Les débuts à l'IGR de la radiothérapie moderne vus par une physicienne

Andrée Dutreix 1953 – 1970

L'arrivée de la physicienne

En 1951, un bâtiment avait été construit à l'Institut Gustave Roussy pour y loger le « Laboratoire des Isotopes » dirigé par Maurice Tubiana. Celui-ci avait récemment introduit en France de nouvelles techniques basées sur les isotopes radioactifs qui donneront naissance à la Médecine Nucléaire, et devait recevoir les malades dans un bâtiment provisoire situé dans la cour de l'Hôpital Necker. En 1952, Frédéric Joliot-Curie avait décidé d'acheter un Bêtatron pour les besoins de la physique nucléaire au Commissariat à l'Energie Atomique. Un appareil de haute énergie comme le bêtatron coûtait fort cher, son installation demandait la construction d'un blockhaus de grande taille et une installation électrique encombrante et coûteuse : il fallait un convertisseur de fréquence pour passer du « 60 périodes » américain au « 50 périodes » français. En outre un ingénieur et un technicien devaient être recrutés pour assurer la maintenance de cet appareil sans avoir à faire appel à la firme américaine. Le coût total étant très élevé, Il pensait qu'une telle dépense n'était pas justifiée pour la seule physique, et souhaitait le partager avec un Service médical. Afin de faciliter les traitements des malades, il était souhaitable que l'appareil soit installé dans un hôpital qui pourrait prendre à sa charge la construction nécessaire du blockhaus.

Le Service des Isotopes 1952. Au premier rang : manipulateur, B.Pierquin, M.Tubiana, infirmière, S.Abbatucci, secrétaire, C.Lalanne, J.Dutreix

Ce projet fut exposé au Professeur Bugnard, directeur de l'INH, qui le proposa au jeune Maurice Tubiana, frais émoulu des Etats Unis où il avait vu utiliser cet appareil. Bien entendu celui-ci accepta avec enthousiasme. La construction du blockhaus et les frais de fonctionnement seraient à la charge de l'hôpital, l'achat de la machine à celle du CEA. L'ingénieur et le technicien seraient recrutés par le CNRS. Le temps de la machine serait partagé en deux. Les matinées seraient réservées au traitement des malades, les après-midi et les soirées aux expériences de physique du CEA. Les physiciens du CEA avaient un

certain mépris pour ces médecins qui prétendaient faire de la physique et si les relations humaines étaient excellentes, les relations scientifiques étaient difficiles. En fait ils ne furent jamais d'aucune aide réelle pour résoudre nos problèmes dosimétriques. .

Les radiothérapeutes devant prendre en charge les traitements sous la direction de Maurice Tubiana, étaient Jean Dutreix, et Bernard Pierquin, qui avaient suivi Maurice Tubiana depuis l'hôpital Necker. C'est ainsi que fut fondé le Service au nom insolite « des Isotopes et du Bêtatron ». À ce petit groupe s'étaient joints deux autres jeunes radiothérapeutes, Claude Lalanne, chargé de la radiothérapie dite classique (200kV) et Séverin Abbatucci. Quelques années plus tard le groupe fut complété par Daniel Chassagne.

Le choix de l'appareil s'était fixé sur un bétatron américain Allis Chalmers qui fut livré début 1953 et inauguré quelques mois plus tard. (Lors de cette inauguration, le ministre dans son discours eut une belle envolée lyrique pour : *« cette belle réalisation technique de la France et de l'Union Française »,* devant les représentants d'Allis Chalmers qui fort heureusement ne comprenaient pas un traître mot de Français.)

L'arrivée du Bêtatron dans ses caisses. De gauche à droite, C.Lalanne, J.Dutreix, B.Pierquin, M.Tubiana. Hiver 51-52

Ayant fait des stages soit aux U.S.A soit à Manchester, ces jeunes radiothérapeutes étaient tous revenus, persuadés de la nécessité de s'adjoindre un physicien pour la dosimétrie, en plus de l'ingénieur chargé de la bonne marche de la machine et de son amélioration éventuelle. Il était toutefois difficile de trouver un physicien qui accepte de venir travailler

dans un hôpital. Jean m'ayant rencontrée aux cours d'Irène Joliot-Curie quelques années auparavant me demanda si j'accepterais ce poste.

J'avais cherché en vain un poste, et m'étais vu refuser tout travail : *« Mademoiselle, vous n'y pensez pas, une femme, commander à des hommes ! »*

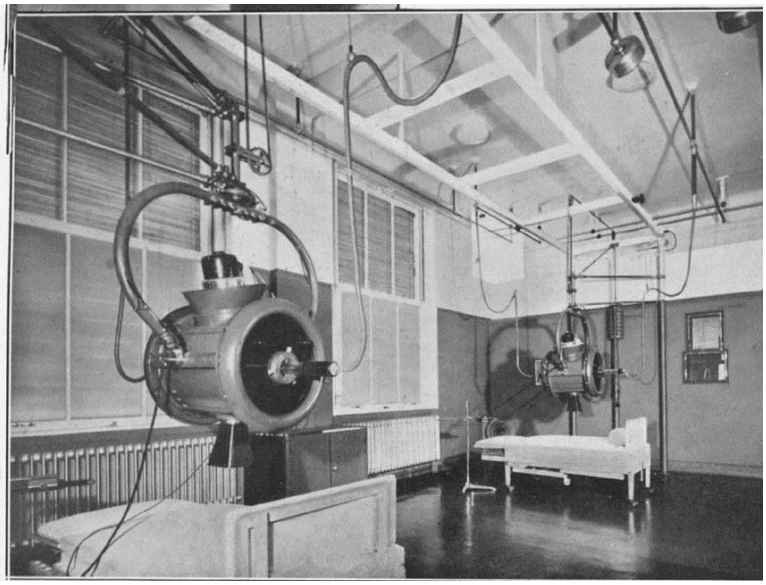
J'avais fini par accepter un poste de secrétaire scientifique chez Yves Rocard, directeur du Laboratoire de physique de l'Ecole Normale Supérieure. Ce travail, qui m'avait donné l'occasion entre autres de me familiariser avec le premier ordinateur IBM installé place Vendôme, ne me plaisait guère et je souhaitais faire de la physique plus expérimentale. La proposition de Jean m'intéressait donc, tout en me faisant un peu peur : que pouvait bien faire un physicien dans un hôpital ? Je fus présentée à Maurice Tubiana qui accepta ma candidature. Lorsque j'annonçais mon intention à Rocard et aux jeunes physiciens du Laboratoire de l'ENS, tous essayèrent de me dissuader « *Dans un hôpital on ne peut pas faire de la physique ! Les médecins ne sont pas des scientifiques, et sont incapables de faire un travail scientifique sérieux. En acceptant ce poste, vous mettrez fin à toute possibilité de carrière.* » Un tel mépris me choqua beaucoup et mon mauvais caractère aidant, toute hésitation disparut et je décidais de rentrer coûte que coûte à l'hôpital. Le salaire disponible était légèrement supérieur à celui d'une laborantine, pas question donc d'être trop gourmande. Je fus reçue à l'Institut par le Dr. Surmont qui ne me posa qu'une question *: « Avez-vous l'intention de vous marier ? »* à quoi je répondis que de toute façon, mariée ou non, je continuerai à travailler. Quand vint la question du salaire, informée par Maurice du salaire auquel je pouvais prétendre, guère plus que celui d'une manipulatrice, j'annonçai le chiffre convenu, et Surmont prit un air offusqué : *« Mais, Mademoiselle, personne ne gagne autant ici ! »*. Finalement devant ma détermination, l'affaire fut conclue et il fut décidé que je prendrai mes fonctions le 1er septembre 1953. Comme Jean aimait à le dire, je suis arrivée à l'IGR dans un « package deal » avec le bétatron.

