



Disponible en ligne sur  
 ScienceDirect  
 www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France  
  
 www.em-consulte.com



Article original

## Utilisation d'un réseau de neurones artificiels pour la simulation des mouvements pulmonaires

### *Simulation of lung motions using an artificial neural network*

R. Laurent<sup>a,\*</sup>, J. Henriët<sup>a</sup>, M. Salomon<sup>b</sup>, M. Sauget<sup>a</sup>, F. Nguyen<sup>c</sup>, R. Gschwind<sup>a</sup>, L. Makovicka<sup>a</sup>

<sup>a</sup> IRMA/ENISYS/FEMTO-ST, UMR 6174 CNRS, pôle universitaire des Portes du Jura, BP 71427, 25211 Montbéliard cedex, France

<sup>b</sup> AND/LIFC, université de Franche-Comté, BP 527, rue Engel-Gros, 90016 Belfort cedex, France

<sup>c</sup> Service de radiothérapie, CHU Jean-Minjoz, 3, boulevard Fleming, 25030 Besançon cedex, France

#### INFORMATION

##### Historique de l'article :

Reçu le 26 mars 2010

Reçu sous la forme révisée

16 juin 2010

Accepté le 4 juillet 2010

Disponible sur Internet le 13 décembre

2010

##### Mots-clés :

Poumon

Mouvement

Simulation informatique

Réseau de neurones

##### Keywords:

Lung

Motion

Computer simulation

Neural networks

#### RÉSUMÉ

**Objectif de l'étude.** – Une des possibilités pour améliorer la balistique d'une radiothérapie pulmonaire consiste à mieux connaître le mouvement des poumons propre à chaque patient. En effet, grâce à cette connaissance, il devient possible de suivre l'évolution du tracé du volume cible anatomoclinique (*clinical target volume*) défini par un ensemble de points en fonction de la phase respiratoire. Cet article présente l'étude de faisabilité d'une méthode originale pour simuler les positions de points dans les poumons pour toute phase respiratoire.

**Patients et méthodes.** – Cette approche, basée sur un réseau de neurones artificiels, a permis d'apprendre le mouvement pulmonaire sur plusieurs personnes pour ensuite le simuler pour de nouveaux patients dont seules les informations en début et en fin de respiration sont connues. Le réseau de neurones a été entraîné sur plus de 600 points tracés par un médecin, répartis sur trois patients et concentrés sur une zone précise du poumon.

**Résultats.** – Les premiers résultats ont été très prometteurs car une précision moyenne de 1 mm pour une résolution spatiale de  $1 \times 1 \times 2,5 \text{ mm}^3$  a été obtenue.

**Conclusion.** – Nous avons montré qu'il était possible de simuler le mouvement pulmonaire avec précision à l'aide d'un réseau de neurones artificiels. À l'avenir, nous souhaitons améliorer la précision de notre méthode à l'aide de nouvelles données et d'une couverture totale des poumons par les points de l'ensemble d'apprentissage.

© 2010 Société française de radiothérapie oncologique (SFRO). Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

#### ABSTRACT

**Purpose.** – A way to improve the accuracy of lung radiotherapy for a patient is to get a better understanding of its lung motion. Indeed, thanks to this knowledge it becomes possible to follow the displacements of the clinical target volume (CTV) induced by the lung breathing. This paper presents a feasibility study of an original method to simulate the positions of points in patient's lung at all breathing phases.

**Patients and methods.** – This method, based on an artificial neural network, allowed learning the lung motion on real cases and then to simulate it for new patients for which only the beginning and the end breathing data are known. The neural network learning set is made up of more than 600 points. These points, shared out on three patients and gathered on a specific lung area, were plotted by a MD.

**Results.** – The first results are promising: an average accuracy of 1 mm is obtained for a spatial resolution of  $1 \times 1 \times 2.5 \text{ mm}^3$ .

**Conclusion.** – We have demonstrated that it is possible to simulate lung motion with accuracy using an artificial neural network. As future work we plan to improve the accuracy of our method with the addition of new patient data and a coverage of the whole lungs.

