

**Société Française de  
Physique Médicale**



**Syndicat National des Physiciens  
des Etablissements Hospitaliers  
Privés et Publics**

*Fédération des Médecins Salariés et  
Membres des Professions médicales*

## **Rapport 2001**

**sur la**

**Physique Médicale en France**

**Groupe Radiothérapie – Chimiothérapie  
Plan Cancer 2000-2005**

# SOMMAIRE

<i>Figures et Tableaux</i>	3
<b>I. Introduction.</b>	4
<b>II. Le secteur de physique Médicale.</b>	4
<b>II. 1 Responsabilités du physicien</b>	4
<b>II.2 Situation en France</b>	5
<b>II.3 Situation en Europe</b>	7
<b>II.4 Situation dans le Monde</b>	9
<b>II.5 Analyse de la situation française</b>	10
<b>III. Les domaines d'intervention</b>	11
<b>III.1 Radiothérapie</b>	11
<b>III.2 Médecine Nucléaire</b>	14
III.2.1 Dosimétrie et radioprotection du patient	14
III.2.2 Optimisation - Assurance de qualité	15
III.2.3 Développement et utilisation de techniques et équipements complexes	15
III.2.4 Recommandations au Niveau national et international	16
<b>III.3 Radiologie</b>	18
III.3.1 Qualité des images	19
III.3.2 Réduction des doses reçues par les patients	19
<b>III.4 Radioprotection</b>	20
<b>IV. La formation des physiciens.</b>	22
<b>IV.1 Formation initiale</b>	22
<b>IV.2 Formation Continue : le Registre</b>	23
<b>V. Le statut des physiciens dans les hôpitaux publics.</b>	24
<b>VI. Les moyens techniques</b>	25
<b>VI.1 Etat des lieux</b>	25
<b>VI.2 Propositions</b>	26
VI.2.1 Les équipements de radiothérapie	27
VI.2.2 Les équipements de simulation et de contrôle	27
VI.2.3 Les Equipements de dosimétrie	28
<b>VII. Conclusion</b>	29
<b>Bibliographie</b>	28

# FIGURES

<b>Figure 1</b>	Pyramide des âges au 1 janvier 2001	6
<b>Figure 2</b>	Evolution des postes de physiciens exerçant au moins à 0,5 ETP en médecine nucléaire	14

# TABLEAUX

<b>Tableau 1</b>	Nombre moyen de physicien médical par centre	5
<b>Tableau 2</b>	Situation de la physique médicale dans l'Union Européenne	7
<b>Tableau 3</b>	Qualification des physiciens médicaux	7
<b>Tableau 4</b>	Situation de la physique médicale dans le monde	8
<b>Tableau 5</b>	Recommandations européennes en radiothérapie	11
<b>Tableau 6</b>	Physiciens médicaux en radiothérapie : cas d'un centre lourd	11
<b>Tableau 7</b>	Nombre de physiciens médicaux en médecine nucléaire	13
<b>Tableau 8</b>	Nombre de physiciens médicaux en médecine nucléaire recommandés au niveau international (AAPM, IPSM)	14
<b>Tableau 9</b>	Nombre de physiciens médicaux en médecine nucléaire recommandés au niveau international (EFOMP)	15
<b>Tableau 10</b>	Physiciens médicaux en médecine nucléaire : cas d'un centre lourd	15
<b>Tableau 11</b>	Nombre de physiciens médicaux en radiologie recommandés au niveau international (EFOMP)	16
<b>Tableau 12</b>	Physiciens médicaux en radiologie :cas d'un centre lourd	17
<b>Tableau 13</b>	Nombre de physiciens médicaux en radioprotection recommandés au niveau international (EFOMP)	18
<b>Tableau 14</b>	Physiciens médicaux en radioprotection : cas d'un centre lourd	18

# I. Introduction.

La présence des physiciens médicaux (radiophysiciens) agréés est obligatoire auprès des accélérateurs de particules émetteurs de rayonnement dont l'énergie est supérieure à 1MeV (*confer arrêté du 23 avril 1969*). La législation française impose également la présence d'un physicien médical dans les unités de médecine nucléaire (*confer directive européenne 84/466, arrêté du 8 août 1988, arrêté du 11 février 1993*). Les directives européennes 96/29 et 97/43 (*Official Journal of the European Communities N° L180,9.7.1977 p22*) renforcent la nécessité de spécialistes des rayonnements ionisants dans les structures hospitalières.

Les physiciens ont une compétence transversale dans les structures hospitalières. Leur rôle est d'assurer la sécurité radiologique des patients et du public dans le cadre de l'utilisation médicale des rayonnements ionisants. Ils font partie intégrante de l'équipe médicale.

## II. Le secteur de physique Médicale.

### ***II. 1 Responsabilités du physicien.***

Aucun texte réglementaire ne définit à ce jour la responsabilité des différents intervenants en cas d'erreur dosimétrique (en métrologie des irradiateurs ou planification de traitement), ou de déclenchement d'une procédure d'arrêt temporaire ou définitif d'un équipement radiogène, par constat du physicien de dérive d'un paramètre dosimétrique. Le principe de précaution ne peut être mis en avant légalement par le physicien qui a une responsabilité implicite de "Pharmacien des rayons" mais non explicite. En cas de litige devant son administration ou un praticien, il ne possède pas l'autorité lui permettant d'interrompre l'utilisation d'un équipement. Le principe sécuritaire du contrôle indépendant du prescripteur ne peut actuellement être respecté. Il faut donc définir les rôles et les responsabilités des différents intervenants de l'acte radiothérapeutique avant qu'un accident ne crée une jurisprudence établie dans une urgence de prétoire.

Il paraît opportun, pour les structures de santé bénéficiant d'un plateau technique important en matière de générateurs de rayonnements ionisants ou de radioéléments artificiels, de mettre en place un secteur de physique et d'ingénierie biomédicale (*confer standards, options, recommandations 96 de la Fédération Nationale des Centres de Lutte Contre le Cancer, chapitre 29*). Ce secteur de physique médicale - unité, service ou département selon la taille du plateau technique - (*confer rapport SFPM Rôle et Responsabilité du physicien d'Hôpital, 1981*) à l'instar des structures identiques des autres grandes nations de l'Union

Européenne et des pays anglo-saxons doit être capable de remplir sa mission, définie par le législateur, de compétence transversale de dosimétrie physique et clinique, et d'ingénierie biomédicale en rapport avec les objectifs cliniques de l'institution afin d'assurer la sécurité radiologique des patients et des personnels.

Dans les établissements à vocation d'enseignement et de recherche (Centre Hospitalier Universitaire, Centre de Lutte Contre le Cancer), les physiciens médicaux, formés pour la Recherche assurent une mission d'enseignement et de recherche dans leur domaine de spécialité, mission qui doit pouvoir se concrétiser, comme dans les pays nordiques ou anglo-saxons par l'accès à une carrière universitaire. L'évolution de carrière, notamment dans les établissements dotés d'un plateau technique de niveau 3, doit permettre d'acquérir le statut de praticien hospitalier pour les titulaires d'une habilitation à diriger des recherches (HDR). Dans les Centres de Lutte Contre le Cancer, les physiciens, membres du comité technique de l'établissement, sont éligibles à la commission médicale de l'établissement dans le collège « biologistes, pharmaciens, physiciens ».

## ***II.2 Situation en France.***

179 centres de radiothérapie disposent de 357 appareils dont 270 accélérateurs et 87 télécobalts. Il est estimé (*confer Enquête Nationale Inter-Régime, Radiothérapie externe 1999*) qu'un centre sur 2 ne dispose pas de ressources en physique médicale, adaptées à leur environnement technique. La conséquence la plus importante est que les équipements d'imagerie radiologique ou nucléaire et surtout les équipements de radiothérapie ne sont pas contrôlés selon les recommandations française (SFPM, CNEH), européenne (EFOMP) et internationale (ICRU, AIEA). Cette situation qui est un réel problème de santé publique pour les traitements avec irradiation, concerne de façon identique les établissements libéraux de petite taille et certains CHRU et Centres de Lutte Contre le Cancer.

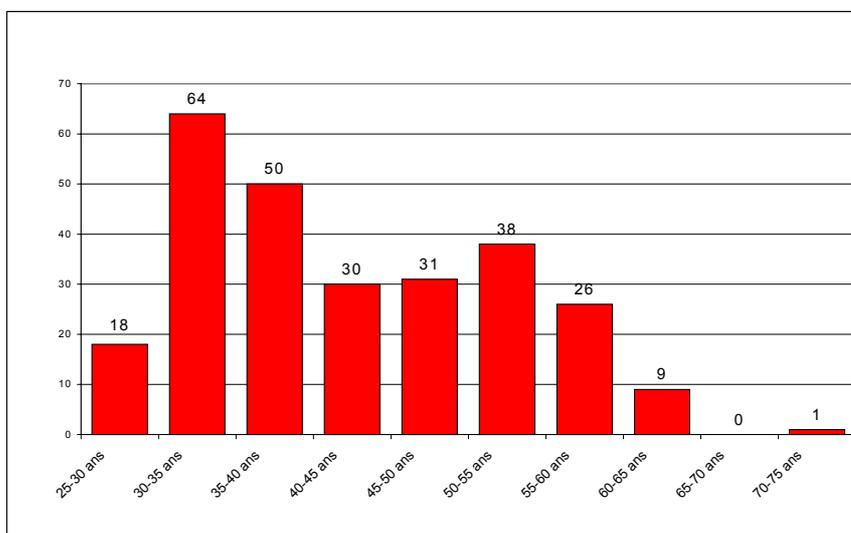
Les recommandations professionnelles établies en 1996, date à laquelle la radiothérapie dite conformationnelle ou à modulation d'intensité, ou la curiethérapie à haut débit de dose, débit de dose pulsée, endoprostatique et endocoronarienne étaient encore en phase de développement étaient de 1 radiophysicien aidé de 1 ou plusieurs techniciens pour 400 patients.

