

Étude préalable sur l'utilisation des réseaux de neurones artificiels en radiothérapie externe.

R.Mathieu***, S.Contassot-Vivier*, C.Guillerminet**, R.Gschwind**, L.Makovicka**, J.Bahi*

* CANDY/LIFC FRE 2661 CNRS
1, rue Engel Gros 90000 Belfort FRANCE

** IRMA/CREST UMR 6000 CNRS
Pôle universitaire BP 71427 25211 Montbéliard FRANCE

Introduction:

Le but de la radiothérapie externe est le traitement des tumeurs tout en épargnant le plus possible les tissus sains avoisinants. Afin de maîtriser et d'optimiser la distribution des doses délivrées au patient, une planification dosimétrique doit être effectuée au préalable. Pour déterminer la répartition des doses la routine thérapeutique est dans ces cas confrontée à la recherche du compromis entre la précision et la rapidité d'obtention de cette information. Les techniques basées sur les méthodes analytiques, sur des bases de données préalablement établies ont le mérite d'être rapides, mais peu souples. Leur précision n'est assurée que dans les cas directement prévus. Dans cette optique, l'utilisation des méthodes telles que celle de Monte-Carlo apportent souplesse et précision. Cependant, malgré tous les efforts fournis aussi bien sur le plan de l'optimisation des méthodes que sur le plan de l'évolution informatique (vitesse des machines), elles se heurtent au problème du temps de calcul. Nous avons envisagé, en rassemblant les avantages de ces différentes approches tout en évitant leurs principaux inconvénients, le développement des techniques basées sur les principes des réseaux d'apprentissage.

Méthode:

Les réseaux de neurones semblent être une troisième voie qui combine à la fois l'utilisation de données dosimétriques existantes obtenues aussi bien par la voie expérimentale que par simulations numériques. De manière générale les RNA (Réseaux de Neurones Artificiels, voir Fig. 1-a,b) fournissent

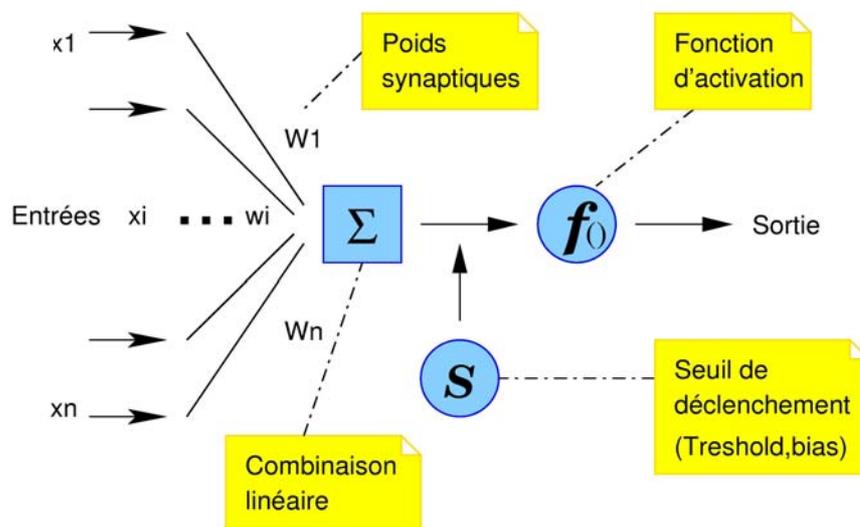


Fig. 1-a Principe d'un neurone artificiel.