© 2010 Société française de radiothérapie oncologique (SFRO). Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [remy.laurent@pu-pm.univ-fcomte.fr](mailto:remy.laurent@pu-pm.univ-fcomte.fr) (R. Laurent).

## 1. Introduction

Lors d'une radiothérapie externe pulmonaire, différentes techniques visant à diminuer les marges associées aux tumeurs sont utilisées. On peut distinguer la radiothérapie asservie à la respiration (RAR), le *gating* ou encore le *tracking*. L'objectif de ces techniques est de réduire l'apport du mouvement pulmonaire dans le volume cible prévisionnel (PTV, *planned target volume*) permettant aussi d'améliorer la balistique du traitement : moins de dose dans les tissus sains aux alentours et plus de dose dans la tumeur. Le *gating* est une technique contraignante pour le patient car elle nécessite un blocage respiratoire. La précision des autres techniques dépend fortement de la connaissance du mouvement respiratoire de chaque patient. Notre méthode permet de définir un mouvement sans artefact cinétique (comme il peut exister sur un scanographe quadridimensionnel), ce qui permet d'améliorer la définition des zones tumorales tout en assurant une meilleure radioprotection au patient. Pour cela, nous avons développé deux approches : l'une basée sur les études du mouvement réalisées grâce à une plate-forme mécanique simulant le mouvement respiratoire, l'autre sur un réseau de neurones artificiels [1]. Un réseau de neurones artificiels ne nécessite aucune connaissance a priori sur le mouvement : il apprend à partir de cas réels obtenus grâce aux scanographes quadridimensionnels, puis simule le mouvement pour d'autres patients en tenant compte de leurs caractéristiques. Il s'agit donc de reproduire le mouvement des poumons dans un délai très court : en effet, une fois l'apprentissage terminé, son exécution est quasi-instantanée. L'intérêt de la maîtrise et le contrôle du mouvement par la voie informatique peut être multiple : réduire les doses absorbées diagnostiques liées au scanographe quadridimensionnel, obtenir une meilleure définition temporelle ou encore décomposer séparément le mouvement des organes concernés en fonction de l'unique mouvement respiratoire, cardiaque ou digestif.

La simulation du mouvement pulmonaire a été l'objet de nombreux travaux de recherche. Sarrut et al. et Villard ont notamment déterminé la déformation du poumon en calculant l'impact du déplacement du diaphragme et des côtes sur la plèvre [2,3]. Si la précision de leurs simulations était inférieure aux dimensions des voxels de l'image, les temps de calculs étaient néanmoins importants. L'ensemble des déformations était calculé à l'aide des équations de la mécanique des milieux continus ce qui rendait la méthode assez chronophage. De plus, des mesures contraignantes pour le patient étaient requises dans le but de connaître les paramètres d'élasticité des poumons et appliquer les modèles.

Boldéa et al. ont proposé de simuler une scanographie quadridimensionnelle pendant un cycle respiratoire à partir de

deux acquisitions scanographiques obtenues avec blocage de l'inspiration et de l'expiration [4,5]. Les images intermédiaires étaient ensuite construites à l'aide d'un champ de vecteurs créé par interpolation sur la base des deux acquisitions. Cette méthode est similaire à l'approche précédente sur le temps de calcul et la précision.

Par ailleurs, Hostettler et al. ont proposé de reproduire le mouvement pulmonaire en temps réel à partir d'une seule acquisition scanographique et de l'étude du déplacement de capteurs placés sur la peau du patient [6]. On peut noter que le recours à une seule acquisition scanographique, qui permet d'obtenir le modèle tridimensionnel du patient, limite son exposition. Bien que cette méthode permette de considérer plusieurs cycles respiratoires, elle atteint seulement une précision de 5 à 7 mm.