145000 à 160000 nouveaux cas de cancers sont traités chaque année en radiothérapie, dont les deux tiers (100000) à visée curative. Un potentiel de 350 à 400 physiciens et 350 à 400 dosimétristes devraient donc exercer, hors enseignement, recherche et techniques nouvelles, dans le seul domaine du traitement par rayonnement ionisant. 267 physiciens dont 25 exerçant

en médecine nucléaire sont répertoriés par la Société Française de Physique Médicale chargée du registre professionnel. Ce qui corrobore les chiffres de l'enquête nationale inter régimes de 1999.

	Centres à 1 appareil	Centres à 2 appareils	Centres à 3 appareils	Centres à 4 appareils et plus
<b>Global</b>				
Non renseignés	4	4	1	0
<b>Médiane</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2,1</b>
Minimum	0	1	1	1,8
Maximum	2	3	4	6,5
<b>Dont secteur libéral</b>				
Non renseignés	3	3	1	Sans objet
<b>Médiane</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	
Minimum	1	1	1	
Maximum	2	3	3	
<b>Dont secteur DG</b>				
Non renseignés	1	1	0	0
<b>Médiane</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2,1</b>
Minimum	0	1	1	1,8
Maximum	2	3	4	6,5

**Tableau 1 Nombre moyen de physicien médical par centre  
(réf. Enq. inter-régime 1999)**



**Figure 1 Pyramide des ages au 1 janvier 2001**

46 physiciens médicaux cesseront leur activité professionnelle au cours des 5 prochaines années et 74 physiciens seront à remplacer au cours des 10 prochaines années.

129 à 171 postes de physiciens et un corps de 300 dosimétristes sont donc à créer en radiothérapie, dans une première approche, au cours des 5 prochaines années.

Les besoins générés par les nouvelles techniques de radiothérapie (fusion d'images, modulation d'intensité) et de curiethérapie (débit pulsé, endocoronarienne et endoprostatique), basés sur les travaux établis pour les centres 3 (confer rapport Pr Pierre Bey), devront être étudiés par une commission pluridisciplinaire, émanant de la DHOS, de suivi et de veille technologique. Les besoins de physiciens en imagerie nucléaire, radioprotection et imagerie radiologique feront l'objet d'une étude séparée sortant du cadre de cette commission radiothérapie-chimiothérapie du plan cancer 2000-2005.

### ***II.3 Situation en Europe***

Ces données émanent de l'International Organisation of Medical Physicists. Elles ne prennent en compte que les physiciens médicaux membres de la société scientifique afférente de leur pays (exemple pour le Royaume Uni : Hospital Physicist Association). Il est raisonnable d'estimer que 10% des physiciens médicaux n'appartiennent pas à l'association scientifique de leur pays.

Il faut noter que la création indispensable de 150 postes dans les 5 ans (1 physicien pour 400 patients et renouvellement des départs en retraite) ne nous ferait passer que de la 15ème place à la 12ème place.

En France, très peu de physiciens sont associés à temps complet aux plateaux techniques de radiologie et de médecine nucléaire. En prenant en compte les seuls physiciens exerçant uniquement en radiothérapie, notre pays se situe très probablement au niveau des pays de l'Europe du Sud.

L'EFOMP (Fédération Européenne des Organisations de Physique Médicale) apporte un distinguo dans la notion d'expert en physique médicale au sens de la directive 97/43. L'expert doit avoir le niveau 3 de formation tel qu'il est défini ci-dessous.

Ces notions **devraient s'appliquer en droit français** selon l'équivalence suivante

<b>Pays de l'UE</b>	<b>Physiciens</b>	<b>Habitants</b>	<b>Physicien/million d'habitant</b>
Suède	350	8.843.000	39.6
Finlande	193	5.125.000	37.7
Royaume Uni	1900	58.782.000	32.3
Autriche	140	8.059.000	17.4
Pays-Bas	243	15.517.000	15.7
Allemagne	1135	82.000.000	13.8
Danemark	72	5.262.000	13.7
Grèce	125	10.475.000	11.9
Espagne	399	39.252.930	10.2
Belgique	100	10.159.000	9.8
Portugal	96	9.930.000	9.7
Italie	434	57.380.000	7.6
Irlande	20	3.626.000	5.5
Luxembourg	2	415.550	4.8
<b>France</b>	<b>267</b>	<b>58.375.000</b>	<b>4.6</b>

**Tableau 2 Situation de la physique médicale dans l'Union Européenne**

	<b>EFOMP</b>	<b>Equivalence française</b>
Niveau 1	1er degrés de qualification	DEA ou doctorat de spécialité
Niveau 2	Id 1, plus 2 ans de formation pratique en milieu hospitalier	Id 1 plus diplôme qualifiant ( <u>en 1 an</u> ) de physique médicale de l'INSTN - Niveau 6.2 à 6.3 de la CC 99 de la FNCLCC - Grille 2 de la circulaire DH/8D/91-20 du 23 mars 1991
Niveau 3	Id 2, plus 2 ans d'expérience pratique	Id 2, plus 2 ans d'expérience pratique - Niveau 6.2 à 7.1 de la CC 99 de la FNCLCC - Grille 2 de la circulaire DH/8D/91-20 du 23 mars 1991
Niveau 4	Id 3, plus 4-5 ans d'expérience pratique (requis pour responsabilité d'un petit secteur de physique médicale)	Id 3, plus 4-5 ans d'expérience pratique (requis pour responsabilité d'un secteur de physique médicale de niveau 2 de complexité thérapeutique) - Niveau 6.3 à 7.2 de la CC 99 de la FNCLCC - Grille 2 ou 3 (si encadrement > 2 physiciens) de la circulaire DH/8D/91-20 du 23 mars 1991 - Accès statut MCU-PH
Niveau 5	Id 4, et responsabilité d'un département important de physique médicale	Id 4, et responsabilité d'un département de physique médicale de niveau 3 de complexité thérapeutique - Niveau 7.3 de la CC 99 de la FNCLCC - Grille 3 de la circulaire DH/8D/91-20 du 23 mars 1991 - Accès statut MCU-PH

**Tableau 3 Qualification des physiciens médicaux**

## II.4 Situation dans le Monde

Ces données sont issues de l'International Organisation of Medical Physicists. Elles ne prennent en compte que les physiciens médicaux membres de la société scientifique afférente de leur pays (exemple pour le Royaume Uni : Hospital Physicist Association).

Nationalité	Membres	Nationalité	Membres
Afrique du sud	83	Italie	434
Algérie	40	Japon	780
Allemagne	1135	Jordanie	9
Argentine	75	Lithuanie	10
Australie	283	Malaisie	23
Autriche	140	Maroc	18
Bangladesh	40	Mexique	36
Belgique	100	Moldavie	9
Brésil	101	Népal	1
Bulgarie	40	Nigéria	20
Canada	307	Norvège	65
Chili	47	Nouvelle Zélande	75
Chypre	30	Pakistan	34
Colombie	30	Panama	7
Corée	274	Pays Bas	243
Cuba	59	Philippines	46
Danemark	72	Pologne	20
Egypte	60	Portugal	96
Equateur	15	République populaire de Chine	339
Espagne	399	Roumanie	60
Estonie	55	Russie	70
Etats Unis	4600	Singapour	10
Finlande	193	Slovénie	120
<b>France</b>	<b>267</b>	Soudan	11
Georgie	18	Sri Lanka	6
Ghana	28	Suède	350
Grande Bretagne	1900	Suisse	210
Grèce	125	Taiwan	150
Hong Kong	60	Tanzanie	6
Hongrie	38	Thaïlande	40
Inde	500	Trinitad&Tobago	15
Indonésie	41	Turquie	94
Iran	60	Ukraine	150
Ireland	20	Vénézuéla	20
Israel	30	Zambie	80
		Zimbawee	6

Tableau 4 Situation de la physique médicale dans le monde

## **II.5 Analyse de la situation française**

Notre pays a été à l'origine de la découverte de la radioactivité naturelle, de la radioactivité artificielle, des premiers traitements du cancer par radiothérapie et curiethérapie. Cette prééminence scientifique et de découvreurs n'existe plus. Deux éléments quantifiables et interdépendants suffisent à s'en convaincre :

- Le ratio physicien/millions d'habitant, non présenté dans ce rapport pour ne pas alourdir le tableau ci-dessus, nous montre que notre pays se situe au niveau des pays en voie de développement.
- Le nombre de publications de physiciens médicaux français dans les revues internationales (Medical Physics, Physics in Medicine and Biology, Physica Medica) est inférieur à 5 par an.

Et plusieurs explications s'imposent

- Il n'existe aucune équipe universitaire de physique médicale, donc aucune possibilité réelle de recherche et d'enseignement dans la spécialité.
- Il n'existe, sur 179 centres de traitement, qu'un seul service de physique médicale disposant d'une gestion propre de son budget et de ressources humaines.
- Il n'y a pas eu dans les centres de radiothérapie, sauf exception notable (1 exemple en secteur libéral et 1 exemple en secteur à dotation globale) de volonté de prendre en compte l'aspect de haute technicité et chronophage des nouvelles technologies de radiothérapie et de curiethérapie.
- Moins de 10% des centres français de radiothérapie ont les moyens humains et organisationnels de pratiquer les tests de contrôles de qualité recommandés par la profession, et publiés dans le rapport 29 du Centre National de l'Equipe Hospitalier et dans les rapports de la Société Française de physique médicale. Donc **90% des centres de traitement du cancer par radiothérapie ne travaillent pas dans des conditions sécuritaires pour les traitements de routine**
- Moins de 10% des centres français de radiothérapie ont les moyens humains et organisationnels mettre en œuvre les nouvelles techniques de radiothérapie et de curiethérapie apparues au cours des 5 dernières années.

