

Titre : Analyse et Traitement Numérique des Images Médicales

Auteur :

Bernard Gosselin, Chargé de Cours

Faculté Polytechnique de Mons, Service de Théorie des Circuits et de Traitement du Signal

(Contact : bernard.gosselin@umons.ac.be)

Chapeau:

L'imagerie médicale apporte une aide précieuse aux médecins, tant pour la pose de diagnostic, que pour le suivi thérapeutique. Toutefois, la diversité des modalités d'acquisition d'images, ainsi que les volumes de plus en plus considérables d'informations à traiter, accroissent les besoins en analyse et traitement numérique des images. Les méthodes développées dans ce contexte visent à pouvoir extraire plus aisément une information pertinente et de qualité, nécessaire au médecin dans sa prise de décision clinique. Cette problématique est ici illustrée au travers de quelques exemples concrets, tels que l'aide à la détection d'embolies pulmonaires, ou de tumeurs cérébrales, l'estimation de paramètres caractéristiques en pathologie vocale, ou encore la recherche, au sein de bases de données, d'images similaires à une image de référence.

Corps:

Le traitement numérique du signal trouve, en imagerie médicale, un domaine d'application privilégié et devenu incontournable. L'évolution permanente des diverses modalités d'acquisition d'images, ainsi que celle de la qualité de l'appareillage associé, conduisent à une augmentation considérable des volumes d'information à traiter, et en accroissent les besoins en analyses, qu'elles soient automatiques ou seulement semi-automatiques, lorsque l'intervention d'un opérateur demeure nécessaire. Dans un tel contexte, l'enjeu principal est de pouvoir apporter aux médecins une aide appréciable dans leur pose de diagnostic ou dans leur suivi thérapeutique. Au travers de plusieurs projets de recherche et thèses de doctorat, le service de Théorie des Circuits et de Traitement du Signal de la Faculté Polytechnique a ainsi l'opportunité d'étudier cette importante thématique, et de développer des collaborations avec divers partenaires universitaires (ULB, UCL, Orléans), en concertation également avec des médecins spécialistes et hôpitaux universitaires.

L'aide à la détection d'embolies pulmonaires en est un premier exemple. Ce problème, difficile par sa généralité, implique la localisation de zones susceptibles d'emboles dans une séquence d'images de coupe tomographique. La première étape requise ici consiste en la segmentation et reconstitution des vaisseaux sanguins, au sein d'images volumiques (3D) à haute résolution. Une seconde étape permet alors la détection d'éventuels caillots, par analyse de la structure ainsi reconstituée des vaisseaux sanguins. A cette fin, un système complet et original de segmentation semi-automatique à base de contours actifs 3D a été mis au point (figure 1). Ce système est exploité en combinaison avec une modélisation 3D des vaisseaux sanguins, ce qui permet la séparation de vaisseaux en contact. Enfin, un schéma de mesure et de validation de résultats, par et pour des experts radiologues, et exploitant des données de terrain, a également été défini. L'ensemble de ces travaux a donné lieu à une thèse de doctorat, défendue en 2006.

Un autre aspect de la segmentation d'images médicales est celui de la détection de tumeurs cérébrales, dont la délimitation précise est doublement critique du point de vue thérapeutique, puisqu'il est nécessaire de pouvoir traiter les tissus atteints, tout en épargnant au mieux ceux les tissus encore sains. Dans ce contexte délicat, une méthode originale a été développée sur base du fait que les régions qui possèdent des asymétries bilatérales inattendues sont susceptibles d'être de nature pathologique. Cette approche a pu être encore améliorée ensuite grâce à l'étude des principes de l'attention visuelle humaine, qui permet de mieux prendre un compte la nature de l'information recherchée et attendue par l'opérateur radiologiste. Les limites d'une zone tumorale peuvent alors être estimées, selon un principe de segmentation par croissance de région. Ceci permet de proposer finalement au radiologiste une visualisation directe des zones potentiellement pathologiques et de leur étendue (figure 2). Ces travaux de recherche ont également donné lieu à une thèse de doctorat, défendue en 2007.

Dans un autre contexte, l'acquisition d'images de vibration des cordes vocales est un outil très utilisé par les médecins pour affiner leur diagnostic lorsqu'une pathologie de la voix est soupçonnée chez un patient. Les nouvelles caméras à haute vitesse (2000 images/s) offrent une précision remarquable, et inégalée jusqu'à présent, quant à l'évolution du cycle glottique. Cette résolution temporelle élevée correspond également à une augmentation considérable de la quantité de données à traiter, et rend indispensable l'élaboration d'outils d'analyse automatique pour la segmentation d'images des cordes vocales. Cette étape de segmentation vise à permettre l'estimation de paramètres significatifs tels que la fréquence fondamentale de vibration ou l'amplitude maximale de l'ouverture des cordes vocales (figure 3).