Au mois d'Août, j'étais en vacances et Jean me persuada facilement de venir l'aider à faire les premières mesures sur la machine. C'était pour moi une bonne occasion de me mettre au courant de ce travail dont j'ignorais tout. Je savais ce qu'était un bêtatron ainsi que le rayonnement émis. J'avais appris ce qu'était le Röntgen ou je croyais le savoir. Je me plongeais dans le Delherm, seul livre disponible sur la physique de la radiothérapie et j'essayais de comprendre à quoi pouvait bien servir tout cela, et surtout à quoi je pouvais bien servir. De toute façon, j'étais enchantée de ces débuts, enfin je faisais des mesures, j'avais renoué avec ce que je considérais comme de la vraie physique. Mes débuts sur l'ordinateur IBM ne m'avaient pas réjouie et je m'étais jurée de ne plus jamais m'occuper d'ordinateurs.

En septembre, on m'installa dans un bureau du rez-de-chaussée à côté des salles de 200 kV. Je devais partager mon temps entre la dosimétrie pour les malades du bêtatron avec Jean, Bernard et Maurice et celle pour les malades du 200 kV avec Claude. Pour ce travail, on m'avait offert une table à dessin puisque toutes les isodoses se dessinaient à la main, et une machine à calculer électrique, le dernier cri pour l'époque puisqu'elle faisait même les multiplications et les divisions, ceci dans un bruit de batteuse.

La radiothérapie classique

Si la situation était simple pour le bêtatron avec une jeune équipe ayant bien l'intention de révolutionner le monde, du moins celui de la radiothérapie, la situation était beaucoup plus complexe pour la radiothérapie dite classique, à 200 kV. Le service, installé sur 2 étages, rez-de-chaussée et sous-sol, comprenait un appareil de 50 kV, 6 appareils de 180 à 220 kV et 2 appareils de 300 kV n'ayant jamais fonctionné. Plusieurs grandes salles de traitement comprenaient 2 appareils fonctionnant simultanément. Les manipulatrices mettaient un malade en place sous un appareil pendant qu'un autre était irradié et lors du traitement des enfants, les parents restaient dans la salle de traitement, à côté d'eux, pendant les irradiations. Les malades arrivaient tous en même temps entre 8 et 9 heures du matin dans l'espoir de passer avant midi. Ils attendaient dans les couloirs, alignés sur de méchants bancs de bois. À 13 heures ou 13 heures 30, tout était terminé. Les manipulatrices arrivaient le matin à 7 heures ou même à 6 heures 1/2 et prenaient le petit-déjeuner en attendant les malades. À 13 heures, elles déjeunaient dans le service en ayant transformé l'une des salles de traitement en salle à manger et à 14 heures 30 ou 15 heures, elles rentraient chez elles. Les médecins n'arrivaient pas avant 10 heures et repartaient à midi, le reste du temps étant consacré à leur clientèle privée.



Salle prévue pour le traitement simultané de 2 malades avec des appareils de 300 kV

Le service était dirigé par le Dr. Surmont dont le seul intérêt était d'acquérir de nouvelles machines tournant dans tous les sens, de façon aussi compliquée que possible, dont il me chargeait de faire la dosimétrie, et dont fort heureusement, les plus compliquées ne furent jamais utilisées pour les malades. Il avait une très grande qualité, qui était de laisser une paix royale à tous à condition qu'il puisse signer les publications. M. Surmont était finalement très fier que son service emploie la première physicienne de France. J'eus donc l'honneur d'être présentée au directeur de l'IGR : le Professeur Huguenin. Un jour, la porte s'ouvrit brutalement et Surmont entra accompagné d'Huguenin : *« Monsieur le Directeur, voici la table à dessin, la machine à calculer, la physicienne. »*

Les radiothérapeutes en charge des malades étaient eux-mêmes plus que classiques. L'un d'eux appelait la manipulatrice, et, montrant la région à irradier, il ajoutait : *« Vous me ferez 4 champs en tournant »*. Les doses (en röntgens bien sûr) mesurées très approximativement à la peau, étaient totalisées en ajoutant les doses de chaque champ, aboutissant à des totaux surprenants. La dose à la tumeur était un concept totalement ignoré.

Claude Lalanne avait fort à faire pour changer ces méthodes ; il y mit beaucoup de patience et de longs efforts furent nécessaires pour modifier des habitudes acquises depuis des lustres. De quoi se mêlait ce nouveau venu, avec ses idées révolutionnaires ? Comme Jean et Maurice, il était temps plein, arrivait vers 8 heures et repartait tard le soir. On lui expliqua que cela dérangeait les manipulatrices dans leur travail, et qu'il fallait les laisser tranquilles. C'était aussi, bien entendu, l'avis de celles-ci. Patiemment et non sans encourir les foudres du personnel, Claude imposa un horaire plus raisonnable. Puis il apporta des agendas et imposa de donner aux malades des rendez-vous fixes. Il fallut ensuite expliquer aux malades qu'ils seraient traités à l'heure prévue et non selon l'heure de leur arrivée. Enfin il obtint de la direction des chaises pour remplacer les bancs, et plus tard une salle de traitement fut transformée en salle d'attente.

C'est à cette époque que je me trouvais un jour dans le sous-sol du 200 kV, lorsque la femme d'un malade m'aborda. Elle avait la voix traînante de Belleville et me déclara : *« Ya mon mari qu'est soigné par le docteur Bétatron, est-ce que c'est un homme sérieux ? »* Je lui confirmais que c'était un homme très sérieux et qu'elle pouvait être tranquille.

Une de mes premières tâches, à la demande de Claude fut de vérifier les indications des dosimètres de Hammer utilisés pour mesurer la dose à la peau. Il s'agissait de chambres d'ionisation de grande taille (2 à 3 cm de diamètre et 7 à 8 cm de long) associées à des « pendules » décomptant les « R ». Les erreurs détectées sur certaines atteignaient 25% ! On apprit aux manipulatrices à placer ces dosimètres plus correctement. On commença ensuite à évaluer le mieux possible les doses délivrées à la tumeur et même à tracer des isodoses.

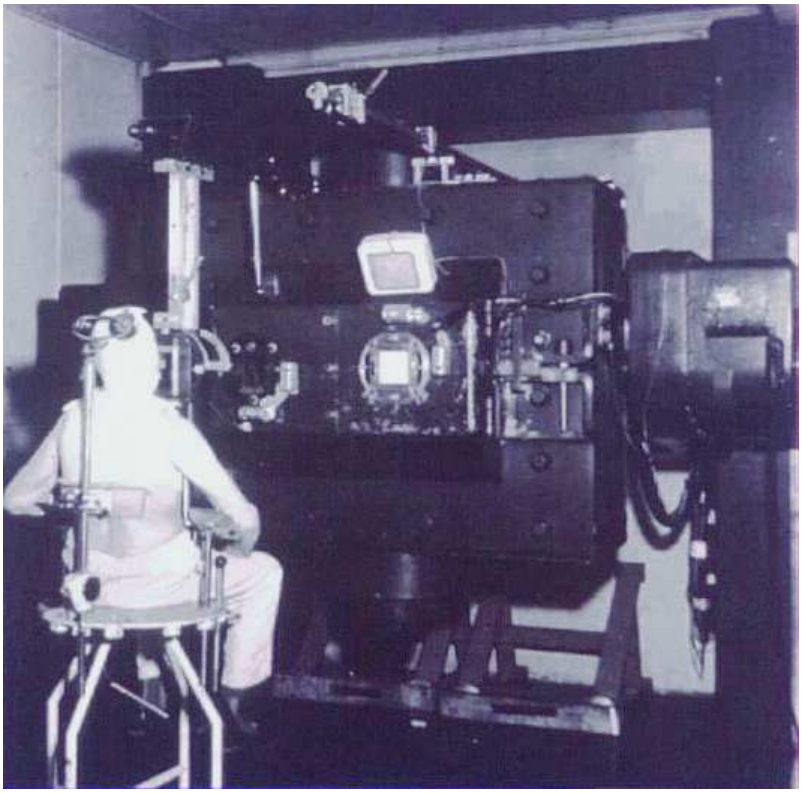
Les débuts du Bêtatron

Irradier des malades avec des photons de 24 MV représentait une révolution dont on a difficilement idée à l'heure actuelle. La dose dans les premiers centimètres de tissus était plus faible que la dose en profondeur : cela avait des conséquences de deux ordres, d'une part clinique, d'autre part technique.