Le Premier Ministre a rappelé à l'Académie des Sciences, à propos du colloque des 14 et 15 mars 2001 sur les maladies à prions que *"Il ne s'agit pas seulement d'éradiquer un risque lorsque celui-ci est avéré, il faut aussi envisager les risques hypothétiques"*. Dans le domaine à fort potentiel de risque qu'est le traitement -irremplaçable- du cancer par rayonnements ionisants, nous sommes passés du risque hypothétique à la certitude de l'accident. Seule

l'absence, dans notre pays, de registre national des cancers, de campagne obligatoire d'étalonnage des faisceaux d'irradiation, ou d'études de résultat par établissement, ville ou région des 140.000 patients traités par an en radiothérapie occulte le niveau de dangerosité de nos pratiques.

Il est donc impossible de quantifier les incidents ou accidents de traitement radiothérapique (ou la dégradation de la qualité des imageurs radiologique ou nucléaire et donc du diagnostic "imagier" du cancer) survenus en France, ayant une incidence sur la survie des patients ou les effets néfastes sur les tissus sains, mais les accidents d'Exeter en Grande Bretagne (32,3 physiciens médicaux par million d'habitant) ou de Saragosse en Espagne (10,2 physiciens par million d'habitants) survenus lors de techniques beaucoup plus simples que la radiothérapie conformationnelle ou la radiothérapie avec modulation d'intensité sont à examiner, avec une réelle inquiétude, à l'aune des 4,6 physiciens médicaux par million d'habitants dans notre pays.

Ces données inquiétantes sont sécurisantes (...) par rapport à la médecine nucléaire où moins de 25 physiciens exercent au moins à 0,5 ETP (équivalent temps plein). Il faut par exemple noter qu'un service central de médecine nucléaire d'un CHU, d'une grande région industrielle de France, disposant de 7 caméras, 1 caméra à émission de positons, et une activité de radiothérapie métabolique ne dispose à ce jour d'aucune activité de physique médicale, ni de programme d'assurance de qualité de ses équipements.

Aucun physicien médical n'exerce à plein temps dans les services de radiologie, et moins de 5 physiciens effectuent plus de 0,2 ETP en radiologie, l'année où se met en œuvre le dépistage systématique du cancer du sein par mammographie.

Enfin, moins de 5% des centres de radiothérapies (1 pour mille des centres de radiologie, radiothérapie et médecine nucléaire) n'a pu mettre en œuvre la dosimétrie opérationnelle obligatoire depuis le 1 janvier 2000.

## **III. Les domaines d'intervention**

### **III.1 Radiothérapie**

En radiothérapie, les physiciens médicaux assurent un service clinique puisqu'ils mettent en œuvre les moyens et actions nécessaires pour délivrer "la bonne dose au bon endroit". Les compétences nécessaires dans une équipe de physique en fonction des objectifs cliniques sont décrites dans les recommandations de la Société Européenne de Radiothérapie Oncologique (SFRO) et de la Fédération Européenne des Organisations de Physique Médicale

(EFOMP) (*Radiotherapy & Oncology* , 1996 ,41 : 89-94). Il y est montré l'importance de la participation des physiciens médicaux dans la mise en place des actions d'assurance de qualité. En l'état actuel, dans les 179 centres français de radiothérapie, les missions spécifiques de l'unité de physique médicale (terme générique utilisé pour raison de simplification) sont les suivantes :

- Assurer la métrologie des rayonnements ionisants, (générateurs d'électrons et rayons X, et appareils utilisant les sources radioactives, et les mesures physiques se rapportant à la dose délivrée au patient dans le respect des procédures définies par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique et de l'International Commission of Radiation Units,
- Assurer la qualité du recueil et de l'exploitation des données préalables à la réalisation des traitements (données métrologiques des faisceaux et données images des patients),
- Garantir la conformité de la dose délivrée par le calcul dosimétrique et le contrôle des performances des appareils de traitement, de mesure et de calcul,
- Assurer, dans le cadre de la législation sur la radioprotection, la sécurité radiologique du patient, du personnel et du public (radioprotection),
- Participer à l'élaboration des cahiers de charge et au choix du matériel et aux projets d'aménagement, de développement technique et humain du service de radiothérapie,
- Participer au développement, à la réalisation et à l'optimisation des protocoles de traitement ou d'examen et à la mise en oeuvre des techniques particulières et/ou innovantes,
- Participer à la mise en oeuvre des examens et actes préalables au traitement,
- Participer à l'enseignement et à la formation du personnel médical et paramédical dans son domaine d'expertise,
- Engager des programmes de recherche dans son domaine,
- Assurer la coordination avec les services administratifs et médico-techniques.

Dans le cadre des missions des physiciens, le dosimétriste et le technicien de mesures physiques mettent en œuvre par délégation les procédures de vérification de performance des équipements radiogènes et de dosimétrie prévisionnelle. Leurs missions sont les suivantes :

- Acquérir les paramètres permettant le contrôle et le suivi des performances des appareils,
- Etablir les distributions de dose prévisionnelles,
- Participer à la sécurité radiologique du personnel et du public (radioprotection),
- Participer à la mise en oeuvre et au contrôle des traitements,
- Participer au contrôle de qualité et à la maintenance des installations.

Un technicien spécialisé (prothésistes, ouvrier qualifié, ...) réalise pour l'unité de physique médicale les accessoires liés à la mise en œuvre des examens et des traitements (masques de contention, protection en alliage lourd individualisé, moulage pour curiethérapie, ...).

Les recommandations de la Fédération Européenne des Organisations de Physique Médicale, pour un travail classique, excluant les activités de recherche, de développement de nouvelles technologies et d'enseignement, sont les suivantes :

	Equipe de physique (Equivalent Temps Plein - ETP)	Dont nombre minimum d'ETP physiciens médicaux.
Par accélérateur	0,88	0,37
Par télécobalt	0,34	0,14
Radiothérapie basse énergie	0,07	0,03
Projecteur de sources	0,42	0,18
Simulateur	0,30	0,13
Système de planification de Traitement		
Radiothérapie	0,38	0,16
Curiethérapie	0,08	0,04
Pour 100 "patients" par an		
Radiothérapie	0,27	0,11
Curiethérapie	0,22	0,09

**Tableau 5      Recommandations européennes en radiothérapie**

Le mot "patient" signifiant nouveau patient, reprise de traitement ou nouveau volume cible en cours de traitement.

- Exemple pour un établissement d'envergure régionale, ou centre lourd (CRLCC ou CHU)

	Equipe de physique (ETP)	Dont nombre minimum de physicien médicaux (ETP)
4 accélérateurs	4 x 0,88 = 3,52	4 x 0,37 = 1,48
1 télécobalt	1 x 0,34 = 0,34	1 x 0,14 = 0,14
1 generateur X basse énergie	1 x 0,07 = 0,07	1 x 0,03 = 0,03
4 Projecteur de sources	4 x 0,42 = 1,68	4 x 0,18 = 0,72
1 Simulateur	1 x 0,30 = 0,30	1 x 0,13 = 0,13
4 Système de planification de Traitement		
Dont 3 en Radiothérapie	3 x 0,38 = 1,14	3 x 0,16 = 0,48
Et 1 en Curiethérapie	1 x 0,08 = 0,08	1 x 0,04 = 0,04
2500 "patients" par an en Radiothérapie (hors tech. Part.)	25 x 0,27 = 6,75	25 x 0,11 = 2,75
400 "patients" par an en Curiethérapie	4 x 0,22 = 0,88	4 x 0,09 = 0,36
<b>TOTAL</b>	<b>14,76</b>	<b>6,13</b>

**Tableau 6      Recommandations européennes en radiothérapie (cas d'un centre lourd)**

Le mot "patient" signifiant nouveau patient, reprise de traitement ou nouveau volume cible en cours de traitement, soit approximativement 2000 nouveaux patients par an pour 2500 traitements.

Dans ces données datant de septembre 1997, ne sont pas pris en compte les systèmes de réseaux d'images dits PACS, les systèmes de vérification et d'enregistrement des données patients, les radiothérapies à modulation d'intensité, les curiethérapies endoprostatiques, endocoronariennes ou à débit de dose pulsé.

## **III.2 Médecine Nucléaire**

Les activités de Médecine Nucléaire où le physicien médical a un rôle à jouer selon la législation concernent la dosimétrie et la radioprotection du patient mais aussi l'optimisation et l'assurance qualité, le développement et l'utilisation de techniques et d'équipements complexes.

### **III.2.1 Dosimétrie et radioprotection du patient**

#### **III.2.1.1 Dosimétrie du patient**

- **Mesure de l'activité administrée au patient**, dont le contrôle de qualité des activimètres (*articles 2, 4.3, 6.3, 8.2, 9 - DE 97/43*).
- **Estimation de la dose délivrée par les radiopharmaceutiques** au cours des examens diagnostiques conventionnels ou nouveaux. Le suivi dosimétrique des patients renforce ce besoin d'estimation de la dose. Cela nécessite un ensemble de données physiques et biologiques, notamment dans le cas des femmes enceintes et des jeunes enfants (*articles 2, 4.2b, 6.3, 10 - DE 97/43*).
- **Estimation dosimétrique en radiothérapie interne**. Cette activité offre au physicien médical un domaine de travail particulièrement adapté à ses compétences et qui relève de sa responsabilité. Dans la perspective d'un accroissement de ce type de radiothérapie, son rôle pourra être équivalent à celui qu'il joue en radiothérapie externe (*articles 2, 4.1b, 6.3, 8, 9, DE 97/43*).
- **Evaluations dosimétriques** à l'occasion d'incidents (tels que l'administration d'un radiopharmaceutique à une femme dont la grossesse est ignorée à ce moment).