Dans un domaine plus général, la recherche d'information au sein de bases de données, dont les tailles s'accroissent sans cesse, constitue actuellement un défi majeur lorsque l'enjeu est de pouvoir extraire des images similaires à une image de référence donnée, et ce sur base du seul contenu, c'est-à-dire sans aucune indexation ou annotation textuelle (figure 4). De nombreux travaux de recherches sont actuellement conduits en ce sens, et visent à définir et extraire des caractéristiques représentatives, ainsi que des notions de mesure de similarité. Toutefois, les images médicales nécessitent une attention toute particulière, car leurs diverses caractéristiques (modalité, résolution, contraste ou qualité) peuvent être extrêmement variables. En outre, les réponses obtenues se doivent d'être particulièrement pertinentes et précises, lorsqu'elles peuvent influencer une prise de décision clinique. Notre approche de ce problème repose sur la détection de points d'intérêt et l'extraction de caractéristiques locales, et apporte essentiellement, par rapport aux systèmes existants, l'exploitation de méthodes de sélection et de combinaison de caractéristiques, issues du domaine de la reconnaissance de formes.

Qu'il s'agisse de pouvoir proposer au médecin une visualisation directe des zones potentiellement pathologiques et de leur étendue, ou d'estimer automatiquement divers paramètres significatifs, ou encore d'apporter une aide à la recherche d'information au sein de gigantesques bases de données, les enjeux de l'analyse et du traitement numérique d'images médicales sont évidemment d'une importance thérapeutique considérable. Celle-ci, en outre, ne fera que croître à l'avenir, avec l'amélioration de la qualité des divers systèmes d'acquisition d'images. Dans ce domaine particulier, peut être encore plus que dans d'autres, les collaborations possibles entre les spécialistes des différentes disciplines concernées, médecins, ingénieurs, et chercheurs, sont, et seront de plus en plus, particulièrement fructueuses.

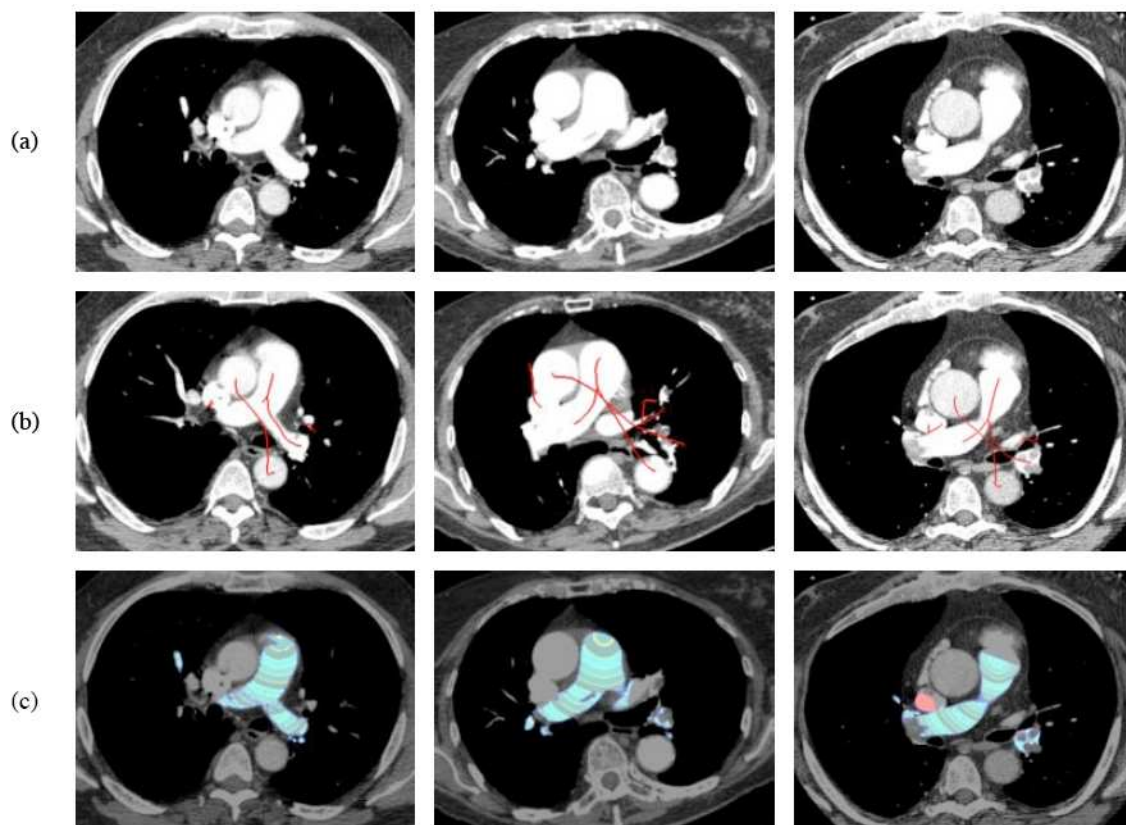


Figure 1 – Trois exemples de segmentation de l'artère pulmonaire : (a) images de initiales, extraites d'une coupe tomographique du thorax ; (b) résultats du recalage automatique du modèle 3D des vaisseaux sanguins ; (c) segmentation de l'artère pulmonaire sur base de contours actifs, la zone rouge dans l'image de droite signalant une segmentation invalidée grâce au modèle (b).