La peau n'était plus la barrière fragile, interdisant de délivrer des doses élevées à la tumeur en profondeur : on croyait donc pouvoir délivrer sans problèmes des doses très élevées en profondeur et guérir ainsi tous les cancers ou presque. En contrepartie, on ne pouvait plus se fier aux réactions cutanées pour guider la conduite du traitement. Il était absolument nécessaire de calculer la dose délivrée à la tumeur à chaque séance, et de mesurer le débit du faisceau et non la dose à la peau comme on l'avait toujours fait.

Puisque l'on pensait pouvoir irradier les tumeurs profondes à forte dose, sans trop léser les tissus sains voisins, on croyait naïvement, mais avec un grand enthousiasme, pouvoir guérir des tumeurs pour lesquelles jusque-là, la radiothérapie avait conduit à des échecs. Le choix se porta donc sur les tumeurs du poumon et de l'œsophage.

Le premier malade traité, fut Monsieur C., un cancer de l'œsophage, et Bernard alla acheter une bouteille de Champagne que nous bûmes chaud pour célébrer cet événement.



L'un des premiers malades traités au Bêtatron en Octobre 1953

Il fallait également mesurer ces Röntgens (le r et non le R) dans des conditions qui n'étaient pas décrites dans la rare littérature sur ce sujet. Pour cela il fallait aussi inventer de nouvelles techniques, de nouveaux fantômes et surtout essayer de comprendre ce que l'on faisait.

Le groupe enthousiaste se réunissait chaque Samedi matin pour discuter de ces problèmes. Bernard nous démontrait sa nouvelle technique de centrage en simulant les axes des faisceaux par des aiguilles à tricoter. Jean et Maurice essayaient de faire la théorie du Röntgen en comprimant (au figuré) l'air jusqu'à en faire de l'air liquide. La dose absorbée ne fut introduite qu'en 1967. Maurice qui assistait aux réunions de l'ICRU nous en rapportait les discussions homériques que nous suivions avec le plus grand intérêt. J'arrivais dans un domaine qui m'était totalement étranger, et j'essayais de me mettre à la hauteur des autres membres du groupe. Je consultais le soir les divers ouvrages techniques à ma disposition pour comprendre tous ces termes nouveaux, non seulement les termes médicaux ce qui était normal, mais aussi ce vocabulaire général, particulier à la médecine, dont les médecins oublient qu'il n'est utilisé que par eux ou presque : par exemple sagittal,

distal ou exérèse … Beaucoup plus tard nous retrouverons cette difficulté lorsque nous demanderons à des médecins d'enseigner quelques éléments de médecine aux étudiants de physique médicale.

En même temps Jean préparait sa thèse de physique sur le rayonnement diffusé par les photons de haute énergie et je l'y aidais de mon mieux tout en faisant trois enfants.

C'est à cette époque que nous eûmes les premiers contacts avec la presse.

Il y eut ce journaliste de «Constellation » qui décrivait sa visite *« dans les souterrains retranchés où des compteurs de Geiger-Müller traînaient négligemment sur les tables »*, cet autre écrivant dans un journal Limousin un article sur *« le berger du Bétatron… »* (il s'agissait bien sûr de Jean) et puis surtout cette interview de Bernard sur le Bêtatron : Bernard, prudent avait demandé à relire le papier du journaliste, le papier arriva en son absence et nous lui fîmes croire qu'il avait déjà été publié tel quel. On peut imaginer sa colère quand il lut ce qui suit : *« Le Docteur Pierquin nous dit : Le Bêtatron, cette énorme masse de 5 tonnes qui tourne sur elle-même à une vitesse légèrement supérieure à celle de la lumière… ».*

L'arrivée du télécobalt

Dès 1954, on apprit l'existence d'appareils de télécobalt–thérapie dont le premier exemplaire avait été mis au point au Canada par l'équipe d'Harold Johns. L'IGR devait-il en acheter un ? Une réunion fut organisée par Denoix à l'IGR avec les « Grands Patrons de la Radiologie » pour peser risques et avantages. Maurice, Claude et moi y assistions, si mes souvenirs sont corrects. C'est là que nous entendîmes, horrifiés, l'un de ces patrons nous expliquer qu'il ne fallait à aucun prix acquérir un tel appareil, *« car l'émission ne s 'arrête jamais et le plomb de la tête de l'appareil, contenant la source, va s'imbiber jour et nuit comme une éponge des rayonnements gamma, et il faudra bien qu'un jour ces rayonnements ressortent, et irradient tout le monde* ». J'admirai l'art et la diplomatie de Maurice, expliquant que le phénomène n'était pas exactement celui-là.

Finalement la décision fut prise d'acheter un appareil. Surmont m'emmena à Londres au Mount Vernon Hospital pour voir quel était le plan de l'installation, ainsi que les problèmes de protection et de dosimétrie que l'appareil posait. Nous y fûmes reçus très cordialement et le physicien D.E.Jones m'offrit de m'inscrire à la toute nouvelle association des physiciens Anglais, ce qui était pour moi une ouverture considérable, dans mon isolement professionnel relatif.

L'appareil fut installé en 1956 au sous-sol du service de radiothérapie et placé sous la responsabilité de Claude. Claude entrait par la grande porte dans le club des hautes énergies. Il fallut cependant répondre à une pétition signée par les habitants de Villejuif qui ne voulaient pas de l'installation d'une « bombe » qui risquait d'exploser à chaque instant. Il fut décidé de ne jamais plus utiliser ce terme stupide de « bombe au cobalt ». Nous eûmes 30 ans plus tard à faire face à un problème similaire lors de l'installation du premier appareil de « Résonance Magnétique Nucléaire » ou RMN, quand les murs du

nouveau bâtiment furent couverts d'inscriptions « Non au nucléaire ». Dans le monde entier ces appareils furent rebaptisés « Imagerie par Résonance Magnétique » ou IRM. Le mot nucléaire soulevait trop de passions. Nos atomes n'avaient plus le droit d'avoir un noyau !

Notre appareil, un Theratron B permettant la cyclothérapie, était muni de collimateurs ronds et carrés, en tungstène, dont les dimensions ne correspondaient jamais à celles de la tumeur. Non seulement ils devaient être changés pour chaque malade, mais il fallait en outre bricoler des pièces de plomb à insérer pour obtenir les champs rectangulaires nécessaires. Un ou deux ans plus tard, il fut heureusement remplacé par un collimateur ajustable, qui facilita le travail de tout le monde et en particulier celui des manipulatrices. Les premiers cancers traités furent des ORL et des cancers du col, ces derniers au moyen de deux pendulaires excentrées, technique audacieuse mise au point par Claude, et qui fut ensuite largement exportée.