### III.2.1.2 Radioprotection du patient, de son entourage et des volontaires

- **Participation à l'information des patients et de leurs accompagnants**, du point de vue de la radioprotection (*articles 4.4c, 6.3, 10, DE97/43*).
- **Participation à l'élaboration des niveaux de référence diagnostiques** (niveaux d'activités de référence en Médecine Nucléaire) et à l'estimation des doses reçues par la population (*articles 4.2, 12 ; DE 97/43*).

### III.2.2 Optimisation - Assurance de qualité

- **Contrôle de qualité du matériel** à sa réception puis régulièrement en utilisation clinique. Le but de ce contrôle est de garantir la meilleure qualité possible des examens avec une exposition minimale des patients (*articles 2, 4. la, 4.3, 6.3, 8.2 ; DE 97/43*). Le physicien médical est en particulier chargé de l'élaboration des procédures et de l'analyse des résultats. Il est également responsable de la réalisation pratique de l'ensemble des contrôles.
- Participation au choix du matériel en collaboration avec les utilisateurs lors de l'établissement du cahier des charges, de tests sur les appareils, ... (*article 4.3 DE 97/43*)
- Participation à la démarche de matériovigilance.

### III.2.3 Développement et utilisation de techniques et équipements complexes

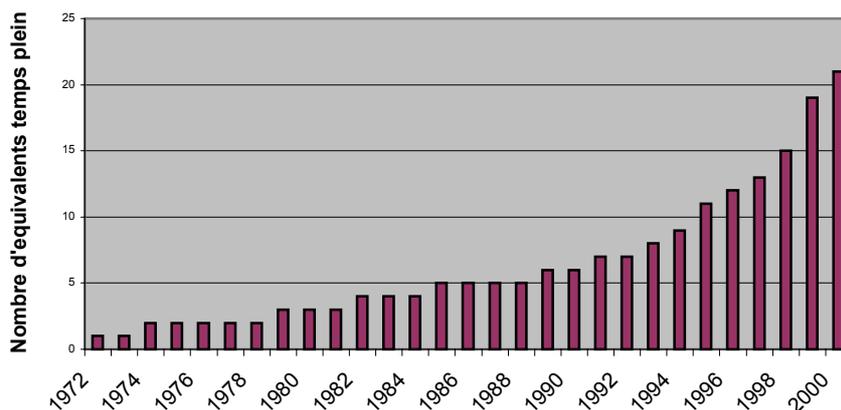
- **Exploitation des données cliniques** acquises à des fins de quantification ou lors d'examens dynamiques et tomographiques (*article 2 ; DE 97/43*).
- **Participation à la mise en oeuvre de nouveaux protocoles d'examen** pour laquelle le physicien médical peut définir l'appareil le mieux adapté et ses conditions optimales d'utilisation pour l'exploration envisagée (*article 2 , DE 97/43*).
- **Modification et/ou développement d'appareillage** tels qu'un nouveau collimateur ou de nouveaux systèmes ou accessoires en collaboration avec un constructeur (*article 2, DE 97/43*).
- **Participation au fonctionnement et au contrôle de qualité de nouvelles caméras à détection de coïncidence** : Tomographe par Emission de Positons (TEP) et Tomographe d'Emission en Détection de Coïncidence (TEDC) (*article 2 , DE 97/43*)
- **Développement de logiciels** d'acquisition et/ou d'exploitation des données (*article 2, DE 97/43*).

## II.2.4 Recommandations au Niveau national et international

### III.2.4.1 Recommandations de la Société Française de Physique Médicale

ACTIVITÉ	E.T.P.
Dosimétrie et radioprotection du patient	de 0 à 0,4
Assurance qualité - Optimisation	0,1 x N
Techniques et équipements complexes	[de 0 à 0,2] x N
Assurance qualité – Optimisation caméra TEDC	0,25 x M
Assurance qualité – Optimisation caméra TEP	0,5 x P
Radioprotection du personnel et du public	de 0 à 0,2
Recherche, Enseignement	de 0 à 0,5

**Tableau 7** Nombre de médecins médicaux ETP en fonction de la nature des activités pratiquées en médecine nucléaire, N est le nombre de caméras à scintillations, M le nombre de caméras TEDC, P le nombre de caméras TEP.



**Figure 2** Evolution des postes de médecins exerçant au moins à 0,5 ETP (équivalents temps plein) en médecine nucléaire

## II.2.4.2 Autres recommandations

IPSM : Institut of Physics in Safety Medecine

AAPM : American Association of Physicists in Medecine

EFOMP : European Federation of Organisation of Physicists in Medecine

Equipement et/ou activité	Nombre de Physiciens médicaux en ETP	
	<i>IPSM</i>	<i>AAPM</i>
Pour chaque caméra	0,5	0,10
Pour chaque système de traitement	-	0,25
Pour chaque SPECT	-	0,25
Pour 1000 examens/an	0,1	-
Pour 250 SPECT/an	0,25	-
Pour 500 études dynamiques avec traitement effectué par le Physicien médical	0,25	

**Tableau 8 Nombre de physiciens médicaux en médecine nucléaire recommandés au niveau international (AAPM, IPSM)**

	Equipe de physique (Equivalent Temps Plein)	Dont nombre minimum de physicien médicaux (ETP)
Gamma caméra	0,13	0,06
Système de mesures sans Imageur (ex. scintigraphe)	0,08	0,04
Système de calcul	0,23	0,11
1000 études SPECT ou dynamiques	0,06	0,03
100 patients en Radiothérapie métabolique	0,10	0,05

**Tableau 9 Nombre de physiciens médicaux en médecine nucléaire recommandés au niveau international (EFOMP)**

Ceci ne prend pas en compte les caméras à émetteurs de positons, les cyclotrons ou les systèmes de réseaux d'images dits PACS

- Exemple pour un établissement d'envergure régionale (CRLCC ou CHU)

	Equipe de physique (Equivalent Temps Plein)	Dont nombre minimum de physicien médicaux (ETP)
3 Gamma caméras	3 x 0,13 = 0,39	3 x 0,06 = 0,18
2 Systèmes de mesures sans imageur (ex. scintigraphe)	2 x 0,08 = 0,16	2 x 0,04 = 0,08
2 Systèmes de calcul	2 x 0,23 = 0,46	2 x 0,11 = 0,22
7500 études SPECT ou dynamiques	7,5 x 0,06 = 0,45	7,5 x 0,03 = 0,23
100 patients en Radiothérapie métabolique	1 x 0,10 = 0,10	1 x 0,05 = 0,05
<b>TOTAL</b>	<b>1,56</b>	<b>0,76</b>

**Tableau 10** Nombre de physiciens médicaux en médecine nucléaire recommandés au niveau international (EFOMP) – cas d'un centre lourd

AAPM : + 1.5 technicien de physique par physicien

EFOMP : moins 0.1 physicien par caméra si la maintenance n'est pas assurée par l'unité de physique.

### **III.3 Radiologie**

Le physicien a un rôle important à jouer en radiodiagnostic où le problème est d'obtenir le maximum d'informations utiles au diagnostic pour une irradiation du malade et un coût aussi faible que possible. Les deux domaines spécifiques dans lesquels le physicien médical intervient en radiodiagnostic se rapportent donc à la qualité des images et à la réduction des doses reçues par les malades.

### **III.3.1 Qualité des images**

La qualité des images est une fonction complexe des matériels et des réglages utilisés à toutes les étapes de la chaîne qui conduit au document final (production de rayonnements, détection, traitement et enregistrement de l'image radiologique).

Le rôle du physicien médical est le suivant

- Analyser l'influence des différents paramètres,
- Définir les méthodes permettant de les contrôler
- Choisir, en collaboration avec les médecins radiologistes, les valeurs Optimales à utiliser, Effectuer, ou faire effectuer, les contrôles systématiques nécessaires.

Le physicien médical doit permettre d'assurer une qualité d'image reproductible au cours du temps et entre des appareillages similaires. Il doit en outre mettre en oeuvre les moyens d'améliorer encore cette qualité pour garantir une meilleure fiabilité du diagnostic. Son rôle devient particulièrement important dans le cas d'une utilisation quantitative des informations (mesures sur images, image digitalisée, etc...). L'image quantifiée est d'une importance majeure en radiothérapie pour la planification du traitement et la fusion d'images multimodales.

### **III.3.2 Réduction des doses reçues par les patients**

Pour réduire les doses sans nuire à l'efficacité diagnostique, il est possible de jouer sur deux facteurs : le nombre d'images par examen et la dose par image.

Le premier facteur dépend des indications posées ; le médecin traitant, le médecin radiologiste et le malade sont les seuls impliqués. Le nombre d'images par examen peut être réduit, d'une part en se limitant aux seuls clichés nécessaires - et là encore le médecin radiologiste est seul juge -, mais aussi en diminuant le nombre de clichés rejetés.

Il appartient au physicien médical de réduire les causes de rejet liées à l'appareillage ou à son mode d'utilisation. Les paramètres de l'appareillage influent sur la dose délivrée par image. Le physicien médical doit mesurer cette dose en fonction des réglages utilisés et en déduire le réglage optimal eu égard à la qualité d'image demandée. Il doit effectuer ou faire effectuer les vérifications périodiques correspondantes. Il doit en outre s'intéresser à la conception et à la réalisation de dispositifs permettant de réduire les doses, tout en conservant la qualité de l'image.

	Equipe de physique (ETP)	Dont nombre minimum d'ETP physiciens médicaux
Installation de radiologie, de mammographie ou station image	0,05	0,01
Processeur de film ou reprographe laser	0,06	0,01

**Tableau 11 Nombre de physiciens médicaux en radiologie recommandés au niveau international (EFOMP)**

Ceci ne prend pas en compte la dosimétries des examens par système de dosimétrie in vivo, les scanographes, imageur à résonance magnétique et réseau d'imagerie pour l'intercomparaison imagerie diagnostique avec fusion scanographie/remnographie ou scanographie/TEP - imagerie de simulation – imagerie de calcul (DRR) – imagerie portale.

