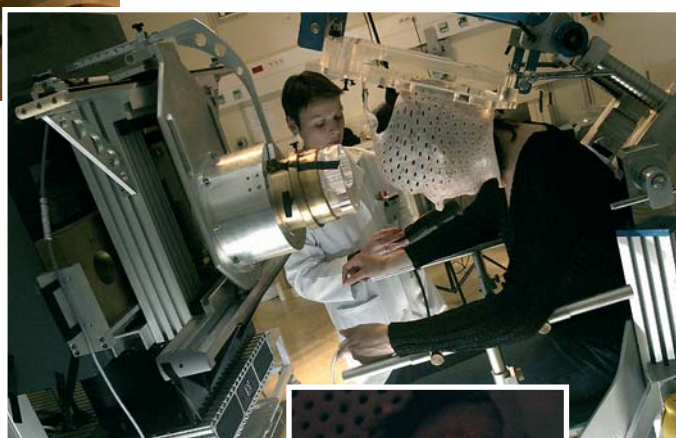


Dossier de presse - 16 juin 2004

[Voir les images](#)

La protonthérapie

**Une radiothérapie de pointe,
traitement de référence pour certaines
tumeurs de l'œil et du cerveau**



Communiqué de synthèse	p 2
Fiches thématiques	
Les protons, une balistique ultra-précise	p 4
La préparation des traitements	p 6
Les tumeurs traitées par protons	p 7
Les développements futurs de la protonthérapie	p 10
Intervenants	p 12
La protonthérapie en images	p 13

Contacts presse

Relations Presse	Catherine Goupillon	Tél. 01 44 32 40 63	
	Céline Giustranti	Tél. 01 44 32 40 64	service.presse@curie.fr
Iconographie	Cécile Charré	Tél. 01 44 32 40 51	www.curie.fr



La protonthérapie :

Une radiothérapie de pointe, traitement de référence pour certaines tumeurs de l'œil et du cerveau

La radiothérapie est utilisée chez 70 % des patients atteints de cancer. Ce terme générique recouvre toutefois des techniques distinctes. A ce jour, les machines de radiothérapie utilisent principalement des faisceaux de photons et d'électrons. Or, pour certaines pathologies, ce type de rayonnement se heurte à des problèmes d'ordre balistique.

Les particules accélérées telles que les protons représentent une alternative très intéressante. La nature de ces faisceaux leur permet de traverser les tissus en profondeur pour aller déposer leur énergie à une distance très précise.

En raison de leurs avantages balistiques, les protons ont été utilisés dès 1954 pour le traitement de certaines tumeurs.

Une forme de radiothérapie ultra-précise...

La protonthérapie est particulièrement indiquée lorsqu'il est capital de réduire au maximum les effets secondaires chez les patients. Cette technique de radiothérapie conformationnelle permet de traiter des tumeurs rares comme celles de l'œil (essentiellement des mélanomes de la choroïde) ou de la base du crâne. Limitant au maximum l'irradiation des tissus sains et ainsi les séquelles, elle est parfaitement adaptée au traitement de certains cancers pédiatriques.

Il existe 18 centres dans le monde pratiquant l'irradiation par protonthérapie dont 2 en France : le premier de haute énergie (200 MeV) au Centre de Protonthérapie d'Orsay à l'Institut Curie et le second (65 MeV) au Centre Antoine-Lacassagne (Nice). Plus de 35 000 patients ont d'ores et déjà été traités dans le monde.

Le Centre de Protonthérapie d'Orsay (CPO) est au premier plan mondial avec plus de 3 000 patients traités depuis son ouverture en 1991. Il se situe au premier rang européen pour le traitement des tumeurs intracrâniennes (une centaine de nouveaux patients par an). En ce qui concerne les tumeurs ophtalmologiques, 250 nouveaux patients y sont traités chaque année.