Theratron B permettant la cyclothérapie 1956

La source de Cobalt 60 nous posa de nouveaux problèmes dosimétriques. Le dosimètre Victoreen possédait 2 chambres pouvant mesurer l'une jusqu'à 25 R, l'autre jusqu'à 100 R. Seule la première avait été étalonnée aux Etats Unis pour le bêtatron par les ingénieurs qui avaient installé la machine. Étant donné le faible débit en photons, il n'y avait pas de grand problème. Pour le Cobalt, je décidai d'utiliser la chambre de 100 R, étalonnée à 200 kV aux USA. Le débit trouvé était plus faible de 20% que le débit annoncé par les Canadiens. Comme le prix de la source était proportionnel à son activité, une demande de réduction du prix fut envoyée au Canada. En réponse, je reçus une lettre signalant que l'étalonnage des chambres Victoreen était effectué à 200kV et n'était pas valable au Cobalt. Une note explicative, signée par un certain Harold Johns, inconnu de nous à cette époque, publiée dans un journal canadien, était jointe à la lettre. On y proposait un facteur de correction qui correspondait exactement à la différence observée. Un nouveau dosimètre, « Baldwin Ionex » étalonné en Angleterre pour le Cobalt fut acheté peu après.

Ce fut le début de toute une étude sur la mesure des doses dans les rayonnements de haute énergie.

C'est à cette époque que le Dr. Surmont revint d'un séjour aux Etats-unis avec un livre sur la physique des radiations qu'il m'offrit en me demandant de le traduire en Français. Il était signé du même Harold Johns, père de la télécobalt-thérapie au Canada. C'était le premier livre cohérent sur la physique des radiations qui s'intéressait à la radiothérapie et je le lus d'un bout à l'autre avec beaucoup d'intérêt. Il en fût ensuite discuté avec Maurice et Jean et il nous parut indigne de nous de traduire un livre, nous devions en écrire un. Ce fût le début d'une autre aventure qui devait aboutir en 1963 à la parution de notre livre de Physique de la Radiothérapie et de la Radiobiologie.

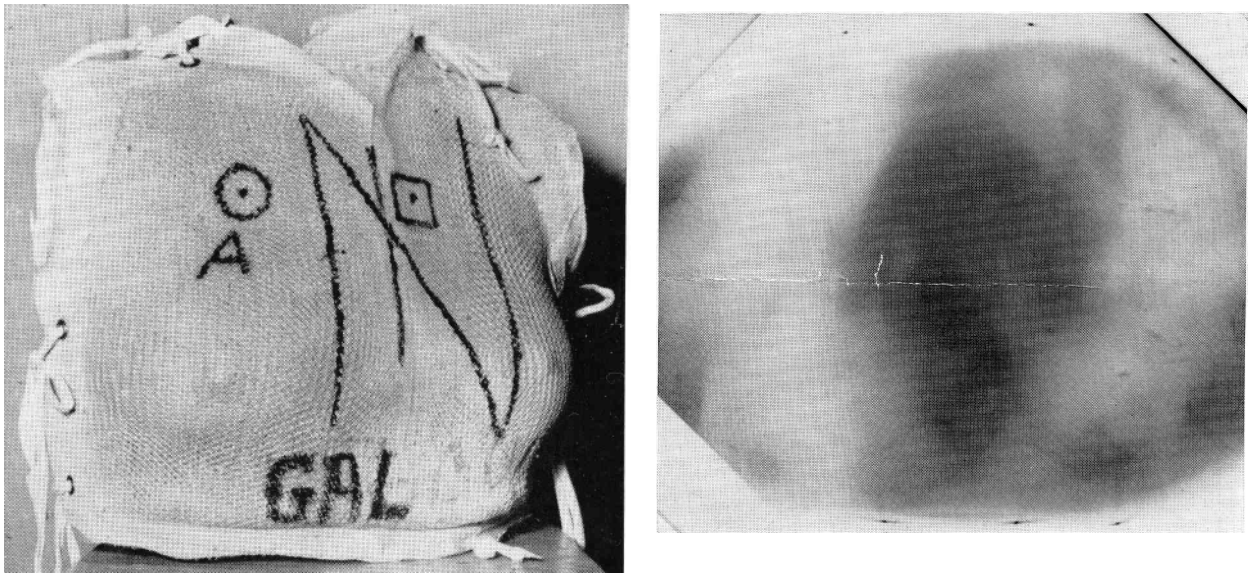
Après ces quelques difficultés pour l'étalonnage de l'appareil, je commençais des séries de mesures systématiques. La mode étant à la radiothérapie pendulaire, et les calculs manuels étant extrêmement longs, j'adaptai une méthode publiée aux Etats Unis par Braestrup, pour calculer la dose sur l'axe de rotation rapidement et avec précision. Un physicien me demanda de venir le voir pour lui expliquer ma méthode. Plutôt flattée et très naïve, je lui apportais tous mes documents et tous les résultats de mes mesures. Quelle ne fut pas ma surprise de les voir publiés in-extenso sous son seul nom quelques mois plus tard dans le Journal de Radiologie, où il ne faisait même pas référence à Braestrup.

La salle où se trouvait l'appareil de Cobalt était une ancienne salle pour appareils de 200 kV, située au sous-sol du service de radiothérapie. Cette salle, dont les murs avaient été renforcés suivant les indications des Canadiens, et celles des physiciens du Mount Vernon Hospital, avait une fenêtre donnant sur une cour anglaise non accessible directement, et bénéficiait ainsi de la lumière du jour. Un été, lors d'un gros orage, la fenêtre étant restée ouverte, la salle fut inondée. La fosse dans laquelle était installée la table de traitement était pleine d'eau. Nous décidâmes de nous adresser aux pompiers de Villejuif pour la vider. Le capitaine des pompiers, la main sur le cœur, nous déclara, sûr de son devoir : « *Jamais je n'exposerai mes hommes au danger des radiations !* ». Le Dr. Guy présent ce jour-là, le manipulateur et moi-même fîmes la chaîne avec serpillières et seaux pour vider la fosse.

Repérage et centrage

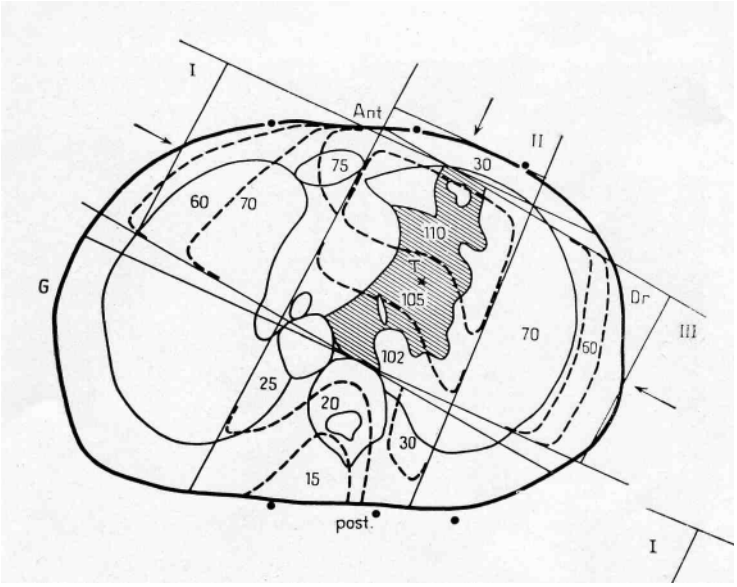
Pour comprendre ce que nous faisions, pour les premiers malades traités au Bêtatron, il fallait pouvoir calculer les distributions de dose dans et autour de la tumeur. Il était impensable de faire des calculs précis dans tout le volume, mais on décida de se référer à un plan transverse passant par le centre de la tumeur, qui fut baptisé « plan central », (je ne me souviens pas si ce terme était ou non déjà utilisé dans les publications anglaises). Pour cela il fallut imaginer des méthodes précises pour déterminer la position et les dimensions exactes de la tumeur, et la situer par rapport à des repères anatomiques fixes qui ne pouvaient être que cutanés. L'imagination ne fit pas plus défaut que l'enthousiasme. Puisque le faisceau était très peu mobile, il fallait pouvoir déplacer les malades devant le faisceau pour réaliser les différentes incidences. Ces malades, essentiellement des cancers du poumon et de l'œsophage, seraient donc irradiés assis. La précision, que nous

cherchions déjà, imposait une immobilisation parfaite des malades par rapport à un cadre rigide. On décida de leur fabriquer des corsets de « Verplex », eux-mêmes maintenus dans une cage montée sur roulettes pour faciliter l'alignement. Le Verplex, une fibre de verre enduite de plastique, sous forme de bandes souples, devait être trempé dans de l'acétone, moulé sur le malade et laissé sécher plus d'une heure en position. Pendant le séchage, le refroidissement de la peau et les vapeurs d'acétone étaient difficiles à supporter pour le malade, et les risques d'incendie étaient considérables, mais ce qui serait jugé totalement inacceptable à l'heure actuelle, ne nous posait pas beaucoup de problèmes, vu les progrès considérables que cela représentait pour la précision du traitement.