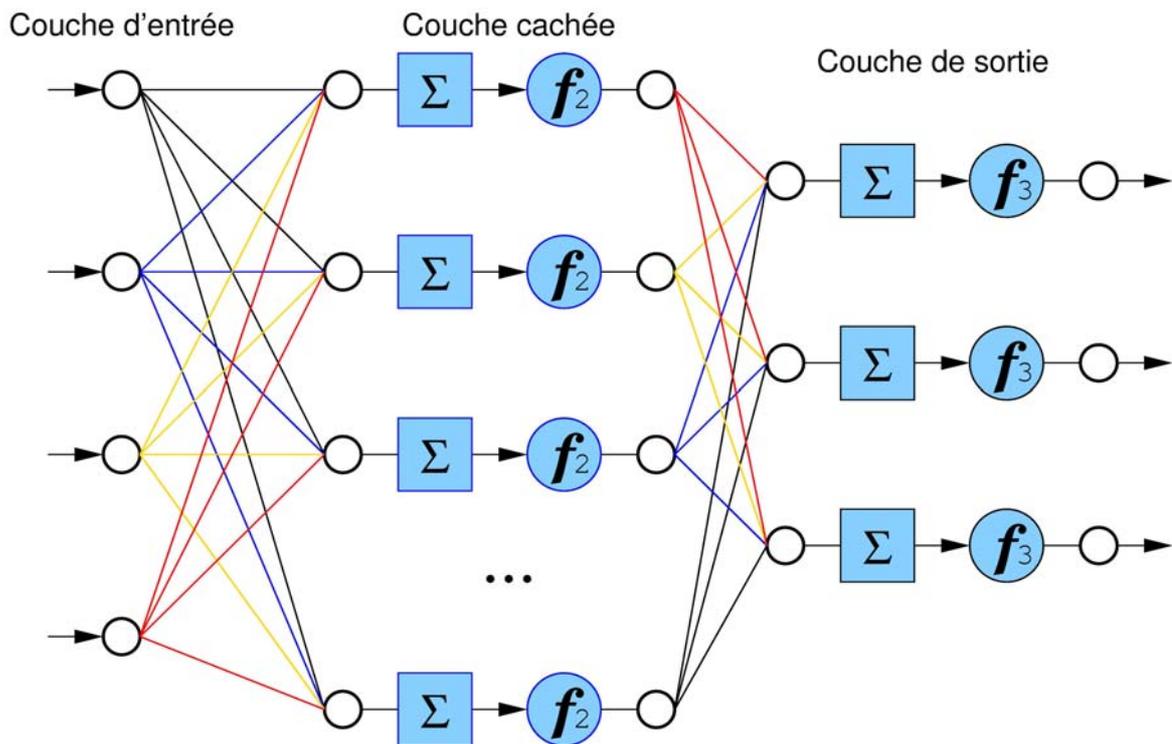


Fig.1-b Exemple d'un réseau de neurones artificiels

une méthode permettant d'inférer, à partir d'échantillons, un signal donné à valeurs soit réelles ou vectorielles, soit discrètes. Dans les deux cas, il s'agit de construire un outil permettant de réaliser une correspondance entre des entrées et des sorties. Ainsi les RNA souvent utilisés pour des problèmes de classifications peuvent aussi être employés pour des problèmes d'approximation de fonction. On parle parfois de régression ou de modélisation «boîte noire» (pour souligner que le phénomène modélisé n'est pas explicite). Ainsi la sortie représente la valeur d'une fonction continue. Il s'agira dans notre cas de la dose absorbée en fonction des paramètres liés à la géométrie et à la nature de la zone à irradier ainsi qu'au paramètres et conditions de l'irradiation.

Utilisation des réseaux de neurones:

- * Déterminer les entrées pertinentes c'est-à-dire les grandeurs qui ont une influence significative sur le phénomène qu'on cherche à modéliser.
- * Collecter les données nécessaires à l'apprentissage et à l'évaluation des performances du réseau de neurones.
- * Trouver le nombre de neurones cachés pour obtenir une approximation satisfaisante.
- * Estimer les valeurs des paramètres correspondant à un minimum de la fonction de coût, c'est-à-dire effectuer un apprentissage.
- * En fonction des résultats obtenus, il peut être nécessaire de recommencer cette procédure.

Avantages des réseaux de neurones:

- * Les réseaux de neurones peuvent apprendre et généraliser à partir des simples données d'entrée et de sortie. Il est ainsi possible de développer un modèle sans disposer de formule exprimant le phénomène modélisé.
- * Les seuls paramètres requis sont ceux directement liés à l'irradiation.

On peut voir sur la figure 2 un exemple de calcul des profils des doses relatives en profondeurs dans l'eau obtenus pour un faisceau de photons de SATURNE 43 (4x4 cm² 6 MeV) réalisé par un réseau neuronal.

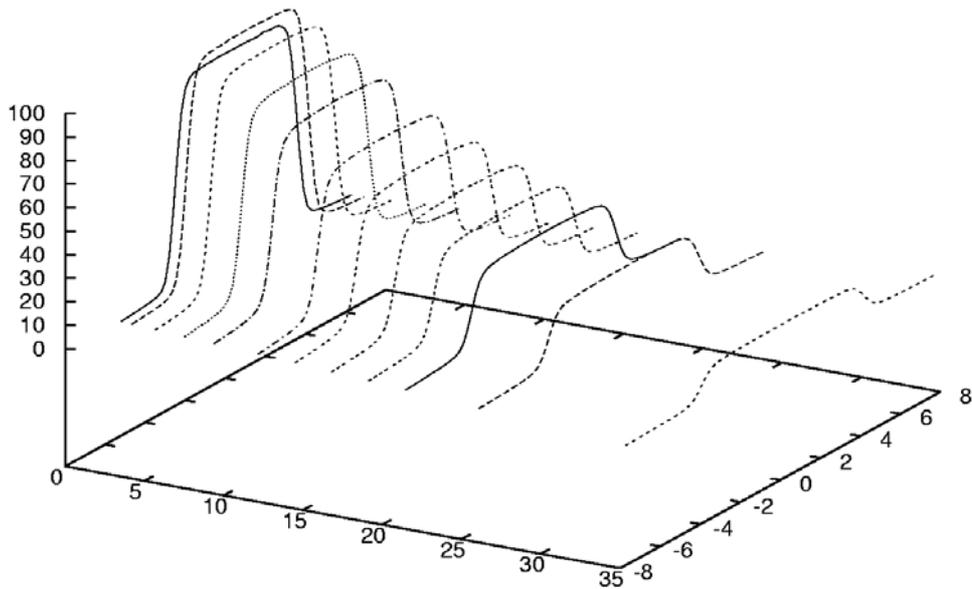


Fig.2 Profils calculés par le réseau (code NEURAD1)

A noter :

* L'obtention d'un profil de dose à une seule profondeur (2D) par la méthode de Monte-Carlo (code de type EGS) demande le temps de l'ordre « heures – jours » en fonction des moyens informatiques utilisés et de la précision demandée.

* Le Réseau de neurones artificiels, une fois l'apprentissage fait, donne une réponse quasi immédiate et en 3D.