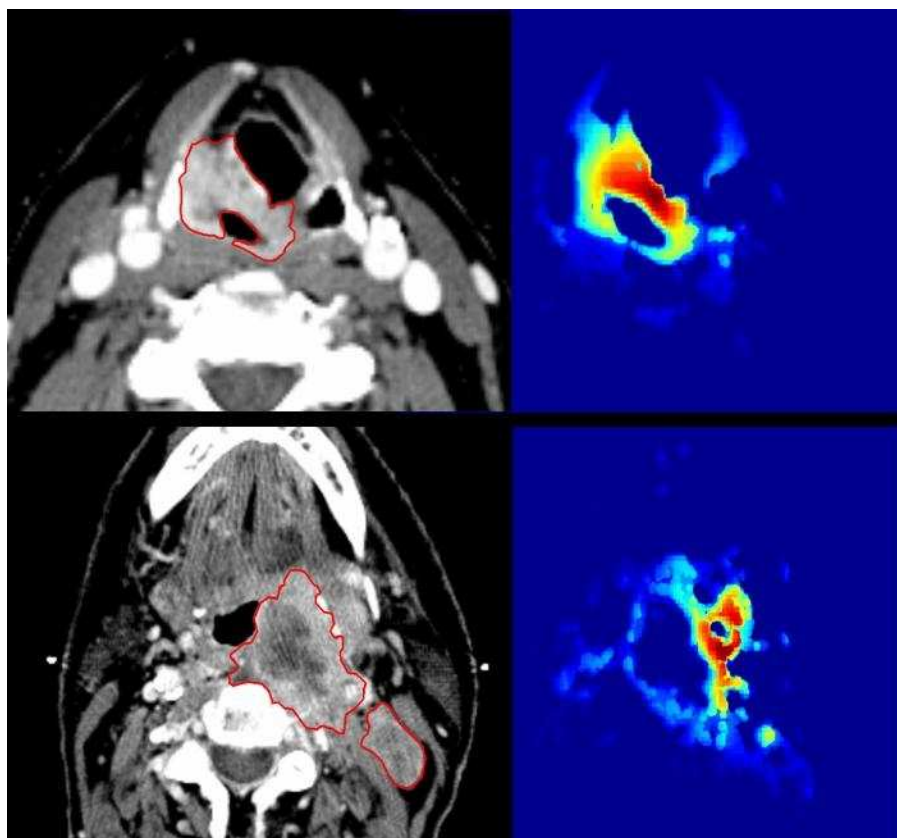


Figure 2 – Segmentation de tumeurs dans la région tête et cou : à gauche, images initiales, extraites d'une coupe tomographique, avec segmentation des tumeurs ; à droite, cartes d'attention visuelle.

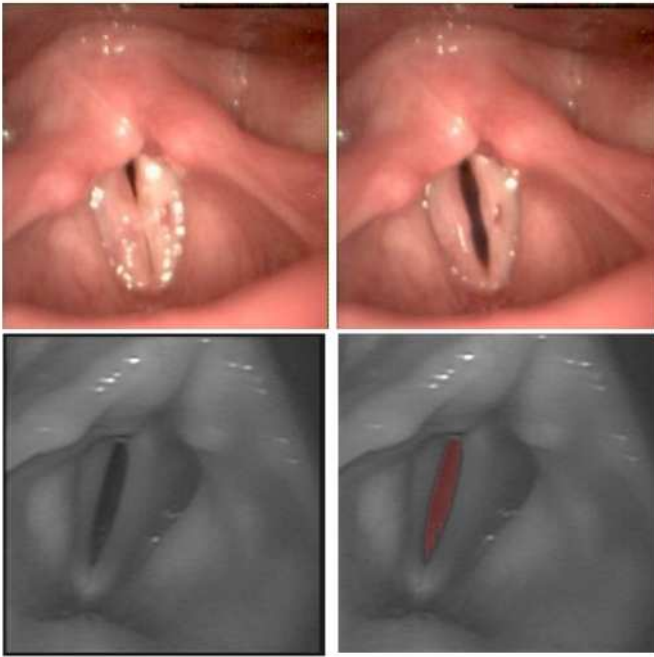


Figure 3 – Segmentation des cordes vocales : en haut, extrait d'un séquence d'images de vibration des cordes vocales (2000 images/s) ; en bas, image originale (à gauche), et résultat de la localisation et de la segmentation de l'ouverture des cordes vocales (à droite).



Figure 4 – Recherche d'images médicales sur base du contenu : à gauche, images de référence(en haut, vertèbres avec broche, en bas, prothèse de hanche) ; à droite, réponses obtenues.