- Exemple pour un établissement d'envergure régionale (CRLCC ou CHU) :

	Equipe de physique (ETP)	Dont nombre minimum d'ETP physiciens médicaux
20 Installation de radiologie, de mammographie ou station image	$20 \times 0,05 = 1,0$	$20 \times 0,01 = 0,2$
5 Processeur de film ou reprographe laser	$5 \times 0,06 = 0,3$	$5 \times 0,01 = 0,05$
<b>TOTAL</b>	<b>1,3</b>	<b>0,25</b>

**Tableau 12 Nombre de physiciens médicaux en radiologie recommandés au niveau international (EFOMP) – cas d'un centre lourd -**

### **III.4 Radioprotection**

De par sa formation et dans la mesure où il est présent à temps plein dans l'établissement, le physicien médical est particulièrement apte à assurer la responsabilité de "personne compétente en radioprotection" (*confer décret du 02 Octobre 1986*).

Il peut se voir confier les activités de radioprotection du personnel, du public et de l'environnement, les démarches étant voisines de celles concernant la radioprotection du patient. Celles-ci comprennent notamment

- **Contrôle de la dosimétrie active et passive**
  - Dosimétrie individuelle
  - Etude de l'incidence des nouveaux équipements
  - Calibration des instruments de mesures et de contrôle

- **Conception des structures**

Calculs des épaisseurs de protection des nouvelles salle de radiothérapie

Mesures régulières

Préparation et suivi des dossiers pour l'organisme de contrôle (IRSN)

- **Organisation de la radioprotection**

Analyse des postes

Surveillance des dispositifs et des méthodes pouvant assurer une protection convenable de ceux qui effectuent la préparation des sources .

Formation annuelle légale des travailleurs exposés

Représentation de l'employeur auprès des organisme de contrôle, de sécurité et d'étalonnage

Intervention en cas d'incident ou de contamination

	Equipe de physique (ETP)	Dont nombre minimum d'ETP physiciens médicaux
100 personnes de catégorie A ou B (dosimétrie passive)	0,38	0,15
50 personnes de catégorie A (dosimétrie active)	0,72	0,30

**Tableau 13 Nombre de physiciens médicaux en radioprotection recommandés au niveau international (EFOMP)**

- Exemple pour un établissement d'envergure régionale (CRLCC ou CHU) comportant un plateau technique complet avec 250 personnels de catégorie A ou B

	Equipe de physique (Equivalent Temps Plein)	Dont nombre minimum d'ETP physiciens médicaux
250 personnes de catégorie A ou B (dosimétrie passive)	$2,50 \times 0,38 = 0,95$	$2,50 \times 0,15 = 0,38$
50 personnes de catégorie A (dosimétrie active)	$1 \times 0,72 = 0,72$	$1 \times 0,30 = 0,30$
<b>TOTAL</b>	<b>1.67</b>	<b>0,68</b>

**Tableau 14 Nombre de physiciens médicaux en radioprotection recommandés au niveau international C&as d'un centre lourd (EFOMP)**

## IV. La formation des physiciens.

### IV.1 Formation initiale

L'étudiant souhaitant effectuer une carrière en physique médicale doit posséder une solide formation de base en physique fondamentale. Une maîtrise en sciences physiques ou un diplôme équivalent est un pré-requis.

Cette formation de base est complétée par une formation en physique médicale de 2 à 5 ans comprenant :

- Une formation théorique et de recherche en Physique Radiologique et Médicale de 1 à 4 ans incluant une forte composante de métrologie des rayonnements ionisants telle que le Diplôme d'Etudes Approfondies « Rayonnement et Imagerie en Médecine, Option I : Physique Radiologique et Médicale » (Université Paul Sabatier, Toulouse). Ce DEA est en règle générale complété d'un doctorat d'Université dans la spécialité. Les étudiants sont fortement incités à effectuer un doctorat, seul le nombre limité d'allocations de bourse de recherche et l'opportunité d'offre de postes importante limite la formation, par la recherche, des étudiants au seul DEA.
- Une formation dosimétrique et clinique de 1 an en milieu hospitalier sous la responsabilité d'un physicien expert (*confer tableau 3-recommandations EFOMP*)

Celle-ci se déroule dans des "services validants" de physique médicale, en association avec des services médicaux de radiothérapie, de médecine nucléaire et de radiodiagnostic. Elle comporte, dans le cadre du Diplôme de Qualification en Physique Radiologique et Médicale délivré par l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires de Saclay (INSTN), une partie théorique de deux mois assurée conjointement par l'Institut Gustave Roussy (Villejuif) et la Société Française de Physique Médicale (SFPM) et une partie pratique de huit mois en milieu hospitalier. Pendant le stage pratique, l'étudiant est associé au travail clinique de l'équipe d'accueil. La SFPM gère et accrédite, sur la base d'un renouvellement triennal avec étude de dossier, les services validants répartis sur le territoire national.

Pour la période 2001-2004, les établissements, accrédité en tant que service central qualifiant de physique médicale, qui participent à cette formation qualifiante, sont les CRLCC de Caen, Dijon, Lille, Lyon, Marseille, Montpellier, Nancy, Nantes, Paris, Rennes, Rouen, Villejuif et les

CHU de Grenoble, Orléans, Paris (CHU Tenon), Poitiers, Tours. La moitié des services validants trouvent un financement correspondant au 1/3 du SMIC pour des personnes se titulaire d'un diplôme d'études approfondies de physique médicale ou d'un doctorat dans la spécialité . Ce financement a minima est impossible dans les centres publics.

Les 56 physiciens médicaux des 17 établissements publics (CHRU) ou participants au service publics hospitaliers (CRLCC) retenus par le comité de perfectionnement participent activement –à titre bénévole- à la formation théorique et pratique des futurs physiciens français. Ceci montre la forte implication des physiciens médicaux à l'enseignement de leurs futurs collègues.

## ***IV.2 Formation Continue : le Registre***

En accord avec les recommandations de l'European Federation of Organisations for Medical Physics (EFOMP), la SFPM a créé un Registre sur lequel les professionnels spécialistes en physique médicale s'inscrivent et s'engagent à maintenir leur niveau de compétences au plus haut afin de garantir au patient des services de qualité.

Ce registre concrétise leur volonté de :

- Faire bénéficier le patient des progrès de la physique appliquée au domaine médical, aussi bien dans le domaine de la prévention, du diagnostic que des traitements des maladies
- Participer à l'élaboration de standards de haute qualité reconnaissables à travers l'Europe,
- Identifier les professionnels compétents et s'engageant dans une démarche déontologique,

en permettant de :

- Promouvoir des règles de bonnes conduite,
- Mettre en place les moyens de veiller à leur respect.
- Consigner les preuves de la formation de base théorique et pratique, et de l'entretien du niveau scientifique de ses membres,

Le règlement de ce registre professionnel est joint en annexe. Au 1<sup>er</sup> janvier 2001, 50% des physiciens médicaux français sont inscrits au registre professionnel, établi pour la première fois en juin 2000.

## V. Le statut des physiciens dans les hôpitaux publics.

Bien que la qualification de spécialiste scientifique est soumise obligatoirement à un agrément ministériel délivré par le Ministère de la Santé pour exercer en tant que physicien médical, l'embauche des professionnels est liée, depuis 1978, à un **mode de recrutement contractuel**. Il n'existe donc pas de statut de physicien médical dans la fonction publique hospitalière malgré l'obligation réglementaire de présence d'un physicien médical agréé dans les services de radiothérapie et de médecine nucléaire.

Depuis 1978, trois circulaires ont fixé les modalités de rémunération des physiciens médicaux :

- Circulaire n° 302 / DH / 4 du 05/12/1978
- Circulaire n° 81 / 6 du 29/01/1981
- Circulaire n° DH / 8D / 91 –20 du 25/03/1991

Le statut des physiciens dans les structures hospitalières publiques est régi par la circulaire DH/8D/91-20 du 23 mars 1991. Cette circulaire prévoit la rémunération des physiciens selon trois grilles. Une récente enquête de l'Association Nationale des Physiciens d'Hôpitaux Publics (ANPHP) a montré que :

- La grille 1 : (cobalt unique) concerne moins de 1% des physiciens. Une personne est au 8<sup>ème</sup> et dernier échelon.
- La grille 2 : (cobalt et accélérateur) concerne 64% des physiciens. Parmi ceux ci, 31% sont au dernier échelon.
- La grille 3 : (unité de physique>3physiciens) concerne 13% des physiciens dont certains ont été nommés sans être responsable d'une unité de trois personnes.

22% de titulaires des physiciens exerçant dans le secteur publics ont obtenu des statuts locaux. Ces statuts ne permettent pas une mutation dans le cadre de la fonction publique hospitalière.

Pour les recrutements futurs, l'attrait des scientifiques de haut niveau vers des carrières hospitalières est en nette régression. Les professionnels se tournent depuis quelques années vers des emplois, dans le secteur médical privé ou dans l'industrie, mieux rémunérés. Cela prive peu à peu la physique médicale d'un potentiel performant. Une réflexion doit être menée pour revaloriser la profession de physicien médical afin de motiver les actifs et d'attirer les vocations, une première étape est leur titularisation dans la fonction publique hospitalière. Ce statut devra prendre en compte leur responsabilité de "pharmacien des rayons", la compétence scientifique des personnels et permettre une valorisation universitaire de leur travail.

Etant donné l'évolution rapide au cours de ces 5 dernières années des techniques radiothérapeutiques (modulation d'intensité, techniques particulières de curiethérapie) ou d'imagerie (scanner spiralé, réseau d'images, caméra à émission de positons), et l'augmentation des responsabilités qui incombent aux physiciens médicaux sur le plan de la radioprotection des patients, du personnel et du public, le besoin de spécialistes en physique médicale dans les domaines irradiants de l'hôpital que sont la radiothérapie, la médecine nucléaire et la radiologie va s'accroissant. La profession engagée au sein de la fonction publique hospitalière attend depuis plus de 25 ans :

- La création d'un statut particulier ou la régularisation de leur grille "d'ingénieur en chef de 1<sup>er</sup> classe", statut et grille proposés une première fois, par la commission du cancer, en 1975,
- La création d'entités ( Département, Unité, Service) de Physique Médicale Radiologique,
- La révision de la dernière circulaire,
- L'accès à une carrière universitaire et/ou une équivalence de praticien hospitalier pour les titulaires d'une HDR (habilitation à diriger des recherches).

