



# COLLECTION SANTÉ HUMAINE DE L'IAEA

N° 25

Rôle, responsabilités  
et prescriptions en matière  
de formation théorique et pratique  
pour les physiciens médicaux  
compétents sur le plan clinique



**IAEA**

Agence internationale de l'énergie atomique

## **PUBLICATIONS DANS LA COLLECTION SANTÉ HUMAINE DE L'AIEA**

Le mandat du programme de la santé humaine tient son origine dans l'article II du Statut de l'AIEA, qui stipule que « l'Agence s'efforce de hâter et d'accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier ». Le programme de la santé humaine a pour principal objet de renforcer la capacité des États Membres de l'AIEA à satisfaire leurs besoins en matière de prévention, de diagnostic et de traitement des problèmes de santé grâce à la mise au point et à l'application de techniques nucléaires dans un cadre d'assurance de la qualité.

Les publications paraissant dans la collection Santé humaine de l'AIEA traitent des domaines suivants : la médecine radiologique, y compris la radiologie diagnostique, la médecine nucléaire diagnostique et thérapeutique, et la radiothérapie ; la dosimétrie et la radiophysique médicale ; et les techniques faisant appel aux isotopes stables et autres applications nucléaires dans le domaine de la nutrition. Ces publications intéressent un grand nombre de lecteurs et sont destinées aux praticiens, aux chercheurs et à d'autres professionnels. Des experts internationaux aident le Secrétariat de l'AIEA à les rédiger et les réviser. Certaines des publications paraissant dans la présente collection peuvent aussi être approuvées ou coparrainées par des organisations internationales et des associations professionnelles actives dans les domaines pertinents.

Cette collection comprend deux catégories de publications :

### **COLLECTION SANTÉ HUMAINE DE L'AIEA**

Cette catégorie de publications présente des analyses ou des informations qui revêtent un caractère consultatif, comme des guides, des codes et des normes de pratique, et des manuels d'assurance de la qualité. Des monographies et du matériel didactique de haut niveau, comme des manuels de troisième cycle, sont aussi publiés dans cette collection.

### **RAPPORTS SUR LA SANTÉ HUMAINE DE L'AIEA**

Les rapports sur la santé humaine complètent les informations publiées dans la collection Santé humaine de l'AIEA dans le domaine de la médecine radiologique, de la dosimétrie et de la radiophysique médicale, et de la nutrition. Ils comprennent des rapports de réunions techniques, les résultats des projets de recherche coordonnée de l'AIEA, des rapports intermédiaires sur des projets de l'AIEA, et du matériel didactique compilé pour des cours de l'AIEA traitant de sujets liés à la santé humaine. Dans certains cas, ces rapports peuvent servir de documents d'appui à des publications parues dans la collection Santé humaine de l'AIEA.

Toutes ces publications peuvent être téléchargées gratuitement sur le site web de l'AIEA :  
<http://www.iaea.org/Publications/index.html>

Pour de plus amples informations :

Unité de la promotion et de la vente  
Agence internationale de l'énergie atomique  
Centre international de Vienne  
B.P. 100  
1400 Vienne (Autriche)

Les lecteurs sont invités à partager leurs impressions sur ces publications. Les informations peuvent être communiquées sur le site web de l'AIEA, par courrier à l'adresse mentionnée plus haut ou par courriel à :

[Official.Mail@iaea.org](mailto:Official.Mail@iaea.org).

RÔLE, RESPONSABILITÉS ET  
PRESCRIPTIONS EN MATIÈRE  
DE FORMATION THÉORIQUE  
ET PRATIQUE POUR LES  
PHYSICIENS MÉDICAUX  
COMPÉTENTS SUR LE PLAN  
CLINIQUE

Les États ci-après sont Membres de l'Agence internationale de l'énergie atomique :

|                      |                            |                           |
|----------------------|----------------------------|---------------------------|
| AFGHANISTAN          | GÉORGIE                    | PALAOS                    |
| AFRIQUE DU SUD       | GHANA                      | PANAMA                    |
| ALBANIE              | GRÈCE                      | PAPOUASIE-NOUVELLE-GUINÉE |
| ALGÉRIE              | GUATEMALA                  | PARAGUAY                  |
| ALLEMAGNE            | GUYANA                     | PAYS-BAS                  |
| ANGOLA               | HAÏTI                      | PÉROU                     |
| ARABIE SAOUDITE      | HONDURAS                   | PHILIPPINES               |
| ARGENTINE            | HONGRIE                    | POLOGNE                   |
| ARMÉNIE              | ÎLES MARSHALL              | PORTUGAL                  |
| AUSTRALIE            | INDE                       | QATAR                     |
| AUTRICHE             | INDONÉSIE                  | RÉPUBLIQUE ARABE          |
| AZERBAÏDJAN          | IRAN, RÉP. ISLAMIQUE D'    | SYRIENNE                  |
| BAHAMAS              | IRAQ                       | RÉPUBLIQUE                |
| BAHREÏN              | IRLANDE                    | CENTRAFRICAINE            |
| BANGLADESH           | ISLANDE                    | RÉPUBLIQUE DE MOLDOVA     |
| BÉLARUS              | ISRAËL                     | RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE   |
| BELGIQUE             | ITALIE                     | DU CONGO                  |
| BELIZE               | JAMAÏQUE                   | RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE   |
| BÉNIN                | JAPON                      | POPULAIRE LAO             |
| BOLIVIE, ÉTAT        | JORDANIE                   | RÉPUBLIQUE DOMINICAINE    |
| PLURINATIONAL DE     | KAZAKHSTAN                 | RÉPUBLIQUE TCHÈQUE        |
| BOSNIE-HERZÉGOVINE   | KENYA                      | RÉPUBLIQUE-UNIE DE        |
| BOTSWANA             | KIRGHIZISTAN               | TANZANIE                  |
| BRÉSIL               | KOWEÏT                     | ROUMANIE                  |
| BRUNÉI DARUSSALAM    | LESOTHO                    | ROYAUME-UNI               |
| BULGARIE             | LETTONIE                   | DE GRANDE-BRETAGNE        |
| BURKINA FASO         | L'EX-RÉPUBLIQUE YOUGOSLAVE | ET D'IRLANDE DU NORD      |
| BURUNDI              | DE MACÉDOINE               | RWANDA                    |
| CAMBODGE             | LIBAN                      | SAINT-MARIN               |
| CAMEROUN             | LIBÉRIA                    | SAINT-SIÈGE               |
| CANADA               | LIBYE                      | SÉNÉGAL                   |
| CHILI                | LIECHTENSTEIN              | SERBIE                    |
| CHINE                | LITUANIE                   | SEYCHELLES                |
| CHYPRE               | LUXEMBOURG                 | SIERRA LEONE              |
| COLOMBIE             | MADAGASCAR                 | SINGAPOUR                 |
| CONGO                | MALAISIE                   | SLOVAQUIE                 |
| CORÉE, RÉPUBLIQUE DE | MALAWI                     | SLOVÉNIE                  |
| COSTA RICA           | MALI                       | SOUDAN                    |
| CÔTE D'IVOIRE        | MALTE                      | SRI LANKA                 |
| CROATIE              | MAROC                      | SUÈDE                     |
| CUBA                 | MAURICE                    | SUISSE                    |
| DANEMARK             | MAURITANIE                 | SWAZILAND                 |
| DJIBOUTI             | MEXIQUE                    | TADJIKISTAN               |
| DOMINIQUE            | MONACO                     | TCHAD                     |
| ÉGYPTE               | MONGOLIE                   | THAÏLANDE                 |
| EL SALVADOR          | MONTÉNÉGRO                 | TOGO                      |
| ÉMIRATS ARABES UNIS  | MOZAMBIQUE                 | TRINITÉ-ET-TOBAGO         |
| ÉQUATEUR             | MYANMAR                    | TUNISIE                   |
| ÉRYTHRÉE             | NAMIBIE                    | TURQUIE                   |
| ESPAGNE              | NÉPAL                      | UKRAINE                   |
| ESTONIE              | NICARAGUA                  | URUGUAY                   |
| ÉTATS-UNIS           | NIGER                      | VENEZUELA,                |
| D'AMÉRIQUE           | NIGERIA                    | RÉP. BOLIVARIENNE DU      |
| ÉTHIOPIE             | NORVÈGE                    | VIET NAM                  |
| FÉDÉRATION DE RUSSIE | NOUVELLE-ZÉLANDE           | YÉMEN                     |
| FIDJI                | OMAN                       | ZAMBIE                    |
| FINLANDE             | OUGANDA                    | ZIMBABWE                  |
| FRANCE               | OUZBÉKISTAN                |                           |
| GABON                | PAKISTAN                   |                           |

Le Statut de l'Agence a été approuvé le 23 octobre 1956 par la Conférence sur le Statut de l'AIEA, tenue au Siège de l'Organisation des Nations Unies, à New York ; il est entré en vigueur le 29 juillet 1957. L'Agence a son Siège à Vienne. Son principal objectif est « de hâter et d'accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier ».

COLLECTION  
SANTÉ HUMAINE DE L'AIEA N° 25

RÔLE, RESPONSABILITÉS ET  
PRESCRIPTIONS EN MATIÈRE  
DE FORMATION THÉORIQUE  
ET PRATIQUE POUR LES  
PHYSICIENS MÉDICAUX  
COMPÉTENTS SUR LE PLAN  
CLINIQUE

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE  
VIENNE, 2015

## **DROITS D'AUTEUR**

Toutes les publications scientifiques et techniques de l'AIEA sont protégées par les dispositions de la Convention universelle sur le droit d'auteur adoptée en 1952 (Berne) et révisée en 1972 (Paris). Depuis, le droit d'auteur a été élargi par l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (Genève) à la propriété intellectuelle sous forme électronique. La reproduction totale ou partielle des textes contenus dans les publications de l'AIEA sous forme imprimée ou électronique est soumise à autorisation préalable et habituellement au versement de redevances. Les propositions de reproduction et de traduction à des fins non commerciales sont les bienvenues et examinées au cas par cas. Les demandes doivent être adressées à la Section d'édition de l'AIEA :

Unité de la promotion et de la vente, Section d'édition  
Agence internationale de l'énergie atomique  
Centre international de Vienne  
B.P. 100  
1400 Vienne, Autriche  
télécopie : +43 1 2600 29302  
téléphone : +43 1 2600 22417  
courriel : [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)  
<http://www.iaea.org/books>

© AIEA, 2015

Imprimé par l'AIEA en Autriche  
Septembre 2015  
STI/PUB/1610

**RÔLE, RESPONSABILITÉS ET PRESCRIPTIONS EN  
MATIÈRE DE FORMATION THÉORIQUE ET PRATIQUE  
POUR LES PHYSICIENS MÉDICAUX COMPÉTENTS SUR  
LE PLAN CLINIQUE  
AIEA, VIENNE, 2015  
STI/PUB/1610  
ISBN 978-92-0-207114-8  
ISSN 2075-3772**

## AVANT-PROPOS

Le projet de coopération technique de l'AIEA intitulé « Renforcement de la physique médicale en médecine radiologique » a été approuvé par le Conseil des Gouverneurs de l'AIEA pour la période 2009-2013 afin de s'assurer que le diagnostic et le traitement des patients s'effectuent de manière sûre et efficace. L'AIEA, l'Organisation mondiale de la Santé et des parties prenantes issues de nombreuses associations de physique médicale du monde entier, dont l'Organisation internationale de physique médicale (IOMP), la Fédération européenne des organisations de physique médicale, l'Association américaine des physiciens en médecine (AAPM), l'Association latino-américaine de physique médicale, la Fédération des organisations de physique médicale d'Asie et d'Océanie, la Société européenne de radiothérapie et de radio-oncologie, la Commission européenne et l'Association internationale de radioprotection, ainsi que leurs homologues régionaux d'Afrique, d'Asie, d'Europe et d'Amérique latine, se sont réunies à Vienne en mai 2009 afin de préparer et de coordonner ce nouveau projet. Dans ce cadre, les principaux problèmes à traiter ont été recensés : il s'agit du manque de physiciens médicaux compétents sur le plan clinique (PMCCP), de l'insuffisance des formations théoriques et pratiques (avec en particulier des carences dans l'organisation et la coordination de la formation clinique) et du manque de reconnaissance professionnelle. La présente publication a été élaborée dans le cadre de ce projet en réponse à ces conclusions. Elle ambitionne tout d'abord de définir correctement et sans équivoque le rôle et les responsabilités d'un PMCCP dans les spécialités de la physique médicale qui concernent l'utilisation des rayonnements ionisants, par exemple la radiothérapie, la médecine nucléaire ou la radiologie diagnostique et interventionnelle. Chose importante, les modalités d'imagerie qui font appel à des rayonnements non ionisants, comme la résonance magnétique ou l'échographie, sont également étudiées dans un souci d'exhaustivité. En fonction des tâches présentées, le présent ouvrage formule des prescriptions minimales recommandées pour la formation théorique et clinique des PMCCP, y compris en ce qui concerne l'habilitation des programmes et la qualification, l'enregistrement et le développement professionnel continu des personnes. L'objectif est d'établir des critères qui concourent à l'harmonisation de l'enseignement général et de la formation clinique dans le monde entier, ainsi que de promouvoir la reconnaissance de la physique médicale comme métier.

La présente publication a été approuvée par l'AAPM et par l'IOMP.

L'AIEA remercie pour leur contribution importante C. Constantinou (Chypre) et K. Y. Cheung (Chine), présidents des groupes de travail qui ont respectivement rédigé les recommandations concernant le rôle, les responsabilités et la formation théorique des PMCCP et celles qui portent

sur les prescriptions applicables à la formation clinique et sur la qualification des PMCP. L'AIEA exprime également sa reconnaissance à P. Andreo (Suède), qui a élaboré le rapport final.

La présente publication a été établie sous la responsabilité de A. Meghzifene et D. van der Merwe, de la Division de la santé humaine.

#### NOTE DE L'ÉDITEUR

*Bien que l'exactitude des informations contenues dans la présente publication ait fait l'objet d'un soin particulier, ni l'AIEA, ni ses États Membres n'assument une quelconque responsabilité pour les conséquences éventuelles de leur utilisation.*

*L'emploi d'appellations particulières pour désigner des pays ou des territoires n'implique de la part de l'éditeur, l'AIEA, aucune prise de position quant au statut juridique de ces pays ou territoires, ou de leurs autorités et institutions, ni quant au tracé de leurs frontières.*

*La mention de noms de sociétés ou de produits particuliers (qu'ils soient ou non signalés comme marques déposées) n'implique aucune intention d'empiéter sur des droits de propriété, et ne doit pas être considérée non plus comme valant approbation ou recommandation de la part de l'AIEA.*

*L'AIEA n'assume aucune responsabilité quant à la persistance ou l'exactitude des adresses URL de sites web externes ou de tiers mentionnées dans le présent rapport et ne peut garantir que le contenu desdits sites est ou demeurera exact ou approprié.*



## TABLE DES MATIÈRES

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | INTRODUCTION.....   | 1  |
| 2.     | RÔLE ET RESPONSABILITÉS DES PHYSICIENS MÉDICAUX<br>COMPÉTENTS SUR LE PLAN CLINIQUE.....   | 3  |
| 3.     | RÔLE ET RESPONSABILITÉS COMMUNS À TOUS LES<br>PHYSICIENS MÉDICAUX COMPÉTENTS SUR LE PLAN<br>CLINIQUE.....                         | 6  |
| 4.     | RÔLE ET RESPONSABILITÉS PROPRES À CHAQUE<br>SPÉCIALITÉ DE LA PHYSIQUE MÉDICALE.....   | 10 |
| 4.1.   | Radiothérapie.....  | 10 |
| 4.2.   | Imagerie médicale.....  | 22 |
| 4.2.1. | Médecine nucléaire.....   | 22 |
| 4.2.2. | Radiologie diagnostique et interventionnelle.....   | 28 |
| 4.2.3. | Autres modalités d'imagerie.....  | 32 |
| 4.3.   | Radioprotection sur le lieu de travail et protection<br>radiologique du public.....   | 38 |
| 4.3.1. | Sûreté du personnel et du public.....   | 39 |
| 4.3.2. | Sûreté des sources radioactives.....  | 42 |
| 5.     | EFFECTIFS ET ORGANISATION D'UN SERVICE DE<br>PHYSIQUE MÉDICALE.....   | 43 |
| 5.1.   | Prescriptions relatives aux effectifs.....  | 45 |
| 6.     | RECOMMANDATIONS RELATIVES À LA FORMATION<br>THÉORIQUE ET CLINIQUE DES PHYSICIENS MÉDICAUX<br>COMPÉTENTS SUR LE PLAN CLINIQUE..... | 48 |
| 6.1.   | Situation actuelle.....   | 48 |
| 6.2.   | Prescriptions relatives à la formation théorique et clinique.....   | 49 |
| 6.3.   | Habilitation, qualification et enregistrement.....  | 51 |
| 6.4.   | Programmes de développement professionnel continu.....  | 53 |
| 6.5.   | Résumé des prescriptions relatives à la qualification des<br>physiciens médicaux.....   | 53 |

|  |    |
|--|----|
| APPENDICE I : CODE DE DÉONTOLOGIE DES PHYSICIENS<br>MÉDICAUX QUI TRAVAILLENT EN<br>ENVIRONNEMENT CLINIQUE..... | 55 |
| APPENDICE II : MISSIONS ET CAPACITÉS DES<br>DOSIMÉTRISTES .....  | 67 |
| RÉFÉRENCES .....   | 71 |
| ABRÉVIATIONS ET SIGLES .....   | 75 |
| PERSONNES AYANT COLLABORÉ À LA RÉDACTION ET À<br>L'EXAMEN .....  | 77 |

# 1. INTRODUCTION

La physique médicale est une branche de la physique appliquée qui est pratiquée par des physiciens médicaux faisant appel aux principes, méthodes et techniques de la physique dans un contexte concret, en environnement clinique et dans le domaine de la recherche à des fins de prévention, de diagnostic et de traitement des maladies humaines dans le but précis d'améliorer la santé et le bien-être des personnes. Elle connaît des applications très diverses dans de nombreux domaines et l'exercice de cette activité a récemment été classé comme métier à l'échelle internationale [1]. Le rôle et les responsabilités des physiciens médicaux en général ont été synthétisés par l'Organisation internationale de physique médicale (IOMP) [2]. La description détaillée de ce rôle en environnement clinique, principalement dans les domaines qui touchent à l'utilisation des rayonnements ionisants, constitue l'un des objectifs de la présente publication, tout comme le fait d'énoncer les principes qui justifient des prescriptions harmonisées à l'échelle internationale pour l'enseignement théorique et la formation clinique des physiciens médicaux.

Selon la définition qui figure dans les Normes fondamentales internationales (NFI) [3], un physicien médical qui travaille en environnement clinique est un :

« [P]rofessionnel de santé qui a reçu une formation théorique et pratique spécialisée aux concepts et aux techniques de physique appliqués à la médecine et qui est qualifié pour pratiquer de manière indépendante dans un ou plusieurs sous-domaines (spécialités) de la physique médicale. »

La directive 97/43/Euratom du Conseil [4] contient une définition similaire, quoique limitée aux applications qui concernent les expositions médicales, de l'expression « expert en physique médicale ». Cette définition a été modifiée récemment au cours du processus de révision des normes de base de radioprotection élaborées dans le cadre d'Euratom [5]. L'expression « pratiquer de manière indépendante » signifie qu'un physicien médical ne travaille pas sous la responsabilité directe d'un physicien médical plus expérimenté et est capable de garantir que les irradiations s'effectuent de manière sûre et efficace afin d'aboutir à un résultat diagnostique ou thérapeutique conformément à l'intérêt du patient. Les spécialités associées à l'utilisation des rayonnements ionisants pour des expositions médicales comprennent la physique de l'imagerie médicale, à laquelle se rattachent la radiologie diagnostique et interventionnelle (RDI) et les procédures qui font intervenir des radionucléides (médecine nucléaire), la physique de la radiothérapie et la radioprotection médicale. Ces spécialités de physique médicale constituent un élément essentiel de la médecine radiologique.

L'objectif de la présente publication est d'établir des critères qui concourent à l'harmonisation de l'enseignement général et de la formation clinique dans le monde entier, ainsi que de promouvoir la reconnaissance et l'excellence de la physique médicale comme métier à l'échelle internationale.

Les physiciens médicaux doivent avoir suivi de manière satisfaisante un premier cycle universitaire en physique ou en sciences de l'ingénieur, puis une formation professionnalisante qui comprend une à trois années d'enseignement de la physique médicale en deuxième cycle universitaire. Pour obtenir le titre de physicien médical compétent sur le plan clinique (PMCP), cette dernière formation doit être suivie d'au moins deux années supplémentaires de formation pratique structurée en environnement clinique dans une ou plusieurs des spécialités de la physique médicale. Au total, l'enseignement théorique et la formation clinique doivent durer en général au minimum sept ans. Les physiciens médicaux qui ont suivi un enseignement universitaire et qui travaillent ou font des recherches dans un environnement non médical ont besoin d'une formation adéquate supplémentaire pour devenir PMCP. La formation théorique et pratique des PMCP devrait être reconnue par un organisme d'habilitation national ou international. Afin d'entretenir et d'améliorer leurs compétences professionnelles et leur aptitude à travailler de manière indépendante, les physiciens médicaux devraient participer à un programme de développement professionnel continu (DPC) qui devrait comprendre une participation à des conférences nationales ou internationales et une formation sur des sujets qui concernent leur spécialité. Ils devraient également consulter régulièrement des revues et de la littérature scientifiques qui traitent de cette matière.

La compétence des physiciens médicaux devrait être évaluée par un organisme autorisé à cet effet, ce qui se traduirait par un mécanisme officiel pour leur enregistrement et leur habilitation ou leur qualification. L'organisme de qualification professionnelle devrait être constitué de physiciens médicaux régulièrement élus à cette fin par les PMCP du pays concerné. Lorsqu'aucun mécanisme officiel n'existe, les physiciens médicaux devraient être diplômés par un organisme de qualification professionnelle national ou international après avoir su montrer grâce à des examens écrits et oraux qu'ils disposent du niveau de compétence nécessaire pour pratiquer de manière indépendante dans un ou plusieurs sous-domaines de la physique médicale. Un physicien médical qualifié est donc un PMCP qui a obtenu une qualification indiquant qu'il dispose du niveau de compétence nécessaire pour pratiquer de manière indépendante dans un ou plusieurs sous-domaines de la physique médicale, car il a réussi les épreuves écrites et orales organisées par un organisme de qualification professionnelle national ou international régulièrement désigné à cette fin.

La présente publication a pour objet de formuler des recommandations sur les prescriptions minimales relatives à l'enseignement théorique et à la

formation clinique nécessaires pour qu'un physicien devienne PMCPC. Elle comprend des préconisations concernant l'habilitation des programmes et la qualification, l'enregistrement et le DPC des personnes. Dans le but d'étayer ces recommandations, elle commence par détailler le rôle et les responsabilités d'un PMCPC dans les différentes spécialités tout en intégrant des conseils sur l'organisation des services de physique médicale.

Comme les PMCPC sont des professionnels de santé et, de ce fait, ont accès aux données patient, sont en contact direct avec les patients en environnement clinique et participent à leur prise en charge, ils sont soumis aux mêmes principes déontologiques que les autres intervenants en ce qui concerne leur comportement professionnel. Un exemple de code de déontologie auquel les PMCPC doivent se conformer en environnement clinique est présenté à l'appendice I.

Dans certains pays, en particulier en Amérique du Nord, un groupe distinct de professionnels, appelés dosimétristes, est apparu. Dans la plupart des pays, le rôle et les responsabilités des dosimétristes sont exercés par des PMCPC. L'appendice II donne des informations sur les tâches et les capacités habituellement attendues des dosimétristes selon l'Association américaine des dosimétristes (AAMD).

## **2. RÔLE ET RESPONSABILITÉS DES PHYSICIENS MÉDICAUX COMPÉTENTS SUR LE PLAN CLINIQUE**

Le physicien médical est un membre d'une équipe pluridisciplinaire qui effectue des diagnostics et des traitements sur des patients à l'aide de rayonnements ionisants ou non ionisants. Il contribue à garantir un haut niveau de qualité de service dans les hôpitaux et les centres de soins [6-8]. En tant que professionnel de la physique, le PMCPC est capable d'identifier les problèmes, d'élaborer des stratégies pour les résoudre, d'interpréter des informations nouvelles ou hors normes, d'examiner des situations inhabituelles de manière scientifique, de communiquer un avis scientifique de manière claire et précise, de reconnaître les cas d'erreur et d'engager les actions correctives nécessaires et enfin d'avoir conscience de ses propres limites en matière de connaissances et de capacités. En environnement clinique, le principal rôle du PMCPC est d'optimiser l'utilisation des rayonnements ou de conseiller d'autres professionnels de santé pour qu'ils les optimisent afin de garantir la sûreté et la qualité des procédures diagnostiques ou thérapeutiques et d'établir des règles, un mode opératoire et des techniques de mesure permettant de déterminer la dose reçue par le patient,

ainsi que de recueillir et d'analyser des données physiques cliniques à des fins de diagnostic ou de traitement des maladies.