Le CPO rejoint l'Institut Curie

Le CPO est né en 1991 de la volonté de quatre partenaires, l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris, le Centre René-Huguenin, l'Institut Gustave-Roussy et l'Institut Curie. Il s'est développé autour d'un accélérateur de physique nucléaire historique. Construit en 1954 à l'initiative d'Irène et Frédéric Joliot-Curie, ce synchrocyclotron a été utilisé jusqu'en 1989 à des fins de recherche fondamentale en physique. Dépassé par les grands accélérateurs internationaux (CERN, Hambourg, etc.), il a été modifié en 1991 en vue d'une utilisation médicale. En décembre 1998, une deuxième salle de traitement a été mise en service, ce qui a permis d'étendre les indications et de traiter plus de patients.

Afin de faciliter ses futurs développements, **le CPO est entièrement rattaché depuis janvier 2004 à l'Institut Curie.**



... pour d'excellents résultats

Grâce à la précision d'action des protons, les résultats de la protonthérapie sont excellents : 96 % des patients traités pour une **tumeur de l'œil** au CPO n'ont pas de récurrence cinq ans après et ont pu garder leur œil.

Pour les **tumeurs de la tête et du cou**, la protonthérapie permet d'augmenter le contrôle local jusqu'à 85 - 90 % tout en diminuant les séquelles tardives. En raison de la réduction des effets secondaires, les **tumeurs pédiatriques** constituent des indications thérapeutiques de choix de la protonthérapie. Une cinquantaine d'enfants a déjà été traitée au CPO pour diverses tumeurs crâniennes.

Traitement conservateur de très haute précision, **la protonthérapie constitue l'une des approches les plus innovantes de la radiothérapie**. Compte-tenu de sa haute technicité, elle reste cependant un traitement dédié à certaines localisations tumorales pour lesquelles elle présente un bénéfice certain.

Un nouvel élan européen et international

Dans le monde, la protonthérapie connaît une expansion importante avec une **vingtaine de nouveaux centres actuellement en projet**.

En France, pour répondre à l'évolution des besoins, notamment à l'extension des indications chez les enfants et les adultes et à l'amélioration du confort des patients, **le CPO va connaître dans les années à venir de nombreux développements** :

- Dès **2005**, un médecin et une infirmière anesthésistes vont rejoindre le CPO pour permettre de traiter les enfants de moins de 5 ans. L'anesthésie est en effet la seule solution face aux contraintes que nécessite un traitement par protons chez les très jeunes enfants.
- En **2007**, le CPO va acquérir un nouvel accélérateur de protons qui permettra d'accéder à des techniques plus modernes de traitement mais aussi de desservir deux nouvelles salles de traitement.
- En **2008**, l'installation d'un bras isocentrique permettra d'orienter le faisceau autour du patient selon toutes les incidences pour traiter de nouvelles indications jusqu'à présent impossibles.

Avec ces développements, il sera possible au CPO de traiter **650 patients par an en 2008, contre 350 actuellement**.

Par ailleurs, la **recherche biologique et clinique** autour de la protonthérapie devrait se développer au CPO dans le cadre d'un des projets du Cancéropôle Ile-de-France consacré à l'optimisation technique, la radiobiologie et l'évaluation médico-économique de la protonthérapie.

Pour permettre ces changements importants, les moyens du CPO devront fortement augmenter à l'horizon 2007 au plan financier et au plan humain, avec un effectif en personnel qui sera doublé.

L'ensemble de ces projets permettra au CPO de prendre une nouvelle **envergure européenne et internationale**.

Contacts presse

Relations Presse	Catherine Goupillon	Tél. 01 44 32 40 63	
	Céline Giustranti	Tél. 01 44 32 40 64	service.presse@curie.fr
Iconographie	Cécile Charré	Tél. 01 44 32 40 51	www.curie.fr





Les protons, une balistique ultra-précise

Aujourd'hui, la radiothérapie classique a majoritairement recours à des accélérateurs d'électrons. Utilisés directement, les électrons s'arrêtent net au bout de quelques centimètres. Pour permettre **une irradiation plus en profondeur**, les électrons sont transformés en rayons X. Toutefois, le dépôt d'énergie en profondeur des rayons X entraîne une irradiation non négligeable des tissus sains.

Même si de nombreuses améliorations ont eu lieu ces dernières années en radiothérapie classique, ce type de rayonnement ne permet pas le traitement optimal de certaines tumeurs profondes et/ou de tumeurs situées dans des zones radiosensibles.