## **VI. Les moyens techniques**

### ***VI.1 Etat des lieux***

Il n'a pas lieu à ce niveau de faire un état de la situation de la radiothérapie en France. L'enquête nationale inter-régime de 1999 a établi une étude très complète, inquiétante pour la qualité des traitements réalisés, mais ... optimiste sur la dosimétrie in-vivo, les collimateurs multi-lames et les imageurs portals.

Les éléments négatifs les plus marquants, 100 ans après le premier traitement d'une affection cancéreuse par rayonnements ionisants, sont les suivants :

- 12% des centres (21/179) ne disposent que d'appareils à faible énergie. Ces établissements ne répondent pas à une obligation de moyens car ils ne peuvent traiter les tumeurs profondes ni les tumeurs superficielles sans une irradiation importante des tissus sains situés en amont ou en aval,
- 22% des centres ne disposent pas d'une gamme complète d'énergie de photons (<6 MV et > 15 MV) et d'électrons,

- De 39,6% des centres (hypothèse basse) à 61,4% des centres (hypothèse haute) n'ont pas d'accès suffisant à un scanner pour la définition du volume tumoral et la dosimétrie tridimensionnelle,
- 43% des centres n'ont pas de réseau image et 85% des centres n'ont pas de réseau d'enregistrement et de vérification de la balistique,
- 65% des centres ne pratiquent pas la dosimétrie in-vivo, mais l'enquête ne précise pas le nombre de patients bénéficiant de ce contrôle pratiqué essentiellement pour les irradiations corporelles totales. Il est possible d'estimer qu'en fait plus de 90% de patients ne bénéficient pas de dosimétrie in vivo,
- 1 centre sur 3 pour les radiothérapeutes et 1 centre sur 2 pour les physiciens ne disposent pas de ressources humaines suffisantes (hors mise au point des nouvelles techniques),

et enfin

- 6% des centres (10/179) n'ont pas de simulateur, donc aucun moyen précis de repérage des volumes tumoraux et des organes critiques.
- 4% des centres (6/179) n'ont aucun système de dosimétrie

Dans ces 2 derniers cas, il faut estimer que pour des raisons de non fiabilité de repérage des volumes cibles et de non sécurité de planification de dose distribuées, ces établissements devraient cesser leur activité.

## **VI.2 Propositions**

Le traitement du cancer par rayonnements ionisants ne conduit pas à une dérive des dépenses de santé par "médecine de confort" ou redondance d'actes. La carte sanitaire des équipements lourds, instituant un seuil maximal de 6 équipements radiothérapeutiques par million d'habitants, doit donc être transformée en "obligation de qualité".

Les centres de radiothérapie sont répartis de façon homogène sur le territoire national à égalité entre le secteur libéral et le secteur à dotation globale. Les recommandations doivent être qualitatives et quantitatives par patient et non plus par région.

Il n'est donc pas nécessaire d'augmenter le nombre de centres de radiothérapie, mais il est devenu une priorité de santé publique d'assurer une qualité de traitement radiothérapeutique adaptée aux nouvelles techniques. Un comité de suivi technologique et de veille radiologique doit être créé pour éviter un nouveau retard technologique à l'horizon 2010 et vérifier la bonne adéquation des dépenses engagées par la Nation et l'amélioration de la prise en charge de l'affection cancéreuse.

82513 millions de cigarettes ont été consommées en France en 2000, une taxe, spéciale définitive et signalée "*Taxe cancer*" pour le consommateur, de 0,15 Euro par paquet de cigarettes pourrait financer un **fond d'investissement de 4126 MF**. Ce fond permettrait, sur le principe simpliste et connu dans l'industrie sous l'adage que le "pollueur est le payeur", de financer la remise à niveau de la radiothérapie, l'utilisation plus généralisée des molécules onéreuses et le traitement des affections cardio-vasculaires liées au tabac

### **VI.2.1 Les équipements de radiothérapie**

Il est nécessaire **d'éviter le renouvellement d'appareil à faisceau de photons unique** (exception faite des établissements disposant de 3 accélérateurs multi-énergie à bi-modalité ou technique particulière).

L'équipement radiothérapique de base doit être **un accélérateur de particules à 2 (ou plus) points photons** (1 basse énergie 4 à 6 MV et une haute énergie 10 à 18 MV) et a minima **5 faisceaux d'électrons** de 5 à 18 MeV, équipé d'un collimateur **multilames** et d'un système **d'imagerie portale** pour **400 patients traités annuellement**.

Chaque centre doit disposer de 2 machines et d'un environnement technique adapté.

Au cours des 2 prochaines années, **les centres en suractivité doivent être autorisés à installer un nouvel équipement**.

Le **décret du 23 avril 1969 doit être modifié** afin que la durée d'utilisation légale des générateurs électriques de rayonnements ionisants et les projecteurs de sources radioactives soit limitée à **15 ans au lieu des 25 ans** actuels.

### **VI.2.2 Les équipements de simulation et de contrôle**

Le renouvellement des autorisations d'équipements lourds ou l'installation des nouveaux équipements doit être subordonné à un plateau technique de préparation de traitement correspondant à des critères qui sont encore à établir. Il faut se réjouir que la curiethérapie à haut débit et la curiethérapie à débit pulsé sont autorisées sur les critères de personnes (2 radiothérapeutes et un physicien à temps complet), de matériel (2 équipements de radiothérapie et 1 simulateur) et d'expérience (précédent de curiethérapie à bas débit) alors qu'aucun critère lié à la qualité n'est un pré-requis à l'autorisation et à l'exploitation d'un accélérateur de particules.

Tous les établissements doivent dans la décennie 2002-2012 disposer d'un **simulateur de radiothérapie avec tomographie pour 1500 patients par an et d'un accès scanner de 20 minutes par patient.**

Les centres 3 doivent avoir accès à un **scanner avec option de simulation virtuelle pour 1500 à 2000 patients par an**, et disposer d'un réseau image permettant la fusion multimodales avec les imageurs à résonance magnétique et les tomographes à émission de positons.

A l'issue d'une **période d'étude de 5 ans**, la carte sanitaire des scanners dits de radiothérapie devrait pouvoir s'étendre à l'ensemble du territoire.

Le renouvellement accéléré du matériel de traitement permettra d'incorporer les imageurs portal dans un réseau image de simulation, de dosimétrie et de contrôle de positionnement du patient.

### **VI.2.3 Les Equipements de dosimétrie**

L'évolution rapide des techniques dosimétriques ne permet plus de faire des planifications de traitement correctes avec une seule station.

Les autorisations ou renouvellements d'équipement de radiothérapie de catégorie J (télécobalt) ou H (accélérateur de particules) ne peuvent plus être subordonnés au seul « *placement sous la responsabilité d'un médecin électroradiologiste* » dans une structure disposant d'un « *physicien spécialisé à temps complet* » (confer décret du 23 avril 1969). La présence d'équipements de simulation (physique ou virtuelle), d'imagerie portale, mais aussi de dosimétrie de planification et de dosimétrie physique doit être imposée en quota dépendant du nombre d'équipements de radiothérapie et donc du nombre de patients sur la base d'**une station de planification dosimétrique par 500 patients.**

**Un dosimètre doté de 2 chambres d'ionisation** étanches doit être disponible auprès de chaque accélérateur, et **un contrôleur d'homogénéité de faisceau** pour 2 accélérateurs.

Pour le contrôle dosimétrique à l'installation, le suivi des interventions lourdes et la mise au point de nouvelles techniques, chaque établissement doit être équipé **d'un explorateur de faisceau à 3 dimensions.** Un vidéodensitomètre numérique et des fantômes spécialisés sont recommandés pour les centres lourds ou centres 3.

Un système de **dosimétrie in vivo par diodes** doit être disponible auprès de chaque **accélérateur** de particules ou télécobalt. Il est recommandé que le **relevé** des mesures soit **interfacé** avec le système de contrôle des paramètres (dit système R&V).

A l'échéance 2005, chaque établissement doit disposer d'un **système de contrôle des paramètres**, indispensable pour les collimateurs multilames et la radiothérapie à modulation d'intensité et très fortement recommandé pour éviter les erreurs de transcription de prescription et le suivi journalier des traitements.

Il faut noter que la complexification des traitements imposent la mise en place d'un programme d'assurance de qualité extrêmement rigoureux, dont les contraintes sont d'autant plus délicates que l'équipement est doté de collimation multilames, de modulation d'intensité ou de réseau de gestion des paramètres de traitement. Ce programme demande, **tous contrôles confondus** et rapportés à l'unité de journée, **des créneaux horaires de 1H à 3H**. Ces contraintes de contrôle ont une incidence sur la disponibilité des machines pour les traitements, donc sur le nombre d'équipement par centre, et pour les effectifs de personnel.

Un **réseau national d'audit de la dose** doit être mis en œuvre, sur la base d'une obligation annuelle de métrologie, par un organisme indépendant et non commercial qui peut être dépendant du commissariat à l'énergie atomique (CEA) ou de l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

## VII. Conclusion

Notre pays présente un retard majeur en physique médicale, et cela à l'heure où les besoins en scientifiques, spécialistes des rayonnements ionisants, dans les structures de santé sont en augmentation. Cette augmentation est due à la mise en place progressive des directives européennes et à l'arrivée de nouvelles techniques. Le Premier Ministre a rappelé à l'Académie des Sciences, à propos du colloque des 14 et 15 mars 2001 sur les maladies à prions que *"Il ne s'agit pas seulement d'éradiquer un risque lorsque celui-ci est avéré, il faut aussi envisager les risques hypothétiques... Appliquer le principe de précaution implique que la décision soit prise par le politique"*. Pour la mise à niveau de la radiothérapie française, les décisions sont donc maintenant à prendre par le politique car elles ont une incidence sur le budget de la santé mais aussi la santé des habitants de notre pays.