Corset en Verplex avec les points d'entrée des faisceaux et le N du repérage. A droite tomographie axiale transverse pour un cancer de l'œsophage. On aperçoit les points noirs à la surface, traces des fils de plomb, permettant de repérer le niveau de la coupe

Les repères dessinés sur le corset assuraient la reproductibilité des traitements jour après jour. Il restait à fixer ces repères en fonction de la position de la tumeur, et à reproduire cette disposition sur papier pour calculer les doses. Bernard proposa d'utiliser la tomographie axiale transverse, réalisable pour un malade assis, pour obtenir une coupe du thorax dont le niveau était repéré au moyen de grands N en fil de plomb scotchés sur les corsets. Les images étaient ensuite réduites à la dimension réelle au moyen d'un pantographe. La tumeur et les contours des poumons étant dessinés par le radiothérapeute, la direction et les dimensions des faisceaux étaient choisies et la physicienne pouvait calculer et dessiner les distributions de dose. Les isodoses résultantes, étaient dessinées à la main, à l'encre de chine, sur papier-calque pour chaque malade.



Dessin de la coupe du malade d'après la tomographie et isodoses calculées manuellement; une correction est faite pour la densité des poumons et des os. 1955

Les malades traités à 200 kV ou plus tard au Cobalt étaient irradiés couchés sur une table, et les techniques existantes de tomographie ne permettaient pas d'en obtenir des coupes. Beaucoup plus tard des appareils de tomographie axiale transverse pour malade couché, permettront de résoudre ce problème. Claude fit tracer les premiers contours de malades couchés au moyen de fils de plomb, appliqués sur la peau des malades et reportés ensuite sur une feuille de papier millimétré. Il dessinait ensuite les principaux organes et situait la tumeur en position et dimensions, pour le calcul des doses. Dans les premières années, cette méthode, considérée comme trop originale, inutile et même peut être dangereuse, ne fut pas appliquée par les « vieux » radiothérapeutes.

L'arrivée du Cobalt permit à Claude d'améliorer sa méthode et de la standardiser pour tous les malades. L'amélioration sur la qualité des contours fut obtenue en utilisant des ensembles de tiges coulissantes dont les extrémités reposaient sur la peau des malades et permettaient d'obtenir des coupes plus fiables que les fils de plomb déformables. Le premier système, importé de quelque centre étranger, appelé soleil, monté sur un cercle métallique mobile était assez difficile à utiliser. Claude eut l'idée originale de le remplacer par un système de tiges de plexiglas parallèles montées sur un châssis coulissant au-dessus d'une table semblable aux tables de traitement, sur laquelle le malade était couché en position de traitement. Pour situer avec précision organes et tumeur, il utilisait 2 radios prises strictement à angle droit, le malade toujours couché dans la même position, sur la même table. Là encore, le pantographe permettait de réduire les images radiologiques pour obtenir un dessin en vraie grandeur.

Andrée, un manipulateur et Claude Lalanne devant le système de repérage en 1956

Quelques années plus tard, le premier simulateur fut imaginé par Jean et réalisé avec beaucoup de réticence et sur l'insistance de Surmont par la CGR. Aucun des constructeurs de l'époque, la CGR comme Massiot, ne crut à un possible marché pour cet appareil, et tous nous déclarèrent qu'il n'avait aucun avenir. Seul Leroy, mécanicien indépendant bricolant dans son garage tous les moutons à 5 pattes qui nous passaient par la tête, essentiellement pour les isotopes, accepta d'en réaliser un nouveau modèle et de l'améliorer année après année ; Monsieur Leroy fonda plus tard la Société Mécaserto dont il devint Directeur, il nous resta fidèle et continua à accepter de fabriquer pour nous nombre d'appareils. Il faudra attendre plus de 10 ans pour que l'idée simple du simulateur soit adoptée internationalement.

Fantômes et dosimètres

Toutes les mesures effectuées pendant les trois ou quatre premières années au Bétatron, que ce soit pour obtenir les isodoses de base, ou pour la thèse de Jean étaient faites avec des chambres « Kondiomètre », petites chambres condensateurs qui devaient être chargées électriquement, placées dans un fantôme de plexiglas (le seul disponible), irradiées, sorties du fantôme et replacées sur le dispositif permettant de lire la charge résiduelle. Ensuite la dose était calculée avec un facteur d'étalonnage différent pour chaque chambre car chaque chambre devait être étalonnée individuellement. Pour simplifier les choses il fallait ensuite corriger les résultats pour tenir compte de la densité du plexiglas. Et tous les calculs effectués au moment des mesures, se faisaient à la règle à calcul. Quelle patience il nous a fallu ! Ces mesures réalisées point par point, longues et fastidieuses, étaient malgré tout assez précises, puisque les vérifications effectuées beaucoup plus tard avec du matériel plus sophistiqué n'ont pas montré de déviation significative.

Jean et Andrée préparant les chambres Kondiomètre
1956

Très vite, nous avons utilisé le fantôme de Plexiglas avec des films Kodak nous permettant de mesurer les isodoses en valeurs relatives. Cette méthode de dosimétrie par film sera étudiée systématiquement par Jean au Memorial Hospital à New York dès 1956 lorsqu'il ira y passer 6 mois, dans le service de physique de John Laughlin pendant qu'Andrée accouche des jumeaux. Nous utiliserons beaucoup la dosimétrie par film à l'IGR, pour les électrons tout d'abord, car il n'y avait pas de chambre plate convenable à cette époque, puis, très vite, pour les photons et la curiethérapie. En effet, moyennant certaines précautions, cette méthode se révéla rapide et précise et permit d'explorer des régions difficiles à étudier avec les chambres d'ionisation. Le seul service étranger à utiliser largement cette méthode à la fin des années 50 fut le service de physique d'Umea, en Suède, dirigé d'abord par Hettinger puis par Hans Svensson avec lequel ce fut le début d'une longue collaboration. Il est amusant de constater qu'après plus de 50 ans de mépris, cette technique a refait surface pour étudier les distributions de dose dans les nouvelles techniques modernes de radiothérapie de conformation, pour lesquelles fantômes d'eau et chambres d'ionisation sont peu pratiques.

Les mesures absolues étaient effectuées avec le dosimètre Victoreen, lui aussi utilisant des chambres condensateurs. Ces chambres, avaient été étalonnées à 200kV, et nous ne savions pas trop comment passer de 200kV à 24 MV, d'où les discussions acharnées du

Samedi matin. Heureusement, Maurice, qui nous rapportait régulièrement les dernières nouvelles de l'ICRU, nous apprit avant tout le monde l'introduction de la dose absorbée et de son unité le rad ce qui était un concept plus simple pour les hautes énergies que l'exposition en Röntgens.