L'accélérateur de protons d'Orsay

C'est un accélérateur circulaire. La source de protons, un plasma d'hydrogène, est située au centre de la chambre d'accélération. Après avoir été ionisées, les particules sont accélérées par un champ électrique de haute fréquence. Parallèlement, elles sont soumises à un champ magnétique qui permet de courber leur trajectoire et de les faire ainsi (re)passer dans la zone accélératrice.

Quand les protons ont atteint la vitesse désirée – qui peut aller jusqu'à 201 millions d'électronvolts –, ils sont dirigés sous vide vers les deux salles de traitement.

La protonthérapie qui utilise un faisceau de protons, particules lourdes chargées produites par un accélérateur (cyclotron ou synchrotron, voir encadré ci-dessus), permet de pallier ces problèmes. En raison de leurs propriétés physiques, les protons déposent leur énergie différemment :

- ils traversent les tissus pour déposer quasiment toute leur énergie à une profondeur donnée puis s'arrêtent net,
- les protons sont peu dispersés le long de leur trajectoire.

Le synchrocyclotron d'Orsay utilise un faisceau d'énergie maximale de 201 MeV qui peut être dégradé en un faisceau de 73 MeV pour traiter les tumeurs oculaires. **Pour « sculpter » l'irradiation à la forme et à la profondeur de la tumeur**, on place le long de la trajectoire des protons :

- un **“absorbeur”** pour adapter la profondeur de pénétration du faisceau,
- un **“modulateur”** pour étaler le dépôt d'énergie et pouvoir traiter toute la tumeur,
- un **“collimateur”** pour moduler dans le plan latéral la forme du dépôt d'énergie,
- un **“compensateur”** pour modifier la dose en profondeur.

L'utilisation de ces quatre dispositifs permet d'adapter l'irradiation exactement à la forme de la tumeur et de protéger au maximum les tissus sains avoisinants.

En conséquence, la dose d'irradiation est délivrée de façon homogène à une profondeur extrêmement précise dépendante de l'énergie des protons. Par exemple, des protons de 200 MeV parcourent 26 cm dans l'eau avant de s'arrêter, alors qu'il suffit de 3 cm d'eau pour arrêter des protons de 60 MeV. **En conclusion, la protonthérapie est une irradiation conformationnelle avec une précision millimétrique¹.**

1. La protonthérapie : bases physiques et technologiques. A. Mazal, S. Delacroix, J. Arianer, F. Clapier, C. Nauraye, M. Louis, J. C. Rosenwald, A. Bridier, J. L. Habrand. Bull. Cancer. Radiother. 1996 ; vol. 83, p. 230-246.



Des avantages cliniques importants

La protonthérapie est idéale pour traiter des tumeurs dans des **régions où se trouvent des organes à risque**. Les caractéristiques physiques des protons induisent deux avantages cliniques majeurs :

- la protection des organes critiques avoisinants et la réduction des volumes de tissus sains irradiés, ce qui **diminue les complications** à court, moyen et long termes, avec en particulier une réduction du risque de second cancer. Cette diminution des risques est particulièrement importante chez les enfants,
- la dose reçue par la tumeur peut être augmentée.

Une question de dose

La dose représente la quantité d'énergie déposée par un rayonnement dans une masse de tissu donnée. Elle est exprimée en Gray (Gy). Les tumeurs et les tissus n'ont pas la même sensibilité aux radiations ionisantes : ils sont plus ou moins radio-sensibles.





La préparation des traitements

La zone tumorale mieux définie grâce aux progrès de l'imagerie

Pour les **tumeurs intracrâniennes**, un scanner et une IRM en condition de traitement avec le masque de contention sont pratiqués systématiquement. Sur chacune des coupes du scanner et de l'IRM, le radiothérapeute avec l'aide d'un neuro-radiologue dessine les contours de la tumeur et des organes sains (les yeux, les nerfs optiques, le chiasma, le tronc cérébral, les oreilles internes...). Ils établissent ainsi le volume en 3D de la tumeur et des organes avoisinants et définissent la dose d'irradiation. A partir de cette reconstitution, véritable "malade virtuel", ils déterminent pour chaque patient le volume d'irradiation au millimètre près, en recherchant le meilleur compromis entre l'efficacité et la toxicité potentielle.