Le PMCPC est responsable de l'élaboration et de la mise en œuvre des aspects physiques et techniques des programmes d'assurance de la qualité (AQ) pour les procédures diagnostiques et thérapeutiques. Il est également chargé de conseiller ou d'aider d'autres professionnels de santé afin qu'ils trouvent le juste équilibre entre les effets bénéfiques et les effets nocifs des rayonnements et jouent un rôle essentiel dans l'installation d'un nouvel équipement en ce qui concerne la radioprotection des patients, des travailleurs et du public, notamment en concevant des blindages. Les physiciens médicaux effectuent de la recherche-développement pour de nouveaux équipements, méthodes, procédures et techniques visant à améliorer les soins médicaux diagnostiques et thérapeutiques. Ils assurent également des formations théoriques et pratiques dans le domaine de la physique appliquée et de la sûreté radiologique à destination des médecins [9], des infirmières, du personnel technique, des étudiants et d'autres personnes. Dans la plupart des hôpitaux, le PMCPC doit veiller à ce que les installations d'imagerie diagnostique et de radiothérapie soient conformes à la réglementation nationale applicable et respectent les recommandations des organismes internationaux compétents [3]. Il aide le personnel d'encadrement de l'hôpital à définir les spécifications pour l'achat des équipements et donne des conseils techniques, scientifiques et administratifs.

Cette section décrit le rôle et les responsabilités particuliers du PMCPC en radiothérapie et en imagerie médicale, que cette dernière fasse appel à des rayonnements ionisants ou à des rayonnements non ionisants. Même si ce sujet n'est pas examiné en détail dans la présente publication, le PMCPC est parfois également apte à apporter une aide technique dans d'autres domaines qui intéressent la médecine (thérapie photodynamique, imagerie optique, utilisation de lasers, usage thérapeutique des ultrasons et des mesures physiologiques, etc.). Certaines de ces techniques sont implicitement traitées par cette section.

Les principaux rôles et responsabilités du PMCPC en milieu hospitalier dépendent de leurs compétences dans une ou plusieurs des spécialités de la physique médicale et de leur connaissance clinique des principes, des fondements anatomiques et physiologiques des études cliniques qui s'y rattachent, des techniques utilisées dans les procédures cliniques, etc. Ce rôle et ces responsabilités peuvent être répartis en deux groupes principaux : l'un concerne les aspects qui sont communs à toutes les spécialités de la physique médicale et l'autre inclut ceux qui sont propres à une spécialité particulière. Ils peuvent être synthétisés comme suit :

- a) Rôle et responsabilités communs à toutes les spécialités :
  - i) Étalonnage et vérification des instruments de mesure ;

- ii) Supervision technique du fonctionnement et de la maintenance des équipements ;
- iii) Consignation de résultats et rédaction de documents ;
- iv) Intervention dans le domaine de l'informatique et des réseaux cliniques ;
- v) Recherche-développement ;
- vi) Enseignement théorique et pratique ;
- b) Rôle et responsabilités propres aux spécialités de la radiothérapie, de la médecine nucléaire et de la RDI :
  - i) Conception de l'installation, spécifications, réception et mise en service des équipements, y compris l'élaboration de critères d'acceptation des performances ;
  - ii) Sûreté et protection radiologiques des patients, du personnel et du grand public ;
  - iii) Dosimétrie des sources de rayonnements et des patients ;
  - iv) Optimisation des aspects physiques des procédures diagnostiques et thérapeutiques ;
  - v) Gestion de la qualité pour les aspects physiques et techniques de la médecine radiologique et notamment :
    - élaboration de règles et de procédures internes permettant une utilisation sûre et efficace des rayonnements,
    - supervision des procédures d'AQ et de contrôle de la qualité (CQ),
    - évaluation et gestion du risque ;
- c) Collaboration avec d'autres professionnels de santé dans un cadre médical, et notamment :
  - consultation avec des médecins et d'autres membres des équipes médicales durant les phases diagnostiques et thérapeutiques,
  - mise en place et contrôle de procédures cliniques nouvelles ou complexes et aide à la formation du personnel médical.

Le rôle et les responsabilités communs à toutes les spécialités de la physique médicale sont présentés ci-après et sont suivis d'une section qui expose les missions et les responsabilités propres aux différentes spécialités qui utilisent des rayonnements ionisants, à savoir la radiothérapie, la médecine nucléaire et la RDI. Le rôle et les responsabilités des physiciens médicaux dans certaines modalités d'imagerie qui font appel aux rayonnements non ionisants, comme l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou l'échographie, sont également définis. On y trouvera aussi un résumé de ces missions, ainsi que les responsabilités du PMPCPC en matière de radioprotection des patients, du personnel et du public. Les aspects de l'utilisation des sources radioactives et des générateurs de rayonnements qui concernent la radioprotection en environnement

clinique sont examinés individuellement pour chaque spécialité, tandis que ceux qui concernent la radioprotection des travailleurs et du public sont étudiés globalement dans une section distincte.

### **3. RÔLE ET RESPONSABILITÉS COMMUNS À TOUS LES PHYSICIENS MÉDICAUX COMPÉTENTS SUR LE PLAN CLINIQUE**

Les principales missions et responsabilités du PMCPC qui sont communes à toutes les spécialités de la physique médicale sont décrites ci-après (et résumées dans le tableau 1) :

- a) *Étalonnage et vérification des instruments de mesure* : Le PMCPC doit étalonner les instruments qu'il utilise ou suivre les normes ou les codes de bonnes pratiques recommandés et conserver les résultats d'étalonnage nécessaires. Il est chargé d'élaborer des procédures permettant de déterminer la stabilité des instruments pour une utilisation clinique.
- b) *Supervision technique du fonctionnement et de la maintenance des équipements* : Le PMCPC pilote la maintenance préventive et corrective, ainsi que les réparations et l'étalonnage des équipements diagnostiques, thérapeutiques et de mesure, et est aussi chargé de conserver une trace des informations importantes. Il collabore avec les agents de maintenance afin d'élaborer et de tenir à jour un plan de gestion de la qualité pour tous les équipements, de sorte que ceux-ci fonctionnent de manière optimale. Le PMCPC délivre l'autorisation relative à l'utilisation clinique d'un équipement de radiologie à l'issue d'une procédure de maintenance. À cette fin, il réalise des mesures de CQ d'une complexité particulière à l'issue d'une maintenance préventive ou corrective afin de s'assurer que le fonctionnement de l'équipement n'a pas été affecté par une modification effectuée pendant la maintenance ou la réparation. En vérifiant le bon fonctionnement de l'équipement, il vise à garantir des performances optimales et la sûreté des patients et du personnel.
- c) *Consignation de résultats et rédaction de documents* : Le PMCPC élabore les documents nécessaires, conserve les résultats obtenus dans son domaine d'activité et fournit les éléments qui montrent la conformité des équipements et des procédures aux règles et recommandations énoncées par l'organisme de réglementation et par l'organisme de contrôle compétents. Il examine les chiffres qui figurent dans le dossier médical d'un patient afin de



vérifier qu'une dose prescrite a été correctement interprétée ou d'examiner une demande de procédure d'imagerie en médecine radiologique, d'optimisation des paramètres d'un plan de traitement en radiothérapie, de fixation des paramètres d'un faisceau pour une procédure d'imagerie ou de traitement ou de dosimétrie d'un patient ou d'un radiopharmaceutique. De plus, il est chargé d'établir les documents pour l'AQ, l'étalonnage des équipements, les audits dosimétriques externes et toutes les autres règles et procédures de physique médicale.

- d) *Intervention dans le domaine de l'informatique et des réseaux cliniques* : Le PMCPC dispose des connaissances et des capacités nécessaires pour apporter son aide à l'utilisation d'intranets, constitués par exemple de postes d'examen ou de traitement et de systèmes d'enregistrement et de vérification, pour réaliser des tâches élémentaires de gestion et d'administration d'un système informatique, pour appliquer des techniques de traitement d'images comme la reconstruction, le recalage ou la fusion et pour effectuer une assistance de premier niveau afin de résoudre les problèmes informatiques les plus courants. Il a une bonne connaissance des principes fondamentaux et de l'utilisation des systèmes d'enregistrement et de vérification, des systèmes d'archivage et de transmissions d'images, des systèmes d'information radiologique et des systèmes d'information hospitaliers. Il sait également comment sauvegarder, manipuler ou distribuer des images ou des données relatives à des patients sur différentes stations de travail. Il collabore avec des informaticiens en vue de vérifier l'intégration des postes au réseau et le transfert des données afin de s'assurer que tous les systèmes fonctionnent et que les données patient ne peuvent être consultées que par les personnes qui disposent des autorisations nécessaires.
- e) *Recherche-développement* : Le PMCPC évalue les nouvelles techniques et étudie la possibilité d'adoption de nouvelles procédures en contribuant à la formation du personnel médical pour leur mise en place. Il apporte son aide concernant les aspects physiques et techniques de la recherche clinique et joue souvent un rôle moteur dans les équipes de recherche médicale, notamment dans les centres de haute technologie. S'agissant des protocoles cliniques utilisés en recherche appliquée, la mission du PMCPC est importante. Il effectue aussi de la recherche-développement dans le domaine de la physique médicale et des instruments de mesure, surveille les dernières avancées dans certains domaines de recherche et élabore des plans de projet comportant des étapes, une méthodologie expérimentale et un calendrier estimatif.
- f) *Enseignement théorique et pratique* : Le PMCPC joue un rôle essentiel dans la formation théorique et clinique des physiciens médicaux. Il donne également des conférences et élabore des outils de formation pour des

## TABLEAU 1. RÉSUMÉ DU RÔLE ET DES RESPONSABILITÉS COMMUNS À TOUS LES PHYSIENS MÉDICAUX COMPÉTENTS SUR LE PLAN CLINIQUE

|   |   |
|---|---|
| a) Étalonnage et vérification des instruments de mesure                         | Le PMPC est responsable de l'adéquation et de l'étalonnage régulier des instruments de mesure qu'il utilise ou dont il a la charge.   |
| b) Supervision technique du fonctionnement et de la maintenance des équipements | Le PMPC est chargé d'élaborer des procédures de réception et de mise en service pour les équipements diagnostiques, thérapeutiques et de mesure. Il collabore avec les agents de maintenance afin de coordonner les plans de prévention et de maintenance et pilote leur mise en œuvre en réalisant des mesures de contrôle de la qualité et d'étalonnage afin de s'assurer que l'équipement fonctionne de manière sûre et optimale et en délivrant une autorisation pour l'utilisation clinique de l'appareil à l'issue de chaque procédure. |
| c) Consignation de résultats et rédaction de documents                          | Le PMPC est responsable de la documentation et des résultats qui concernent la maintenance, l'étalonnage et les performances des équipements dans son domaine d'activité et fournit les éléments qui montrent la conformité des appareils et des procédures aux règles et recommandations énoncées par l'organisme de réglementation et par l'organisme de contrôle.  |
| d) Intervention dans le domaine de l'informatique et des réseaux cliniques      | Le PMPC apporte son aide pour l'utilisation de postes informatiques d'examen ou de traitement, réalise des tâches élémentaires de gestion d'un système informatique et effectue l'assistance de premier niveau. Il collabore avec des informaticiens en vue de vérifier l'intégration des ordinateurs au réseau et le transfert des données afin de s'assurer que tous les systèmes fonctionnent.   |

## TABLEAU 1. RÉSUMÉ DU RÔLE ET DES RESPONSABILITÉS COMMUNS À TOUS LES PHYSICIENS MÉDICAUX COMPÉTENTS SUR LE PLAN CLINIQUE (suite)

---

### e) Recherche-développement

Le PMCPC évalue les nouvelles techniques et étudie la possibilité d'adoption de nouvelles procédures en contribuant à la formation du personnel médical pour leur mise en application. Il apporte son aide concernant les aspects physiques et techniques de la recherche clinique et joue souvent un rôle moteur dans les équipes de recherche médicale, notamment dans les centres de haute technologie. Il effectue de la recherche-développement dans le domaine de la physique médicale et des instruments de mesure.

### f) Enseignement théorique et pratique

Le PMCPC donne des conférences et des formations en physique médicale à des médecins, des manipulateurs, des physiciens médicaux débutants, des infirmières, des étudiants, des internes et du personnel de maintenance. Il assure aussi l'accompagnement et l'encadrement d'autres professionnels en fonction des exigences qui s'attachent à leur formation et à leur développement professionnels.

---

**Note :** PMCPC : Physicien médical compétent sur le plan clinique.

médecins, des manipulateurs, des techniciens en physique médicale et des infirmières, ainsi que pour des étudiants, des internes et du personnel de maintenance. De plus, il peut aussi assurer l'accompagnement régulier ou l'encadrement clinique de professionnels en fonction des exigences qui s'attachent à leur formation et à leur développement professionnels continus.

## **4. RÔLE ET RESPONSABILITÉS PROPRES À CHAQUE SPÉCIALITÉ DE LA PHYSIQUE MÉDICALE**

### **4.1. RADIOTHÉRAPIE**

La radiothérapie est une discipline médicale qui consiste à utiliser des générateurs de rayonnements ionisants ou des sources radioactives pour délivrer une dose élevée à un volume cible contenant une lésion maligne ou bénigne tout en épargnant les tissus sains environnants. Lorsque des sources externes de rayons X, de rayons gamma, d'électrons, de protons, d'ions lourds, de neutrons, etc., sont utilisées, cette technique est appelée radiothérapie externe. Une autre méthode, baptisée curiethérapie, fait appel à des sources radioactives scellées qui émettent des rayons gamma, des électrons ou d'autres particules pour traiter des tissus cancéreux dans pratiquement n'importe quelle partie de l'organisme. En fonction de la géométrie de la source, on parle de plésiocuriethérapie (ou de curiethérapie intracavitaire, endoluminale ou endovasculaire, ou encore de radiothérapie de contact) ou de curiethérapie interstitielle. Ces deux méthodes s'appuient exclusivement sur des techniques d'imagerie médicale pour localiser les tumeurs et les volumes à traiter ou à épargner. La radiothérapie est souvent appelée « radio-oncologie » même si, au sens strict, ce terme englobe d'autres aspects de la prise en charge du cancer que l'utilisation thérapeutique des rayonnements. Le physicien médical n'intervient auprès du patient qu'une fois qu'il a été décidé de faire appel à la radiothérapie dans le cadre de la prise en charge du patient, c'est pourquoi l'expression « radiophysicien en radiothérapie » paraît plus cohérente que celle de « physicien en radio-oncologie ». La terminologie n'est toutefois pas suffisamment harmonisée à l'échelle mondiale.

Le PMCCPC qui exerce en radiothérapie élabore et met en place des procédures pour la dosimétrie et la planification des traitements, pour l'AQ des processus et des équipements, pour la délivrance et la vérification des traitements et pour la sûreté et la protection radiologiques des patients, des membres du personnel et du public. Ses connaissances sont également mises en pratique pour

concevoir et optimiser de nouvelles méthodes de traitement et il joue un rôle important dans l'adoption, la mise en application, le développement, l'utilisation sûre et l'optimisation des techniques les plus modernes. En radiothérapie, l'apport des médecins est essentiel pour pouvoir offrir un service sûr et certifié. Leur formation scientifique et pratique devrait donc comprendre un apprentissage approfondi des aspects cliniques de la radiobiologie. Parmi ceux-ci, on peut citer l'emploi du fractionnement, en étant capable de justifier les écarts de temps entre les séances, les paramètres biologiques d'un traitement pour différents types de tumeurs, la justification du recours à des rayons X et à des électrons plutôt qu'à des protons ou des ions lourds, la distribution des dépôts d'énergie et du transfert linéique d'énergie et l'optimisation des doses. Les principales responsabilités et missions du PMCP qui exerce en radiothérapie sont décrites ci-après (et résumées dans le tableau 2) :

- a) *Conception de l'installation, spécifications, réception et mise en service des équipements, y compris l'élaboration de critères d'acceptation des performances* : Dans le cadre des spécifications, de la réception, de la mise en service et de la supervision technique du bon fonctionnement de l'installation et de ses équipements, ainsi que de l'élaboration de critères d'acceptation des performances, le rôle et les tâches suivants doivent être pris en compte :
  - i) Le PMCP est un membre essentiel de l'équipe chargée de l'installation, de l'agencement et du blindage d'une salle de radiothérapie nouvelle ou réaménagée, car il veille à ce que toutes les prescriptions de sûreté soient respectées. Il calcule et indique l'épaisseur, la composition et l'emplacement du blindage nécessaire pour protéger les patients, le personnel et le grand public de sorte que toutes les prescriptions relatives à la sûreté et au fonctionnement des appareils soient respectées. Il vérifie également l'adéquation du blindage à l'issue de l'installation.
  - ii) Le PMCP joue un rôle moteur dans l'élaboration des spécifications techniques pour un équipement en fonction des besoins de l'installation de radiothérapie et participe à l'évaluation des offres et à la recommandation d'achat pour l'équipement en question. Il analyse les prescriptions fonctionnelles pour une utilisation clinique et précise les conditions à respecter pour l'intégration, la compatibilité et la connectivité de l'équipement à acheter avec les appareils existants.
  - iii) Après installation d'un nouvel équipement, le PMCP est chargé de fixer les règles essentielles à respecter pour sa réception et sa mise en service ultérieure. Il veille à ce que tous les éléments et tous les systèmes fonctionnent conformément à leurs spécifications techniques

**TABLEAU 2. RÉSUMÉ DU RÔLE ET DES RESPONSABILITÉS DU PHYSICIEN MÉDICAL COMPÉTENT SUR LE PLAN CLINIQUE PROPRES AUX SPÉCIALITÉS DE LA RADIOTHÉRAPIE, DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE ET DE LA RADIOLOGIE DIAGNOSTIQUE ET INTERVENTIONNELLE**

| Domaine de responsabilité   | Radiothérapie  | Médecine nucléaire  | Radiologie diagnostique et interventionnelle  |
|---|--|---|---|
| a) <i>Conception de l'installation, spécifications, réception, mise en service et maintenance des équipements</i> | <p>i) Est un membre essentiel de l'équipe en ce qui concerne le blindage et la conception de l'installation d'une salle de radiothérapie nouvelle ou réaménagée, car il garantit que les prescriptions de sûreté seront respectées ;</p> <p>ii) Joue un rôle moteur dans l'élaboration des spécifications techniques d'un équipement ;</p> <p>iii) A des responsabilités en ce qui concerne la réception et la mise en service des équipements, notamment les appareils de radiothérapie et d'imagerie, les sources de curiethérapie et les systèmes informatisés de planification des traitements ;</p> <p>iv) Donne des conseils au sujet de la mise au rebut d'un équipement.</p> | <p>i) Est un membre essentiel de l'équipe en ce qui concerne le blindage et l'étude de l'aménagement d'une installation nouvelle ou réaménagée, car il garantit que les prescriptions de sûreté seront respectées ;</p> <p>ii) Joue un rôle moteur dans l'élaboration des spécifications techniques d'un équipement ;</p> <p>iii) A des responsabilités en ce qui concerne la réception et la mise en service d'un équipement ;</p> <p>iv) Donne des conseils au sujet de la mise au rebut d'un équipement.</p> | <p>i) Est un membre essentiel de l'équipe en ce qui concerne le blindage et l'étude de l'aménagement d'une installation nouvelle ou réaménagée, car il garantit que les prescriptions de sûreté seront respectées ;</p> <p>ii) Joue un rôle moteur dans l'élaboration des spécifications techniques d'un équipement ;</p> <p>iii) A des responsabilités en ce qui concerne la réception et la mise en service d'un équipement ;</p> <p>iv) Donne des conseils au sujet de la mise au rebut d'un équipement.</p> |

**TABEAU 2. RÉSUMÉ DU RÔLE ET DES RESPONSABILITÉS DU PHYSICIEN MÉDICAL COMPÉTENT SUR LE PLAN CLINIQUE PROPRES AUX SPÉCIALITÉS DE LA RADIOTHÉRAPIE, DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE ET DE LA RADIOLOGIE DIAGNOSTIQUE ET INTERVENTIONNELLE (suite)**

| Domaine de responsabilité  | Radiothérapie   | Médecine nucléaire   | Radiologie diagnostique et interventionnelle  |
|--|---|--|---|
| b) <i>Sûreté et protection radiologiques des patients, du personnel et du grand public</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>i) Élabore le plan de sûreté radiologique clinique afin d'assurer la radioprotection des patients, du personnel et du public ;</li> <li>ii) Participe aux investigations sur les incidents et les accidents radiologiques ;</li> <li>iii) Élabore des procédures permettant de vérifier l'intégrité et la sûreté de fonctionnement et d'utilisation des appareils de radiothérapie et de leurs accessoires.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>i) Élabore le plan de sûreté radiologique clinique afin d'assurer la radioprotection des patients, du personnel et du public ;</li> <li>ii) Participe aux investigations sur les incidents et les accidents radiologiques ;</li> <li>iii) Élabore des procédures permettant de vérifier l'intégrité et la sûreté de fonctionnement et d'utilisation des équipements de médecine nucléaire et des sources radioactives.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>i) Élabore le plan de sûreté radiologique clinique afin d'assurer la radioprotection des patients, du personnel et du public ;</li> <li>ii) Participe aux investigations sur les incidents et les accidents radiologiques ;</li> <li>iii) Élabore des procédures permettant de vérifier l'intégrité et la sûreté de fonctionnement et d'utilisation des équipements et des accessoires de radiologie diagnostique et interventionnelle.</li> </ul> |

**TABEAU 2. RÉSUMÉ DU RÔLE ET DES RESPONSABILITÉS DU PHYSICIEN MÉDICAL COMPÉTENT SUR LE PLAN CLINIQUE PROPRES AUX SPÉCIALITÉS DE LA RADIOTHÉRAPIE, DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE ET DE LA RADIOLOGIE DIAGNOSTIQUE ET INTERVENTIONNELLE (suite)**

| Domaine de responsabilité         | Radiothérapie   | Médecine nucléaire  | Radiologie diagnostique et interventionnelle   |
|-----------------------------------|---|---|--|
| c) <i>Dosimétrie des patients</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>i) Acquiert les données nécessaires à l'utilisation clinique des appareils de traitement (dans le cadre de la réception et de la mise en service) ;</li> <li>ii) Réalise des tableaux de données à usage clinique ;</li> <li>iii) Élabore et applique des procédures pour le calcul et la vérification de la dose reçue par le patient ;</li> <li>iv) Est responsable des calculs associés à la planification des traitements ;</li> <li>v) Vérifie les doses reçues par les patients, notamment en effectuant une dosimétrie <i>in vivo</i>.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>i) Effectue des mesures d'activité et des calculs de la dose reçue par différents organes après administration de radiopharmaceutiques pour les différentes procédures cliniques ;</li> <li>ii) Effectue des calculs de dose propres aux patients et fixe les limites de tolérance.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>i) Établit des protocoles permettant d'estimer la dose absorbée par les patients au cours des différentes procédures cliniques ;</li> <li>ii) Effectue des calculs de dose propres aux patients et fixe les limites de tolérance ;</li> <li>iii) Effectue des estimations de la dose au patient afin d'établir les niveaux de référence diagnostiques (NRD) ou de vérifier que les valeurs obtenues sont conformes aux NRD recommandés ;</li> </ul> |



**TABLEAU 2. RÉSUMÉ DU RÔLE ET DES RESPONSABILITÉS DU PHYSICIEN MÉDICAL COMPÉTENT SUR LE PLAN CLINIQUE PROPRES AUX SPÉCIALITÉS DE LA RADIOTHÉRAPIE, DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE ET DE LA RADIOLOGIE DIAGNOSTIQUE ET INTERVENTIONNELLE (suite)**

| Domaine de responsabilité   | Radiothérapie  | Médecine nucléaire  | Radiologie diagnostique et interventionnelle  |
|---|--|---|---|
| d) <i>Optimisation des aspects physiques des procédures médicales</i> | <p>i) Optimise le processus de planification des traitements, y compris en ce qui concerne l'acquisition des images et l'administration des traitements ;</p> <p>ii) Élabore un plan de gestion de la qualité pour les dispositifs d'imagerie utilisés en radiothérapie, le calcul des doses et les appareils d'irradiation.</p> | <p>i) Optimise les processus et les procédures d'acquisition de données afin d'améliorer la qualité des images tout en réduisant au minimum les doses reçues par les patients ;</p> <p>ii) Aide les médecins nucléaires concernant l'évaluation de l'efficacité des examens et des études sur la qualité et la perception des images.</p> | <p>i) Optimise les techniques et les procédures d'acquisition de données afin d'améliorer la qualité des images tout en réduisant autant que possible les doses reçues par les patients ;</p> <p>ii) Aide les radiodiagnosticiens et les radiologues interventionnels concernant l'évaluation de l'efficacité des examens et des études sur la qualité et la perception des images.</p> |