Pour tracer les isodoses, il était souhaitable de pouvoir déplacer la chambre dans une cuve d'eau, depuis le pupitre de commande sans arrêter l'irradiation. Dans ce but, on décida d'utiliser un aquarium de grandes dimensions récupéré je ne sais où. Cet aquarium qui n'avait sans doute pas servi depuis longtemps, ne résista pas longtemps à la pression de l'eau. Quand il fut plein, il explosa littéralement, déversant quelque 50 litres d'eau sur le sol. Ce fut la deuxième inondation d'une salle de radiothérapie, elle suivait de peu la première.

Tous ces dosimètres possédaient bien évidemment des cadrans à aiguille et tout l'art consistait à évaluer correctement la position de l'aiguille entre deux divisions, l'écart correspondant ayant une valeur différente suivant l'échelle utilisée, ce qui était une source d'erreur considérable. L'arrivée des lecteurs digitaux, au début des années 70 sera une amélioration considérable.

Une cuve de Plexiglas fut ensuite construite par les techniciens du bétatron, et dotée, suivant des plans préparés par Jean, d'un système semi-automatique de déplacement du dosimètre à distance, permettant de dessiner les courbes isodoses depuis la salle de contrôle, sans arrêter le faisceau. C'était un progrès considérable qui allait nous permettre de faire quelques travaux et quelques publications. La mise en place complète du système demandant plus d'une heure, les séances de mesures étaient programmées à l'avance, commençant en fin d'après-midi, elles nous occupaient pendant de longues soirées studieuses et reprenaient le lendemain matin, pour finir vers midi. Un matin, revenant pour terminer les mesures après une courte nuit, quelle ne fut pas notre surprise de trouver 2 poissons rouges évoluant paisiblement dans le fantôme. Certains prétendaient qu'il s'agissait d'une génération spontanée, sous l'effet du rayonnement de haute énergie.

Cette instrumentation nous permit en particulier, suivant une idée de Maurice, d'étudier la transmission de fantômes d'os et de poumons aux différentes énergies allant de 200 kV à 24 MV. Nous avions le matériel de mesure, mais il nous fallait des fantômes équivalent os ou poumon. Ce fut une nouvelle aventure.

Pour le poumon, Jean eut une idée géniale. Si on pouvait se procurer des éponges Spontex, récemment apparues sur le marché, on pourrait en les imbibant plus ou moins d'eau en faire varier la densité de 0,1 à 1 et faire nos mesures dans des équivalents poumons plus ou moins denses. Aussitôt dit, aussitôt fait, nous avons téléphoné à la Société Spontex, au nom de l'IGR en demandant s'ils pouvaient nous procurer des éponges de grande taille pour la recherche sur le cancer. À ces mots magiques, nous fûmes très bien accueillis et l'on nous envoya par retour du courrier une éponge de 30 cm x 30 cm x 30 cm. Ravis, en toute innocence, nous avons immédiatement essayé de la tremper dans une cuve d'eau et nous avons rapidement compris notre sottise. La pression à exercer sur ce solide de très faible densité dépassait largement nos forces, il restait une solution attendre patiemment que l'éponge s'imbibe progressivement. Ainsi fut fait. Mais ensuite, comment extraire cette éponge pleine d'eau et pesant 27 kg ! L'idée géniale était à

mettre au placard et l'éponge fut découpée en petits morceaux et réduite à l'usage pour laquelle elle avait été fabriquée. Des fantômes de poumon furent ensuite réalisés en peuplier (bois de densité 0,3). Un autre problème dut être résolu, car ces morceaux de bois avaient une très fâcheuse tendance à flotter dans l'eau : placer avec précision et caler avec des briques de plomb des fantômes flottants, ne facilitait pas la tâche.

Fantôme fabriqué à l'IGR à partir d'un squelette de bassin moulé dans du plastique. On aperçoit les chambres Kondiomètre en place pour les mesures.

Quant aux fantômes d'os ils présentaient d'autres difficultés. Pour les mesures de base, nous souhaitions avoir des plaques d'os homogènes. On pouvait bien se procurer des os de bœuf, mais leur section arrondie et leur manque d'homogénéité ne facilitaient pas les mesures. Dans tous les livres connus, la densité de l'os était indiquée comme étant de 1,7. Or il était évident que les os secs flottaient ! Pour avoir des os de densité suffisante, homogènes et d'une épaisseur constante sur une surface raisonnable il n'y avait qu'à les broyer et à les comprimer sous forme de plaques aux dimensions requises mais le robot de cuisine utilisé dans un des laboratoires du service ne résista pas longtemps à ce traitement. On nous apprit alors qu'une usine de Bicêtre préparait des aliments pour les animaux à partir des os provenant de l'usine de charcuterie GEO à 100 mètres de là. Rendez-vous fut pris, au nom de la recherche sur le cancer. On nous fournit gracieusement quelques kilos de poudre d'os grillés en nous expliquant que pendant la guerre tout le personnel en mangeait et que nous avions bien raison d'essayer cela dans le traitement du cancer. Nous n'avons pas eu le courage de les détromper. Nos déboires n'étaient pas terminés, car malgré les fortes pressions appliquées, nous n'avons pas réussi à fabriquer des fantômes de densité supérieure à 1,3. Comment atteindre 1,7 ? Nous avons fini par où nous aurions dû commencer, par mesurer la densité d'un certain nombre d'os frais et par découvrir qu'à part les dents, tous ces os avaient des densités moyennes comprises entre 1,15 et 1,3. Pourquoi courir après 1,7 ?

Après tous ces déboires, il fut décidé d'acquérir un fantôme Alderson de corps humain incluant un vrai squelette, et des fantômes de poumon en plastique de densité 0, 3. Ces fantômes étaient fabriqués aux Etats Unis et coûtaient fort cher. Quelques mois plus tard, Andrée reçut un appel téléphonique de la douane du Havre et se rappelle cette conversation surréaliste :

La douane : « Madame Dutreix ?
-Oui, c'est moi
-Ici la douane du Havre, nous avons un colis pour vous provenant des USA. Êtes-vous au courant ?
-Oui, bien sûr, je l'attendais, c'est pour la recherche.
-Pourriez-vous nous dire ce qu'il contient ?
-Mais oui, c'est un fantôme »
….
Andrée réalisait alors l'étrangeté de ces propos et la stupéfaction des douaniers en face d'une caisse de la taille d'un cercueil dont on leur affirmait qu'il s'agissait d'un fantôme arrivant tout droit d'Amérique pour la recherche sur le cancer.
Le douanier d'une petite voix timide demanda : *« Pourriez vous nous expliquer ce dont il s'agit ? »*

Ce fantôme se révéla très mal réalisé. Dans un corps de plastique de la taille d'un joueur de base-ball américain, était placé un squelette de très petite taille, ce qui conduisait par exemple à des épaisseurs de tissus mous de quelque 5 ou 6 cm autour du crâne. En outre, les os secs étaient curieusement plus transparents aux rayons X ou γ, que les tissus mous. Il n'était pas possible de faire des mesures précises dans ces conditions.

À cette époque, Claude participait à une étude de radiobiologie pour laquelle il fallait irradier les rates d'un groupe de rats, tout en protégeant aussi bien que possible le reste de l'animal. Pour ces irradiations délicates à 200 kV une dosimétrie précise était nécessaire. Il fallait entre autres choses, fabriquer des fantômes de rats. Ayant lu dans un article anglais que le riz en grains était un bon équivalent tissus, il fut décidé de commander 10 kg de riz pour fabrication de fantômes. Les commandes de cette époque passaient par l'économat de Paul Brousse. L'économe persuadé que nous voulions consommer ce riz, nous le fit livrer avec une note précisant qu'il contenait de la « mort aux rats ». Nous nous sommes fait un malin plaisir de le lui renvoyer en indiquant que nous ne pouvions pas l'utiliser sans risquer d'empoisonner les animaux d'expérience.