Pour les **tumeurs ophtalmologiques**, la reconstruction en 3D de la tumeur est faite le plus souvent à partir d'une échographie oculaire, d'une angiographie et d'une photo de fond d'œil. Les données balistiques et le calcul de la dose sont effectués grâce à cette reconstruction.

Le positionnement du patient

La précision et la reproductibilité de la mise en place des patients en protonthérapie doit être millimétrique, voire submillimétrique pour les tumeurs ophtalmologiques. Pour pouvoir reproduire la position du patient lors de chaque séance, il est nécessaire d'utiliser :

- un **système de contention** : un masque thermoformé qui enveloppe la tête (avec un embout buccal pour les tumeurs ophtalmologiques). Il permet une immobilisation et une reproductibilité quotidienne de la mise en place du patient.
- des **repères anatomiques**, visibles au scanner et sur les radiographies classiques, implantés sous anesthésie locale dans la boîte crânienne pour les tumeurs intracrâniennes et sous anesthésie générale au niveau de la sclère et du pourtour de la lésion pour les tumeurs oculaires. Un scanner et une IRM sont effectués au préalable pour localiser ces repères de façon précise. Une radiographie permet à chaque séance de traitement d'identifier ces repères. Un traitement informatique compare ensuite leur position dans l'espace par rapport aux données de l'imagerie et calcule ensuite les corrections nécessaires pour replacer le patient dans la bonne position. Un système de robotique place alors le patient avec une précision du 10^e de millimètre.

Chez les jeunes patients, les repères anatomiques utilisés sont des vis inoxydables. Compte-tenu de la fragilité de la boîte crânienne des enfants, leur implantation se fait sous anesthésie générale par un neurochirurgien. Face aux difficultés que posent ces repères anatomiques, notamment chez les enfants, des alternatives font actuellement l'objet de recherches.





Les tumeurs traitées par protons

Il s'agit de tumeurs très localisées et qui ne sont pas traitées de façon optimale par les méthodes classiques.

Traitements ophtalmologiques : 250 nouveaux patients par an

Le **mélanome de l'uvée**, également appelé **mélanome de la choroïde**, a été la première tumeur traitée par protons au CPO en 1991 et reste l'indication la plus fréquente avec un total 2 427 patients pris en charge fin 2003.

Les autres tumeurs oculaires traitées sont les **hémangiomes** de la choroïde, les **mélanomes de l'iris** et certains mélanomes de **la conjonctive** (voir encadré ci-dessous).

En présence d'une tumeur de la choroïde, plusieurs traitements – pour la plupart conservateurs – peuvent être proposés : radiothérapie par disques radioactifs, chirurgie, thermothérapie ou protonthérapie. Ce choix est fonction de la localisation exacte dans la choroïde, de la taille et de l'épaisseur de la tumeur.

Avec la protonthérapie, le taux de contrôle local pour le mélanome de l'uvée² est d'environ 94 % à 10 ans avec 84 % de conservation oculaire.

Pour les hémangiomes choroïdiens, l'efficacité est de 100 % sur les décollements rétiniens, avec 75 % d'améliorations ou de stabilisations de l'acuité visuelle.

Les traitements oculaires se font sous la responsabilité du service d'ophtalmologie de renommée nationale du Dr Laurence Desjardins³ et du Dr Rémy Dendale⁴. Le traitement se déroule généralement sur 4 jours consécutifs. Des écarteurs de paupières sont placés sous anesthésie locale pour protéger ces dernières pendant l'irradiation.

Les tumeurs de l'œil

Le mélanome malin de l'œil survient le plus souvent sur la choroïde (membrane comprise entre la rétine et la sclère, le "blanc de l'œil"), plus rarement sur l'iris, la conjonctive ou la paupière.

La plus fréquente des tumeurs malignes intraoculaires, le mélanome de la choroïde s'observe surtout après 50 ans et se traduit par une baisse de l'acuité visuelle d'un œil, le diagnostic est confirmé par l'échographie.

Les hémangiomes sont des lésions congénitales bénignes des vaisseaux sanguins qui se traduisent par une déformation des structures vasculaires. Elles peuvent exister dès la naissance ou survenir ensuite. Leur localisation est soit superficielle (peau, muqueuse), soit profonde (viscères, cerveau, foie, poumons).