**TABEAU 2. RÉSUMÉ DU RÔLE ET DES RESPONSABILITÉS DU PHYSICIEN MÉDICAL COMPÉTENT SUR LE PLAN CLINIQUE PROPRES AUX SPÉCIALITÉS DE LA RADIOTHÉRAPIE, DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE ET DE LA RADIOLOGIE DIAGNOSTIQUE ET INTERVENTIONNELLE (suite)**

| Domaine de responsabilité  | Radiothérapie  | Médecine nucléaire  | Radiologie diagnostique et interventionnelle   |
|--|--|---|--|
| e) <i>Gestion de la qualité pour les aspects physiques et techniques</i> | <p>Contribue à la conception et à la mise en place d'un plan de gestion de la qualité, en étant chargé :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) D'élaborer des règles et procédures internes relatives à l'utilisation des rayonnements ;</li> <li>ii) D'élaborer et de mettre en place un programme d'assurance de la qualité pour les appareils de traitement, les systèmes informatisés de planification des traitements, les équipements servant à la dosimétrie et les dispositifs d'imagerie utilisés en radiothérapie ;</li> <li>iii) D'étalonner les générateurs de rayonnements et les sources de curiethérapie conformément à un code de bonnes pratiques reconnu ;</li> <li>iv) De réaliser une évaluation du risque, de détecter d'éventuelles expositions aux rayonnements et d'élaborer les procédures à appliquer si de tels événements se produisent ;</li> <li>v) D'effectuer des investigations concernant les expositions médicales involontaires ou accidentelles.</li> </ul> | <p>Contribue à la conception et à la mise en place d'un plan de gestion de la qualité, en étant chargé :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) D'élaborer des règles et procédures internes relatives à l'optimisation continue de l'utilisation des rayonnements ;</li> <li>ii) D'élaborer et de mettre en place un programme d'assurance de la qualité doté des règles appropriées pour les manipulations et les mesures associées aux sources radioactives et pour la conformité réglementaire des dispositifs d'imagerie et de dosimétrie ;</li> <li>iii) De réaliser une évaluation du risque, de détecter d'éventuelles expositions aux rayonnements et d'élaborer les procédures à appliquer si de tels événements se produisent ;</li> <li>iv) D'effectuer des investigations concernant les expositions médicales involontaires ou accidentelles.</li> </ul> | <p>Contribue à la conception et à la mise en place d'un plan de gestion de la qualité, en étant chargé :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) D'élaborer des règles et procédures internes relatives à l'optimisation continue de l'utilisation des rayonnements ;</li> <li>ii) D'élaborer et de mettre en place des procédures d'évaluation initiale et en continu des dispositifs d'imagerie et de leurs accessoires, ainsi que des procédures d'étalonnage pour les équipements servant à la dosimétrie des patients ;</li> <li>iii) D'étalonner les appareils à rayons X conformément à un code de bonnes pratiques reconnu ;</li> <li>iv) De vérifier que les équipements d'imagerie radiologique sont conformes à la réglementation et aux recommandations établies par l'Etat et par l'organisme de contrôle.</li> </ul> |

**TABEAU 2. RÉSUMÉ DU RÔLE ET DES RESPONSABILITÉS DU PHYSICIEN MÉDICAL COMPÉTENT SUR LE PLAN CLINIQUE PROPRES AUX SPÉCIALITÉS DE LA RADIOTHÉRAPIE, DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE ET DE LA RADIOLOGIE DIAGNOSTIQUE ET INTERVENTIONNELLE (suite)**

| Domaine de responsabilité  | Radiothérapie   | Médecine nucléaire  | Radiologie diagnostique et interventionnelle   |
|--|---|---|--|
| f) <i>Collaboration avec d'autres professionnels de santé en tant que membres essentiels des équipes</i> | <p>i) Donne un avis au radiothérapeute afin de choisir la meilleure technique de traitement ;</p> <p>ii) Encadre les manipulateurs lors de la mise en application d'une nouvelle procédure clinique, notamment en apportant une aide pour assurer la mise en place des patients et une administration correcte des traitements.</p> | <p>i) Donne un avis aux médecins concernant des cas particuliers d'exams diagnostiques ou de traitements et aide à trouver la meilleure ligne de conduite dans chaque situation ;</p> <p>ii) Apporte son aide pour la mise en application de nouvelles procédures, élabore des méthodes relatives à l'assurance et au contrôle de la qualité de ces procédures et supervise leur mise en place.</p> | <p>i) Donne un avis aux radiodiagnosticiens et aux radiologues interventionnels concernant des cas particuliers de procédures diagnostiques ou interventionnelles et aide à trouver la meilleure ligne de conduite dans chaque situation ;</p> <p>ii) Apporte son aide pour la mise en application de nouvelles procédures, élabore des méthodes relatives à l'assurance et au contrôle de la qualité de ces procédures et supervise leur mise en place.</p> |

et donne des conseils en cas d'écart entre les performances d'un équipement et les valeurs admissibles, y compris concernant une mise au rebut s'il y a lieu. Le PMCPC est également chargé, souvent en collaboration avec un informaticien, de vérifier les systèmes informatiques et les algorithmes appliqués sur le nouvel appareil et de s'assurer de leur adéquation pour une utilisation clinique sûre et efficace.

- b) *Sûreté et protection radiologiques des patients, du personnel et du grand public* : Le PMCPC élabore et met en place un plan de sûreté radiologique clinique afin d'assurer la radioprotection des patients en radiothérapie. Toutefois, dans la majorité des cas, il est également responsable de la sûreté radiologique du personnel et du public, car celle-ci concerne le service et les locaux de radiothérapie. Le PMCPC est aussi chargé d'élaborer les procédures nécessaires pour vérifier l'intégrité d'un équipement et de ses accessoires, le bon fonctionnement des dispositifs de verrouillage et d'autres points relatifs à la sûreté.
- c) *Dosimétrie des patients* : Le PMCPC est chargé d'établir des procédures de calcul et de vérification de la dose reçue par le patient. Ses missions comprennent des mesures de doses à l'aide de chambres d'ionisation et d'autres détecteurs afin de déterminer la dose de référence et la dose relative résultant d'une radiothérapie ou de sources de curiethérapie, l'élaboration de méthodes permettant d'analyser les résultats des mesures de doses et la vérification de la précision de la distribution des doses délivrées aux patients. Les tâches associées à la dosimétrie des patients comprennent :
- i) Réception et mise en service des générateurs de rayonnements, des sources radioactives et des systèmes informatisés de planification des traitements (TPS) : Le PMCPC est chargé du contrôle, de l'acquisition et de la mise en application de toutes les données nécessaires à l'utilisation clinique des appareils d'imagerie et de traitement (étape qui fait partie de la mise en service) :
- Pour tous les niveaux d'énergie, techniques et sources nécessaires en radiothérapie externe et en curiethérapie, ce processus comprend des mesures permettant d'établir les paramètres caractéristiques des sources de rayonnement et des mesures complémentaires pour la mise en service des accessoires, mesures qui servent de référence pour les futures mesures de CQ, ainsi que pour le calcul des doses en un point de référence et pour les distributions de dose en deux, trois ou quatre dimensions.
  - Réalisation de tableaux de données à usage clinique : Le PMCPC doit s'assurer que les données relatives aux appareils de radiothérapie externe et aux sources radioactives utilisés dans

l'établissement ont été correctement modélisées et insérées dans les TPS lors de leur mise en service. Ils saisissent et présentent les valeurs d'une manière pertinente et intelligible pour les personnes qui ont besoin d'effectuer ou de vérifier des calculs de dosimétrie.

- ii) Planification des traitements et calcul des doses : Le physicien médical effectue ou supervise les calculs et les mesures nécessaires à l'optimisation de la distribution de la dose délivrée au patient et veille à ce qu'ils soient correctement utilisés pour les différents types de traitement. Il peut s'agir de calculs manuels ou par ordinateur ou de mesures sur un fantôme. Le PMCPC est également chargé de la validation des images et du transfert des données depuis et vers les TPS. Il effectue souvent aussi des tâches d'administration sur les TPS en appliquant des politiques de sécurité système, en protégeant, en important et en exportant des données, en procédant à des sauvegardes, en stockant et en archivant des données, en effectuant des mises à niveau et des mises à jour du système, etc.
- iii) Vérification de la dose reçue par les patients : Le PMCPC est chargé des mesures de vérification de la dose reçue par les patients et fixe les limites de tolérance et les niveaux d'action. Ces interventions comprennent les activités de dosimétrie *in vivo* nécessaires en utilisant les détecteurs appropriés.
- iv) Tâches supplémentaires en curiethérapie : Après étalonnage des sources radioactives utilisées en curiethérapie, mais toujours dans le cadre de la mise en service, le PMCPC est chargé de comparer cet étalonnage aux certificats d'étalonnage remis par le fabricant et trouver la cause des éventuels écarts. En cas de démarrage d'un traitement avec implantation manuelle et chargement différé pour les sources, il doit transporter celles-ci depuis un coffre blindé jusqu'à la pièce où se trouve le patient et effectuer les mesures radiologiques nécessaires après que les sources ont été insérées dans les applicateurs. Il réalise régulièrement des mesures de CQ afin de s'assurer que les déplacements de la source contrôlés par ordinateur s'effectuent avec précision. Le PMCPC doit établir des règles et des procédures afin de garantir la sûreté et la protection des patients, des travailleurs et des personnes du public pour ce type de source. Il élabore un plan d'urgence qui indique les étapes à suivre si une source est perdue ou si le système informatisé de curiethérapie tombe en panne. En cas de mise au rebut d'appareils ou de sources de curiethérapie, le physicien médical est chargé de l'évacuation des déchets radioactifs correspondants une fois que la source a été retirée de l'équipement.

- d) *Optimisation des aspects physiques des procédures thérapeutiques* : Le PMCCPC doit optimiser les aspects physiques et techniques des procédures thérapeutiques utilisées dans son service de radiothérapie. Il est notamment chargé d'apporter une aide pour choisir les dispositifs de positionnement et d'immobilisation adéquats afin d'optimiser les plans de traitement appliqués aux patients en fonction de la technique d'administration de la dose envisagée, de superviser la fabrication, le CQ et la vérification des modificateurs de faisceau, d'effectuer l'AQ de la modulation d'intensité appliquée pour chaque traitement, de définir les protocoles d'imagerie utilisés pour la préparation des traitements et la radiothérapie guidée par l'image (IGRT) et d'établir les méthodes employées pour calculer les incertitudes de repositionnement.
- e) *Gestion de la qualité pour les aspects physiques et techniques de la radiothérapie* : Le PMCCPC contribue à la création d'un plan de gestion de la qualité et est responsable de ses aspects physiques et techniques. Tâches associées :
- i) Élaboration de règles et procédures internes relatives à l'utilisation des rayonnements, notamment en rédigeant et en appliquant de nouvelles règles et procédures ou en mettant à jour celles qui existent :
    - procédures relatives à la santé et à la sûreté, c'est-à-dire procédures qui concernent la radioprotection, le contrôle radiologique du personnel, la déclaration des incidents et des presque-accidents, l'AQ, la sûreté durant les travaux effectués en salle de moulage, la dose reçue par les patients et le personnel et les risques associés ;
    - procédures relatives aux équipements, par exemple une procédure visant à signaler immédiatement la défaillance d'un appareil au personnel technique ;
    - procédures relatives au traitement des patients, par exemple pour la prise en charge de patients qui ont des besoins spécifiques et l'examen des informations dosimétriques qui figurent dans les dossiers des patients ;
    - protocoles et procédures relatives à l'amélioration de la qualité du service, à l'ordonnancement des tâches, à la productivité du personnel, à la sûreté de fonctionnement des nouveaux équipements et systèmes d'information et à la formation du personnel.
  - ii) Élaboration de programmes d'AQ et réalisation du CQ pour tous les générateurs de rayonnements (tous les appareils d'imagerie et de traitement utilisés en radiothérapie), les TPS, les appareils connectés au réseau informatique (par exemple, les systèmes d'enregistrement et de vérification) et les équipements servant à la dosimétrie (chambres d'ionisation et autres détecteurs, électromètres, scanners, etc.) : En

radiothérapie, l'AQ consiste principalement à étalonner les sources de rayonnements. Le PMCPC est chargé d'étalonner les appareils d'irradiation selon des protocoles ou des codes de bonnes pratiques de dosimétrie reconnus et de s'assurer de la conformité des équipements de radiothérapie à la réglementation et aux recommandations nationales et internationales. Il vérifie également la précision des TPS et effectue le CQ de plans de traitement individuels en faisant appel à des méthodes ou des techniques de calcul de la dose indépendantes les unes des autres.

- iii) Conduite d'évaluations du risque et détection d'éventuelles situations d'urgence radiologique, par exemple en cas d'incident qui résulte du dysfonctionnement d'un appareil, d'une erreur humaine ou de la perte de sources radioactives : Le PMCPC élabore des plans d'action à appliquer si un tel événement se produit et réalise des exercices afin de vérifier qu'ils peuvent être mis en œuvre correctement. En général, le PMCPC essaie de trouver des moyens pour réduire le risque au minimum dans chaque cas, adopte des processus obligatoires d'examen par des pairs, applique des méthodes d'amélioration continue de la qualité et participe aux audits externes à chaque fois que cela est possible.
- iv) Investigations concernant des expositions médicales involontaires ou accidentelles : Le PMCPC est chargé d'analyser tous les incidents qui concernent les défaillances d'équipement, les accidents, les erreurs et les autres événements imprévus, événements qui peuvent aboutir à ce que les patients soient exposés d'une manière notablement différente, en plus ou en moins, de ce qui était prescrit. Il donne un avis sur les doses reçues par les patients ou le personnel et sur les risques associés et recommande les mesures à adopter afin de réduire au minimum la probabilité que de tels accidents ne se reproduisent.
- f) *Collaboration avec d'autres professionnels de santé* : Le PMCPC est un membre essentiel de l'équipe de professionnels de santé constituée de médecins, de manipulateurs et de personnel infirmier qui travaillent ensemble pour traiter des affections malignes. À cet égard, la contribution du PMCPC consiste notamment à :
  - i) Examiner des dossiers de patients avec des radiothérapeutes afin de choisir la meilleure technique de traitement, y compris en ce qui concerne les dispositifs de positionnement et d'immobilisation et les modificateurs de faisceau qui peuvent être nécessaires et qui sont fabriqués dans le but d'obtenir le meilleur résultat : le PMCPC évalue les plans de traitement et soumet des propositions afin de les optimiser.

- ii) Collaborer avec les manipulateurs pour la mise en place des patients, leur dosimétrie, et une bonne administration de leur traitement : les techniques les plus modernes, surtout lorsqu'elles sont mises en œuvre pour la première fois, peuvent nécessiter une collaboration plus approfondie, par exemple pour la radiothérapie par modulation d'intensité (IMRT) et pour l'IGRT. Certains traitements, comme la radiochirurgie ou la curiethérapie prostatique par implants permanents, nécessitent la présence d'un PMCCP durant l'opération.
- iii) Participer à des réunions régulières d'examen par des pairs, par exemple des séances d'analyse de radios ou des conférences relatives à la planification des interventions sur de nouveaux patients, afin d'aboutir à des systèmes de gestion de la qualité complets.

## 4.2. IMAGERIE MÉDICALE

Les progrès de l'imagerie médicale permettent d'obtenir des informations exactes et précises sur l'anatomie, la physiologie et les caractéristiques fonctionnelles de différents organes d'un patient. Les images peuvent être acquises par des équipements d'imagerie par rayons X analogiques ou numériques, par des échographes ou par des appareils d'IRM ou d'imagerie nucléaire.

Le PMCCP est un membre important des équipes de RDI et de médecine nucléaire. Il est responsable de l'optimisation des doses et de la qualité des images à usage médical pour les procédures diagnostiques comme pour les procédures interventionnelles. À l'ère numérique, il joue un rôle important pour des tâches d'imagerie complexes en aidant les médecins et les manipulateurs à choisir le meilleur protocole de post-traitement et à optimiser la présentation et l'affichage des images. Il s'occupe également de la sûreté des patients et effectue des tâches de recherche et d'enseignement.

En raison des différences techniques qui existent entre l'imagerie qui utilise des matières radioactives et l'imagerie par rayons X, le rôle et les responsabilités des PMCCP en médecine nucléaire et en RDI sont examinés séparément dans la présente section.

### 4.2.1. Médecine nucléaire

La médecine nucléaire est une discipline médicale qui consiste à utiliser des sources radioactives non scellées pour diverses applications diagnostiques ou thérapeutiques. Les procédures de médecine nucléaires font appel à des radio-isotopes purs ou introduits dans des molécules spécifiques (par exemple, des anticorps monoclonaux ou des peptides) qui forment un radiopharmaceutique qui



est administré au patient par voie intraveineuse ou orale. L'organisme métabolise le radiopharmaceutique comme s'il s'agissait d'une substance « normale ». La distribution du radionucléide dans le corps est mesurée à l'aide d'un détecteur externe et les données obtenues sont converties en images et analysées. Ce procédé permet d'observer ou de suivre le fonctionnement d'un organe (jusqu'à l'échelle moléculaire) afin de diagnostiquer une maladie, ce qui peut amener à détecter précocement des anomalies. À l'heure actuelle, la médecine nucléaire sert surtout au diagnostic, c'est pourquoi elle est souvent classée dans la catégorie de l'imagerie diagnostique.

Les principaux domaines d'application de la médecine nucléaire sont l'oncologie, la cardiologie et les neurosciences. Ses usages thérapeutiques concernent principalement le traitement du cancer et des tests de laboratoire comme la mesure de la concentration de marqueurs tumoraux, la biologie moléculaire et des techniques nouvelles qui permettent d'évaluer l'expression des gènes dans plusieurs maladies.

Le PMCCP qui exerce en médecine nucléaire contribue à la mise en place et à l'optimisation des procédures cliniques de diagnostic et de traitement qui font appel à des radionucléides. Il est chargé de la gestion et de la dosimétrie de toutes les sources radioactives, doit planifier les interventions thérapeutiques et s'occuper de l'AQ des processus et des appareils de mesure et est responsable de la sûreté et de la protection radiologiques des patients, des membres du personnel et du public. Il doit également analyser les données afin de déterminer les valeurs de paramètres physiologiques comme le métabolisme ou le débit sanguin. Ses connaissances sont également mises en pratique pour concevoir et optimiser de nouvelles méthodes d'imagerie et ils jouent un rôle important dans l'adoption, la mise en application, le développement, l'utilisation sûre et l'optimisation des techniques les plus modernes. En médecine nucléaire, l'apport des physiciens médicaux est essentiel pour pouvoir offrir un service sûr et certifié. Leur formation scientifique et pratique devrait donc comprendre un apprentissage approfondi de la physiologie, de la radiobiologie et des méthodes mathématiques utilisées en imagerie.

Les principales responsabilités et missions du PMCCP qui exerce en médecine nucléaire sont présentées ci-après (et résumées dans le tableau 2) :

- a) *Conception de l'installation, spécifications, réception et mise en service des équipements, y compris l'élaboration de critères d'acceptation des performances* : Dans le cadre des spécifications, de la réception, de la mise en service et de la supervision technique du bon fonctionnement de l'installation et de ses équipements, ainsi que de l'élaboration de critères d'acceptation des performances, le rôle et les tâches suivants doivent être pris en compte :

- i) Le PMCPC est un membre essentiel de l'équipe de conception de nouvelles installations. Il est chargé du blindage et de l'agencement d'installations de médecine nucléaire nouvelles ou réaménagées en veillant à ce que toutes les prescriptions de sûreté soient respectées. Il calcule et indique l'épaisseur, la composition et l'emplacement du blindage nécessaire pour protéger les patients, le personnel et le grand public et conçoit le dispositif de gestion des radio-isotopes et des déchets radioactifs de sorte que toutes les prescriptions relatives à la sûreté et au fonctionnement des appareils soient respectées. Il vérifie également l'adéquation du blindage à l'issue de l'installation.
  - ii) Le PMCPC joue un rôle moteur dans l'élaboration des spécifications techniques pour un équipement en fonction des besoins de l'installation de médecine nucléaire et participe à l'évaluation des offres et à la recommandation d'achat pour l'équipement en question. Il analyse les prescriptions fonctionnelles pour une utilisation clinique et précise les conditions à respecter pour l'intégration, la compatibilité et la connectivité de l'équipement à acheter avec les appareils existants.
  - iii) Après installation d'un nouvel équipement, le PMCPC est chargé de fixer les règles essentielles à respecter pour sa réception et sa mise en service ultérieure. Il veille à ce que tous les éléments et tous les systèmes fonctionnent conformément à leurs spécifications techniques et donne des conseils en cas d'écart entre les performances d'un équipement et les valeurs admissibles, y compris concernant une mise au rebut s'il y a lieu. Le PMCPC est également chargé, souvent en collaboration avec un informaticien, de vérifier les systèmes informatiques. Il aide les médecins à évaluer les algorithmes d'imagerie ou de diagnostic afin de s'assurer que leur utilisation clinique est sûre et efficace. Il délivre également l'autorisation relative à l'utilisation clinique d'un équipement d'imagerie et de ses instruments de mesure à l'issue d'une procédure de maintenance.
- b) *Sûreté et protection radiologiques des patients, du personnel et du grand public* : Le PMCPC élabore et met en place un plan de sûreté radiologique clinique afin d'assurer la radioprotection des patients en médecine nucléaire. Toutefois, dans la majorité des cas, il est également responsable de la sûreté radiologique du personnel et du public, car celle-ci concerne le service et les locaux de médecine nucléaire. Le PMCPC est aussi chargé d'élaborer les procédures nécessaires pour vérifier l'intégrité des équipements et des sources radioactives et le bon fonctionnement des équipements. Il établit des règles et des procédures pour la sûreté du transport des radionucléides, pour les précautions à adopter en cas de contamination ou de fuite de radionucléides non scellés et pour la gestion des déchets radioactifs dans

le respect de la réglementation. Le PMPC a aussi des responsabilités en ce qui concerne la sortie des patients de l'établissement à l'issue d'une radiothérapie interne vectorisée en fonction de l'exposition potentielle du public. Il doit donner à ces patients des consignes qui permettent de réduire autant que possible l'exposition de leur famille et du public après leur sortie.