Les calculs de dose

Comme nous l'avons vu, les calculs de dose étaient faits, s'ils étaient simples, à la règle à calcul et s'ils étaient plus compliqués grâce à la machine à calculer électrique qui nous rendait de grands services. Les distributions de dose étaient le plus souvent évaluées par des méthodes graphiques, ou lorsque ce n'était pas possible, par de longs et fastidieux calculs, point par point. Ainsi il fallait une après-midi entière à un technicien bien entraîné pour calculer la distribution de dose pour une radiothérapie pendulaire.

L'équipe de physique avait progressivement augmenté avec l'arrivée d'un, puis de deux et même trois techniciens, chargés du calcul des doses et du tracé des isodoses, parmi lesquels Henri Bouhnik et Jean N'Guyen. Il était toutefois évident qu'un deuxième physicien était nécessaire pour faire face aux besoins. Le nombre d'appareils augmentait, de nouvelles techniques étaient mises en route, il fallait aussi s'occuper des isotopes et de la curiethérapie sans oublier la radioprotection.

Des petites annonces affichées à la Sorbonne, ou publiées dans les journaux restèrent sans effet. Comment pouvait-on penser faire de la physique dans un hôpital ? Je commençais à désespérer quand, à l'automne 1962, Markovits, chef du service de radiodiagnostic me demanda de recevoir un jeune ingénieur qui cherchait un travail à temps partiel lui permettant de préparer sa médecine. Ce jeune ingénieur s'appelait Jean Chavaudra. Je le reçus et me dis que c'était là l'occasion unique de trouver un scientifique désireux de travailler dans le domaine de la santé. Je ne pouvais pas laisser passer pareille aubaine.

Le service de Physique en 1976

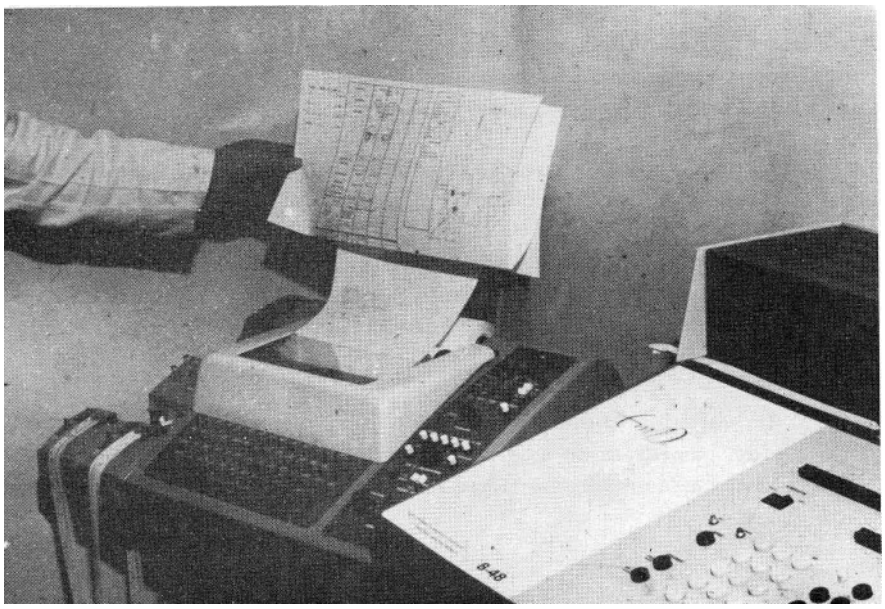
J'entrepris pendant plusieurs heures de le persuader qu'il allait perdre son temps à commencer des études de médecine, alors qu'il pouvait utiliser au mieux ses connaissances en acceptant un poste de physicien d'hôpital. Il accepta et devint le deuxième physicien médical français. Le groupe de physique prit le nom d' « Unité de radiophysique » et je fus nommée chef d'Unité.

Claude revint des Etats-Unis au début des années 60 avec un jeu de cartes perforées qui lui avaient été données par un physicien du Memorial Hospital à New York, K.C.Tsien, pour calculer par ordinateur les distributions de dose pour les radiothérapies pendulaires. Claude insista pour que l'on demande de l'aide à IBM pour réaliser ces calculs. Je protestai avec énergie, « pas d'ordinateur ». En fait les résultats obtenus dans ces tout débuts étaient nettement moins bons que ce que nous savions faire à la main. Je dois reconnaître qu'en outre je n'y mettais aucune bonne volonté, je ne voulais pas replonger dans le monde des ordinateurs.

À la fin des années 60, Maurice, lui aussi de retour des Etats-unis, me fit appeler et me dit que nous devions absolument nous mettre aux calculs par ordinateur, il avait obtenu des heures machines chez IBM et je devais m'y mettre. Bien sûr, je refusais avec énergie, les résultats que j'avais vus ne m 'avaient pas convaincue et je ne voulais pas m'occuper d'ordinateurs. Maurice, toujours très calme conclut : *« Vous ferez ce que vous voudrez, mais si vous n'utilisez pas les ordinateurs pour la dosimétrie, dans deux ans vous serez la*

dernière des dernières ». Je repartis la tête basse, je savais que les programmes n'étaient plus faits comme autrefois en langage machine, mais écrits dans le nouveau langage d'ordinateur : le FORTRAN. J'achetais une méthode de FORTRAN et je me mis au travail. J'avais vu dans la littérature qu'une équipe à Houston, avait écrit un programme de calcul pour la curiethérapie gynécologique, en FORTRAN, et les résultats m'avaient paru intéressants. En curiethérapie, on ne pouvait calculer la dose à la main qu'en un ou deux points et cela demandait un temps très long, au contraire, l'ordinateur convenait très bien pour ces calculs très répétitifs : nous allions donc commencer par la curiethérapie. J'écrivis le premier programme et je repris le chemin d'IBM. C'était le début de ce qui devait devenir la méthode de Paris en curiethérapie. Les premiers calculs, laborieux, consistaient à calculer les distributions théoriques autour des fils d'Iridium en variant leur nombre, leur longueur et leur disposition. Le nombre d'heures disponibles chez IBM était très limité, mais heureusement, André Wambersie avec qui je discutais ces distributions de dose en essayant de trouver des règles me proposa de les faire calculer sur l'ordinateur de l'Université de Louvain, auquel il avait un accès illimité. Des centaines de feuilles de calcul circulaient entre Louvain et Villejuif. C'est à ce moment que deux événements accélérèrent le processus : l'arrivée de 2 ordinateurs à l'Institut.

Le premier fut offert à Maurice en 1967 par la Société Marcel Dassault.

