

# Recalage de séquences d'images IRM basé sur un nouvel algorithme d'optimisation dynamique

Julien Lepagnot, Amir Nakib, Hamouche Oulhadj, Patrick Siarry

Laboratoire Images, Signaux et Systèmes Intelligents, LiSSi (E.A. 3956)  
Université Paris-Est Créteil, 61, avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil, France  
julien.lepagnot@univ-paris12.fr

**Mots-clés** : *recalage, séquence d'images, optimisation dynamique, métaheuristique.*

## 1 Introduction

Un problème d'optimisation dynamique se caractérise par une fonction objectif qui évolue au cours du temps. Le but n'est pas alors seulement de trouver l'optimum de la fonction, mais de le suivre aussi fidèlement que possible dans le temps. Dans cet article, nous proposons d'appliquer l'algorithme d'optimisation continue dynamique MLSDO (*Multiple Local Search algorithm for Dynamic Optimization*) [1] au problème du recalage de séquences d'images. L'intérêt d'utiliser cet algorithme réside dans la réduction du temps de calcul nécessaire au recalage des différents couples d'images de la séquence.

## 2 Description générale de MLSDO

MLSDO utilise plusieurs recherches locales, exécutées en parallèle par des agents, pour explorer l'espace de recherche et suivre les optima chaque fois qu'un changement du paysage est détecté. Ces agents de recherche locale sont coordonnés par un module dédié (le coordinateur), permettant d'explorer au mieux l'espace de recherche et de garantir la diversification des solutions. Les optima locaux trouvés sont transmis à un autre module qui est chargé de la gestion de la mémoire globale. Ce dernier permet la réutilisation des optima lorsqu'un changement du paysage est détecté. La structure générale de MLSDO est illustrée par la figure 1, où les agents de recherche locale sont représentés par des disques noirs numérotés dans l'espace de recherche  $S$ , et le voisinage du  $i^{\text{ème}}$  agent est noté  $N_i$ .

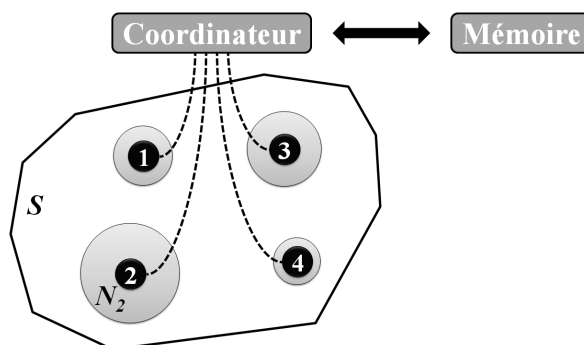


FIG. 1 – Schéma général du fonctionnement de MLSDO.

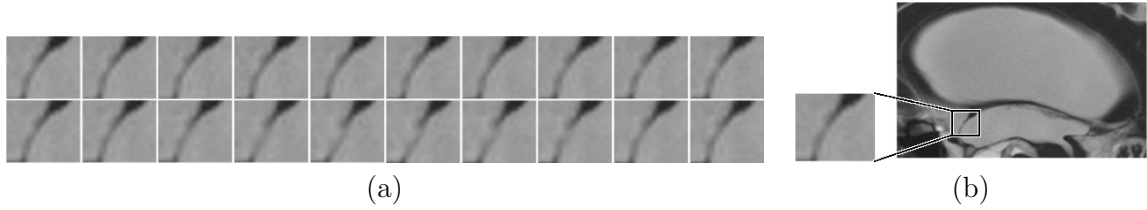


FIG. 2 – (a) Séquence de 20 images ciné-IRM de la *lamina terminalis*. (b) Première image de la séquence ciné-IRM cérébrale.

### 3 Le recalage de séquences d’images

En traitement d’image, le recalage est une technique qui consiste en la mise en correspondance d’images dans le but de regrouper ou de comparer leurs informations respectives. Cette mise en correspondance se fait par la recherche d’une transformation géométrique permettant de passer d’une image source à une image cible. Recaler une séquence d’images consiste donc à déterminer, pour chaque couple d’images de la séquence, la transformation permettant de passer de la seconde image à la première.

Ici, la transformation utilisée est donnée en (1), où les coordonnées  $x'$  et  $y'$  d’un pixel dans l’image transformée sont calculées à partir des coordonnées  $x$  et  $y$  d’un pixel dans l’image source. Elle comporte 12 paramètres à valeurs réelles, notés  $c_i$ , qui forment une solution du problème. Ensuite, la fonction objectif du problème associée, à chaque solution possible, une valeur qui caractérise la qualité du recalage correspondant. La fonction objectif utilisée ici est basée sur l’information mutuelle normalisée [2]  $\left(\frac{H(S)+H(C)}{H(S,C)}\right)$  de l’image source transformée  $S$  et de l’image cible  $C$ , où  $H$  désigne l’entropie de Shannon. Pour recalier l’image source sur l’image cible, il faut donc trouver la solution pour laquelle la fonction objectif est maximale. La fonction objectif est toutefois très coûteuse en temps de calcul, et il est nécessaire d’économiser au maximum ses évaluations.

$$\begin{aligned} x' &= c_1 x^2 + c_2 y^2 + c_3 x y + (c_4 |c_4| + 1) x + c_5 |c_5| y + (c_6)^3 \\ y' &= c_7 x^2 + c_8 y^2 + c_9 x y + c_{10} |c_{10}| x + (c_{11} |c_{11}| + 1) y + (c_{12})^3 \end{aligned} \quad (1)$$

### 4 Analyse expérimentale

Nous disposons de la séquence de 20 images ciné-IRM donnée à la figure 2 (a), dont la première image est présentée sur la figure 2 (b). Ces images sont prises à intervalles de temps réguliers. Sur la figure 2 (b) on présente la région d’intérêt (la *lamina terminalis*) dont on souhaite estimer le mouvement. Afin de montrer l’avantage procuré par l’application de MLSDO, pour chacun des 19 couples d’images, le nombre d’évaluations effectuées par MLSDO pour recalier l’image courante sur la précédente est enregistré. Une comparaison des nombres d’évaluations effectuées par MLSDO, par rapport à ceux des algorithmes classiques d’optimisation statique (qui peuvent être utilisés récursivement), met en évidence le gain apporté par MLSDO, en termes de temps de calcul.

### Références

- [1] J. Lepagnot, A. Nakib, H. Oulhadj, and P. Siarry. A multiple local search algorithm for continuous dynamic optimization. Under submission.
- [2] C. Studholme, D.L.G. Hill, and D.J. Hawkes. An overlap invariant entropy measure of 3D medical image alignment. *Pattern Recognition*, 32(1) :71–86, 1999.