- c) *Dosimétrie interne des patients* : Le PMPC est chargé d'établir des procédures de calcul et de vérification de la dose reçue par les différents organes internes et de la dose efficace totale délivrée au patient par suite de l'administration d'un radionucléide. Il doit également s'assurer de la précision de ces calculs. Les tâches associées à la dosimétrie des patients comprennent :
- i) Des mesures d'activité et des calculs de la dose absorbée : Le PMPC se sert de données relatives à la distribution de l'activité et de techniques de dosimétrie interne pour estimer la dose absorbée par les patients au cours de différentes procédures cliniques. Cela nécessite de recourir à des modèles manuels ou informatiques ou à des mesures sur un fantôme. Il faut pouvoir juger de l'applicabilité des modèles utilisés, être capable d'en concevoir de nouveaux et disposer des connaissances qui permettent d'estimer les incertitudes dosimétriques.
  - ii) Calculs de dose propres aux patients : Le PMPC est chargé de mesurer ou de calculer la dose individuelle reçue par un patient, ainsi que la dose fœtale lorsque la patiente est enceinte. Cela revêt une importance particulière pour les applications thérapeutiques, où la dosimétrie doit être effectuée pour chaque patient. Le PMPC fixe aussi les limites de tolérance, juge de la pertinence des données mesurées et donne des conseils au médecin et au patient sur les éventuels risques encourus, surtout ceux qui concernent l'induction d'un cancer.
- d) *Optimisation des aspects physiques des procédures diagnostiques* : Le PMPC doit optimiser les aspects physiques des dispositifs d'imagerie [gamma-caméras, appareils de tomographie d'émission monophotonique (SPECT) ou de tomographie à émission de positons (TEP), ces deux types d'appareils étant souvent couplés à un scanner, etc.]. Il est chargé d'élaborer et de tenir à jour un plan de gestion de la qualité pour tous les équipements d'imagerie afin d'obtenir des images de qualité optimale tout en réduisant autant que possible la dose délivrée au patient. Le PMPC a également la responsabilité des équipements et des instruments de mesure nécessaires pour pouvoir effectuer le CQ de manière satisfaisante, obtenir une qualité d'image optimale, contrôler l'exposition des patients et déterminer les doses individuelles reçues par les organes pour différentes

méthodes d'imagerie nucléaire et doit appliquer les recommandations et les techniques appropriées. Il peut aussi aider les médecins à évaluer l'efficacité d'un examen et participer à des études sur la qualité et la perception des images.

e) *Gestion de la qualité pour les aspects physiques et techniques de la médecine nucléaire* : Le PMCCPC contribue à la création d'un plan de gestion de la qualité et est responsable de ses aspects physiques et techniques. Tâches associées :

i) Élaboration de règles et procédures internes relatives à l'optimisation continue de l'utilisation des rayonnements, notamment en rédigeant et en appliquant de nouvelles règles et procédures ou en mettant à jour celles qui existent :

— règles et procédures internes relatives à l'amélioration de la qualité du service, à la productivité du personnel, à la gestion de nouveaux équipements et systèmes d'information et à la formation du personnel ;

— prise d'images sur des patients et traitement de ces derniers, par exemple des enfants ou des patients qui nécessitent une attention particulière, et examen du dossier médical, en signalant immédiatement tout résultat anormal au médecin responsable ;

— sûreté radiologique, par exemple procédures relatives à la radioprotection, au contrôle radiologique du personnel, à la déclaration des incidents et des accidents, à l'AQ, à la manipulation des sources radioactives en toute sûreté, aux déchets radioactifs, aux doses reçues par le personnel et aux risques associés ;

— déclaration des incidents radiologiques et des situations d'urgence.

ii) Élaboration de programmes d'AQ en veillant à ce qu'une organisation et des procédures soient en vigueur, avec des règles appropriées de bonnes pratiques pour la manipulation des matières radioactives, pour la radioprotection des patients et pour le CQ et la conformité réglementaire des équipements. Exemples :

— Élaboration et mise en œuvre régulière de procédures de CQ afin de vérifier que l'amplitude de variation des paramètres techniques associés aux performances des équipements d'imagerie reste satisfaisante par rapport aux valeurs de référence ;

— Étalonnage des détecteurs de rayonnements et des dispositifs utilisés pour mesurer l'activité des sources radioactives et des radionucléides avant qu'ils ne soient utilisés en environnement clinique : Le PMCCPC doit effectuer l'AQ de ces équipements conformément aux recommandations en vigueur ;

- Élaboration de procédures pour la préparation des radiopharmaceutiques administrés aux patients à des fins diagnostiques ou thérapeutiques : Le PMCPC établit des règles de CQ afin de s'assurer de l'absence de traces de contaminants qui pourraient être nocifs aux patients. Il effectue également des calculs visant à déterminer l'activité des radionucléides requise pour les procédures de traitement et est responsable de la dosimétrie des patients.
- iii) Conduite d'évaluations du risque et détection d'éventuelles situations d'urgence radiologique, par exemple en cas d'incident qui résulte du dysfonctionnement d'un appareil, d'une erreur humaine, d'une fuite radioactive ou de la perte de sources radioactives : Le PMCPC élabore des plans d'action à appliquer si un tel événement se produit et réalise des exercices afin de vérifier qu'ils peuvent être mis en œuvre correctement. En général, le PMCPC essaie de trouver des moyens pour réduire le risque au minimum dans chaque cas, adopte des processus obligatoires d'examen par des pairs, applique des méthodes d'amélioration continue de la qualité et participe aux audits externes facultatifs à chaque fois que cela est possible.
- iv) Investigations concernant des expositions médicales involontaires ou accidentelles : Le PMCPC est chargé d'analyser tous les incidents qui concernent les défaillances d'équipement, les accidents, les erreurs et les autres événements imprévus, événements qui peuvent aboutir à ce que les patients soient exposés d'une manière notablement différente de ce qui était prévu. Il donne un avis sur les doses reçues par les patients ou le personnel et sur les risques associés et recommande les mesures à adopter afin de réduire au minimum la probabilité que de tels accidents ne se reproduisent.
- f) *Collaboration avec d'autres professionnels de santé* : Le PMCPC est un membre essentiel de l'équipe de professionnels de santé constituée de médecins, de manipulateurs, de radiopharmaciens ou de radiochimistes et de personnel infirmier qui travaillent ensemble à des fins de diagnostic ou de traitement sur des patients. À cet égard, la contribution du physicien médical consiste notamment à :
  - i) Donner un avis aux médecins nucléaires concernant des cas particuliers lorsque les examens diagnostiques ou les traitements requièrent des opérations supplémentaires par rapport à ce qui a été établi en routine. La collaboration entre les médecins et les physiciens médicaux permet de trouver la meilleure ligne de conduite dans chaque situation.
  - ii) Encadrer des manipulateurs lors de l'application de nouveaux protocoles cliniques, étant un membre essentiel de l'équipe qui est

chargée de mettre en place de nouvelles procédures d'imagerie ou de traitement dans l'établissement. Le PMCPC est également chargé d'élaborer les méthodes relatives à l'AQ des nouvelles procédures.

#### **4.2.2. Radiologie diagnostique et interventionnelle**

La RDI consiste à utiliser des rayons X afin d'obtenir des images anatomiques ou fonctionnelles du corps humain en faisant appel aux propriétés d'atténuation des différents tissus traversés par les rayons X. Lors de la mise en œuvre de cette technique, des produits sont souvent utilisés afin d'améliorer le contraste visuel entre les structures vasculaires et les tissus environnants ou entre différents organes ou structures tissulaires. Pour les procédures interventionnelles, les images obtenues grâce aux rayons X aident en général l'opérateur lors de la mise en place de cathéters, de *coils*, de stents, etc., dans l'objectif d'obtenir des informations diagnostiques ou un effet thérapeutique. En diagnostic, les rayons X sont utilisés pour un large spectre d'états pathologiques. Comme l'atténuation de ce type de rayons, pour le diagnostic, varie en fonction des organes et des tissus et que l'imagerie par rayons X permet une résolution spatiale très élevée, c'est la technique qui est privilégiée en raison de la densité des images obtenues et des différences de composition qu'elle fait apparaître. Les images obtenues par cette méthode peuvent être des projections planes, des coupes tomographiques ou des volumes reconstruits (techniques tomographiques). En radioscopie, les images s'affichent (pratiquement) en temps réel. Cette dernière technique est surtout utilisée pour les procédures chirurgicales, angiographiques ou interventionnelles. L'imagerie par rayons X est de loin la modalité d'imagerie la plus souvent utilisée en médecine, c'est pourquoi elle est responsable de l'essentiel des doses délivrées aux patients lors d'expositions médicales.

Le PMCPC qui exerce en RDI contribue à la mise en place et à l'optimisation des procédures cliniques d'imagerie par rayons X. Une des tâches essentielles du physicien médical dans ce domaine est d'aboutir au meilleur compromis entre la qualité d'image et la dose délivrée. Il est chargé de la dosimétrie de tout patient auquel une technique d'imagerie par rayons X est appliquée et des procédures d'AQ associées aux dispositifs utilisés. Ceux-ci comprennent tous les composants matériels et logiciels utilisés pour obtenir les images par rayons X dont se servent les praticiens radiologues pour effectuer un diagnostic sur un patient. Le PMCPC est également responsable de la sûreté et de la protection radiologiques des patients, des membres du personnel et du public concernant l'utilisation des rayons X pour les procédures de RDI. Leurs connaissances sont également mises en pratique pour concevoir et optimiser de nouvelles méthodes d'imagerie et ils jouent un rôle important dans l'adoption, le développement, la mise en application, l'utilisation sûre et l'optimisation des techniques les plus modernes.

Dans le domaine de l'imagerie par rayons X diagnostique et interventionnelle, l'apport des médecins médicaux est essentiel pour pouvoir offrir un service sûr et certifié. Leur formation scientifique et pratique devrait donc comprendre un apprentissage approfondi de l'anatomie et de la physiologie, du traitement d'images et des méthodes mathématiques utilisées pour reconstruire les images.

Les principales responsabilités et missions du PMCPC qui exerce en RDI sont présentées ci-après (et résumées dans le tableau 2) :

- a) *Conception de l'installation, spécifications, réception et mise en service des équipements, y compris l'élaboration de critères d'acceptation des performances* : Dans le cadre des spécifications, de la réception, de la mise en service et de la supervision technique du bon fonctionnement des équipements, ainsi que de l'élaboration de critères d'acceptation des performances, le rôle et les tâches suivants doivent être pris en compte :
  - i) Le PMCPC est un membre essentiel de l'équipe de conception de nouvelles installations. Il est chargé du blindage et de l'agencement de salles de radiologie nouvelles ou réaménagées en veillant à ce que toutes les prescriptions de sûreté soient respectées. Il calcule et indique l'épaisseur, la composition et l'emplacement du blindage nécessaire pour protéger les patients, le personnel et le grand public et supervise la construction, garantissant ainsi que toutes les prescriptions relatives à la sûreté et au fonctionnement des appareils seront respectées. Il vérifie également l'adéquation du blindage à l'issue de l'installation.
  - ii) Le PMCPC joue un rôle moteur dans l'élaboration des spécifications techniques pour un équipement et participe à l'évaluation des offres et à la recommandation d'achat pour l'équipement en question. Il analyse les prescriptions fonctionnelles pour une utilisation clinique et précise les conditions à respecter pour l'intégration, la compatibilité et la connectivité de l'équipement à acheter.
  - iii) Après installation d'un nouvel équipement, le PMCPC est chargé de fixer les règles essentielles à respecter pour sa réception et sa mise en service ultérieure. Il veille à ce que tous les éléments et tous les systèmes fonctionnent conformément à leurs spécifications techniques et donne des conseils en cas d'écart entre les performances d'un équipement et les valeurs admissibles, y compris concernant une mise au rebut s'il y a lieu. Le PMCPC est également chargé, souvent en collaboration avec un informaticien, de vérifier les systèmes informatiques. Il aide les médecins à évaluer les algorithmes d'imagerie ou de diagnostic afin de s'assurer que leur utilisation clinique est sûre et efficace.
- b) *Sûreté et protection radiologiques des patients, du personnel et du grand public* : Le PMCPC élabore et met en place un plan de sûreté radiologique

clinique afin d'assurer la radioprotection des patients dans les zones où des appareils de RDI sont utilisés. Toutefois, dans la majorité des cas, il est également responsable de la sûreté radiologique du personnel et du public, car celle-ci concerne le service et les locaux de radiologie. Le PMCCPC est aussi chargé d'élaborer les procédures nécessaires pour vérifier l'intégrité d'un équipement et de ses accessoires, le bon fonctionnement des équipements servant à la dosimétrie et d'autres points relatifs à la sûreté. Il participe enfin aux investigations sur les incidents liés aux rayonnements et il fournit les rapports et la documentation nécessaires.

- c) *Dosimétrie des patients* : Le PMCCPC est chargé d'établir des procédures de calcul et de vérification des doses reçues par les patients. Ses missions consistent notamment à mesurer des doses et à élaborer des méthodes permettant d'analyser les résultats de mesures et de vérifier la précision des doses délivrées aux patients. Les tâches associées à la dosimétrie des patients comprennent :
- i) Des mesures et des calculs de la dose absorbée : Le PMCCPC se sert des données acquises lors de la mise en service et des informations obtenues grâce à des mesures de dose pour estimer la dose absorbée par les patients au cours de différentes procédures cliniques. Cela nécessite de recourir à des calculs analytiques, à des modèles informatiques ou à des mesures sur fantôme. Il faut pouvoir juger de l'applicabilité des modèles utilisés, être capable d'en concevoir de nouveaux et disposer des connaissances permettant d'estimer les incertitudes dosimétriques.
  - ii) Calculs de dose propres aux patients : Le PMCCPC est chargé de mesurer ou de calculer la dose individuelle reçue par un patient, ainsi que la dose fœtale lorsque la patiente est enceinte. Il peut s'agir de mesures détaillées. Le PMCCPC fixe aussi les limites de tolérance, juge de la pertinence des données mesurées et donne des conseils au médecin et au patient sur les éventuels risques encourus, surtout ceux qui concernent l'induction d'un cancer.
  - iii) Estimation de la dose au patient afin d'établir les niveaux de référence diagnostiques (NRD) ou de vérifier que les valeurs obtenues sont conformes aux NRD recommandés par la réglementation nationale ou internationale : Le PMCCPC doit réexaminer les procédures et les équipements lorsque les NRD sont régulièrement dépassés pour des protocoles de routine.
- d) *Optimisation des aspects physiques des procédures diagnostiques et interventionnelles* : Le PMCCPC doit optimiser les aspects physiques et techniques des différents procédés utilisés pour obtenir des images médicales et des équipements d'imagerie nécessaires (appareils à rayons X analogiques ou numériques, scanners, angiographes, etc.). Il aide également



les médecins à évaluer l'efficacité d'un examen et participe à des études sur la qualité et la perception des images.

e) *Gestion de la qualité pour les aspects physiques et techniques* : Le PMPCPC contribue à la création d'un plan de gestion de la qualité et est responsable de ses aspects physiques et techniques. Il est principalement chargé d'élaborer et de mettre en place des procédures d'évaluation initiale et en continu des appareils de RDI, ainsi que des procédures d'étalonnage des équipements servant à la dosimétrie. Tâches associées :

- i) Élaboration de règles et procédures internes relatives à l'optimisation continue de l'utilisation des rayonnements, notamment en rédigeant et en appliquant de nouvelles règles et procédures ou en mettant à jour celles qui existent, notamment :
  - règles et procédures qui concernent des objectifs comme l'amélioration de la qualité du service, la productivité du personnel, la gestion de nouveaux équipements et systèmes d'information et la formation du personnel ;
  - procédures relatives à l'étude approfondie du cas d'un patient, par exemple lorsque le patient a des besoins spécifiques, et à l'analyse des informations dosimétriques associées à un patient, en signalant immédiatement tout résultat anormal au médecin responsable ;
  - procédures relatives à la sûreté, par exemple procédures relatives à la radioprotection, au contrôle radiologique du personnel, à la déclaration des incidents et des accidents, à l'AQ et aux doses reçues par les patients et par le personnel et aux risques associés ;
  - procédures relatives aux équipements et visant à signaler immédiatement la défaillance d'un appareil au personnel technique.
- ii) Élaboration d'un programme d'AQ permettant de vérifier, de régler et de figer les valeurs de référence initiales des paramètres (afin d'obtenir une qualité d'image optimale) et l'état initial de référence d'un équipement d'imagerie : La préparation et la mise en place d'un CQ doivent faire partie de ce programme, en veillant à ce que des mesures régulières de CQ soient effectuées pour les appareils à rayons X et les équipements associés qui servent à l'affichage, au traitement, au stockage et à l'impression des images. Le PMPCPC doit également s'assurer que les dispositifs d'imagerie sont conformes à la réglementation et aux recommandations établies par l'État et par l'organisme de contrôle.
- iii) Conduite d'évaluations du risque et détection d'éventuelles situations d'urgence radiologique, par exemple en cas d'incident qui résulte du dysfonctionnement d'un appareil ou d'une erreur humaine : Le PMPCPC élabore des plans d'action à appliquer si un tel événement se

produit et réalise des exercices afin de vérifier qu'ils peuvent être mis en œuvre correctement.

- iv) Investigations concernant des expositions médicales involontaires ou accidentelles, par exemple des événements sentinelles en radiologie interventionnelle : Le PMCPC donne un avis sur les doses reçues par les patients ou le personnel et sur les risques associés et recommande les mesures à adopter afin de réduire au minimum la probabilité que de tels accidents ne se reproduisent.
- f) *Collaboration avec d'autres professionnels de santé* : Le PMCPC est un membre essentiel de l'équipe de professionnels de santé constituée de praticiens radiologues, d'autres médecins spécialistes, de manipulateurs et de personnel infirmier qui travaillent ensemble à des fins de diagnostic ou de traitement sur des patients. À cet égard, la contribution du physicien médical consiste notamment à :
  - i) Donner un avis aux médecins concernant des cas particuliers qui peuvent apparaître au cours de procédures diagnostiques ou interventionnelles et qui requièrent des opérations supplémentaires par rapport à ce qui a été établi en routine. La collaboration entre les médecins et le PMCPC permet de trouver la meilleure ligne de conduite dans chaque situation.
  - ii) Encadrer des manipulateurs lors de l'application de nouveaux protocoles cliniques, étant un membre essentiel de l'équipe qui est chargée de mettre en place de nouvelles procédures cliniques dans l'établissement. Le PMCPC est également chargé d'élaborer les méthodes relatives à l'AQ des nouvelles procédures.

#### **4.2.3. Autres modalités d'imagerie**

Cette section porte sur le rôle et les responsabilités du physicien médical en IRM et en échographie. Contrairement aux rayonnements ionisants émis par des générateurs ou par des sources radioactives qui ont été évoqués jusqu'à maintenant dans la présente publication, l'IRM et l'échographie n'ionisent pas les tissus des patients lorsque des ondes radiofréquences ou des ultrasons, respectivement, déposent de l'énergie dans leur organisme. Il n'est donc pas nécessaire d'effectuer une dosimétrie sur les patients pour ces techniques d'imagerie, mais d'autres mesures physiques doivent être réalisées. Les responsabilités du PMCPC en matière de formation théorique et pratique d'autres professionnels de santé ne diffèrent pas de celles qui sont présentées pour les procédés qui ont recours des rayonnements ionisants. Néanmoins, les paramètres, les grandeurs et les méthodes physiques utilisés pour obtenir des images avec des appareils d'IRM ou des échographes ne sont pas les mêmes que celles qui ont présentées pour

les rayonnements ionisants. De ce fait, le rôle et les responsabilités du PMCPC concernant l'imagerie, la recherche et le développement médical des applications de l'IRM et de l'échographie sont propres à ces techniques. Leurs caractéristiques les plus notables sont présentées dans les paragraphes suivants.

#### 4.2.3.1. *Imagerie par résonance magnétique*

- a) *Recherche-développement et enseignement théorique* : Le PMCPC applique ses connaissances de la résonance magnétique à des recherches dans le domaine de l'imagerie médicale fondée sur l'utilisation des champs magnétiques et de l'énergie radiofréquence. Il apporte son aide pour les aspects techniques de la recherche clinique et joue souvent un rôle moteur dans l'équipe de recherche médicale. Dans les centres spécialisés et de haute technologie, il effectue de la recherche-développement en IRM et sur les instruments de mesure associés (par exemple, création de nouvelles séquences d'impulsion et de nouvelles bobines afin d'améliorer la qualité des images). Le PMCPC joue un rôle important dans l'élaboration des protocoles cliniques utilisés en recherche appliquée, ainsi que pour la formation théorique du personnel médical sur la résonance magnétique et sur les questions et prescriptions de sûreté relatives aux appareils d'IRM.
- b) *Sûreté et protection des patients, du personnel et du grand public* : Le PMCPC est chargé d'élaborer et de mettre en place un plan de sûreté clinique, ainsi que de vérifier l'intégrité des appareils d'IRM et de leurs accessoires afin de protéger les patients. Il doit évaluer les risques biophysiques associés à ces appareils, mesurer les champs de fuite, établir les procédures de recherche de matériaux ferreux sur les patients et le personnel, conseiller les patients sur des questions de sûreté qui concernent les champs magnétiques (notamment les patients qui portent un implant ou un stimulateur cardiaque), contribuer à l'élaboration de mesures anti-incendie et d'autres procédures d'urgence, fixer les règles de sûreté à appliquer en cas de variation de l'intensité du champ magnétique, définir les zones IRM et mettre en place les contrôles administratifs nécessaires pour que les installations d'IRM soient conformes aux normes de sûreté. Dans la majorité des cas, le PMCPC est également responsable de la sûreté radiologique du personnel et du public. Il participe aussi aux investigations sur les incidents liés à l'utilisation de l'IRM et il fournit les rapports et la documentation nécessaires.
- c) *Conception de l'installation, spécifications, réception et mise en service des équipements, y compris l'élaboration de critères d'acceptation des performances* : Dans le cadre des spécifications, de la réception, de la mise en service et de la supervision technique du bon fonctionnement

des équipements, ainsi que de l'élaboration de critères d'acceptation des performances, le rôle et les tâches suivants doivent être pris en compte :

- i) Le PMCPC est un membre essentiel de l'équipe de conception de nouvelles installations IRM. Il doit s'assurer que les prescriptions relatives à l'intégration et à la compatibilité d'une installation avec les autres équipements et appareils seront respectées, tout comme celles qui concernent la sûreté et l'uniformité du champ magnétique. Il vérifie également que le diamètre et la longueur du tube de *quench* nécessaire à l'évacuation de l'hélium gazeux vers l'extérieur en cas de *quench* sont conformes à ce que prévoyait le plan d'exécution de l'installation.
  - ii) Le PMCPC joue un rôle moteur dans l'élaboration des spécifications techniques pour un équipement et participe à l'évaluation des offres et à la recommandation d'achat pour l'équipement en question. Il analyse les prescriptions fonctionnelles pour une utilisation clinique et précise les conditions à respecter pour l'intégration, la compatibilité et la connectivité de l'équipement à acheter.
  - iii) Le PMCPC est chargé de superviser l'installation des nouveaux équipements et de fixer les règles essentielles à respecter pour sa réception et sa mise en service ultérieure. Il élabore des procédures de réception et de mise en service visant à s'assurer que les dispositifs fonctionnent correctement. Il veille à ce que tous les éléments et tous les systèmes fonctionnent conformément à leurs spécifications techniques et donne des conseils en cas d'écart entre les performances d'un équipement et les valeurs admissibles, y compris concernant une mise au rebut s'il y a lieu. Le PMCPC est également chargé, souvent en collaboration avec un informaticien, de vérifier les systèmes informatiques. Il aide les médecins à évaluer les algorithmes d'imagerie ou de diagnostic afin de s'assurer que leur utilisation clinique est sûre et efficace. Il élabore des procédures pour l'utilisation de techniques spéciales (comme la spectroscopie par résonance magnétique ou l'IRM fonctionnelle) avant que celles-ci ne soient mise en œuvre en environnement clinique.
  - iv) Le PMCPC doit assurer la supervision technique de la maintenance des équipements, vérifier ultérieurement leur fonctionnement et consigner les résultats des essais réalisés. Il délivre aussi l'autorisation relative à l'utilisation clinique d'un équipement lorsque les résultats ne dépassent pas les limites de tolérance ou sont semblables aux valeurs de référence obtenues lors de la réception.
- d) *Optimisation des aspects physiques et techniques des procédures d'imagerie* : Le PMCPC doit optimiser les aspects physiques et techniques

des procédures et des appareils d'IRM. Cela consiste notamment à optimiser les séquences d'impulsion et à opérer une sélection entre les bobines si nécessaire afin d'améliorer les images des différents tissus et organes du corps humain. Il aide également les médecins à évaluer les examens réalisés et participe à des études sur la qualité et la perception des images.

- e) *Gestion de la qualité pour les aspects physiques et techniques de l'IRM* : Le PMCPC contribue à la création d'un plan de gestion de la qualité et est responsable de ses aspects physiques et techniques. Il est principalement chargé d'élaborer et de mettre en place des procédures d'évaluation initiale et en continu des appareils d'IRM. Tâches associées :
- i) Élaboration de règles et procédures internes relatives à l'utilisation optimale de l'IRM, notamment en rédigeant et en appliquant de nouvelles règles et procédures ou en mettant à jour celles qui existent :
    - règles et procédures qui concernent des objectifs comme l'amélioration de la qualité du service, la productivité du personnel, la gestion de nouveaux équipements et systèmes d'information et la formation du personnel ;
    - procédures relatives à l'étude approfondie du cas d'un patient, par exemple lorsque le patient nécessite une attention particulière, et examen du dossier médical, en signalant immédiatement tout résultat anormal au médecin responsable ;
    - procédures relatives à la sûreté, par exemple procédures relatives aux patients qui portent un stimulateur cardiaque, à la déclaration des incidents et des accidents, à l'AQ, à l'intensité des champs magnétiques autour de l'aimant et aux risques associés ;
    - procédures relatives aux équipements, par exemple pour signaler immédiatement la défaillance d'un appareil au personnel technique.
  - ii) Élaboration d'un programme d'AQ et des procédures de CQ nécessaires pour l'appareil d'IRM et les équipements associés qui servent à afficher, stocker et transférer les images : Le PMCPC est chargé de régler et de fixer les valeurs de référence initiales des paramètres relatifs à la qualité des images et l'état initial de référence de l'équipement d'imagerie. Il veille également à ce que des mesures régulières de CQ soient effectuées afin de vérifier que l'appareil d'IRM conserve les mêmes performances. Il doit enfin s'assurer que celui-ci est conforme à la réglementation et aux recommandations établies par l'État et par l'organisme de contrôle.
- f) *Collaboration avec d'autres professionnels de santé* : Le PMCPC est un membre essentiel de l'équipe de professionnels constituée de radiologues IRM, de manipulateurs et de personnel infirmier qui travaillent ensemble

à des fins de diagnostic sur des patients. À cet égard, la contribution du PMCCPC consiste notamment à :

- i) Donner un avis aux médecins sur des cas particuliers qui peuvent apparaître au cours de procédures d'IRM. Lorsque l'examen requiert des opérations supplémentaires par rapport aux méthodes de diagnostic de routine, la collaboration entre les médecins et le PMCCPC permet de trouver la meilleure ligne de conduite dans chaque situation et le PMCCPC peut donner des conseils de sûreté afin que l'examen se déroule au mieux.
- ii) Encadrer des manipulateurs lors de l'application de nouveaux protocoles cliniques : le PMCCPC est un membre essentiel de l'équipe qui est chargée de mettre en place de nouvelles procédures d'imagerie médicale dans l'établissement. Il est également chargé d'élaborer les méthodes relatives au CQ des nouvelles procédures.