2. "Résultats du traitement du mélanome de la choroïde par faisceau de protons" L. Lumbruso et coll. J. Fr. Ophtalmo. 2002, vol. 25, p. 290-297.

"Treatment of uveal melanoma with iodine 125 plaques or proton beam therapy: indications and comparison of local recurrence rates" L. Desjardins et coll. J Fr Ophtalmol. 2003, vol. 26, p.269-276.

3. Le Dr Laurence Desjardins est chef du service d'ophtalmologie et du département de chirurgie à l'Institut Curie.

4. Le Dr Rémi Dendale est radiothérapeute à l'Institut Curie.



Traitements intracrâniens : 100 nouveaux patients chaque année

Les **chordomes** et les **chondrosarcomes** sont des tumeurs peu fréquentes à évolution lente (voir encadré ci-dessous).

Lorsqu'elles sont localisées au niveau de la base du crâne ou du rachis cervical haut, le traitement de première intention de ces tumeurs, l'exérèse chirurgicale, est souvent limitée par la proximité d'organes critiques. De plus ces structures neurologiques sont radiosensibles, ce qui ne permet pas d'augmenter la dose avec la radiothérapie classique. Or les chordomes et les chondrosarcomes, considérés comme radiorésistants, nécessitent des doses d'irradiation élevées (> 70 Gy).

En conséquence, la radiothérapie par photons seule ne permet pas d'obtenir un contrôle local suffisant. Elle est généralement associée à une radiothérapie par protons.

L'association de la chirurgie, de la radiothérapie classique et de la protonthérapie est la stratégie thérapeutique de référence des chordomes et des chondrosarcomes⁵ (voir encadré page suivante). Les traitements des tumeurs intracrâniennes se font sous la responsabilité des Drs Loïc Feuvret et Georges Noël⁶, avec les centres partenaires.

Les taux de rémission tumorale à 5 ans étaient de 17 à 33 % avec la chirurgie et/ou la radiothérapie par photons. Au CPO, où plus de 400 patients ont été traités, les résultats sont significatifs : avec une médiane de surveillance de 34 mois, les taux de contrôle local et de survie étaient respectivement de 88 % et 93 %.

Par ailleurs, la protonthérapie a été retenue au CPO pour le traitement des **méningiomes malins**⁷, car elle rend possible l'augmentation des doses, et dans certains méningiomes bénins pour prévenir la neurotoxicité tardive induite par les photons seuls.

Avec une médiane de surveillance de 37 mois, les taux de contrôle local et de survie à 4 ans étaient de 89 % pour l'ensemble des méningiomes. Ces résultats sont tout à fait comparables à ceux publiés par les autres centres de protonthérapie.

Les tumeurs intracrâniennes

Les chordomes, tumeurs rares à malignité locale, peuvent se développer au niveau de la base du crâne. Ils ont une croissance lente, révélée souvent par la compression d'organes avoisinants, responsables de troubles neurologiques et de douleurs.

Les chondrosarcomes sont des tumeurs rares d'origine cartilagineuse, qui touchent surtout l'adulte jeune.

Les méningiomes se développent aux dépens de l'enveloppe du système nerveux central dans le crâne ou dans la colonne vertébrale. Quand ils sont de forme bénigne, ils forment une tumeur bien délimitée, d'évolution lente.

5. "Irradiation par association de photons et de protons des chordomes et des chondrosarcomes de la base du crâne et du rachis cervical" G. Noël et coll. Bull. Cancer. 2002, vol. 89, p. 713-723.

6. Les Drs Feuvret et Noël sont radiothérapeutes, spécialistes de la protonthérapie, au CPO.

7. "Highly conformal therapy using proton component in the management of meningiomas. Preliminary experience of the Centre de Protonthérapie d'Orsay" G. Noel et coll. Strahlenther Onkol. 2002; vol. 178, p. 480-485.



Les tumeurs pédiatriques

Les tumeurs pédiatriques constituent des indications thérapeutiques de choix de la protonthérapie en raison de la **réduction des effets secondaires**.