Si nous regardons l'évolution de la radiothérapie française au cours des années antérieures ; nous constatons que la France est passée de la position de leader technologique et novateur en curiethérapie et radiothérapie à la position d'utilisateur, d'importateur de systèmes de

thérapie, de diagnostic, et de progiciels spécialisés. Ce constat montre que l'absence de position établie d'enseignement et de recherche en physique médicale dans les universités a laissé une lacune qu'il nous faut absolument combler pour reprendre la place qui est la notre au banc des grandes nations scientifiques.

Il est à noter que les physiciens médicaux exerçant sur le territoire français continuent de s'impliquer fortement, mais localement en recherche et développement ; lors des dernières journées scientifiques de la Société Française de Physique Médicale, 77 physiciens ont participé à des actions de recherche et proposé des communications innovantes, soit un quart du nombre total de physiciens médicaux en France, et notre profession a eu l'honneur et la charge d'organiser le Congrès Mondial de Physique Médicale en 1997. Ceci montre le potentiel scientifique de cette profession, dans les domaines de la radiothérapie, de la radiologie, de la médecine nucléaire et de la radioprotection, et sa reconnaissance internationale malgré des moyens limités, mais il faut néanmoins s'étonner que seule une très faible partie des physiciens médicaux puisse intervenir dans l'enseignement de la physique radiologique au sein des facultés de médecine.

Les techniques de traitement et de diagnostic ont très rapidement évolués au cours de ces 5 dernières années ; pour résoudre le problème de notre retard par rapport aux autres Nations de l'Union Européenne, et prendre en charges ces nouvelles techniques il est nécessaire de **doubler en 10 ans les effectifs** de physiciens médicaux.

Cette évolution ne peut se faire au dépend de la qualité. Il est donc nécessaire de créer sur le **territoire 2 autres écoles doctorales** de physique médicale, l'une d'elle devant travailler au niveau d'une **Eurorégion** pour favoriser le rapprochement des cultures scientifiques.

**Un statut de "résident de physique médicale"** pour une formation complémentaire en pratique hospitalière de 2 ans, à l'issue du DEA ou de la thèse de spécialité, devra être créé pour une reconnaissance européenne sous la forme **d'un "résidanat qualifiant"** validé par l'IRSN (institut de radioprotection et de sûreté nucléaire).

En vue d'une gestion optimale des ressources humaines la **création de services de physique médicale**, transversaux à la radiothérapie, la radiologie et la médecine nucléaire, clairement identifiés au sein des organigrammes des établissements et dotés d'une délégation de moyens doit être étudiée pour répondre au besoin, en terme de métrologie, contrôle de qualité et sécurité, des installations irradiantes dans l'hôpital. Ces structures de physique médicale placées sous la responsabilité d'un physicien expert (*confer niveau 5 EFOMP*) formé au management, à la gestion et à la médico-économie, devront être liées organiquement aux services au sein desquels ils assument une responsabilité. Ce secteur de physique médicale doit être composé (hors activités de recherche et d'enseignement spécifiques à chaque

établissement) d' **1 physicien ETP pour 350 à 400 malades en Radiothérapie** externe par an et **1 physicien ETP pour 250 curiethérapies par an** et **1 dosimétriste pour 300 dosimétries** informatisées par an. Au moins 1 physicien de l'équipe est titulaire d'une HDR dans un centre 3 (*confer " livre blanc de la radiothérapie"*). Un support en informatique (1 ingénieur ou 1 technicien spécialisé) pour un centre 3 doit être disponible dans le secteur de physique médicale pour l'assurance de qualité des réseaux images et paramètres de traitements

Le principe de précaution, et la cyndinique de l'assurance de qualité des équipements émetteurs de rayonnements ionisants nous amène irrévocablement au principe sécuritaire que **le prescripteur de l'acte radiologique ne peut en être le contrôleur** sur le plan de la métrologie des faisceaux d'irradiation. Les **responsabilités des différents intervenants doivent être précisés sous forme de circulaire** du Ministère de la Santé et du Ministère de l'Industrie sous la base simple que le médecin, prescripteur, est responsable de l'acte radiologique et radiothérapique, le physicien est responsable des équipements et de la dosimétrie, le manipulateur effectue l'acte radiologique sous la responsabilité du praticien.

Les **physiciens des établissements publics** doivent voir une modification de leur statut par leur intégration dans la **fonction publique hospitalière**. La situation actuelle de contractuels, qui les place dans une situation inconfortable et peu motivante risque de déresponsabiliser ces personnels et à terme, privera le secteur d'une force scientifique propre à promouvoir, dans ce domaine complexe des actes radiologiques, une politique de santé publique de qualité.

L'évolution de carrière dans les centres 3 ou centres lourds (1 par région ou pour 2 millions d'habitants) doit permettre aux physiciens experts (niveau 5 de l'EFOMP), ou titulaires d'une habilitation à diriger des recherches (HDR), d'accéder à une **carrière universitaire et/ou une équivalence de MCU-PH** afin de relancer une dynamique de recherche en physique médicale. La France doit retrouver la position novatrice et dynamique, qui était la sienne dans la première partie du siècle dernier, en utilisation médicale des rayonnements ionisants. Notre politique de communication en matière d'utilisation pacifique et énergétique de l'énergie nucléaire pouvant d'ailleurs s'appuyer sur ces professionnels.

Un statut de **dosimétriste qualifié** doit être créé pour des manipulateurs d'électroradiologie médicale ou des techniciens de mesures physiques qui auront suivi une formation complémentaire théorique d'un an. Ces techniciens spécialisés doivent être formés en nombre suffisant pour que chaque centre de traitement puisse disposer à l'échéance 2006 d' un corps professionnel de 1 dosimétriste pour 300 patients. Ces dosimétristes assureront le suivi technique du patient de la simulation au relevé dosimétrique in vivo. **Une licence**

**professionnelle** à établir dans 2 ou 3 universités scientifiques pourrait être une voie d'approche.

**Des techniciens réseaux (1 pour 1000 patients)** doivent être associés à court terme aux services de physique médicale pour accompagner l'informatisation de plus en plus complexe des réseaux images et réseaux de vérification et contrôle de la balistique.

Le respect des opérations de maintenance préventive des équipements de radiothérapie (300 à 600 H par an selon la technicité de l'équipement) et de suivi des interventions constructeurs crée une demande **de techniciens en électronique** et mécanique sur la base de **0,5 équivalent temps plein par accélérateur** de particules. Ces techniciens peuvent être rattachés, pour des raisons liées à l'assurance de qualité des générateurs de rayonnements ionisants au secteur de physique et d'ingénierie biomédicale.

La **profession de manipulateur en radiothérapie** doit être revalorisée par une **harmonisation des formations** du "Diplôme d'état de manipulateur radio" et de "Diplôme de technicien supérieur en imagerie médicale et radiologie thérapeutique" et une spécialisation en 3<sup>ème</sup> année en radiothérapie et imagerie nucléaire ou imagerie radiologique. La bonne gestion des emplois et des compétences des personnels de qualité que sont ces techniciens doit être soutenue par **des encadrants titulaires du diplôme de cadre de santé**.

La haute technicité des manipulateurs et leur responsabilité majeure dans l'acte thérapeutique sera ainsi épaulée, soutenue, valorisée, et reconnue au sein du plateau technique de la structure hospitalière.

Une synthèse d'un rapport sur la situation de la physique médicale au début du 21<sup>ème</sup> siècle ne peut occulter le sous-équipement national en équipement de radiothérapie. Ce sous-équipement peut être résorbé rapidement, sans incidence majeure sur le budget de la sécurité sociale, **en séparant l'acte technique** (simulation, dosimétrie, traitement) **de l'acte clinique** comme pour certains équipements lourds de diagnostic.

**Une refonte complète de la nomenclature** des actes de radiothérapie au cours des 2 prochaines années, doit donc être établie avec **la collaboration de l'ensemble des professionnels**, dont notamment les physiciens responsables de l'acte dosimétrique, afin de valoriser l'acte de traitement du cancer par rayonnements ionisants à sa juste valeur. La nomenclature actuelle, basée sur le parc technique d'un équipementier disparu au cours de la décennie précédente, est prétexte à toutes les dérives par notamment une segmentarisation des champs conduisant à une irradiation inutile de tissus sains, mais ce qui peut être considéré par le Législateur comme une utilisation abusive de la nomenclature est seule la méthode

permettant au secteur libéral une modernisation a minima du plateau technique dans l'intérêt effectif du patient.

Enfin **un fond d'investissement, financé par une taxe spécifique et "fléchée cancer", suivi par la commission de veille technologique** déjà évoquée, permettra aux centres à dotation globale de moderniser leur plateau technique, et au service public de former et d'engager des professionnels de qualité afin que notre pays reprenne au sein de l'Europe des 15 sa place de leader technologique dans le domaine du traitement du cancer par radiations ionisantes.

\*\*\*\*\*

# BIBLIOGRAPHIE

## **Réglementation :**

Arrêté du 23 avril 1969, relatif à l'agrément des appareils et installations utilisant les rayonnements ionisants à des fins médicales

Arrêté du 28 février 1977 relatif à la qualification des radiophysiciens

Décret du 15 janvier 96 relatif à la matériovigilance exercée sur les dispositifs médicaux et modifiant le code de Santé publique

Décret n°96-32 du 15 janvier 96: Organisation de la matériovigilance en France

Directive 84/466/EURATOM

DGS/DH/N°98/213 du 24 Mars 1998 relative à l'organisation des soins en cancérologie dans les établissements d'hospitalisation publics et privés.