#### 4.2.3.2. Échographie

- a) *Recherche-développement et enseignement théorique* : Le PMCCPC applique ses connaissances de la propagation des ondes ultrasonores dans les tissus humains afin de mener des recherches en échographie médicale. Il joue un rôle important dans l'élaboration des protocoles cliniques pour la recherche appliquée, ainsi que pour la formation théorique du personnel médical sur les principes et l'utilisation de l'échographe en imagerie médicale.
- b) *Sûreté et protection des patients, du personnel et du grand public* : Le PMCCPC élabore et met en place un plan de sûreté clinique et vérifie l'intégrité des échographes, des sondes et des autres accessoires. Il doit également analyser et prévenir les éventuels effets biologiques et accidents d'origine électrique qui peuvent résulter de l'utiliser des ultrasons lors de procédures cliniques, assurant ainsi la protection des patients et du personnel.
- c) *Conception de l'installation, spécifications, réception et mise en service des équipements, y compris l'élaboration de critères d'acceptation des performances* : Dans le cadre des spécifications, de la réception, de la mise en service et de la supervision technique du bon fonctionnement des équipements, ainsi que de l'élaboration de critères d'acceptation des performances, le rôle et les tâches suivants doivent être pris en compte :
  - i) Le PMCCPC joue un rôle important dans l'élaboration des spécifications techniques et des prescriptions relatives à l'intégration et à la compatibilité d'un nouvel échographe avec d'autres équipements et il participe à l'évaluation des offres et à la recommandation d'achat pour

l'équipement en question. Il analyse les prescriptions fonctionnelles pour une utilisation clinique et s'assure que les spécifications techniques sont conformes à la réglementation en matière de sûreté.

- ii) Le PMCPC est responsable de la réception et de la mise en service de tout nouvel appareil d'échographie. Il veille à ce qu'un tel appareil fonctionne conformément à ses spécifications techniques, détermine des valeurs de référence pour les paramètres d'imagerie à des fins de comparaison avec de futures mesures de CQ et donne des conseils en cas d'écart entre les performances obtenues et les valeurs admissibles, y compris concernant une mise au rebut s'il y a lieu. Le PMCPC est également chargé, souvent en collaboration avec un informaticien, de vérifier les systèmes informatiques. Il aide les médecins à évaluer les algorithmes d'imagerie ou de diagnostic afin de s'assurer que leur utilisation clinique est sûre et efficace.
  - iii) Le PMCPC doit assurer la supervision technique de la maintenance des échographes, vérifier ultérieurement leur fonctionnement et consigner les résultats des essais réalisés. Il délivre aussi l'autorisation relative à l'utilisation clinique de ces appareils à l'issue d'une maintenance préventive ou corrective. Il a enfin des responsabilités en matière de conservation des données conformément à la réglementation existante.
- d) *Optimisation des aspects physiques et techniques des procédures d'échographie* : Le PMCPC doit optimiser les aspects physiques et techniques des procédures et des appareils d'échographie. Il aide également les médecins à évaluer les examens réalisés et participe à des études sur la qualité et la perception des images.
- e) *Gestion de la qualité pour les aspects physiques et techniques de l'échographie* : Le PMCPC contribue à la création d'un plan de gestion de la qualité et est responsable de ses aspects physiques et techniques. Il est principalement chargé d'élaborer et de mettre en place des procédures d'évaluation initiale et en continu des échographes. Tâches associées :
- i) Élaboration de règles et procédures internes relatives à l'utilisation optimale de l'échographie, notamment en rédigeant et en appliquant de nouvelles règles et procédures ou en mettant à jour celles qui existent :
    - règles et procédures qui concernent des objectifs comme l'amélioration de la qualité du service, la productivité du personnel, la gestion de nouveaux équipements et systèmes d'information et la formation du personnel ;
    - procédures relatives aux équipements, par exemple pour signaler immédiatement la défaillance d'un appareil au personnel technique.

- ii) Élaboration d'un programme d'AQ et des procédures de CQ nécessaires pour l'échographe et les équipements associés qui servent à afficher, stocker et transférer les images : Le PMPCPC est chargé de régler et de fixer les valeurs de référence initiales des paramètres relatifs à la qualité des images et l'état initial de référence de l'appareil d'imagerie. Il veille également à ce que des mesures régulières de CQ soient effectuées afin de vérifier que l'échographe conserve les mêmes performances. Il doit enfin s'assurer que celui-ci est conforme à la réglementation et aux recommandations établies par l'État et par l'organisme de contrôle.
- f) *Collaboration avec d'autres professionnels de santé* : Le PMPCPC est un membre essentiel de l'équipe de professionnels constituée d'échographistes, de manipulateurs et de personnel infirmier qui travaillent ensemble à des fins de diagnostic sur des patients. À cet égard, la contribution du PMPCPC consiste notamment à :
- i) Donner un avis aux médecins sur des cas particuliers qui peuvent apparaître au cours de procédures d'échographie. Lorsque l'examen requiert des opérations supplémentaires par rapport aux méthodes de diagnostic de routine, la collaboration entre les médecins et le PMPCPC permet de trouver la meilleure ligne de conduite dans chaque situation.
  - ii) Encadrer des manipulateurs lors de l'application de nouveaux protocoles cliniques : Le physicien médical doit superviser la mise en place de nouvelles procédures d'imagerie médicale dans l'établissement. Il est également chargé d'élaborer les méthodes relatives au CQ des nouvelles procédures.

#### 4.3. RADIOPROTECTION SUR LE LIEU DE TRAVAIL ET PROTECTION RADIOLOGIQUE DU PUBLIC

Les NFI [3] donnent des responsabilités particulières aux physiciens médicaux en matière d'expositions médicales et de radioprotection des patients, les deux étant intrinsèquement liées aux procédures diagnostiques et thérapeutiques qui font appel aux rayonnements ionisants et qui ont été examinées dans les sections précédentes. Elles introduisent aussi l'expression « responsable de la radioprotection » (RRP) :

« Personne techniquement compétente pour les questions de radioprotection liées à un type de pratique déterminé, que le titulaire d'enregistrement, le titulaire de licence ou l'employeur désigne pour superviser l'application des prescriptions pertinentes. »



Dans de nombreux environnements cliniques, le physicien est responsable non seulement de la sûreté du patient, mais aussi de la protection du personnel et du public, ainsi que de la sûreté des sources radioactives. Comme indiqué conjointement par l'IOMP et par l'Association internationale de radioprotection [10], tous les physiciens médicaux reçoivent une formation adéquate en radioprotection et, dans le cadre des missions qui leur sont confiées, jouent le rôle de RRP dans leur établissement de santé ou sont membres de son comité de sûreté radiologique. L'une des spécialités de la physique médicale est la radioprotection médicale. Le physicien médical formé à cette discipline travaille surtout dans de grands centres hospitaliers universitaires et joue le rôle de RRP, rôle qui peut nécessiter un niveau de formation pratique plus élevé et davantage d'expérience en radioprotection.

La présente section expose les principaux rôle et responsabilités du PMCPC dans le domaine de la radioprotection sur le lieu de travail et de la protection radiologique du public. Ce rôle et ces responsabilités sont classés en deux grandes catégories, à savoir la sûreté du personnel et du public et la sûreté des sources radioactives.

#### **4.3.1. Sûreté du personnel et du public**

- a) *Conception de l'installation, spécifications, réception et mise en service des équipements, y compris l'élaboration de critères d'acceptation des performances* : Le PMCPC participe à la conception du blindage des installations, veille au respect des prescriptions de sûreté, répartit les espaces de travail en zones surveillées et en zones contrôlées, apporte son aide pour l'élaboration et la définition des spécifications techniques pour l'achat des nouveaux appareils qui seront utilisés pour la radioprotection et les inspections de sûreté et conçoit des procédures d'évaluation initiale et en continu de ces appareils. Il donne des conseils sur les méthodes pratiques qui permettent de réduire la dose reçue par le personnel et le public qui travaille ou se trouve dans des lieux adjacents aux salles où des appareils d'irradiation sont installés ou des sources radioactives utilisées. De plus, il est chargé de désigner les zones dans lesquelles les femmes enceintes exposées professionnellement ne peuvent pas travailler. Il effectue également des calculs et des études afin de vérifier l'adéquation du blindage existant dans les pièces concernées en se servant de leurs dimensions, de leur facteur d'occupation et de la charge de travail associée, fixe les conditions d'accès aux pièces qui sont contrôlées – leur accès est limité pour les personnes du public – et contrôle la manière dont ces conditions sont appliquées. Le PMCPC est également chargé de superviser l'installation des nouveaux équipements de radioprotection et d'effectuer la

réception et la mise en service de ces équipements, y compris les systèmes informatiques associés, leurs algorithmes, leurs données et leurs résultats.

- b) *Plan de sûreté radiologique relatif à la protection du personnel et du grand public* : Le PMCPC élabore et met en place un plan de sûreté radiologique clinique pour l'hôpital, plan qui comprend des règles et des procédures relatives à la protection et à la sûreté radiologiques des travailleurs et du public. Il réalise une évaluation du risque concernant les installations et les procédures, détermine si les procédures existantes sont adéquates (en tenant compte du type des sources de rayonnements utilisées), calcul les débits de dose auxquels les membres du personnel peuvent être exposés, se procure les résultats de la dosimétrie du personnel pour des activités similaires, fixe les mesures de contrôle à adopter et définit les besoins en équipements de protection individuelle, par exemple des tabliers plombés, des protège-thyroïde, des lunettes plombées ou d'autres accessoires. Il s'assure que ces équipements sont correctement utilisés et que leur intégrité est contrôlée régulièrement. Il doit également établir des règles et des procédures pour la sûreté du transport des matières radioactives, pour les précautions à adopter en cas de contamination ou de fuite de radionucléides non scellés, pour la gestion des déchets radioactifs et pour l'intégrité et le bon fonctionnement des radiamètres et des autres appareils de mesure, conformément à la réglementation.
- c) *Dosimétrie* : Le PMCPC gère et fournit les dispositifs de dosimétrie et de contrôle radiologique du personnel à l'échelle locale dans le respect de la législation. Les résultats de la dosimétrie du personnel et de l'estimation des doses reçues par les personnes du public sont conservés pour la durée fixée par la réglementation nationale. Le PMCPC est également chargé d'effectuer des investigations sur les expositions anormales, de déterminer si un risque radiologique existe et, dans l'affirmative, quel est son niveau, en particulier quand le risque est lié à des rayons gamma émis par des sources radioactives ou à des rayonnements ionisants émis par des appareils utilisés à des fins de diagnostic ou de traitement. Il élabore des procédures et des plans d'intervention pour faire face à des expositions involontaires ou accidentelles et émet des recommandations concernant les actions à mener afin de réduire au minimum la probabilité que de telles expositions ne se reproduisent. Enfin, il fournit les études nécessaires, interprète leurs résultats et évalue la conformité de l'établissement aux règles énoncées par l'organisme de réglementation compétent.
- d) *Optimisation des aspects physiques et techniques des procédures de sûreté radiologique* : Le PMCPC mène des audits de protection et de sûreté radiologiques et vérifie si les licences nécessaires ont été délivrées. Il s'assure que les zones contrôlées sont correctement signalées, que des

panneaux d'avertissement sont en place et que les contrôles radiologiques effectués dans les espaces de travail montrent que les mesures et procédures de radioprotection existantes sont respectées, tout comme les règles et recommandations énoncées par l'organisme de réglementation et par l'organisme de contrôle.

- e) *Gestion de la qualité pour les aspects physiques et techniques des équipements de sûreté radiologique* : Le PMCPC est chargé d'élaborer, de mettre en place et de superviser les aspects physiques du plan de gestion de la qualité pour les appareils utilisés à des fins de radioprotection du personnel et du public. Tâches associées :
- i) Élaboration de règles et procédures internes relatives à une utilisation sûre et optimale des appareils de détection et de mesure des rayonnements.
  - ii) Élaboration de programmes d'AQ et réalisation du CQ pour tous les équipements de radioprotection : Le PMCPC est responsable de l'étalonnage périodique et des procédures de CQ qui permettent de vérifier le bon fonctionnement des équipements utilisés pour mesurer les rayonnements, ainsi que des systèmes connexes qui servent au contrôle radiologique de l'environnement conformément à la réglementation en vigueur.
  - iii) Évaluation et gestion du risque : Le PMCPC doit s'assurer de l'intégrité des radiamètres et des autres appareils qui sont utilisés pour mesurer l'intensité du rayonnement auquel le personnel ou le public sont exposés et doit concevoir des méthodes qui permettent de limiter autant que possible les doses reçues par le personnel et le public, afin de réduire les risques associés.
- f) *Collaboration avec d'autres professionnels de santé* : Le PMCPC travaille avec d'autres professionnels de santé, notamment des médecins, des manipulateurs et du personnel infirmier, concernant des événements particuliers qui peuvent se produire en environnement clinique et qui peuvent compromettre la sûreté du personnel et du public, par exemple un accident au cours du transport de matières radioactives. En pareil cas, les personnes du public et le conducteur qui sont concernés, blessés ou contaminés sont emmenés à l'hôpital pour observation et, éventuellement, pour y être soignés. Le rôle du PMCPC, agissant dans la plupart des cas comme RRP, est essentiel pour donner des consignes sur les mesures à prendre concernant le tri et la contamination des victimes tout en évitant que la contamination ne s'étende et pour éviter que les membres du personnel et les autres patients ne soient exposés inutilement à des rayonnements pendant les traitements. La collaboration entre les médecins et les physiciens médicaux permet de trouver la meilleure ligne de conduite dans

chaque cas et le PMCPC peut donner des conseils de sûreté afin d'aboutir à la solution la meilleure et la plus sûre dans ces situations particulières.

- g) *Enseignement théorique et pratique* : Le PMCPC dispense un enseignement théorique et une formation continue pour le personnel médical en sûreté et en protection radiologiques. Il s'assure que des programmes de formation ont été mis en place, donne des conférences et des formations pratiques au personnel sur les principes de base de la sûreté radiologique, notamment sur la classification en zones contrôlées et en zones surveillées et sur l'exposition attendue par suite de l'application de différentes procédures diagnostiques ou thérapeutiques qui font appel à des sources de rayonnements et instaure et promeut une culture de sûreté et la notion de défense en profondeur.

#### **4.3.2. Sûreté des sources radioactives**

- a) Le PMCPC élabore des procédures pour la sûreté du transport, à l'intérieur du centre hospitalier, des sources radioactives et des équipements qui émettent ou utilisent des rayonnements en tenant compte de toutes les prescriptions réglementaires et de toutes les considérations relatives à la sûreté. Ces procédures doivent prévoir le cas du transfert de propriété d'une source lors d'une livraison ou d'une évacuation.
- b) Le PMCPC élabore un plan de sécurité physique pour les sources radioactives, plan qui comprend des procédures pour leur réception, leur entreposage en toute sécurité, leur inventaire et le contrôle de leur emplacement permanent ou temporaire au sein de l'hôpital. Il planifie et supervise des inventaires réguliers de toutes les sources radioactives en s'assurant de leur évacuation sûre comme déchets radioactifs lorsqu'il y a lieu, conformément aux règles et aux recommandations de sûreté nationales et internationales.
- c) Le PMCPC effectue des évaluations du risque et recense les cas possibles d'accidents ou de pertes de sources radioactives, élabore des plans d'action à appliquer si un tel événement se produit et réalise des exercices afin de vérifier que ces plans peuvent être mis en œuvre correctement.

## 5. EFFECTIFS ET ORGANISATION D'UN SERVICE DE PHYSIQUE MÉDICALE

Les prescriptions relatives aux effectifs qui permettent de fournir des prestations de physique médicale à l'appui d'une prise en charge des patients sûre et efficace doivent être établies à l'aide de critères cohérents par rapport aux pratiques médicales actuelles. Les conséquences de l'évolution continue des techniques médicales et de leurs applications ainsi que les modifications qu'ont connues les prescriptions réglementaires dans le monde entier rendent la plupart des recommandations antérieures sur les effectifs caduques. Même si une étude détaillée de cette question n'entre pas dans le cadre de la présente publication, il semble opportun de présenter l'état actuel des recommandations concernant les effectifs.

Peu d'organisations se sont intéressées aux prescriptions relatives aux effectifs en détail, et notamment aux conséquences des modalités de la formation théorique et clinique (qui seront examinées dans la section suivante). Les critères varient donc considérablement d'un pays à l'autre. La physique de la radiothérapie est sans doute la spécialité qui a retenu le plus l'attention, les exemples les plus récents étant dus à l'Institut de physique et d'ingénierie en médecine (IPEM) [11] et à l'Association américaine des physiciens en médecine (AAPM) [12]. La Fédération européenne des organisations de physique médicale (EFOMP) [13] et l'AIEA (pour l'Amérique latine) [14] ont proposé des critères pour toutes les spécialités de la physique médicale. Alors que les anciennes recommandations étaient surtout établies en fonction du nombre d'appareils dont disposait un établissement (c'est par exemple ce qu'a fait l'AAPM pour le radiodiagnostic en 1991 [7]), aujourd'hui, on s'intéresse plutôt au nombre et à la complexité des appareils, au nombre de patients, à la complexité des procédures et à l'organisation des services. En ce qui concerne ce dernier point, il convient de noter que, dans quelques pays, certaines tâches du physicien médical peuvent être déléguées à des manipulateurs, à des dosimétristes ou à d'autres personnes, sous le contrôle d'un PMCP (voir l'appendice II).

Des exemples détaillés d'effectifs en fonction de besoins précis figurent dans la plupart des publications concernées. L'IPEM [11], par exemple, présente le cas d'une grande installation de radiothérapie qui est dotée de quatre accélérateurs multimodes, quatre accélérateurs monomodes (la moitié des accélérateurs sont équipés d'un dispositif d'IGRT) et deux scanners-simulateurs. Cette installation voit passer 4 800 patients par an dont la moitié est traitée à des fins palliatives et 400 par des techniques spéciales comme l'IMRT ou l'irradiation corporelle totale. Par ailleurs, 350 patients sont soignés chaque année par curiethérapie à haut débit de dose et 100 subissent une curiethérapie prostatique par implants permanents. Les calculs aboutissent à une estimation

de 16 PMCPC, 19 manipulateurs et 8 techniciens. Les chiffres de l'AIEA [14] sont assez semblables pour une installation moderne qui présente les mêmes caractéristiques. En revanche, un service de radiothérapie ordinaire, qui compte trois appareils de cobaltothérapie, un simulateur classique et un TPS à deux dimensions et qui réalise 1 600 traitements par an a besoin de 2 PMCPC et de 2,5 manipulateurs d'après l'AIEA. Ces chiffres sont notablement différents des estimations qui résultent des prescriptions de l'EFOMP. Des évaluations similaires pour des services de médecine nucléaire ou de radiodiagnostic, ainsi que pour la radioprotection, présentent également des différences remarquables selon que l'on utilise la méthode qui figure dans une publication de l'AAPM, de l'EFOMP ou de l'AIEA. Il apparaît donc nécessaire d'harmoniser les critères pour les effectifs.

Même si elle varie considérablement, l'organisation d'un service de physique médicale dépend souvent surtout de la taille et du type de l'établissement concerné. Dans les grands hôpitaux généraux, les physiciens médicaux sont souvent regroupés dans une structure autonome qui fournit des prestations aux différents services de l'hôpital. Ils peuvent aussi faire partie du service de RDI, de cardiologie, de neurochirurgie, de médecine nucléaire ou de radiothérapie. Dans les petits établissements, il n'y a parfois qu'un seul PMCPC à plein temps, secondé par un PMCPC externe, en appoint [13].

Les PMCPC dont les spécialisations se complètent devraient collaborer afin de satisfaire les exigences nécessaires à une prise en charge optimale des patients. Lorsque la taille et les besoins de l'établissement s'y prêtent, des PMCPC dont les compétences diffèrent (et qui ne font peut-être pas partie du même service) peuvent travailler ensemble afin d'apporter une aide dans le domaine de la physique médicale et répondre ainsi aux besoins de la structure. Par exemple, le programme d'AQ et les procédures de CQ nécessaires pour des scanners ou des appareils d'IRM situés dans un service de radiothérapie ou pour des gamma-caméras hybrides et des TEP-Scan installés dans un service de médecine nucléaire, équipements qui sont dans les deux cas utilisés par du personnel médical du service formé à cette fin, peuvent être élaborés et mis en œuvre par un PMCPC qui travaille dans le service de RDI ou d'IRM et qui a suivi une formation suffisante pour manipuler des scanners et des appareils d'IRM. En pareil cas, les PMCPC des différents services devraient se consulter afin de s'assurer que toutes les tâches de physique médicale sont réalisées. S'il n'est pas possible de mettre en place une collaboration ou un soutien, les physiciens médicaux des services de radiothérapie ou de médecine nucléaire doivent recevoir une formation appropriée afin d'être capables d'effectuer l'AQ et le CQ des appareils concernés dans leur service. Dans certains services de taille importante, il arrive aussi que les PMCPC soient spécialisés dans un sous-domaine comme la radiothérapie externe ou la curiethérapie. En pareil cas,

les cadres de l'établissement devraient s'assurer que les compétences nécessaires pour tous les sous-domaines sont mobilisables à n'importe quel moment.

Dans toutes les situations, le PMCPD devrait être conscient des limites de sa propre spécialité. Si des tâches pour lesquelles il n'est pas qualifié doivent être réalisées, il devrait demander de l'aide à un PMCPD compétent ou acquérir les compétences nécessaires en étant suivi par un PMCPD qualifié ou en recevant une formation DPC afin d'approfondir ses connaissances. Dans des circonstances exceptionnelles, il peut effectuer un auto-apprentissage.

## 5.1. PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX EFFECTIFS

Le médecin fait partie d'une équipe interdisciplinaire constituée d'autres professionnels de santé comme des praticiens radiologues, des radiopharmaciens, des ingénieurs biomédicaux, des techniciens, des manipulateurs en radiologie médicale, des techniciens en physique médicale ou des infirmières. Il est nécessaire d'établir des prescriptions générales en matière d'effectifs afin de fournir des services médicaux appropriés à l'appui d'une prise en charge des patients efficace et sûre. Ces prescriptions doivent être cohérentes par rapport aux meilleures pratiques médicales. Une approche centrée sur le patient permet de s'assurer que toutes les activités de médecine radiologique qui présentent des recoupements sont prises en charge quelle que soit la profession de ceux qui les exercent.

En environnement clinique, l'effectif n'est pas seulement important pour la planification et les budgets et fondamental pour la sécurité des patients, il doit aussi être précisé pour la certification des établissements et des professionnels. Les estimations de l'effectif raisonnable à l'appui des services de médecine radiologique ont souvent dépendu approximativement du nombre d'habitants, de la disponibilité des appareils, du taux de morbidité, etc. Les estimations rétrospectives subjectives réalisées à partir des pratiques existantes servent souvent de référence pour prévoir les besoins futurs en effectifs à l'échelle locale. Le calcul détaillé de la durée d'exécution de chaque procédure et activité constitue sans doute l'élément le plus objectif pour pouvoir estimer l'effectif équivalent temps plein. Ces calculs sont naturellement plus utiles et plus pertinents s'ils sont effectués pour divers établissements et services et pour des personnes qui ont une expérience très différente les unes des autres. Les valeurs médianes obtenues à partir d'enquêtes nationales ont été abondamment utilisées pour confirmer l'effectif de médecins médicaux nécessaire.

Il n'est sans doute pas possible d'obtenir une estimation précise pour tous les actes professionnels existants, car il s'agit indéniablement d'une lourde tâche. De plus, de nouvelles procédures sont élaborées en permanence et de nouvelles

techniques apparaissent régulièrement : ce processus est donc dynamique. C'est l'une des raisons qui expliquent que les enquêtes sur la charge de travail du personnel seront toujours en retard d'un grand nombre d'années par rapport aux évolutions techniques. Par conséquent, la meilleure solution consiste à effectuer des analyses comparatives ou à obtenir un consensus d'experts.

