant le "pit pattern", représentent un véritable enjeu médical pour les patients et pour les praticiens. Ces enjeux passent par le développement d'une nouvelle génération de capsules intelligentes permettant d'analyser des formes 2D et 3D, avec des contraintes fortes en consommation et en capacité de traitement. C'est ce que nous proposons dans ces travaux de recherche en étudiant la réalisation d'un "Smart Vision Chip" tel que défini par Alizera Moini [13].

## 5.2 État de l'art

De multiples études ont prouvé l'efficacité de la capsule comparée à l'endoscopie conventionnelle dans la détection des polypes coliques [4]. Les expérimentations ont démontré une spécificité et sensibilité de l'ordre de 76% et de 70% pour la capsule du grêle [4, 5]. La capsule colique [1] a une sensibilité et spécificité de l'ordre de 64% et 84% pour détecter les polypes de plus de 6 mm, respectivement (bien en deçà des résultats de la vidéocoloscopie, considérée comme examen de référence dans ces études). Ces résultats ne sont pas assez satisfaisants de point de vue clinique, notamment en ce qui concerne la sensibilité : un examen jugé normal doit pouvoir permettre d'affirmer de l'absence de lésion significative avec certitude [2].

Divers projets de recherche visent à augmenter les capacités des vidéocapsules, parmi ceux-là le projet européen VECTOR [8]. D'autres travaux concernent les traitements d'images "off-line" pour l'aide au diagnostic en utilisant les images fournies par les vidéocapsules existantes, aussi bien pour la détection de polypes que l'identification de saignements, voir l'article de revue [9]. Tous ces travaux obtiennent des résultats satisfaisants mais restent en dessous des 85% de taux de reconnaissance obtenus par les praticiens. Il est nécessaire d'augmenter ce taux de reconnaissance, la sensibilité et la spécificité, c'est pourquoi nous proposons d'utiliser une nouvelle piste de d'apprentissage artificiel utilisant les forêts d'arbres de décisions flous [12, 11, 10]. Ce modèle intègre en effet à la fois des avantages proches de ceux des méthodes de boosting (l'idée de duplication de classifieurs afin d'augmenter les performances globales du modèle) mais aussi il permet de proposer un modèle facilement interprétable (à base de règles naturelles de décision) mais aussi robuste et apte à traiter les données imprécises et les imperfections des images à traiter (et ceci par la mise en oeuvre de techniques à base de logique floue). De plus, nous envisageons de proposer une variante embarquée de ce type de modèle afin de réaliser un système intégrable dans une vidéocapsule.

### 5.3 Objectif de la thèse

L'objectif de la thèse est :

1. de définir une nouvelle modalité de dépistage et de diagnostique in situ des lésions col-orectales précancéreuses et cancéreuses à l'aide d'algorithmes basés sur des arbres de décisions flous pour atteindre un taux de reconnaissance supérieur à 90% sur des images 2D. Ici il s'agira dans un premier temps de définir, en prenant en compte l'expertise médicale, les pré-traitements nécessaires à l'extraction des caractéristiques et dans un second temps de construire à l'aide de ces caractéristiques les arbres flous permettant la reconnaissance nécessaire pour le diagnostic.
2. D'intégrer dans un système sur puce (SoC) en optimisant l'énergie, en temps réel et dans des dimensions compatibles avec une capsule vidéo-endoscopiques ces modalités de dépistage et de diagnostique.
3. D'étudier la définition d'une nouvelle modalité de dépistage et de diagnostique in situ des lésions colorectales en utilisant des images 3D.

### 5.4 Références bibliographiques

- [1] C. S. al. Second generation colon capsule endoscopy compared with colonoscopy. *Gastrointest Endosc*, 74(3):581–589, 2011.
- [2] D. Chow and al. Longterm follow-up of patients with obscure gastrointestinal bleeding after negative capsule endoscopy. *Am J Gastroenterol*, -:-, 2006.
- [3] A. de Leusse. La vidéo capsule colique . *Cancero digest*, 14:8, 2008.
- [4] A. de Leusse. Vidéo-capsule colique : quel avenir ? *Cancero digest*, 14:8, 2008.
- [5] M. Delvaux. La video-capsule endoscopique : etat de l'art. *Acta Endoscopica*, 34:293–304, 2004.
- [6] I. N. du Cancer. La situation du cancer en france en 2010. Technical report, [www.e-cancer.fr](http://www.e-cancer.fr), 2010.

- 
- [7] S. F. d'Endoscopie Digestive. Classification des cryptes "pit pattern" dans le colon de k. eto. Technical report, SFED, 2009.
  - [8] FP6. <http://www.vector-project.com/index.html>. Technical report, European Commission, 2011.
  - [9] D. K. Iakovidis and A. Koulaouzidis. Software for enhanced video capsule endoscopy: challenges for essential progress. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*, 12(3):172–186, Mar. 2015.
  - [10] C. Marsala. Fuzzy Decision Trees for Dynamic Data. In *IEEE Symposium on Evolving and Adaptive Intelligent Systems - EAIS'2013*, IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, pages 17–24, Apr. 2013.
  - [11] C. Marsala and M. Detyniecki. High Scale Video Mining with Forests of Fuzzy Decision Trees. In *Proceedings of the 5th international conference on Soft computing as transdisciplinary science and technology (CSTST'08)*, pages 413–418, 2008. LIP6 MALIRE.
  - [12] C. Marsala and M. Rifqi. Summarizing Fuzzy Decision Forest by Subclass Discovery. In *Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, July 2013.
  - [13] A. Moini. Vision chips or seeing silicon, 1997. URL <http://www.eleceng.adelaide.edu.au/Groups/GAAS/Bugeye/visionchips>, 240, 1997.

## 6 Candidat