Chapitre 5

Conclusion

Les apports directs de cette étude, concernent deux domaines, d'une part la connaissance des algorithmes d'optimisation en radiochirugie et d'autre part, la comparaison des modalités de traitement par thérapie pendulaire et par collimateur micro-multilames.

Algorithmes d'optimisation

Méthode manuelle : Pour le dosimétriste, l'absence d'une stratégie systématique rend la méthode manuelle peu performante ; dans tous les cas la probabilité de succès est inférieure ou égale aux probabilités obtenues par l'algorithme des gradients conjugués.

Algorithmes matriciels : Parmi ces derniers, l'inadéquation de l'algorithme de décomposition en valeurs singulières pour la radiothérapie en général, et plus spécifiquement pour la radiochirurgie, a été démontrée. Cet algorithme devrait dans tous les cas être remplacé par la méthode NNLS qui possède l'avantage de gérer les contraintes positives et le mauvais conditionnement du système d'équations linéaires. Signalons cependant que l'application de méthodes matricielles au domaine de la radiothérapie en général ou de la radiochirurgie n'est pas très appropriée car ces algorithmes ne permettent pas de pondérer les prescriptions de dose sur les différentes structures.

Méthodes de descente : Une fonction de coût estimée à partir de la somme des écarts quadratiques aux doses prescrites possède un minimum absolu. Par conséquent, n'importe quelle méthode de descente appliquée à une telle fonction atteint toujours l'optimum. Elles gèrent les contraintes positives, et des pondérations sur les prescriptions de dose pour chaque structure peuvent être introduites permettant des réglages plus fin des algorithmes.

La variante de quasi-Newton est très performante en radiothérapie par modulation d'intensité, alors qu'elle s'est révélée peu efficace dans notre cas. La méthode des gradients conjugués permet une convergence plus rapide vers le minimum.

Méthode stochastique : Le recuit simulé optimise directement sur la probabilité de succès ce qui le rend plus attrayant que les autres algorithmes. Il nécessite cependant un temps de calcul relativement long qui peut devenir prohibitif. La limite fixée à 100'000 itérations a amené dans certains cas à un résultat moins performant que la méthode manuelle, rendant son utilisation clinique peu attrayante en l'état. Il faut cependant relever que des améliorations peuvent être obtenues en utilisant une stratégie plus optimale pour le parcours de l'espace de phase (limitation de l'espace de phase, amélioration de l'euristique de recherche, optimisation combinée avec les gradients conjugués).

Modalités de traitement

La technique par collimateur micro-multilames est supérieure à la thérapie par arcs, dans tous les cas sauf pour les petits volumes centraux sphériques pour lesquels un collimateur cylindrique de taille adéquate est disponible. Toutefois, même dans ces cas-là, la probabilité de succès du traitement par collimateur micro-multilames est seulement à quelques pour-cents (maximum 3%) de la thérapie en pendulaire et elle pourrait même s'améliorer en ajoutant une recherche plus fine sur la marge en BEV (disposition des lames gérée une à une) et sur l'utilisation de la rotation du collimateur. Dans tous les cas, l'isodose enveloppante est plus conforme à la lésion lorsqu'on utilise la modalité de traitement par collimateur micro-multilames. L'amélioration de la probabilité de succès qui en résulte est significative (plus de 3% dans 9 cas sur 16 et jusqu'à 10% dans 2 cas sur 16 pour les lésions centrales). Son application clinique nécessite l'achat du collimateur micro-multilames. Le coût d'un tel appareil n'est pas négligeable. En contrepartie, la technique par collimateur micro-multilames se rapproche de la radiothérapie classique pour la prescription de dose (ICRU-Report [1993]). Elle évite le surdosage entre les isocentres ; la signification radiobiologique d'un tel surdosage est loin d'être éclaircie et elle est applicable à des lésions plus étendues voire extra-crâniennes comme les tumeurs ORL.

Apports indirects

Ce travail a permis d'accompagner la mise en service de ces techniques dans le département de radio-oncologie du CHUV. En particulier le développement des techniques d'imagerie (transfert des données angiographiques vers les coupes tomodensitométriques Tercier et al. [1997]) et l'étude de l'assurance de qualité indispensable à l'application d'une telle technique (voir annexe C).

Le travail a nécessité la mise au point de nouveaux modules du système de planification de traitement GRATIS, qui sont maintenant à disposition pour d'autres chercheurs.

Développements futurs

Une amélioration de l'euristique gérant le parcours de l'espace de phase serait nécessaire pour le recuit simulé. En particulier, le fait de chercher des angles de table et de bras en même temps que les poids des faisceaux semble très coûteux. Il pourrait être avantageux de chercher les angles par recuit simulé et pour chaque itération, de chercher les poids optimum par une méthode de descente.

Le fait que les valeurs de dose moyenne dans le volume cible de planification soient différentes pour un même cas, est particulier aux malformations artério-veineuses, car la dose minimum dans la lésion permet de calculer la probabilité d'oblitération. Dans le cas d'une tumeur, la probabilité de contrôle de la tumeur dépend plus de la dose moyenne. Il serait donc intéressant d'appliquer les mêmes algorithmes d'optimisation aux cas des tumeurs avec la probabilité de contrôle de la tumeur en lieu et place de la probabilité d'oblitération. À relever que dans ce cas les données cliniques correspondant au fractionnement appliqué en radiothérapie stéréotaxique sont plus éparpillées dans la littérature que pour les MAV.

La comparaison de la technique CMML avec le *Gamma-Knife* serait intéressante car cette technique ressemble à la thérapie en pendulaire par l'application d'isocentres. Elle exploite ces derniers en plus grand nombre afin d'améliorer la conformation et cela entraîne une plus forte inhomogénéité dans la répartition de dose.