Les activités doivent souvent être regroupées, car certaines ne peuvent être pratiquées de manière sûre que si deux personnes au moins sont présentes. À titre d'exemple, on peut citer l'administration d'un traitement en radiothérapie. Dans d'autres cas, au moins deux types de professionnels différents doivent être présents pendant un acte. Cela étant, certaines procédures ne comportent pas d'activités qui sont directement liées à l'utilisation des appareils. Ainsi, l'obtention d'images médicales n'impose pas toujours que le radiologue ou le médecin nucléaire soit présent lors de l'acquisition proprement dite.

Il existe très peu de documents étayés par des faits qui quantifient avec précision le nombre et le type de professionnels nécessaires à l'appui d'un service et qui les relient directement au nombre de patients, aux techniques, aux procédures et aux équipements. Il est nécessaire de disposer d'un outil qui donne aux directeurs d'hôpitaux des critères de détermination de l'effectif requis qui soient transparents et souples et permettent d'agrandir les services existants, d'accroître le nombre de méthodes utilisables et d'intégrer de nouvelles techniques tout en maintenant la sécurité, l'efficacité et la qualité de la prise en charge des patients. Dans ce contexte, l'AIEA a réuni une équipe d'experts et de représentants d'associations professionnelles afin d'élaborer un guide « universel » et une série de modèles qui permettent d'estimer l'effectif nécessaire pour les trois spécialités de la médecine radiologique (RDI, médecine nucléaire et radiothérapie). Même s'ils diffèrent pour chacune de ces spécialités, tous les modèles reposent sur :

- a) une analyse des tâches qui doivent être effectuées par le personnel compétent ;
- b) leur durée ;
- c) la charge de travail clinique (nombre de patients, d'examens, de procédures, etc).

Pour les trois algorithmes, l'utilisateur doit définir les conditions de travail locales et estimer la charge de travail, le nombre d'appareils et de modalités et le nombre de procédures ou de techniques à appliquer dans chaque spécialité. Les chiffres que doit saisir la personne pour chaque discipline, par exemple le nombre de procédures en radiologie et en médecine nucléaire ou le nombre de patients traités par an en radiothérapie, reposent sur des statistiques dont on a jugé que l'utilisateur pouvait facilement y avoir accès ou peuvent être estimés à



partir d'indicateurs comme le nombre de patients et la proportion des différentes pathologies. Ces modèles sont en cours de validation dans des services très différents les uns des autres.

En radiothérapie, par exemple, les tâches sont principalement réalisées par trois types de professionnels : des radiothérapeutes, des PMCP et des techniciens en radiologie médicale, des services complémentaires étant assurés par des infirmières de radiothérapie, des ingénieurs mécaniciens, des ingénieurs électriciens et des experts informaticiens. Dans certains pays, la profession de dosimétriste est reconnue comme catégorie professionnelle supplémentaire en radiothérapie (voir l'appendice II). Une radiothérapie n'est optimale que lorsque ces professionnels travaillent en équipe et que, de ce fait, le processus est fluide. Le modèle utilisé pour la radiothérapie établit l'effectif requis en fonction des activités menées et prend en compte les tâches effectuées par l'ensemble du service : activités relatives aux patients, maintenance et CQ des appareils, procédures particulières, gestion, administration, enseignement et recherche. Ce modèle ne concerne que les professionnels spécialement affectés au service de radiothérapie. Ainsi, les autres modalités de traitement du cancer ne sont pas incluses. Par ailleurs, le modèle intègre un nombre fixe d'heures de travail par jour ou par semaine en tenant compte des congés annuels. Ces paramètres peuvent être adaptés à la situation locale.

Les tâches individuelles recensées concernent la prescription, la préparation, l'imagerie, la planification du traitement, l'administration du traitement et le suivi pour des patients qui subissent une radiothérapie externe ou une curiethérapie. Les personnes qui exécutent ces tâches ont été définies par leur service et non par une catégorie professionnelle, car on sait que des professionnels différents peuvent réaliser la même activité lorsque le personnel disponible n'est pas le même. L'outil a ainsi été conçu pour offrir le maximum de souplesse possible. Les services qui ont été définis sont les suivants : radiothérapie, physique médicale, manipulations de radiothérapie, planification des traitements, soins infirmiers de radiothérapie, génie mécanique et électrique et assistance informatique. Pour chaque tâche, on a estimé la durée raisonnablement nécessaire à son accomplissement en s'appuyant sur des éléments factuels ou sur un consensus. Cette durée a ensuite été associée à chacun des services qui, normalement, effectuent la tâche en question. En d'autres termes, pour chaque activité, on a estimé non seulement la durée totale, mais aussi le temps mis par chaque professionnel pour accomplir cette tâche.

Le nombre de patients traités et le nombre de séances effectuées au sein du service sont saisis par l'utilisateur afin de tenir compte du degré de complexité de l'activité du service et ainsi permettre à un service de calculer le nombre d'équivalents temps plein nécessaires pour pouvoir proposer un ensemble de techniques. Le guide et l'outil sont donc souples et aident chaque service à

calculer ses besoins en fonction des moyens dont il dispose et des connaissances et capacités de son personnel.

## **6. RECOMMANDATIONS RELATIVES À LA FORMATION THÉORIQUE ET CLINIQUE DES PHYSICIENS MÉDICAUX COMPÉTENTS SUR LE PLAN CLINIQUE**

### **6.1. SITUATION ACTUELLE**

Les médecins médicaux qui exercent comme professionnels de santé montrent qu'ils sont compétents dans leur discipline en obtenant le titre universitaire approprié et en suivant une formation clinique dans un ou plusieurs sous-domaines de la physique médicale. Les prescriptions actuelles concernant la qualification des médecins médicaux varient grandement d'un pays à l'autre (cf. références [15-18]). Ces différences ont récemment été confirmées par les résultats de deux études à grande échelle, l'une menée par l'EFOMP en 2006 [19] et l'autre par l'AIEA en 2010-2011, études qui, si on les additionne, prenaient en compte les réponses de 77 pays répartis sur les cinq continents.

Une analyse globale qui tient compte du fait que certaines questions ont pu être interprétées différemment en fonction des États et que, même au sein d'un pays, les prescriptions peuvent ne pas être les mêmes suivant les organismes, est présentée à la figure 1. Le diagramme de gauche montre que la durée minimale de « formation théorique et clinique » nécessaire pour être employé comme médecin médical dans un hôpital varie entre trois et neuf ans, la moyenne étant de six ans. Les règles concernant la répartition de cette durée entre l'enseignement de base, le deuxième cycle universitaire et la formation clinique connaissent des différences considérables, comme le montre le diagramme de droite : dans certains pays, une simple licence sans aucune formation clinique suffit, tandis que dans d'autres, neuf ans d'études comprenant les trois types de formation sont exigés. Des études de base en physique d'une durée d'environ quatre ans représentent le cas de figure le plus courant (plus de 90 % des répondants) et, dans les pays où un deuxième cycle universitaire existe, le programme d'études dure généralement un ou deux ans. Le plus grand écart entre les pays mis en évidence par l'analyse concerne le programme de formation clinique. Dans certains États, il n'existe pas, dans d'autres, il est d'une durée obligatoire de quatre ans. Ses modalités peuvent aussi être assez différentes suivant les pays : ainsi, parmi les programmes structurés, 20 % prévoient un internat ou une formation en cours d'emploi pour les premières années, 29 % l'intègrent au cursus de deuxième

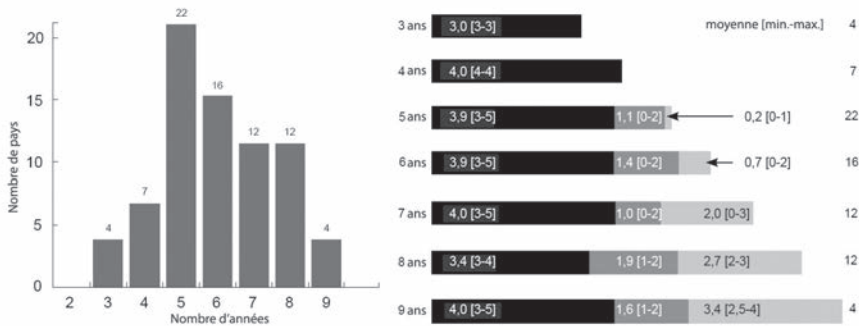


FIG. 1. Résultats de deux études approfondies sur les prescriptions relatives à la qualification des médecins, l'une ayant été réalisée par l'EFOMP en 2006 et l'autre par l'AIEA en 2010-2011. Dans l'ensemble, ces études intègrent les réponses de 77 pays. Le diagramme de gauche montre la durée minimale de « formation théorique et clinique » nécessaire pour être employé comme physicien médical. Celui de droite représente la répartition de cette durée entre l'enseignement de base, le deuxième cycle universitaire et la formation clinique en fonction de la durée totale. Les chiffres représentés au-dessus de l'histogramme de gauche et ceux de la colonne qui est située à droite de l'autre histogramme indiquent le nombre de pays.

cycle et 51 % ne disposent d'aucune formation clinique structurée. L'évaluation des capacités acquises durant la formation clinique présente également des caractéristiques assez différentes suivant les pays : il peut s'agir d'un examen officiel (57 % des cas), d'une évaluation continue (9 % des pays) ou d'une association des deux (23 % des États). 11 % des réponses ne le précisaient pas. Il convient de noter qu'un nombre non négligeable de pays qui disposent d'une formation clinique structurée rémunère les internes comme membres du personnel et que, dans certains États, ceux-ci sont automatiquement engagés à l'issue de leur formation, tandis que dans d'autres, l'embauche n'est pas garantie.

## 6.2. PRESCRIPTIONS RELATIVES À LA FORMATION THÉORIQUE ET CLINIQUE

L'analyse effectuée souligne qu'il est nécessaire d'élaborer des recommandations minimales harmonisées pour la formation théorique et clinique des médecins. Cela permettrait d'atteindre un niveau de compétence commun à tous les pays. Les recommandations qui suivent et qui portent sur la formation théorique et clinique requise pour devenir PMCPC reposent sur les conclusions des études réalisées et sur les guides publiés par

plusieurs organisations internationales comme l'EFOMP [17], l'IOMP [18] ou la Commission européenne [20].

Le parcours classique recommandé commence par un premier cycle universitaire en physique, en sciences de l'ingénieur ou dans une discipline équivalente (c'est-à-dire une formation en trois ou quatre ans comprenant des mathématiques et de la physique complexes), étape qui est suivi par :

- a) Un second cycle universitaire en physique médicale : celui-ci peut être sanctionné par un *Master of Science* (M. Sc.) ou par un diplôme équivalent après un à trois ans d'études et comprend des cours sur toutes les spécialités de la physique médicale, cours complétés par un mémoire de recherche dans une de ces spécialités. Des exemples de programmes de cours ont été publiés par l'AIEA sous forme de manuels portant sur la physique de la radiothérapie [21], la physique du radiodiagnostic [22] et la physique de la médecine nucléaire [23] et par des associations scientifiques et professionnelles comme l'AAPM [24, 25] ou l'IPEM [26].
- b) Une formation clinique d'au moins deux ans dans l'une des spécialités de la physique médicale sous forme d'internat structuré. Elle est effectuée sous l'autorité d'un PMCCP expérimenté. Des exemples de programmes de formation clinique figurent dans les numéros 37<sup>1</sup>, 47<sup>2</sup> et 50<sup>3</sup> de la collection Cours de l'AIEA [27-29]. Pour chaque spécialité supplémentaire, la formation clinique doit être d'au moins un an. Les programmes de formation clinique élaborés pour chaque spécialité doivent insister sur le rôle et les responsabilités du PMCCP dans la discipline correspondante, tels qu'ils ont été décrits dans les sections 2 à 4.

Les règles suivantes devraient être respectées durant l'internat :

- i) La formation doit se dérouler dans un hôpital.
- ii) Elle doit être constituée d'années équivalent temps plein, c'est-à-dire que si le programme de formation clinique comporte des cours théoriques, la durée consacrée à la formation clinique proprement dite doit être allongée d'autant.
- iii) Un interne qui suit le programme et les cours théoriques qui en font partie est soumis à une évaluation officielle afin de contrôler ses connaissances et ses compétences. Même si une évaluation continue est réalisée, elle doit être complétée par un examen oral ou écrit.
- iv) Les établissements dans lesquels la formation clinique s'effectue peuvent réaliser des procédures cliniques appropriées très diverses et

---

<sup>1</sup> Cette publication est également disponible en anglais, en espagnol et en russe.

<sup>2</sup> Cette publication est également disponible en anglais et en espagnol.

<sup>3</sup> Cette publication est également disponible en anglais et en espagnol.

sont équipés d'un ensemble complet d'appareils de dosimétrie et de CQ, de sorte que l'interne soit correctement formé à un large spectre de techniques. Ils doivent également disposer de moyens supplémentaires comme une bibliothèque, des ordinateurs et un accès à Internet.

- v) Il est conseillé de ne pas confier plus de deux ou trois internes en même temps à un superviseur, en fonction de ses missions cliniques. Si l'encadrement est partagé entre plusieurs formateurs, les durées qui lui sont consacrées s'additionnent de telle sorte que le total corresponde à un superviseur équivalent temps plein.

Un autre parcours possible consiste à rejoindre la formation après obtention d'un diplôme de deuxième ou troisième cycle (Master ou doctorat) en physique, en sciences de l'ingénieur ou dans une discipline équivalente. En pareil cas, l'étudiant suit des cours théoriques pertinents portant sur toutes les spécialités de la physique médicale (cf. références [30, 31]) avant ou pendant la période de formation clinique. Dans cette dernière situation, le point b) i) ci-dessus s'applique.

Les trois étapes qui ont été décrites dans ce paragraphe constituent des prescriptions minimales pour la formation des PMPCP. Il convient de souligner que les nombres d'années indiqués ne constituent que la durée minimale pour chaque partie du parcours. Ainsi, pour le cursus théorique, ils correspondent à des durées qui peuvent être différentes pour l'enseignement de base et l'enseignement post-licence, lesquels doivent prendre entre quatre et sept ans au total en fonction des cycles universitaires du pays. De même, la durée effective de la formation clinique ne devrait pas être inférieure à deux ans et, si d'autres activités (par exemple, des cours ou un projet de travail scientifique) sont réalisées pendant cette période, cette durée doit être portée à trois ans, voire plus. Enfin, la formation clinique devrait être axée sur l'acquisition de compétences. Dans l'ensemble, l'enseignement théorique et la formation clinique devraient durer généralement au minimum sept ans, une durée similaire au temps de formation des médecins spécialistes dans la plupart des pays.

### 6.3. HABILITATION, QUALIFICATION ET ENREGISTREMENT

Le processus officiel par lequel un organisme agréé indépendant (professionnel et/ou public) évalue un programme ou un établissement de soins et déclare qu'il répond à des exigences ou à des critères prédéterminés s'appelle l'habilitation. Il est hautement souhaitable que le programme universitaire de deuxième cycle et l'internat soient tous deux habilités par un organisme professionnel national ou international agréé par l'État ou par une administration

publique compétente. Il convient de souligner que l'habilitation n'est pas permanente et doit être renouvelée périodiquement.

La procédure de qualification consiste, pour un organisme agréé (public ou non gouvernemental), à évaluer et à valider les connaissances et les compétences d'une personne suivant des exigences ou à des critères prédéterminés. La qualification des PMCPD devrait être obligatoire, comme c'est le cas pour la plupart des autres professionnels de santé. Cela contribue à homogénéiser le niveau de la profession à l'échelle nationale (et internationale), ce qui garantit la qualité et la sûreté de la médecine radiologique. Comme l'habilitation, la qualification n'offre pas un statut permanent et un dispositif régulier de requalification devrait être mis en place afin de vérifier que le PMCPD connaît les dernières techniques, méthodes et règles de bonnes pratiques. Cette tâche est généralement effectuée dans le cadre d'un programme de DPC (voir ci-après).

Comme pour d'autres professionnels de santé, la procédure de qualification professionnelle des PMCPD devrait être mise en œuvre par une commission nationale. Une commission internationale peut donner des orientations concernant les règles, les exigences et les modalités de la qualification et procéder à l'habilitation des mécanismes de qualification. Elle peut aussi délivrer des titres aux candidats qui ont obtenu leur qualification, tenir un registre de ces titulaires et être au service du public en préparant et en fournissant des tableaux des PMCPD dont elle a reconnu la qualification. Les organisations nationales de physique médicale devraient partager leur expertise, leur expérience et leurs moyens concernant l'élaboration et la mise en œuvre de mécanismes de qualification. Les pays dans lesquels il n'existe pas de système de qualification professionnelle peuvent envisager de commencer par un dispositif facultatif qui deviendra obligatoire une fois qu'il sera suffisamment développé. Ils peuvent aussi demander des avis et de l'aide à des commissions de qualification nationales ou internationales reconnues. Les États qui ont des difficultés à former des commissions de qualification en raison, par exemple, du faible nombre de physiciens médicaux ou d'un manque de formateurs peuvent envisager que leurs physiciens médicaux obtiennent leur qualification dans des pays où de telles commissions existent. Les pays qui disposent déjà de dispositifs de qualification facultatifs devraient examiner la possibilité de les rendre obligatoires.

La procédure de qualification doit déboucher sur l'enregistrement, pour lequel des fiches sur tous les professionnels qualifiés sont tenues à jour et organisées sous forme de bases de données ou de tableaux. Dans l'idéal, le registre devrait être officiel et géré par une administration publique ou par un organisme professionnel agréé par l'État, mais à l'échelle nationale. L'avantage de disposer d'un registre des PMCPD tenu par l'État, c'est que les obligations professionnelles peuvent être appliquées d'une manière harmonisée dans tout le pays, à l'instar de ce qui se passe pour d'autres professions réglementées

comme les architectes ou les médecins. Dans certains États, l'enregistrement est obligatoire pour pouvoir obtenir une autorisation d'exercer, ce qui constitue un mécanisme de CQ efficace pour mesurer la compétence des professionnels.

#### 6.4. PROGRAMMES DE DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL CONTINU

Le DPC est l'un des dispositifs essentiels qui permettent d'entretenir une compétence professionnelle, en particulier pour les PMPCPC qualifiés. La notion de DPC varie d'un pays à l'autre, mais, en règle générale, comprend la participation à des activités de formation scientifiques telles que conférences, symposiums, cours ou journées d'études et les tâches d'enseignement théorique et pratique à des physiciens médicaux et à d'autres professionnels de santé. En font également partie les activités qui concernent la recherche-développement, y compris les contributions individuelles à des revues ou à des livres, les publications et la participation à un comité de lecture. Les DPC les plus élaborés imposent souvent aux professionnels de participer à diverses activités, y compris une formation permanente en déontologie. Les programmes de DPC officiels devraient disposer d'un mécanisme d'évaluation, par exemple un système de crédits, dans lequel les PMPCPC collectent un certain nombre de points pour chaque activité qu'ils effectuent. Ces programmes devraient être pris en compte pour la requalification. Un mécanisme de DPC adéquat devrait être instauré dans chaque État. Les associations professionnelles nationales peuvent jouer un rôle important dans l'organisation et l'habilitation des sessions DPC. Par ailleurs, il est fortement recommandé de mettre en place des programmes de DPC facultatifs dans les pays qui ne disposent pas de procédure de qualification.

#### 6.5. RÉSUMÉ DES PRESCRIPTIONS RELATIVES À LA QUALIFICATION DES PHYSICIENS MÉDICAUX

Les prescriptions minimales relatives à la formation théorique et clinique des physiciens médicaux et les différentes étapes qui permettent d'obtenir le titre de PMPCPC sont résumées sur le logigramme de la figure 2.

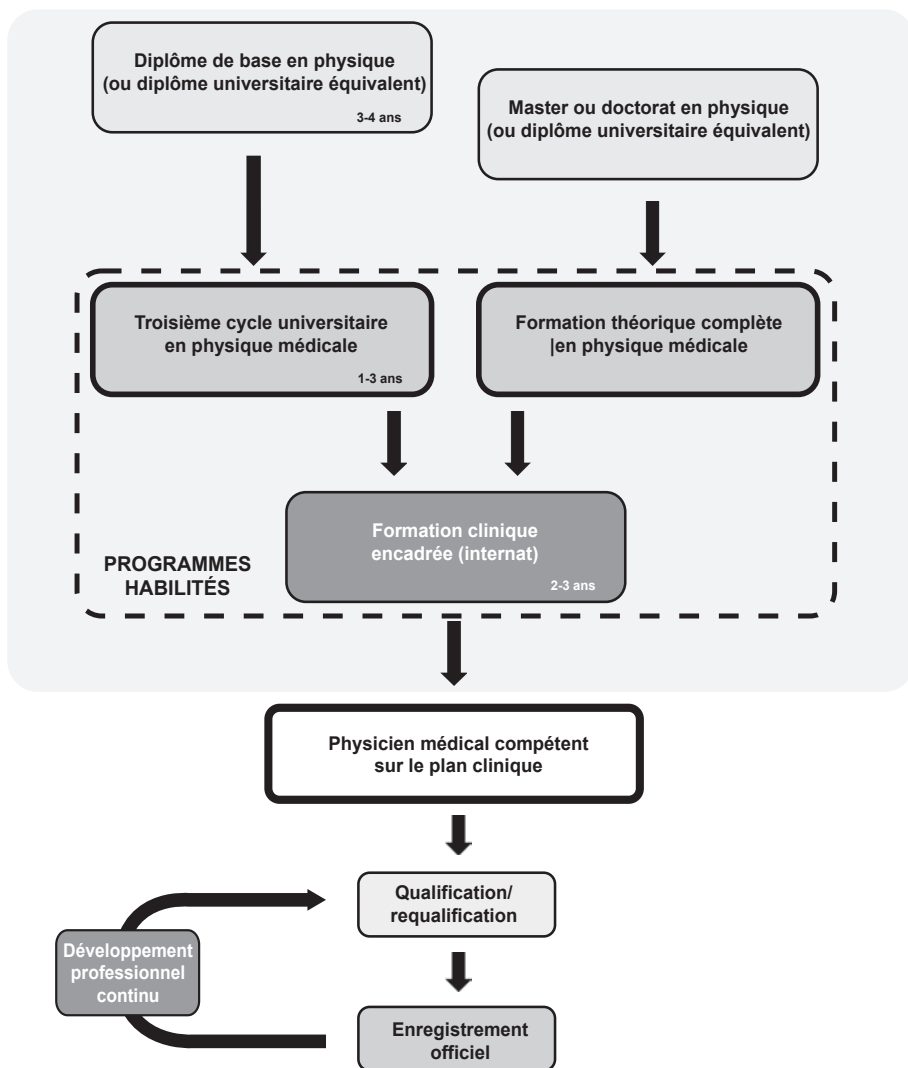


FIG. 2. Recommandations relatives aux prescriptions minimales pour la formation théorique et clinique des physiciens médicaux compétents sur le plan clinique. Deux parcours universitaires possibles aboutissent à une formation clinique obligatoire. Les durées en années indiquées pour la partie théorique correspondent aux différentes durées possibles pour l'enseignement de base et l'enseignement post-licence. Au total, elles devraient être comprises entre quatre et sept ans, en fonction des cycles universitaires du pays. De même, des cours théoriques en physique médicale peuvent avoir lieu pendant la période consacrée à la formation clinique, mais celle-ci ne devrait pas durer moins de deux ans. Dans l'ensemble, l'enseignement théorique et la formation clinique devraient durer généralement au minimum sept ans.



## Appendice I

### CODE DE DÉONTOLOGIE DES PHYSIENS MÉDICAUX QUI TRAVAILLENT EN ENVIRONNEMENT CLINIQUE

Le présent code de déontologie et de bonne conduite professionnelle a été établi à partir de publications et d'informations de l'AAPM [32, 33] et du Conseil des professions de santé et de soins [34]. Il contient deux grandes sections, dont l'une expose des principes et l'autre des lignes directrices. Les principes sont des règles de déontologie destinées à aider les physiciens médicaux à exercer leur mission et à se comporter de manière professionnelle en respectant les patients, leurs collègues et le public. Les lignes directrices sont des indications qui visent à aider les physiciens médicaux à interpréter et à appliquer les principes. Même si elles ne peuvent pas traiter précisément toutes les situations, elles donnent des orientations concernant les bonnes conduites professionnelles, l'éthique de la recherche et la déontologie de l'enseignement. Dans certains pays, les étudiants de troisième cycle qui participent à des recherches cliniques ou des internes qui suivent une formation clinique en physique médicale sont obligés de s'enregistrer auprès d'un organisme national qui régleme la conduite professionnelle des agents de santé. Par ailleurs, des orientations éthiques concernant les activités commerciales, l'administration, les conditions d'emploi, les plaintes, les audiences ou les fautes professionnelles peuvent aussi être applicables.