## 2. Patients et méthodes

### 2.1. Généralités sur les réseaux de neurones artificiels

Un réseau de neurones artificiels est composé d'entités élémentaires, appelées neurones, qui s'activent en parallèle. Cette modélisation informatique s'inspire largement de la structure biologique des neurones et de leurs interactions. En effet, à l'image de ce qu'il se passe dans un cerveau humain, le fonctionnement d'un réseau de neurones est grandement influencé par les connexions entre les neurones. Il existe plusieurs types de réseau de neurones artificiels, les cycles de ceux que nous considérerons dans cette étude se divisent en deux grandes phases :

- la phase d'apprentissage durant laquelle les paramètres du réseau sont calculés. Les neurones sont organisés en couches. Chaque neurone d'une couche est relié par un arc pondéré à tous les neurones de la couche supérieure. Les poids de chaque arc sont déterminés durant cet apprentissage. Cette phase peut être longue, mais elle se fait généralement en amont. À l'aide des entrées et des sorties déjà connues, le réseau de neurones artificiels apprend un comportement ;
- la phase d'utilisation durant laquelle le réseau de neurones artificiels entraîné est capable de déduire des résultats avec de nouvelles entrées (i.e. non apprises). Même sur ce point, les réseaux de neurones artificiels ressemblent fortement au fonctionnement du cerveau humain car ils manifestent plus d'aisance et de fiabilité dans la recherche des solutions interpolées qu'extrapolées.

Un neurone  $j$  produit une sortie  $y_j$  en réalisant la fonction d'activation  $y_j = \varphi_j(X_j, W_j)$  où  $X_j$  est le vecteur des entrées et  $W_j$  le vecteur des paramètres de pondération. Dans le réseau de neurones artificiels considéré, les paramètres sont attachés aux entrées du neurone, aussi le vecteur  $W_j$  pondère les connexions reliant le vecteur des entrées au neurone (les coefficients du vecteur  $W_j$  sont alors appelés poids synaptiques). Par exemple, si on considère le neurone 1 de sortie du réseau de la Fig. 1, celui-ci a pour vecteur des entrées et pour vecteur des paramètres de pondération respectivement  $X_1 = (y_3, y_4, y_5)^t$  et  $W_1 = (w_{13}, w_{14}, w_{15})^t$ . En effet, les neurones cachés 3, 4 et 5 sont reliés au neurone de sortie 1 et on note  $w_{ij}$  la pondération de l'arc reliant le neurone  $j$  au neurone  $i$ . Comme le montre également la Fig. 1, les neurones sont organisés en couches : d'une part une couche de sortie, d'autre part de zéro à plusieurs couches cachées entre les entrées et la couche des sorties. Pour construire un tel réseau de neurones, il suffit donc de spécifier le nombre de couches, avec pour chaque couche le nombre de neurones et la fonction d'activation choisie. Le nombre d'entrées et le nombre de sorties du réseau de neurones artificiels sont définis par le problème à résoudre. En revanche, il n'y a pas de règle pour fixer

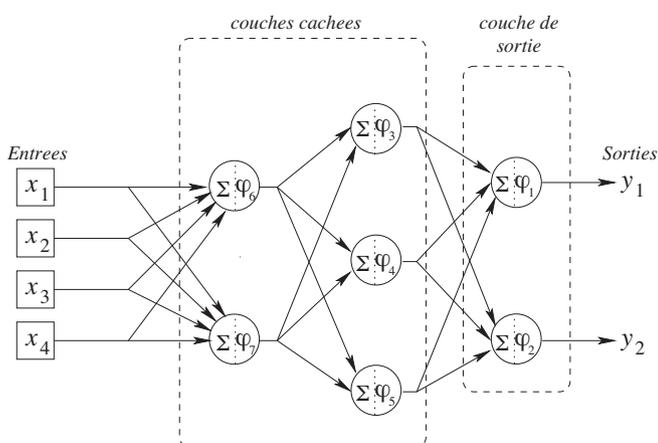


Fig. 1. Schéma d'un réseau de neurones artificiels.  
Diagram of an artificial neural network.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/2117836>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/2117836>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)