Outre les chordomes et les chondrosarcomes de la base du crâne, il s'agit principalement des tumeurs du système nerveux central (méduloblastomes, gliomes, craniopharyngiomes) et aussi de rhabdomyosarcomes.

Une cinquantaine d'enfants de plus de 5 ans a été traitée au CPO avec des taux de contrôle local et de survie de 93 %, sans toxicité majeure⁸.

En 2008, plus de cent enfants devraient être traités chaque année au CPO.

Une association photons-protons

Le traitement se fait par une association de photons (rayons X) et de protons. Avec une irradiation par photons, le risque d'effets secondaires tardifs est faible jusqu'à une certaine dose. Au-delà de cette dose, l'utilisation des protons permet de poursuivre l'irradiation, toujours en ayant pour objectif une tolérance maximale.

Pour les **adultes**, 1/3 de la dose est délivrée par protons. Les séances étant au nombre de 39, cela correspond à 13 séances de protonthérapie et 26 de radiothérapie classique. Pour les **enfants**, 50 % de la dose est délivrée par les protons soit, 19 séances. Dans certains cas, 100 % de la dose peut être délivrée par protons.





Les développements futurs de la protonthérapie

Afin de mieux répondre aux besoins, le Centre de Protonthérapie d'Orsay va connaître de nombreuses évolutions au cours des 4 années à venir.

Elles ont pour objectifs :

- de répondre à la demande croissante des médecins français et européens pour des indications reconnues ;
- d'étendre les indications de la protonthérapie et notamment de proposer ce traitement aux enfants atteints de tumeurs malignes, pour lesquels la protection des organes radiosensibles est primordiale.

Ces évolutions devraient permettre au CPO de prendre une nouvelle **envergure européenne et internationale**.

Une équipe d'anesthésistes pour les enfants de moins de 5 ans

Dès **2005**, un médecin et une infirmière anesthésistes vont rejoindre le CPO. Grâce au renfort de cette équipe, il sera désormais possible de traiter les enfants de moins de 5 ans.

L'anesthésie est en effet la seule solution face aux contraintes que nécessite un traitement par proton chez les très jeunes enfants. Les enfants pour lesquels une anesthésie est indispensable doivent actuellement se rendre au Massachusetts General Hospital de Boston, ce fut notamment le cas pour une enfant très jeune atteinte d'une tumeur à cheval entre le rachis cervical et la base du crâne autour de laquelle s'est organisée l'opération "Céline à Boston".

Un nouvel accélérateur de protons

En **2007**, le CPO va acquérir un nouvel accélérateur de protons basé sur les standards industriels notamment du point de vue de la certification médicale. Cet accélérateur de nouvelle génération permettra d'accéder à des **techniques plus modernes** de traitement par protons mais aussi de desservir **deux nouvelles salles de traitement**.

Grâce au **balayage actif** du faisceau, il sera possible de traiter des surfaces plus grandes et d'optimiser encore la distribution de la dose.

Plus fiable et desservant plus de salles, cette machine permettra surtout de traiter un plus grand nombre de patients au CPO.

Le financement

Ce nouveau projet d'un coût estimé à 25 millions d'euros nécessite des soutiens. Le **Ministère de la Santé** s'est d'ores et déjà engagé pour une somme de 5 millions d'euros. La tarification de la séance de protonthérapie assurera le fonctionnement.



Un bras isocentrique pour faire tourner le faisceau autour du patient

En **2008**, un bras isocentrique compact sera installé dans l'une des salles de traitements. Il permettra d'orienter le faisceau autour du patient et de **traiter selon toutes les incidences** ; de nouvelles indications jusqu'à présent impossibles. C'est l'une des conditions indispensables pour étendre les indications cliniques du traitement par protons.

L'acquisition d'une nouvelle machine et du bras isocentrique devrait permettre au CPO de **traiter 650 patients par an en 2008**. En dehors de l'augmentation des traitements pour les indications reconnues, un effort particulier sera fait pour **développer le traitement chez les enfants** : nouvelles indications (médulloblastome, tumeurs de la tête et du cou...), traitements exclusivement par protons.

Pour les adultes, les indications devraient s'étendre aux tumeurs de la tête, du cou et à celles situées à proximité d'organes critiques (moëlle épinière, rein, foie, cœur).