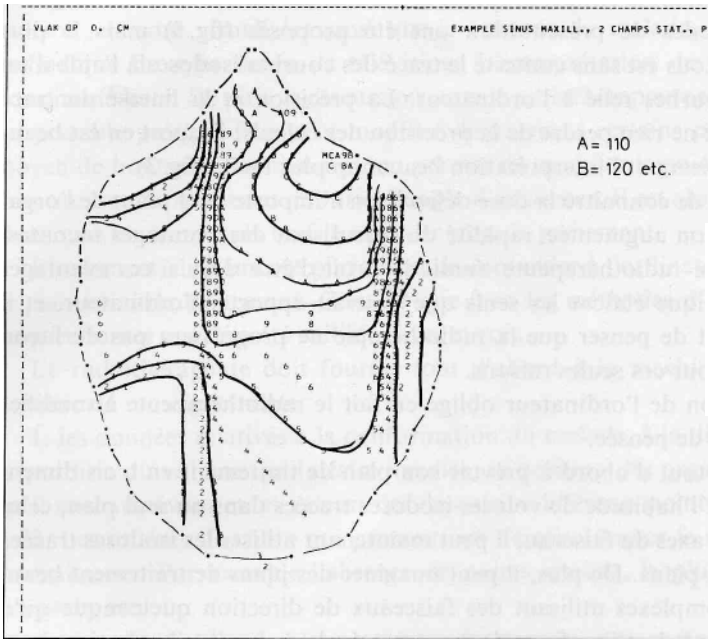


Ordinateur EMD 8-48
Marcel Dassault 1967

C'était un micro-ordinateur, copie civile d'un appareil mis au point pour être embarqué sur les avions de chasse. Son nom était EMD 8-48. EMD pour Electronique Marcel Dassault et 8-48 car il possédait 8 mémoires, et une capacité de 48 lignes de programmes, on pouvait en outre programmer certains éléments sur des bandes perforées, et il possédait une imprimante de bon niveau. C'était un jouet merveilleux, et un beau cadeau, il valait 50 000 francs, somme très importante en 1967. Avec l'aide d'Henri Bouhnik, nous avons programmé le calcul des temps d'irradiation des malades traités au cobalt et des nombres de « tops » pour les malades du bétatron. Quel gain de temps et quelle précision ! Mais il fallut persuader les manipulateurs du service de physique d'utiliser cet appareil, ce qui ne fut pas toujours facile, et je dus interdire formellement les calculs manuels.

Le deuxième événement qui suivit de près, fut l'achat d'un gros ordinateur par l'IGR. J'eus la chance de participer au choix avec Claude Lellouch, qui travaillait dans le service de statistiques dirigé par Daniel Schwartz. Nous avions des besoins très semblables pour des calculs scientifiques, très différents des besoins généraux de l'hôpital. Les offres d'IBM nous amusaient beaucoup : chaque offre correspondait à une machine plus puissante, et à un coût plus faible. Nous pensions, Lellouch et moi qu'avec un peu d'insistance, ils nous donneraient de l'argent pour qu'on accepte une de leurs machines. En fait le choix se fixa bientôt sur une machine UNIVAC, beaucoup plus puissante et plus rapide que toutes les offres IBM, et qui appartenait à l'Université d'Orsay où elle était devenue trop petite pour les besoins des chercheurs. Ils souhaitaient donc la revendre et le marché fut signé. La machine fut installée en 1968.

Il nous fallait maintenant développer des programmes pour la clinique et deux informaticiens furent recrutés sur des contrats de recherche. Jean Claude Rosenwald et Dominique Bernard qui furent chargés de développer respectivement les programmes pour la curiethérapie et pour la radiothérapie, pour lesquels j'avais écrit les premiers programmes. Ces programmes devaient être améliorés, et surtout ajustés aux besoins de la clinique.



Isodoses tracées manuellement après impression des résultats par succession de chiffres et de lettres 1970

Les conférences

Très vite chacun de nous participa de son mieux aux quelques conférences nationales ou internationales. La radiothérapie n'était encore que le parent pauvre de la radiologie et très peu de voyages étaient remboursés, la priorité étant donnée aux médecins les plus anciens. Le premier grand congrès auquel nous sommes allés assister, Jean et moi, fut celui de Montréal en 1958. Nous présentions avec Jean nos premiers travaux sur la dose aux interfaces dont nous étions très fiers.

C'était l'époque où le Québec cherchait une reconnaissance internationale et l'ordre était de faire toutes nos communications en Français. Lorsque Jean présenta notre papier, j'écoutais la traduction en Anglais, et quelle ne fut pas ma surprise d'entendre le traducteur expliquer que nous avions fait les mesures *« in a plastic ghost »*, je pouvais voir les regards surpris des anglophones qui devaient estimer que ces Français étaient bien stupides. Nous avons eu l'occasion d'assister à 2 réunions extra-congrès bien intéressantes.

Au cours de la première, qui avait lieu sur invitation du ministre de la santé Québécois à tous les francophones, et nous étions peu nombreux, nous fûmes surpris par la violence du discours officiel, commençant par :

« Malgré la promiscuité dissolvante des anglo-saxons … ».

La deuxième était organisée par les physiciens canadiens, au Mont Royal, pour la centaine de physiciens présents participant au congrès. En dehors du buffet réellement royal, ce fut un festival d'humour qui nous donna l'occasion de faire la connaissance des physiciens canadiens dont plusieurs devinrent ensuite nos amis, comme Harold Johns, Jack Cunningham, Doug Cormack, Batho et bien d'autres… Ces équipes bien structurées, très en avance par rapport à celles des autres pays, même par rapport aux équipes américaines, nous accueillaient très amicalement, nous invitaient à visiter leurs services et discutaient avec nous nos résultats et les leurs.

Dans les conférences plus modestes, en France ou à l'étranger, il n'y avait pas de micro et l'on utilisait encore souvent le tableau noir et la craie. L'utilisation des diapos ne faisait que commencer, elles étaient chères et se faisaient en noir et blanc en photographiant les dessins faits à la main, ou les textes tapés à la machine. Le plus souvent on projetait les négatifs, blancs sur fond noir. La qualité n'était pas fameuse.

Radioprotection

M. Tubiana avait soigneusement organisé la radioprotection dans les deux services dont il était responsable : les isotopes et le bétatron. Des dosifilms étaient distribués au personnel et lus par les services du CEA. Les seules mesures de radioprotection existant auparavant, si on peut les appeler ainsi, consistaient en la distribution d'un verre de lait quotidien, et l'octroi de 10 jours de congé supplémentaires aux manipulateurs et aux infirmières des services utilisant des sources de rayonnement. M. Tubiana me demanda, quelques mois après mon arrivée de faire distribuer des dosifilms en radiothérapie, en curiethérapie et au radiodiagnostic (le dosifilm remplaçant le verre de lait). La suppression des jours de congé supplémentaires (congés supplémentaires qui avaient pour conséquence de ne faire aucun effort pour diminuer les doses reçues), ne fit pas l'affaire des syndicats et M. Tubiana dût user de tous ses talents de diplomate ; il commença par exiger que tout le personnel y

compris les secrétaires qui allaient au lit des malades, bénéficient des mêmes avantages. Ce qui fut fait pendant un an, après quoi il fut relativement plus facile de faire accepter cette suppression contre la promesse d'améliorer sérieusement la protection du personnel.

En radiothérapie, la seule difficulté, qui me fut gentiment expliquée par une manipulatrice, était que pour irradier les enfants, elle restait dans la pièce pour tenir l'enfant et elle voulait savoir si elle devait retirer son film à ce moment là. Il n'y avait pas de sécurité sur les portes des salles de traitement pour interrompre l'irradiation lorsqu'on entrait dans la salle, en outre, dans deux des salles il y avait deux appareils permettant de traiter deux malades à la fois. La mise en place du malade se faisait pendant l'irradiation de l'autre. La première décision fut de rajouter cette sécurité ce qui gênait beaucoup le travail des manipulatrices, et j'en surpris une debout sur une chaise, bloquant le sécurité pour permettre à une autre d'entrer s'occuper d'un enfant. Tout cela était plein de bonnes intentions et j'étais la petite jeune qui venait perturber le service. Comme j'étais soutenue par M. Lalanne et M. Surmont., tout se passait bien.

En radiodiagnostic on faisait montre d'un scepticisme certain contre ce « Tubiana » qui voulait tout révolutionner et n'avait aucune expérience du radiodiagnostic. Je pense que le plus souvent les films n'étaient pas portés, ni par les médecins ni par les manipulatrices.

Table des Matières

L'ARRIVEE DE LA PHYSICIENNE 3

LA RADIOTHERAPIE CLASSIQUE 6

LES DEBUTS DU BETATRON 7

L'ARRIVEE DU TELECOBALT 9

REPERAGE ET CENTRAGE 11

FANTOMES ET DOSIMETRES 15

LES CALCULS DE DOSE 18

LES CONFERENCES 21

RADIOPROTECTION 22

TABLE DES MATIERES 24