Journal officiel des Communautés Européennes, 9 Juillet 1997, volume L 180 : 22, Directive du Conseil du 30/6/1997 N° 97/43 EURATOM, relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales, remplaçant la directive 84/466/Euratom.

## **Organisation**

ACRIM 2000- Annuaire de la cancérologie/radiothérapie et des imageries médicales en France.

La lettre de la Cancérologie-Radiothérapie N°2-1999 ; 53-55.

Livre Blanc : Evaluation et assurance qualité du plateau technique en oncologie radiothérapie Bulletin du cancer 1996 ; vol. 83/ suppl.2.

Rapport de la Cour des Comptes sur l'exécution des lois de financement de la Sécurité Sociale 2000 -Chapitre VII, La mise en oeuvre de la politique de santé : l'exemple de la lutte contre le cancer -section 111, la prise en charge thérapeutique.

Recommandations pour un programme d'assurance de qualité en radiothérapie externe. Bulletin du cancer 1992 ; 79 : 53-96

Standard-Options-Recommendations, Fédération Nationale des Centres de Lutte Contre le Cancer

### ***Assurance de qualité des équipements***

AAPM 13 : Physical aspects of quality assurance in radiation therapy. : Report of AAPM Task Group 13.

AAPM 21 : A protocol for determination of absorbed dose from high energy photons and electron beams : Report of AAPM Task Group 21. Med. Phys. 10, 741-771. 1983.

AAPM 35 : Medical accelerator safety considerations : Report of AAPM Task Group 35. Med. Phys. 20 1261-1275 : 1993.

AAPM 40 : Comprehensive QA for Radiation Oncology : Report of AAPM Task Group 40. Med. Phys. 21 581-618 : 1994.

AAPM 45 : Code of practise for accelerators : : Report of AAPM Task Group 45. Med. Phys. 21 1093-1121 : 1994.

Brahme A. Accuracy requirements on quality assurance of external beam therapy with photons and electrons. Acta Oncol 15 (suppl 1) : 1988.

Dutreix A. Hanson W.F. Jarvinen H. Johanson K.A. and Thwaites D.I.

Recommandations for an independant verification of the initial output calibration of megavoltage radiotherapy units in Radiation dose in radiotherapy from prescription to delivery. IAEA TECDOC 734. IAEA Vienna. pps 385-386.

CFMRI. Recommandations pour la mesure de la dose dans les faisceaux d'électrons et de photons d'énergie comprise entre 1 et 50 MeV. Chiron Editeur, Paris. 1986.

IAEA . Report n° 277 Absorbed dose determination in photon and electron beams. 1987.

IAEA . Report n° 277 Review of data and methodes recommanded in IAEA Report n° 277. 1992.

ICRU Report N° 24 ( 1976) Determination of absorbed dose in a patient irradiated by means of X rays or gamma rays in radiotherapy procedures

ICRU Report 38 Dose and volume specification for reporting intracavitary therapy in gynecology. International Commission for Radiation Units and Measurements. Bethesda. 1985.

ICRU Report 42 Use of computers in external beam radiotherapy procedures with high energy photons and electrons.. International Commission for Radiation Units and Measurements. Bethesda. 1987..

ICRU Report 50 Prescibing recording and reporting photon beam therapy. International Commission for Radiation Units and Measurements. Bethesda. 1993.

IEC- 976 (1989) , NFC 74208 ( 1991)

Appareils électromédicaux d'électrons: accélérateurs médicaux d'électrons dans la gamme de 1 MeV à 50 MeV: Caratéristiques fonctionnelles

IEC 60601-2-11 deuxième édition - août 97 Appareils électromédicaux- Partie 2: Règles particulières de sécurité pour les appareils de gammathérapie

IEC 60601-2-8 Modification n°1 août 97 . Appareils électromédicaux - Partie 2: Règles particulières de sécurité pour les équipements X de thérapie fonctionnant dans la gamme de 10 kV à 1 MV

IEC 60601-2-1 deuxième édition (vote prévu avant le 28 février 98)

Appareils électromédicaux - Partie 2: Règles particulières de sécurité pour les accélérateurs médicaux d'électrons dans la gamme 1 MeV à 50 MeV

Section un: généralités

Section deux: Sécurité radiologique des appareils

IEC 60601.2-48 Appareils électromédicaux. Partie 2: Règles particulières de sécurité appliqués aux systèmes de planification des traitements en radiothérapie .

ISO 3534 Statistic, vocabulary, and symbols. International Standards Organisation. Geneva : 1977.

ISO 9001 Quality system. International Standards Organisation. Geneva : 1989

IPSM Report 54. Commissioning and quality assurance of linear accelerators. Institute of Physical Science in Medicine. York. 1988.

IPSM Quality assurance of treatment planning systems. Institute of Physical Science in Medicine. York. 1995

Johanson K.A. Horiot J.C. Van Dam J. Lepinoy D. Sentenac I. and Sembo G. Quality assurance control in the EORTC co-operation group of radiotherapy. 2. Dosimetric intercomparaison. Radioth. Oncol. 7. 269-279 : 1986.

Johanson K.A. Horiot J.C. Van Der Schueren E. Quality assurance control in the EORTC co-operative group of radiotherapy. 3. Intercomparaison in an anatomical phantom. Radioth. Oncol. 9. 289-298 : 1987.

Lamprecht J.L. ISO 9000 et les services. AFNOR. Tour Europe . 92049 Paris La Défense cedex.1997.

Mayles W.P.M. Quality assurance in treatment planning – a UK view. World Congress on medical physics and biomedical engineering. Nice. september 14-19 , 1997.

Mège J.P. Programmes de calcul par ordinateurs : entrée des données et validations. Radioprotection du patient en radiothérapie, radiodiagnostic, et médecine nucléaire.

Enseignement Post-Universitaire. Faculté de Médecine de l'Université de Paris XII.  
Mars 1998.

Quality assurance in conformal radiotherapy: DYNARAD consensus report on practice guidelines

Zoi Lolisti, et al / Radiotherapy and Oncology 45 ( 1997) 217-223)

SFPH. Contrôle de qualité des accélérateurs d'électrons à usage médical. Cahier n°29 CNEH. Décembre 1986.

SFPH. Contrôle de qualité d'une installation de télécobalthérapie. Cahier n°28 CNEH. Novembre 1984..

SFPH ( 1990). Evaluation des performances et contrôle de qualité des scanners

SFRO-SFPH. Recommandation pour un programme d'assurance qualité en radiothérapie externe. Bull Cancer/Radiother 79 53-76 : 1992.

SFRO-SNRO. Evaluation et assurance qualité du plateau technique en oncologie radiothérapie.

Bull. Cancer/Radiother 83 (Suppl 2) : 242s-272s. Elsevier - Paris. 1996.

Thwaites D.I. A minimum quality assurance programme of the treatment unit in radiation dose in radiotherapy from prescription to delivery. IAEA TECDOC-734. IAEA. Vienna pps 201-208.

Van Dyk J. Barnett R.B. Cygler J.E. Shragge P.C. Commissioning and quality assurance of treatment planning computers. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. Vol. 26, pp.261-273. 1993.

WHO Quality assurance in radiotherapy. World Health Organisation. Geneva. 1988.

***Radiophysiciens :***

European Federation of organisations for Medical Physics : Radiation protection of the patient in Europe : the training of the medical physics expert in radiation physics or radiation technology

Physica Med. 1999 ; vol 15 : 149-153.

Quality assurance in radiotherapy: the importance of medical physics staffing levels., S.Belleti, A.Dutreix, Recommendations from an ESTRO/EFOMP joint task group ; Rad. Onc. 1996 ; 41 : 89-94.

### ***Manipulateurs de radiologie***

Décret N° 84-710 du 17 juillet 1984, fixant les catégories de personnes habilitées à effectuer certains actes d'électroradiologie médicale

Décret No 97-1057 du 19 novembre 1997 sur les compétences des manipulateurs de radiologie.

### ***Coûts***

A model for calculating the costs of in vivo dosimetry and portal imaging in radiotherapy departments, K. Kesteloot, A. Dutreix, Radiotherapy and Oncology, 28 (1993) 108-117

Le coût d'un service de radiothérapie, Lettre de la cancérologie-radiothérapie, juillet 1992, T. Sarrazin

Le coût de la qualité, Congrès SFRO, november 1992, T. Sarrazin

The costs of radiotherapy treatments on a linear accelerator, D. Greene, British Journal of radiology, 1983, 6, 189-191

### **Ont contribué à la rédaction de ce rapport :**

Aubert Bernard, Institut Gustave Roussy, Villejuif

Delpech Jean-Paul, Centre Paul Strauss, Strasbourg  
Estivallet André, Centre d'oncologie du Pays Basque, Bayonne  
Estrade Georges, Centre Hospitalier, Angoulême  
François Pascal, Centre Claudius Regaud, Toulouse  
Gardin Isabelle, Centre Henri Becquerel, Rouen  
Giraud Jean-Yves, CHU Michallon, Grenoble  
Lisbonna André, Centre René Gauducheau, Nantes  
Naudy Suzanne, Centre Georges François Leclercq, Dijon  
Noël Alain, Centre Alexis Vautrin, Nancy

### **Coordinateur**

Sarrazin Thierry, Centre Oscar Lambret, Lille

### **Contact :**

- **Société Française de Physique Médicale**

Siège social : Institut Curie, 26, rue d'Ulm, 75005 Paris

Président Jean-Yves Giraud, Hôpital Michalon, Grenoble

- **Syndicat National des Médecins des Établissements Hospitaliers Privés et Publics**

Siège Social : FMS, 39, rue Victor Massé, 75009, Paris

Président Thierry Sarrazin, CRLCC Oscar Lambret, BP 307 Lille

