



Segmentation et quantification en imagerie TEP basées sur les algorithmes d'optimisation par colonie de fourmis

PRESENTATION DU CONTEXTE

En médecine nucléaire pour l'oncologie, l'imagerie de référence pour le diagnostic est l'imagerie multimodalité TEP/TDM, qui associe un scanner à rayons X avec un tomographe par émission de positons, permettant d'obtenir une double acquisition d'un patient donné, une image anatomique (densité des tissus et des os) fournie par les rayons X (TDM) et une image fonctionnelle fournie par la TEP, pour laquelle un traceur radioactif est injecté au patient de façon à suivre un processus biologique, par exemple un sucre marqué au fluor 18 pour obtenir une image de la consommation du sucre, ce qui donne une information sur certaines tumeurs. La tendance actuelle est l'utilisation de cette imagerie fonctionnelle dans d'autres applications que le diagnostic, par exemple pour l'analyse de la réponse à un traitement, ainsi que pour la planification de traitement de radiothérapie. Pour ces applications une simple analyse visuelle est insuffisante et une analyse précise des images est requise pour extraire des paramètres quantitatifs. Malheureusement l'imagerie fonctionnelle souffre d'une résolution spatiale limitée (environ 5-6 mm) qui induit un flou important entre les différentes régions d'intérêt, et un bruit significatif. Cela rend difficile l'extraction des paramètres quantitatifs tels que les volumes des tumeurs ou leur activité (liée à la concentration du traceur radioactif) permettant de les classer cliniquement parlant. L'analyse visuelle et manuelle étant insuffisante, l'équipe a développé diverses approches de segmentation, correction, recalages d'images TEP/TDM permettant d'extraire certains paramètres quantitatifs automatiquement [1] et de corriger certains effets néfastes comme le bruit, le flou [2] ou les effets respiratoires [3].

Nous nous intéressons ici à la quantification en TEP (en neurologie et oncologie) au moyen d'algorithmes inspirés du comportement animal. Des études récentes ont montré que l'auto organisation des fourmis présente des similitudes avec les neurones du cerveau humain sur plusieurs aspects et elle a été utilisée avec succès pour comprendre non seulement les systèmes biologiques mais aussi appliquée dans de nombreux domaines tels que la robotique ou les réseaux et télécommunications. Inspirés du comportement des fourmis, ces algorithmes initialement proposés dans les années 1990 [4,5] pour la recherche de chemins optimaux dans un graphe (voir figure 1) font partie de la famille des métaheuristiques d'optimisation. Nous proposons d'utiliser ce genre d'algorithmes en TEP de part les nombreuses similitudes entre fourmis et traceur radioactif. On peut citer par exemple:

- la cible : les fourmis recherchent de nourriture / le traceur a une certaine affinité pour une cible donnée
- la décroissance : phéromone / radioactivité diminuant au cours du temps
- le déplacement : des fourmis dans l'espace pouvant être restreint / du traceur dans le cerveau (examen en neurologie) ou le corps entier (examen en oncologie).
- La quantité initiale : de fourmis / de traceur radioactif

L'objectif de ce stage est dans un premier temps l'implémentation de cette approche dans le cadre de la segmentation d'images TEP dynamiques (pour cela le stagiaire pourra se baser sur un article publié dans le cadre de la segmentation d'images IRM [6]) et de comparer les résultats obtenus sur images simulées et cliniques avec une approche de référence



développée et utilisée au LaTIM [1]. Le stagiaire devra ensuite adapter l'algorithme précédent dans le cadre de la quantification en TEP dynamique pour la neurologie (ou l'algorithme peut être potentiellement guidé par un atlas probabiliste) et l'oncologie.