#### I.1. PRINCIPES DE BONNE CONDUITE PROFESSIONNELLE

Le physicien médical doit respecter les principes suivants :

- a) S'efforcer d'assurer la meilleure prise en charge du patient possible avec compétence et professionnalisme. S'assurer que le bien-être, les intérêts et la dignité des patients sont mis en avant et préservés en permanence.
- b) Garder les secrets professionnels et respecter la vie privée du patient. Taire les informations confidentielles obtenues sur des patients dans le cadre de son exercice professionnel.
- c) Respecter les droits des patients, des collègues, des autres professionnels de santé et des personnes en formation.
- d) Avoir conscience de ses propres limites en matière de connaissances, de capacités ou de temps et demander des avis et de l'aide lorsqu'il y a lieu. Ne pas prendre des engagements ou des responsabilités qui vont au-delà de ses aptitudes ou de ses compétences.

- e) Respecter la loi et les prescriptions réglementaires relatives à un exercice sûr et efficace de la profession. Ne pas accepter un emploi ou des consultations qui sont contraires à la loi ou au bien-être de la population.
- f) Être honnête dans toutes les relations professionnelles et dans son propre travail. Éviter les comportements qui peuvent porter atteinte à la dignité de la profession. Toutes les relations avec des salariés, des collègues de travail, des organismes publics et le grand public doivent reposer sur la plus grande intégrité et la plus grande équité possibles et en être le reflet.
- g) Les relations entre les médecins et les autres professionnels de santé doivent être transparentes, confraternelles et fondées sur le respect mutuel. Travailler de manière collaborative et coopérative avec les autres professionnels de santé, en reconnaissant et en respectant leur contribution particulière pour les soins.
- h) Signaler les conflits d'intérêts lorsque des considérations financières ou d'autres considérations personnelles peuvent compromettre ou semblent affecter son jugement. Prévenir son employeur ou son client par écrit de tout conflit entre des services qui leur sont fournis et son propre intérêt.
- i) S'efforcer d'améliorer ses connaissances et ses capacités professionnelles et les partager avec ses collègues et les personnes en formation. Prendre toutes les mesures raisonnables pour entretenir et développer ses compétences et aider les collègues qui travaillent avec soi ou sous son autorité à faire de même.
- j) Son propre travail en tant que médecin, y compris dans le domaine de la recherche, doit être sincère, reposer sur des principes scientifiques reconnus et citer les travaux antérieurs lorsqu'il y a lieu. Respecter les règles professionnelles reconnues en recherche-développement et empêcher la diffusion de résultats faux ou intentionnellement biaisés.
- k) Conserver une trace de ses sessions DPC et conseiller à ses collègues de faire de même.
- l) S'efforcer de garantir la sûreté et le bien-être des patients.
- m) Signaler tout incident ou toute erreur survenant durant le travail et qui pourrait affecter ou a affecté le traitement d'un patient.

## 1.2 LIGNES DIRECTRICES DE DÉONTOLOGIE

La ligne directrice générale consiste à se conformer à des règles strictes en matière de déontologie, de respect de la loi et de bonne conduite professionnelle. Toute activité qui n'est pas conforme à ces règles compromet l'intégrité personnelle.

### **I.2.1. Lignes directrices de bonne conduite professionnelle**

- a) *Liberté scientifique* : S'efforcer de mener des recherches scientifiques et de contribuer à la création d'un environnement scientifique et clinique qui soit à l'abri de toute pression politique, idéologique ou religieuse.
- b) *Honnêteté* : Être honnête dans toutes ses relations professionnelles et dans son travail. Indiquer ses références, tels que diplômes universitaires, formation, développement professionnel continu et travaux universitaires ou de recherche avec honnêteté et exactitude. Présenter ses activités et les services et produits fournis de manière honnête. De fausses communications sur des travaux qui n'ont pas été effectués, le fait d'antidater des rapports, de signer des comptes rendus de travaux réalisés par d'autres et la fabrication ou la falsification de données sont contraires à la déontologie.
- c) *Entretien des connaissances et des capacités* : S'efforcer d'améliorer ses connaissances et ses capacités applicables à son activité professionnelle. Participer à des sessions de formation continue appropriées en physique médicale. Il est essentiel de partager ces connaissances et ces capacités avec des collègues. S'efforcer de faire part de son expérience au milieu de la physique médicale.
- d) *Compétences* : Avoir conscience de ses propres limites en matière de connaissances, de capacités, de compétences et d'expérience. N'effectuer que des travaux pour lesquels on est qualifié et suivre une formation théorique ou pratique complémentaire ou demander des conseils lorsqu'il y a lieu.
- e) *Relations professionnelles* : S'efforcer d'entretenir des relations mutuellement bénéfiques avec ses collègues. Toutes ces relations doivent être transparentes, honnêtes et respectueuses. Lorsqu'il y a lieu, partager ses capacités et son expérience et contribuer au développement professionnel de collègues. Les personnes qui occupent un poste d'encadrement ont l'obligation d'aider leurs collaborateurs.
- f) *Responsabilité vis-à-vis du public, des patients et de l'établissement* : S'efforcer d'améliorer le bien-être de la population en diffusant des connaissances scientifiques et un enseignement pertinent. Donner la priorité au bien-être des patients et ne participer à des activités de prise en charge d'un patient que si elles sont dans l'intérêt du patient. Si l'on est rattaché à un établissement de soins ou employé par un tel établissement, tenir compte des intérêts de celui-ci. Favoriser une atmosphère fondée sur le respect mutuel dans les échanges avec les prestataires de soins, la direction et le personnel auxiliaire. Aider les autres salariés de l'établissement afin que la prise en charge des patients s'effectue dans de bonnes conditions.

Respecter les règles et procédures internes et contribuer à leur amélioration continue.

- g) *Confidentialité vis-à-vis des patients* : Respecter le caractère confidentiel de toutes les informations relatives aux patients et préserver la confidentialité de ces informations.
- h) *Conflits d'intérêts* : De tels conflits peuvent exister avec un établissement, dans un cadre éducatif, avec l'industrie ou avec des activités d'exercice clinique. Lorsque des intérêts personnels entrent en conflit avec d'autres intérêts, en prendre conscience. Mettre les besoins du patient au-dessus de ses propres intérêts. Les conflits d'intérêts ne sont pas intrinsèquement contraires à la déontologie ou à éviter, mais ils doivent être signalés à toutes les personnes intéressées et être gérés de manière appropriée.
- i) *Discrimination* : Traiter équitablement, également et avec respect toutes les personnes avec lesquelles on a des relations professionnelles. Juger les autres en fonction de leurs connaissances, de leur formation, de leurs capacités et de la qualité du service rendu. Les discriminations préjudiciables et subjectives qui ne reposent pas sur le mérite sont condamnables et contraires à la déontologie.
- j) *Harcèlement* : Favoriser un environnement de travail dans lequel les personnes peuvent travailler dans les meilleures conditions et de la manière la plus productive possible. Employer des mots positifs et encourageants. Les agressions verbales, les remarques humiliantes, les échanges agressifs et incontrôlés et tous les comportements qui rendent, directement ou indirectement, l'environnement de travail hostile sont inacceptables. Il est interdit de soumettre quiconque à un harcèlement sexuel. Ce type de harcèlement prend la forme d'avances sexuelles importunes, de demandes de faveurs sexuelles ou d'autres comportements verbaux ou physiques de nature sexuelle.
- k) *Relations d'exploitation* : N'exploiter aucune personne avec laquelle on entretient une relation professionnelle. De manière non limitative, l'exploitation peut consister à contraindre une personne à effectuer un travail sans rémunération équitable, à forcer une personne à agir contre son gré ou à créer des conditions de travail dans lesquelles un ou plusieurs individus sont traités injustement au bénéfice d'autres personnes.
- l) *Intervention lorsque des collègues présentent des insuffisances ou sont incompetents* : La sûreté et le bien-être des patients sont d'une importance primordiale pour les médecins. S'il apparaît, en raison d'une insuffisance, qu'un collègue porte atteinte au bien-être du patient, le médecin doit essayer d'intervenir en son nom. Les circonstances peuvent être obscures et il convient d'agir judicieusement. S'il existe une obligation légale, contractuelle ou réglementaire de signaler les problèmes,

l'adhérent se conforme à cette obligation. Les incidents, définis comme des changements non souhaités ou involontaires par rapport à la norme et qui ont ou sont susceptibles d'avoir un effet néfaste sur une personne ou un équipement, doivent être signalés par le physicien médical conformément aux règles de leur établissement et à la législation applicable. Il est extrêmement important de tirer les leçons des incidents afin de pouvoir réduire au minimum le risque que des événements similaires se reproduisent. L'adhérent devrait également encourager les autres professionnels de santé à signaler les incidents.

- m) *Relations avec les agents de l'organisme de réglementation* : Le physicien médical a l'obligation d'aider les agents de l'organisme de réglementation et de coopérer avec eux dans l'exercice de leurs fonctions de manière honnête et respectueuse.
- n) *Protection des dénonciateurs* : Le physicien médical doit respecter les autres physiciens médicaux (dénonciateurs) qui effectuent un signalement concernant des collègues dont les compétences sont insuffisantes et qui ont un comportement contraire à la déontologie, frauduleux ou trompeur.
- o) *Examen du travail d'un autre physicien médical (titulaire)* : Au moins deux types d'examen peuvent être effectués : ceux qui sont lancés par le physicien titulaire dans le cadre de l'AQ régulière et ceux qui sont décidés par quelqu'un d'autre. Des procédures et des lignes directrices pour les examens qui sont à l'initiative du titulaire ont été publiées [31]. Dans le cas des examens qui n'ont pas été décidés par le physicien titulaire, l'AIEA (tout comme l'AAPM et d'autres associations professionnelles) ne confirme ni ne rejette le mécanisme d'examen. Afin de protéger les droits du titulaire dans cette situation, celui-ci est en droit d'attendre que les conditions suivantes soient respectées :
  - i) L'examen devrait être réalisé par un confrère physicien médical qualifié, c'est-à-dire un PMPCPC d'un niveau équivalent ou supérieur et qui connaît bien le type de tâches effectuées. Le physicien médical qui fait l'objet d'un examen devrait recevoir une visite de politesse de l'examineur afin qu'ils fixent ensemble un créneau horaire mutuellement acceptable et que ce dernier lui précise le déroulement et les objectifs de l'examen.
  - ii) Lorsque cela est possible, l'examineur ne devrait avoir aucune relation professionnelle présente ou passée avec l'entité qui demande l'examen, et notamment aucune relation étroite de nature personnelle ou professionnelle ou liée à des formations.
  - iii) Le physicien médical qui fait l'objet d'un examen devrait recevoir un exemplaire du compte rendu final par oral comme par écrit.

- iv) La confidentialité doit être préservée pendant tout le processus d'examen.
- v) Lorsqu'un physicien titulaire fait l'objet d'un examen, il faut absolument veiller à ne pas compromettre sa situation inutilement (par exemple, en exprimant des opinions personnelles ou des jugements qui vont au-delà de ce que les éléments présentés permettent d'établir). Ce mécanisme devrait être utilisé comme une incitation à s'améliorer (et/ou à moderniser l'environnement de travail et les équipements, à renforcer les compétences du personnel, etc.) pour toutes les personnes concernées, ainsi que pour les physiciens médicaux dans leur ensemble.

### **1.2.2. Lignes directrices relatives à l'éthique de la recherche**

Les recherches biomédicales, notamment celles qui sont menées par des physiciens médicaux ou auxquelles ils participent, comportent leurs propres obligations éthiques, lesquelles doivent être soigneusement respectées par les chercheurs et les autres personnes qui participent à des recherches. Des règles éthiques s'attachent à la conception et à la conduite des recherches, à la collecte et à l'interprétation des données issues des recherches, à la publication des comptes rendus et des monographies scientifiques décrivant les recherches effectuées, à la gestion des droits de propriété intellectuelle associés à ces recherches et aux relations entre l'équipe de recherche et les organismes qui les financent. Le non-respect d'une obligation éthique peut compromettre l'adhésion aux conclusions des recherches effectuées et porter gravement atteinte à la carrière des chercheurs responsables de ces conclusions.

- a) *Acquisition, gestion, partage et propriété des données de recherche* : Les physiciens médicaux devraient s'assurer que toutes les données recueillies pendant une étude sont réelles et qu'aucune fabrication ou falsification de données ni aucun plagiat n'ont eu lieu. Tous les physiciens médicaux de l'équipe devraient respecter la confidentialité des données de recherche et ne pas les communiquer à d'autres scientifiques ou au public sans l'accord de tous les membres de l'équipe. Ces derniers devraient bien comprendre qui possède ces données.
- b) *Conflits d'intérêts* : Les conflits d'intérêts les plus fréquemment envisagés sont d'ordre financier et se produisent lorsqu'un ou plusieurs membres de l'équipe de recherche ou certains de leurs proches parents pourraient obtenir un gain financier si les résultats ou les rapports de recherche sont orientés d'une certaine manière. S'il est important, un tel conflit doit être signalé. À titre d'exemple, les Instituts nationaux de la santé (NIH) des

États-Unis ont fixé une limite de revenu de 10 000 dollars des États-Unis au-dessus de laquelle les chercheurs soutenus par les NIH doivent signaler le conflit d'intérêts à l'organisme qui les emploie. Il peut y avoir un conflit d'intérêts concernant des recherches envisagées ou en cours même en l'absence de gain financier possible. Ainsi, un chercheur gagne en prestige auprès de ses pairs et au sein de l'institution ou de l'organisme dans lequel il travaille si les résultats de ses recherches sont positifs et font avancer la science. Le conflit d'intérêts n'est pas mauvais en lui-même, mais il doit être signalé afin d'éviter que certains n'aient le sentiment que des irrégularités pourraient être commises. La meilleure protection contre les accusations de conflit d'intérêts consiste à les divulguer complètement et à établir, à interpréter et à publier les conclusions de recherche d'une manière transparente et irréprochable.

- c) *Sujets humains* : Les recherches sur des sujets humains doivent respecter le principe 15 du rapport Belmont [35], à savoir « le respect de la personne, la bienfaisance et la justice ». Le respect de la personne reconnaît l'autonomie des individus et le droit de chaque volontaire pour la recherche à être traité avec respect, à être pleinement informé des recherches et de leurs avantages et risques potentiels et à pouvoir décider par lui-même de participer ou non aux recherches. La bienfaisance garantit que les recherches peuvent avoir un avantage pour les participants eux-mêmes, pour d'autres personnes dont la situation est similaire et qui pourront en bénéficier à l'avenir et pour la société dans son ensemble. La justice implique que des sujets potentiels ne sont pas exclus sans raison valable. La plupart des organismes adhèrent à la « règle générale » selon laquelle toutes les recherches sur des sujets humains sont soumises au même niveau de contrôle et respectent les principes du rapport Belmont [35].
- d) *Fautes professionnelles* : Comme exemples de fautes professionnelles dans le domaine de la recherche, on peut citer la fabrication et la falsification de données, ainsi que le plagiat. La fabrication consiste à produire artificiellement des données de recherche au lieu de les obtenir par des expériences. La falsification consiste à manipuler des données en ne retenant que celles qui valident une hypothèse de recherche. Il y a plagiat lorsqu'une personne utilise les données d'un autre chercheur en prétendant qu'elle les a collectées elle-même. Ces manquements à l'éthique constituent des fautes intentionnelles qui sont considérées comme haïssables et intolérables par le monde de la recherche.
- e) *Bien-être des animaux* : Les animaux ne devraient être utilisés comme sujets de recherche que lorsqu'il s'agit de la seule solution possible. Les chercheurs ont l'obligation morale de traiter les animaux utilisés pour des recherches humainement et avec respect. En la matière, ils doivent respecter

les lois et normes applicables à leurs recherches, à leur laboratoire et à leurs organismes de financement.

- f) *Collaboration scientifique* : De par leur nature même, les recherches sont souvent menées en collaboration et dans un cadre interdisciplinaire. Les chercheurs qui travaillent seuls et de manière indépendante dans leur laboratoire sont aujourd'hui peu nombreux. Un effort de recherche passe toujours par un partenariat entre plusieurs personnes venant de disciplines différentes et, souvent, d'organismes différents. Un chercheur qui participe à une collaboration scientifique doit traiter tous les membres de l'équipe avec respect et confiance. Ces derniers doivent garantir le caractère confidentiel des recherches effectuées et de leurs conclusions jusqu'à ce qu'ils se soient mis d'accord sur leur présentation et leur publication.
- g) *Paternité* : La paternité d'une publication scientifique devrait être réservée aux personnes qui ont contribué de façon substantielle à la conception et à la mise au point des travaux de recherche ou à l'obtention, à l'analyse et à l'interprétation des données issues de ces travaux. La paternité suppose également que l'individu a été directement impliqué dans la rédaction et la révision de la publication. Il est déconseillé aux auteurs d'attribuer une partie de la paternité d'une publication à une personne si celle-ci n'y a pas contribué de façon substantielle.
- h) *Examen par un comité de lecture et édition* : Le rédacteur en chef doit s'assurer que la relecture effectuée par la revue est objective et juste et que les comptes rendus ne contiennent pas de critiques ou de remarques désobligeantes. Il doit aussi se récuser en cas de conflit d'intérêts touchant l'article proposé si ce conflit est susceptible de compromettre son objectivité. Le rédacteur en chef et les relecteurs sont déontologiquement tenus de garantir le caractère confidentiel des relectures et de protéger l'identité des auteurs ou des relecteurs lorsque les relectures se font en simple ou en double aveugle. L'intégrité de la recherche repose en grande partie sur les relectures, qui imposent une transparence sur les travaux réalisés et un examen de ceux-ci par des pairs. Cet examen devrait toujours être mené avec une objectivité, une honnêteté, une minutie et une confidentialité totales et dans le respect des relecteurs et de ceux dont les travaux sont examinés. Les relecteurs ne doivent pas oublier que les travaux qu'ils examinent sont confidentiels et ne doivent être communiqués à personne d'autre qu'aux membres du comité de lecture. Ils ne doivent pas agréger ces travaux ou leurs résultats à leurs propres recherches même s'ils travaillent dans un domaine similaire.
- i) *Conflit d'intérêts relatif à un auteur ou à un relecteur* : Les auteurs devraient signaler tout conflit d'intérêts qu'ils peuvent avoir concernant les recherches décrites dans une publication scientifique. Les personnes



auxquelles il est demandé de relire des articles devraient décliner la proposition de la revue s'ils sont en conflit d'intérêts au sujet des recherches décrites ou s'ils entretiennent une relation personnelle avec les auteurs, de sorte que cette relation pourrait compromettre leur objectivité.

- j) *Respect de la vie privée et de l'anonymat* : Les auteurs doivent respecter l'anonymat des patients et ne pas révéler leur identité dans des publications ou d'une autre manière. Cette protection de la vie privée s'étend aux personnes qui se portent volontaire pour des recherches sur des sujets humains.
- k) *Publications redondantes* : Pour un auteur, il est contraire à l'éthique de soumettre pratiquement le même article à une ou plusieurs revues simultanément ou successivement, sauf si les rédacteurs en chef des revues concernées l'y autorisent ou si le manuscrit a été rejeté.

### **I.2.3. Lignes directrices relatives à la déontologie de l'enseignement**

Les structures éducatives officielles offrent un environnement dans lequel l'étudiant a la possibilité de s'imprégner de l'atmosphère intellectuelle et éthique créée par l'établissement et par ses enseignants. Il est donc d'une importance capitale que ces derniers fassent preuve d'une déontologie irréprochable et que les étudiants commencent à adopter le comportement déontologique qui les guidera tout au long de leur carrière. Dans le présent paragraphe sur la déontologie de l'enseignement, les définitions suivantes s'appliquent : le terme « enseignant » désigne toute personne chargée de former ou d'encadrer un étudiant qui suit un programme de formation théorique ou pratique ; le terme « étudiant » désigne toute personne qui suit un programme de formation théorique ou pratique. Toutes les activités qui sont exercées par un étudiant en environnement clinique sont supposées être effectuées sous le contrôle direct de l'enseignant et l'étudiant devrait être conscient de cette responsabilité juridico-médicale en permanence.

- a) Lignes directrices pour l'enseignant :
  - i) *Déroulement du programme de formation de l'étudiant* : L'enseignant s'efforce de contribuer au développement intellectuel de ses étudiants et de les aider à atteindre leurs objectifs de formation. Il les oriente efficacement dans ce but. Pour la réussite de leurs études, les étudiants s'en remettent à leurs enseignants, à leur conseiller d'orientation et à leur tuteur. De ce fait, l'enseignant doit agir dans l'intérêt de ses étudiants. Ainsi, des travaux accomplis en vue d'obtenir une subvention officielle ou pour des projets de recherche, travaux dont bénéficient principalement l'enseignant ou l'établissement peuvent

faire partie de la formation d'un étudiant, mais ne devraient pas freiner indûment sa progression globale.

- ii) *Sécurité de l'environnement* : L'enseignement favorise un environnement sûr pour l'enseignement et forme les étudiants sur les risques et les méthodes qui permettent de maîtriser et de réduire au minimum les risques potentiels.
- iii) *Respect des étudiants* : L'enseignant dialogue avec les étudiants de manière respectueuse. Il est en position de pouvoir et d'autorité et doit établir des relations positives avec les étudiants. La communication verbale, non verbale et écrite avec ces derniers devrait être constructive et rationnelle afin d'enrichir leur expérience de formation.
- iv) *Non-discrimination* : L'enseignant doit traiter tous les étudiants équitablement et également quel que soit leur âge, leur race, la couleur de leur peau, leurs croyances, leur sexe, leur nationalité d'origine, leur situation de famille, leurs convictions politiques ou religieuses, leur milieu familial, social ou culturel ou leur orientation sexuelle.
- v) *Égalité des chances* : L'enseignant traite tous les étudiants également pour ce qui est de la participation à un programme ou de propositions qui peuvent les aider, y compris, mais de façon non limitative, le fait d'assister à des réunions scientifiques ou de suivre des programmes de formation, des projets de recherche, des places d'internat ou des bourses.
- vi) *Confidentialité des informations relatives aux étudiants* : La confiance inhérente à toute bonne relation entre un enseignant et un étudiant est irrémédiablement perdue si un enseignant divulgue négligemment des informations confidentielles. L'enseignant préserve la confidentialité des informations sur les étudiants qui ne sont pas publiques. Les évaluations du travail d'un étudiant, ainsi que les échanges verbaux ou électroniques entre l'enseignant et l'étudiant sont confidentiels sauf s'il est nécessaire de les communiquer pour conserver une trace du travail de l'étudiant.
- vii) *Relation intime avec un étudiant* : Il convient d'éviter toute relation intime ou amoureuse entre un enseignant et un étudiant. L'enseignant est le premier responsable du maintien de relations appropriées.
- viii) *Harcèlement sexuel* : Tout acte de harcèlement sexuel d'un étudiant par un enseignant est interdit. Ce type de harcèlement prend la forme d'avances sexuelles importunes, de demandes de faveurs sexuelles, d'autres comportements verbaux ou physiques de nature sexuelle ou d'actes qui, directement ou indirectement, rendent l'environnement hostile.

- ix) *Reconnaissance du travail des étudiants ou d'autres personnes* : L'enseignant reconnaît et cite les travaux antérieurs réalisés par d'autres personnes s'il s'en sert pour son enseignement oral ou ses supports pédagogiques. Il fait état de l'aide notable apportée par des étudiants sur des questions théoriques ou délicates, par exemple en faisant d'un étudiant le coauteur d'une publication. La relation tuteur-interne ou chercheur-étudiant et les questions relatives à la paternité des publications sont présentées plus en détail dans le paragraphe portant sur l'éthique de la recherche.
  - x) *Justesse des évaluations* : L'enseignant évalue les efforts de tout étudiant de manière juste et consigne ces évaluations dans son dossier lorsqu'il y a lieu.
  - xi) *Liberté intellectuelle et scientifique* : L'enseignant favorise une atmosphère de liberté propice à la recherche scientifique et contribue à un environnement de travail qui soit à l'abri de toute pression politique, idéologique ou religieuse.
- b) Lignes directrices pour l'étudiant :
- i) *Consultation et réexamen du dossier personnel* : L'étudiant a le droit de consulter et de contrôler son dossier. Il peut demander que des modifications y soient apportées s'il parvient à établir qu'il contient des inexactitudes.
  - ii) *Protection des dénonciateurs* : L'étudiant est libre de signaler tout manquement au présent code ou de donner des informations à ce sujet sans craindre de représailles.
  - iii) *Travaux obligatoires pendant la formation* : L'achèvement du programme de formation ne doit pas être conditionné à la réalisation de travaux pour un enseignant ou un établissement si ces travaux ne figurent pas officiellement dans le programme de formation.
  - iv) *Obligations relatives au programme de formation* : Les conditions requises pour valider la formation doivent être clairement définies et l'étudiant a le droit d'en être informé.
  - v) *Respect des règles et procédures internes* : L'étudiant respecte les règles et procédures mises en place par l'établissement.
  - vi) *Honnêteté et intégrité intellectuelles* : L'étudiant fait constamment preuve d'honnêteté et d'intégrité intellectuelles. Comme exemples d'actes de malhonnêteté intellectuelle, on peut citer la fraude, le plagiat, la falsification ou la fabrication d'informations ou de données et les tâches effectuées en collaboration sans autorisation.
  - vii) *Reconnaissance du travail effectué par d'autres personnes* : L'étudiant doit faire état sans restrictions des travaux réalisés antérieurement par d'autres personnes lorsqu'il les intègre à son propre travail.