Un projet « Cancéropôle »

La recherche biologique et clinique autour de la protonthérapie devrait se développer au CPO dans le cadre d'un des projets du Cancéropôle Ile-de-France comportant trois thèmes principaux :

- **l'optimisation technique** en ce qui concerne notamment la dosimétrie et le positionnement du patient,
- **la radiobiologie** afin de mieux comprendre les effets biologiques des protons par rapport à la radiothérapie conventionnelle,
- **l'évaluation médico-économique** pour évaluer les coûts et les bénéfices de la protonthérapie par rapport à la radiothérapie conventionnelle.

L'ensemble de ce projet bénéficie d'un environnement scientifique et médical exceptionnel qu'offrent les acteurs du Cancéropôle Ile-de-France. Il devrait aboutir à la mise en place d'une plate-forme de protonthérapie optimisée permettant le démarrage d'**essais cliniques pour de nouvelles localisations chez les enfants et les adultes** (tumeurs du cou et de la tête, méningiomes, tumeurs pulmonaires, irradiation localisée de la glande mammaire).

Le carbone : un autre ion en radiothérapie

Seuls deux ions sont actuellement utilisés en radiothérapie : les protons et le carbone. Les ions carbone présentent à peu près les mêmes avantages balistiques que les protons ; mais ils se caractérisent par un effet biologique différent : plus lourds que les protons, ils sont un peu plus délétères pour les cellules tumorales.

Deux centres dans le monde utilisent à ce jour les ions carbone pour le traitement des cancers : le National Institute of Radiological Science à Chiba au Japon (depuis 1994) et le GSI de Darmstadt en Allemagne (depuis 1997).

Il existe deux projets en France de développement de radiothérapie par ion carbone, un à Lyon et l'autre à Caen.



■ **PR GUDRUN GOITEIN**

Présidente du PTCOG (Particle Therapy Co-Operative Group), chef du service de "Radiation Medicine" au Paul Scherrer Institute, Villigen, Suisse.

Présidente de la société savante regroupant les spécialistes mondiaux de la protonthérapie, Gudrun Goitein est l'une des pionnières de cette forme de radiothérapie de pointe. Elle dirige le service de "Radiation Medicine" au Paul Scherrer Institute (PSI) en Suisse.

■ **PR PIERRE BEY**

Directeur de l'Hôpital de l'Institut Curie

Radiothérapeute, il a participé aux activités pluridisciplinaires du centre de Nancy (notamment en urologie, pédiatrie, neurologie, sarcome des parties molles...), au développement de la radiothérapie conformationnelle et à la mise en oeuvre de la modulation d'intensité en radiothérapie. Professeur de cancérologie-radiothérapie, Pierre Bey a été Secrétaire général de la Fédération Nationale des Centres de Lutte Contre le Cancer de 1996 à 2000, et expert oncologue radiothérapeute auprès de la CNAM et du ministère de la Santé.

■ **PIERRE RENIÉ**

Responsable du Centre de Protonthérapie d'Orsay

Kinésithérapeute de formation, Pierre Renié a été Directeur adjoint de plusieurs centres hospitaliers dont le Centre Hospitalier de Vernon et le C.H.S. Barthélémy-Durand à Etampes avant d'être nommé en mars 2003 Responsable du Centre de Protonthérapie d'Orsay.

■ **RÉGIS FERRAND**

Chef de projet au Centre de Protonthérapie d'Orsay

Diplômé de l'Ecole Supérieure d'Electricité et physicien médical, Régis Ferrand est Chef de Projet au Centre de Protonthérapie d'Orsay depuis 1998. Il se consacre notamment à la robotique et au positionnement du patient, à l'imagerie radiologique numérique et à la dosimétrie prévisionnelle et à son optimisation.

■ **DR LOÏC FEUVRET**

Médecin au Centre de Protonthérapie d'Orsay

Radiothérapeute spécialiste de la protonthérapie, Loïc Feuvret a suivi sa formation médicale en Ile-de-France, en particulier à l'Institut Curie et à l'AP-HP. Après une expérience professionnelle dans le secteur libéral, il a rejoint l'équipe du centre de protonthérapie d'Orsay en octobre 2002 en tant que praticien hospitalier.