ORGANISATION DU TRAVAIL A REALISER

Le travail de stage sera découpé en deux parties, une première de développement et d'implémentation, une deuxième plus orientée vers la recherche et l'application clinique visée (quantification de volumes fonctionnels en imagerie TEP dynamique) :

1. Implémentation d'un algorithme basé sur les colonies de fourmis dans le contexte de la segmentation d'images
 - a. Développement en C/C++
 - b. Validation sur images synthétiques/simulées par comparaison avec une méthode de référence [1]
2. Adaptation de l'algorithme dans le contexte de la quantification en TEP dynamique pour la neurologie et l'oncologie
 - a. Validation sur images TEP simulées réalistes pour lesquelles la vérité terrain est connue
 - b. Tests sur images cliniques

ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

- ✓ Site du laboratoire LaTIM : <http://latim.univ-brest.fr/>
- ✓ Equipe au sein de laquelle se déroulera le stage :
« Imagerie Multi-modalité quantitative pour le diagnostic et la thérapie »
- ✓ Encadrement : Hadi Fayad, Maître de conférence au LaTIM, Université de Bretagne Occidentale
Contact : Hadi.Fayad@univ-brest.fr
- ✓ Profil recherché:
 - Analyse et traitement d'images
 - Des connaissances en imagerie médicale sont un avantage

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] M. Hatt, A. Turzo, C. Roux, D. Visvikis, A fuzzy locally adaptive Bayesian segmentation approach for volume determination in PET, *IEEE Transactions on Medical Imaging* 2009;28(6):881-893.

[2] N. Boussion, C. Cheze Le Rest, M. Hatt, D. Visvikis, Incorporation of wavelet based denoising in iterative deconvolution for partial volume correction in whole body PET imaging, *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 2008;36(7):1064-75.

[3] H. Fayad, T. Pan, C. Roux, C. Cheze-Le Rest, O. Pradier, J-F. Clement, D. Visvikis, A Patient Specific Model Based On 4D CT Data and a Time of Flight Camera (TOF), *IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS-MIC)*, 2009.

[4] A. Coloni, M. Dorigo et V. Maniezzo, Distributed Optimization by Ant Colonies, actes de la première conférence européenne sur la vie artificielle, Paris, France, *Elsevier Publishing*, 134-142, 1991.

[5] M. Dorigo, Optimization, Learning and Natural Algorithms, *PhD thesis*, Politecnico di Milano, Italie, 1992.

[6] P. Huang, H. Cao, S. Luo. An artificial ant colonies approach to medical image segmentation. *Comput Methods Programs Biomed*, 92(3):267-73, 2008

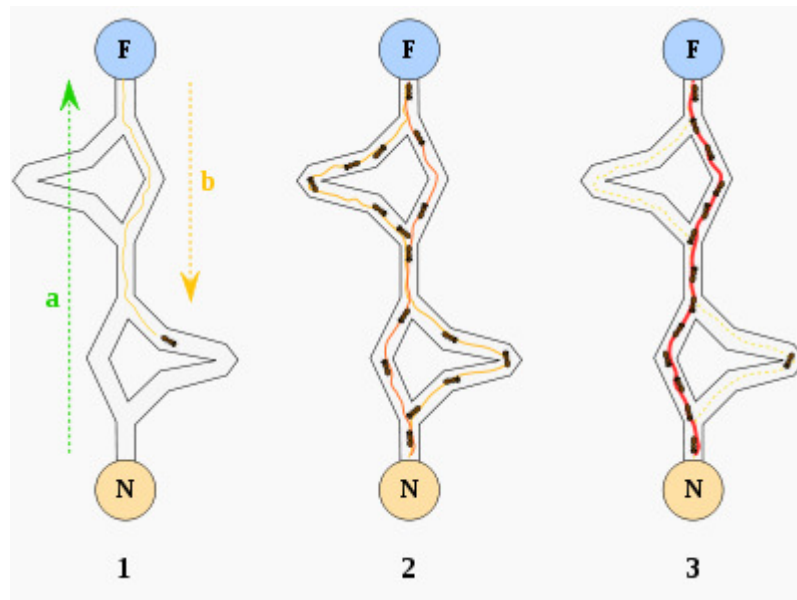


Figure 1 : Choix du plus court chemin par une colonie de fourmis

1) la première fourmi trouve la source de nourriture (F), via un chemin quelconque (a), puis revient au nid (N) en laissant derrière elle une piste de phéromone (b). 2) les fourmis empruntent indifféremment les 4 chemins possibles, mais le renforcement de la piste rend plus attractif le chemin le plus court. 3) les fourmis empruntent le chemin le plus court, les portions longues des autres chemins voient la piste de phéromones s'évaporer.