- viii) *Liberté d'expression* : L'étudiant doit respecter la liberté d'expression des autres personnes.
- ix) *Confidentialité relative aux patients et à l'établissement* : L'étudiant doit respecter la confidentialité des informations relatives à l'établissement et aux patients.
- x) *Respect des étudiants, des enseignants, du personnel et des patients* : L'étudiant dialogue avec les autres étudiants, les enseignants, le personnel et les patients de manière respectueuse. Il respecte et conforte les interventions des autres étudiants pendant les cours.
- xi) *Respect des biens de l'établissement* : L'étudiant ne doit pas, dans un cadre professionnel, se servir d'informations, de données ou de biens à caractère professionnel qui appartiennent à un enseignant ou à l'établissement et qui ne font pas partie des supports pédagogiques sans autorisation expresse, qu'il s'agisse de biens matériels ou immatériels. À titre d'exemple, on peut citer des procédures, des règles, des fiches, des listes de contrôle, des programmes d'AQ, des outils pédagogiques, des présentations ou des protocoles de recherche de l'établissement. Si un enseignant ou un établissement peut autoriser l'exploitation de ces informations ou de ces données ou les diffuser, il est de la responsabilité de l'étudiant d'obtenir l'autorisation de les utiliser.

## Appendice II

### MISSIONS ET CAPACITÉS DES DOSIMÉTRISTES

Le dosimétriste est un membre de l'équipe de radiothérapie qui connaît les caractéristiques générales des appareils et équipements de radiothérapie et les procédures habituellement appliquées en radiothérapie externe et en curiethérapie et dispose de la formation et des compétences nécessaires pour établir des distributions de dose et effectuer des calculs de dose en collaboration avec le physicien médical et le radiothérapeute. Il a été formé pour exécuter des tâches sous le contrôle de ces deux professionnels de santé. Dans la présente publication, à chaque fois qu'il est fait mention de décisions, d'actes et de communications, on suppose que l'encadrement nécessaire est présent et que le dosimétriste en tire parti. Par ailleurs, de nombreuses tâches qui sont réalisées par le dosimétriste font intervenir d'autres membres de l'équipe de radiothérapie comme le manipulateur ou les infirmières. En fonction de l'établissement de soins, les différents membres de l'équipe n'ont pas le même degré de responsabilité dans l'accomplissement d'une tâche donnée.

Les informations sur les missions et les capacités des dosimétristes qui figurent dans le présent appendice proviennent de l'AAMD [36] et sont présentées avec des modifications secondaires concernant leur formulation et leur disposition. Elles présentent une description du métier conforme aux recommandations de l'AAMD en exposant les principales missions, capacités et compétences du dosimétriste en Amérique du Nord. Les établissements de soins qui l'utiliseront comme modèle sont invités à l'adapter à la situation locale s'il y a lieu.

#### II.1. PRINCIPALES MISSIONS DU DOSIMÉTRISTE

- a) Concevoir, à l'aide d'un ordinateur ou de calculs manuels, un plan de traitement qui permettra de délivrer la dose prescrite et de déterminer la balistique conformément aux prescriptions du radiothérapeute pour un volume tumoral défini.
- b) Tenir compte des structures anatomiques qui limitent la dose dans la conception des plans de traitement et consigner la dose prescrite par le radiothérapeute.
- c) Coordonner la simulation des traitements et la localisation des tumeurs sur des appareils dédiés, par exemple des scanners ou des appareils d'IRM ou de TEP lorsqu'il y a lieu, pour la planification des traitements conformément aux lignes directrices fixées par l'établissement.

- d) Encadrer, effectuer, ou aider à planifier la fabrication et le CQ des filtres compensateurs, des blindages sur mesure, des filtres en coin et des autres modificateurs de faisceau.
- e) Encadrer, effectuer, ou aider à planifier la fabrication et le CQ des moules et des autres dispositifs d'immobilisation.
- f) Donner des instructions au personnel soignant pour la mise en œuvre des plans de traitement, y compris concernant l'utilisation correcte des dispositifs d'immobilisation, des filtres compensateurs, des filtres en coin, de la balistique et des autres paramètres de traitement.
- g) Effectuer des calculs afin de délivrer avec précision la dose prescrite par le radiothérapeute, consigner toutes les informations pertinentes dans le dossier du patient et vérifier la précision mathématique de tous les calculs à l'aide d'un système conçu par le physicien médical.
- h) Apporter un soutien au physicien médical concernant la physique et les aspects techniques de la radioprotection, de l'étalonnage qualitatif des appareils et de l'AQ des équipements de radiothérapie.
- i) Encadrer, effectuer, ou faciliter l'application de méthodes spécifiques de dosimétrie, notamment celles qui font appel à des chambres d'ionisation, à des dosimètres thermoluminescents ou à des dosifilms, conformément aux instructions du physicien médical.
- j) Sous l'autorité du PMCPC, apporter une aide pour les procédures de curiethérapie intracavitaire ou interstitielle et pour le calcul manuel ou informatique ultérieur des distributions de dose relatives aux traitements.
- k) Enseigner les aspects pratiques de la dosimétrie clinique à des étudiants et à des internes suivant les instructions reçues.
- l) Participer à la recherche clinique sur le développement et la mise en œuvre de nouvelles techniques.
- m) Suivre un programme de formation continue dans le domaine des méthodes actuelles de planification des traitements et des progrès de la dosimétrie clinique.

## II.2. CAPACITÉS REQUISES POUR UN DOSIMÉTRISTE

- a) Doit être capable de comprendre les aspects techniques de la radiothérapie et de la physique médicale afin d'établir des plans et d'expliquer ces aspects au radiothérapeute pour l'approbation du plan et au manipulateur pour sa mise en œuvre.
- b) Effectue des tâches de routine sans encadrement, mais consulte le radiothérapeute et le physicien médical si nécessaire.
- c) Réalise l'AQ du système de planification des traitements sous la direction du physicien médical.

- d) A des connaissances pratiques de la sûreté radiologique et des règles en vigueur établies par l'organisme de réglementation local ou national (par exemple, la Commission de la réglementation nucléaire des États-Unis).
- e) Est capable d'interpréter et d'exécuter des plans de traitement tels qu'ils sont définis dans les guides thérapeutiques applicables.
- f) Doit posséder des compétences en mathématiques, notamment en algèbre, en trigonométrie et en analyse élémentaire et être capable de visualiser des objets en trois dimensions afin de faciliter la planification des traitements.





## RÉFÉRENCES

- [1] SMITH, P.H.S., NUSSLIN, F., Benefits to medical physics from the recent inclusion of medical physicists in the international classification of standard occupations (ICSO-08), *Med. Phys. Int. J.* **1** (2013) 10–14.
- [2] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR MEDICAL PHYSICS, The Medical Physicist: Role and Responsibilities, Working Group on Policy Statement No. 1, IOMP, York, UK (2010).
- [3] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Radioprotection et sûreté des sources de rayonnements : Normes fondamentales internationales de sûreté – Édition provisoire (collection Normes de sûreté de l'AIEA, n° GSR Part 3), AIEA, Vienne (2011).
- [4] CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE, Directive 97/43/EURATOM du Conseil relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales, *Journal officiel* n° L 180 du 09/07/1997.
- [5] COMMISSION EUROPÉENNE, Proposition de Directive du Conseil fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants (COM/2011/0593 final – 2011/0254 (NLE)) (2011).
- [6] AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, The Role of a Physicist in Radiation Oncology, Rep. No. 38, AAPM, College Park, MD (1993).
- [7] AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, Staffing Levels and Responsibilities of Physicists in Diagnostic Radiology, Rep. No. 33, AAPM, College Park, MD (1991).
- [8] AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, The Role of the Clinical Medical Physicist in Diagnostic Radiology, Rep. No. 42, AAPM, College Park, MD (1994).
- [9] AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, A Guide to the Teaching of Clinical Radiological Physics to Residents in Diagnostic and Therapeutic Radiology, Rep. No. 64, AAPM, College Park, MD (1999).
- [10] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR MEDICAL PHYSICS, Statement of Collaboration between IOMP and IRPA on the Use of Ionizing Radiation in Health Care, *eMPW* **3** 2 (2012) 10–12, [http://www.iomp.org/sites/default/files/empw-32\\_0.pdf](http://www.iomp.org/sites/default/files/empw-32_0.pdf)
- [11] INSTITUTE OF PHYSICS AND ENGINEERING IN MEDICINE, Recommendations for the Provision of a Physics Service to Radiotherapy, IPEM, York, UK (2009).
- [12] AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, The Solo Practice of Medical Physics in Radiation Oncology, Rep. No. 80, AAPM, College Park, MD (2003).
- [13] EUROPEAN FEDERATION OF ORGANISATIONS FOR MEDICAL PHYSICS, Criteria for the staffing levels in a medical physics department, EFOMP Policy Statement No. 7, *Phys. Medica* **XIII** (1997) 187–194.
- [14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, El físico médico: Criterios y recomendaciones para su formación académica, entrenamiento clínico y certificación en América Latina, IAEA Human Health Reports No. 1, IAEA, Vienna (2010).

- [15] TABAKOV, S., SPRAWLS, P., KRISANACHINDA, A., LEWIS, C. (Eds), Medical Physics and Engineering Education and Training (Part I), ICTP Press, Trieste, Italy (2011).
- [16] ROBERTS, C., TABAKOV, S., LEWIS, C. (Eds), Medical Radiation Physics: A European Perspective (CEC Project CIPA 3510 CT 92 2623), King's College School of Medicine and Dentistry, London (1995).
- [17] EUDALDO, T., OLSEN, K., The European Federation of Organisations for Medical Physics, Policy Statement No. 12: The present status of Medical Physics Education and Training in Europe, New perspectives and EFOMP recommendations, *Phys. Medica* **26** (2010) 1–5.
- [18] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR MEDICAL PHYSICS, Basic Requirements for Education and Training of Medical Physicists, Working Group on Policy Statement No. 2, IOMP, York, UK (2010).
- [19] EUDALDO, T., OLSEN, K., The present status of Medical Physics Education and Training in Europe: an EFOMP survey, *Phys. Medica* **24** (2008) 3–20.
- [20] EUROPEAN COMMISSION, Project on Medical Physics Expert (TREN/09/NUCL/SI2.549828) — Draft Qualification and Curriculum Frameworks for the Medical Physics Expert in Europe (2010–2012), <http://portal.ucm.es/web/medical-physics-expert-project>.
- [21] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, IAEA, Vienna (2005).
- [22] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students, IAEA, Vienna (2013).
- [23] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students, IAEA, Vienna (in preparation).
- [24] AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, Academic Program Recommendations for Graduate Degrees in Medical Physics, Rep. No. 197, AAPM, College Park, MD (2009).
- [25] AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, Essentials and Guidelines for Hospital-based Medical Physics Residency Training Programs, Rep. No. 90, AAPM, College Park, MD (2006).
- [26] INSTITUTE OF PHYSICS AND ENGINEERING IN MEDICINE, Training Prospectus for Medical Physicists and Clinical Engineers in Health Care, IPeM, London (2010).
- [27] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Formation clinique de physiciens médicaux se spécialisant en radio-oncologie, collection Cours de l'AIEA n° 37, AIEA Vienne (2012).
- [28] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Formation clinique des physiciens médicaux se spécialisant en radiodiagnostic, collection Cours de l'AIEA n° 47, AIEA, Vienne (2012).
- [29] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Formation clinique des physiciens médicaux se spécialisant en médecine nucléaire, collection Cours de l'AIEA n° 50, AIEA, Vienne (2012).

- [30] AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, Alternative Clinical Training Pathways for Medical Physicists, Rep. No. 133, AAPM, College Park, MD (2008).
- [31] AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, The Essential Medical Physics Didactic Elements for Physicists Entering the Profession through an Alternative Pathway (Suppl. to Report 197), Rep. No. 197S, AAPM, College Park, MD (2011).
- [32] AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, Code of Ethics for the American Association of Physicists in Medicine, Rep. No. 109, AAPM, College Park, MD (2009).
- [33] AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, Recommended Ethics Curriculum for Medical Physics Graduate and Residency Programs, Rep. No. 159, AAPM, College Park, MD (2010).
- [34] HEALTH AND CARE PROFESSIONS COUNCIL, Standards of Conduct, Performance and Ethics (2012), <http://www.hpc-uk.org/aboutregistration/standards/standardsofconductperformanceandethics/>
- [35] THE NATIONAL COMMISSION FOR THE PROTECTION OF HUMAN SUBJECTS OF BIOMEDICAL AND BEHAVIORAL RESEARCH, The Belmont Report, Ethical Principles and Guidelines for the Protection of Human Subjects of Research (1979), <http://www.hhs.gov/ohrp/humansubjects/guidance/belmont.html>
- [36] AMERICAN ASSOCIATION OF MEDICAL DOSIMETRISTS, <http://www.medicaldosimetry.org/generalinformation/description.cfm>



## ABRÉVIATIONS ET SIGLES

|       |  |
|-------|--|
| AAMD  | Association américaine des dosimétristes                     |
| AAPM  | Association américaine des physiciens en médecine            |
| AQ    | assurance de la qualité                                      |
| CQ    | contrôle de la qualité                                       |
| DPC   | développement professionnel continu                          |
| EFOMP | Fédération européenne des organisations de physique médicale |
| IGRT  | radiothérapie guidée par l'image                             |
| IMRT  | radiothérapie par modulation d'intensité                     |
| IOMP  | Organisation internationale de physique médicale             |
| IPEM  | Institut de physique et d'ingénierie en médecine             |
| IRM   | imagerie par résonance magnétique                            |
| NFI   | Normes fondamentales internationales                         |
| NIH   | Instituts nationaux de la santé                              |
| NRD   | niveaux de référence diagnostiques                           |
| PMCP  | physicien médical compétent sur le plan clinique             |
| RDI   | radiologie diagnostique et interventionnelle                 |
| RRP   | responsable de la radioprotection                            |
| SPECT | tomographie d'émission monophotonique                        |
| TEP   | tomographie à émission de positons                           |
| TPS   | système de planification des traitements                     |



## PERSONNES AYANT COLLABORÉ À LA RÉDACTION ET À L'EXAMEN

|                    |  |
|--------------------|--|
| Andreo, P.         | Université de Stockholm (Suède)                                      |
| Brandan, M.E.*     | Université nationale autonome du Mexique<br>(Mexique)                |
| Castellanos, M.E.* | Université pontificale xavérienne (Colombie)                         |
| Cheung, K.Y.**     | Hong Kong Sanatorium & Hospital (Chine)                              |
| Constantinou, C.   | Centre d'oncologie de la Banque de Chypre<br>(Chypre)                |
| Frey, G.H.***      | Université de médecine de Caroline du Sud<br>(États-Unis d'Amérique) |
| Ige, T.A.†         | Hôpital national (Nigeria)   |
| Le Heron, J.C.     | Agence internationale de l'énergie atomique                          |
| Lopes, M.C.**      | Institut portugais d'oncologie de Coimbra<br>(Portugal)              |
| Meghzifene, A.     | Agence internationale de l'énergie atomique                          |
| Ramahi, S.         | Centre anticancer du Roi Hussein (Jordanie)                          |
| Van der Merwe, D.  | Agence internationale de l'énergie atomique                          |
| Van der Putten, W. | Agence internationale de l'énergie atomique                          |

\* Représentant également l'Association latino-américaine de physique médicale.

\*\* Représentant également l'Organisation internationale de physique médicale.

\*\*\* Représentant également l'Association américaine des physiciens en médecine.

† Représentant également la Fédération des organisations africaines de physique médicale.







# IAEA

Agence internationale de l'énergie atomique

N° 23

## OÙ COMMANDER ?

Dans les pays suivants, vous pouvez vous procurer les publications de l'AIEA disponibles à la vente chez nos dépositaires ci-dessous ou dans les grandes librairies.

Les publications non destinées à la vente doivent être commandées directement à l'AIEA. Les coordonnées figurent à la fin de la liste ci-dessous.

### ALLEMAGNE

**Goethe Buchhandlung Teubig GmbH**

Schweitzer Fachinformationen

Willstätterstrasse 15, 40549 Düsseldorf, ALLEMAGNE

Téléphone : +49 (0) 211 49 8740 • Fax : +49 (0) 211 49 87428

Courriel : s.dehaan@schweitzer-online.de • Site web : <http://www.goethebuch.de>

### AUSTRALIE

**DA Information Services**

648 Whitehorse Road, Mitcham, VIC 3132, AUSTRALIE

Téléphone : +61 3 9210 7777 • Fax : +32 3 9210 7788

Courriel : [books@dadirect.com.au](mailto:books@dadirect.com.au) • Site web : <http://www.dadirect.com.au>

### BELGIQUE

**Jean de Lannoy**

Avenue du Roi 202, 1190 Bruxelles, BELGIQUE

Téléphone : +32 2 5384 308 • Fax : +32 2 5380 841

Courriel : [jean.de.lannoy@euronet.be](mailto:jean.de.lannoy@euronet.be) • Site web : <http://www.jean-de-lannoy.be>

### CANADA

**Renouf Publishing Co. Ltd.**

5369 Canotek Road, Ottawa, ON K1J 9J3, CANADA

Téléphone : +1 613 745 2665 • Fax : +1 643 745 7660

Courriel : [order@renoufbooks.com](mailto:order@renoufbooks.com) • Site web : <http://www.renoufbooks.com>

**Bernan Associates**

4501 Forbes Blvd., Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Téléphone : +1 800 865 3457 • Fax : +1 800 865 3450

Courriel : [orders@bernan.com](mailto:orders@bernan.com) • Site web : <http://www.bernan.com>

### ESPAGNE

**Díaz de Santos, S.A.**

Librerías Bookshop • Departamento de pedidos

Calle Albasanz 2, esquina Hermanos Garcia Noblejas 21, 28037 Madrid, ESPAGNE

Téléphone : +34 917 43 48 90 • Fax : +34 917 43 4023

Courriel : [compras@diazdesantos.es](mailto:compras@diazdesantos.es) • Site web : <http://www.diazdesantos.es>

### ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

**Bernan Associates**

4501 Forbes Blvd., Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Téléphone : +1 800 865 3457 • Fax : +1 800 865 3450

Courriel : [orders@bernan.com](mailto:orders@bernan.com) • Site web : <http://www.bernan.com>

**Renouf Publishing Co. Ltd.**

812 Proctor Avenue, Ogdensburg, NY 13669, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Téléphone : +1 888 551 7470 • Fax : +1 888 551 7471

Courriel : [orders@renoufbooks.com](mailto:orders@renoufbooks.com) • Site web : <http://www.renoufbooks.com>

### FINLANDE

**Akateeminen Kirjakauppa**

PO Box 128 (Keskuskatu 1), 00101 Helsinki, FINLANDE

Téléphone : +358 9 121 41 • Fax : +358 9 121 4450

Courriel : [akatailus@akateeminen.com](mailto:akatailus@akateeminen.com) • Site web : <http://www.akateeminen.com>

### FRANCE

**Form-Edit**

5 rue Janssen, B.P. 25, 75921 Paris CEDEX, FRANCE

Téléphone : +33 1 42 01 49 49 • Fax : +33 1 42 01 90 90

Courriel : [fabien.boucard@formedit.fr](mailto:fabien.boucard@formedit.fr) • Site web : <http://www.formedit.fr>

**Lavoisier SAS**

14 rue de Provigny, 94236 Cachan CEDEX, FRANCE

Téléphone : +33 1 47 40 67 00 • Fax : +33 1 47 40 67 02

Courriel : [livres@lavoisier.fr](mailto:livres@lavoisier.fr) • Site web : <http://www.lavoisier.fr>

**L'Appel du livre**

99 rue de Charonne, 75011 Paris, FRANCE

Téléphone : +33 1 43 07 50 80 • Fax : +33 1 43 07 50 80

Courriel : [livres@appeldulivre.fr](mailto:livres@appeldulivre.fr) • Site web : <http://www.appeldulivre.fr>

## HONGRIE

### **Librotrade Ltd., Book Import**

PF 126, 1656 Budapest, HONGRIE

Téléphone : +36 1 257 7777 • Fax : +36 1 257 7472

Courriel : books@librotrade.hu • Site web : <http://www.librotrade.hu>

## INDE

### **Allied Publishers**

1<sup>st</sup> Floor, Dubash House, 15, J.N. Heredi Marg

Ballard Estate, Mumbai 400001, INDE

Téléphone : +91 22 2261 7926/27 • Fax : +91 22 2261 7928

Courriel : alliedpl@vsnl.com • Site web : <http://www.alliedpublishers.com>

### **Bookwell**

3/79 Nirankari, Delhi 110009, INDE

Téléphone : +91 11 2760 1283/4536

Courriel : bkwell@nde.vsnl.net.in • Site web : <http://www.bookwellindia.com>

## ITALIE

### **Libreria Scientifica "AEIOU"**

Via Vincenzo Maria Coronelli 6, 20146 Milan, ITALIE

Téléphone : +39 02 48 95 45 52 • Fax : +39 02 48 95 45 48

Courriel : info@libreriaaeiou.eu • Site web : <http://www.libreriaaeiou.eu>

## JAPON

### **Maruzen Co., Ltd.**

1-9-18 Kaigan, Minato-ku, Tokyo 105-0022, JAPON

Téléphone : +81 3 6367 6047 • Fax : +81 3 6367 6160

Courriel : journal@maruzen.co.jp • Site web : <http://maruzen.co.jp>

## PAYS-BAS

### **Martinus Nijhoff International**

Koraalrood 50, Postbus 1853, 2700 CZ Zoetermeer, PAYS-BAS

Téléphone : +31 793 684 400 • Fax : +31 793 615 698

Courriel : info@nijhoff.nl • Site web : <http://www.nijhoff.nl>

## RÉPUBLIQUE TCHÈQUE

### **Suweco CZ, spol. S.r.o.**

Klecakova 347, 180 21 Prague 9, RÉPUBLIQUE TCHÈQUE

Téléphone : +420242 459 202 • Fax : +420 242 459 203

Courriel : nakup@suweco.cz • Site web : <http://www.suweco.cz>

## ROYAUME-UNI

### **The Stationery Office Ltd. (TSO)**

PO Box 29, Norwich, Norfolk, NR3 1PD, ROYAUME-UNI

Téléphone : +44 870 600 5552

Courriel (commandes) : books.orders@tso.co.uk • (renseignements) : book.enquiries@tso.co.uk

Site web : <http://www.tso.co.uk>

## SLOVÉNIE

### **Cankarjeva Založba dd**

Kopitarjeva 2, 1515 Ljubljana, SLOVÉNIE

Téléphone : +386 1 432 31 44 • Fax : +386 1 230 14 35

Courriel : import.books@cankarjeva-z.si • Site web : [http://www.mladinska.com/cankarjeva\\_zalozba](http://www.mladinska.com/cankarjeva_zalozba)

## NATIONS UNIES (ONU)

300 East 42<sup>nd</sup> Street, IN-919J, New York, NY 1001, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Téléphone : +1 212 963 8302 • Fax : +1 212 963 3489

Courriel : publications@un.org • Site web : <http://www.unp.un.org>

## **Les commandes de publications destinées ou non à la vente peuvent être adressées directement à :**

Section d'édition de l'AIEA, Unité de la promotion et de la vente

Agence internationale de l'énergie atomique

Centre international de Vienne, B.P. 100, 1400 Vienne (Autriche)

Téléphone : +43 1 2600 22529 (ou 22488) • Fax : +43 1 2600 29302

Courriel : sales.publications@iaea.org • Site web : <http://www.iaea.org/books>



La présente publication contient des recommandations harmonisées à l'échelle internationale concernant le rôle et les responsabilités des physiciens médicaux compétents sur le plan clinique qui exercent dans une ou plusieurs des spécialités suivantes : radiothérapie, médecine nucléaire et radiologie diagnostique et interventionnelle. Elle comprend également des préconisations de prescriptions minimales relatives à l'enseignement général et à la formation clinique nécessaires pour qu'un physicien devienne compétent sur le plan clinique dans l'une de ces spécialités. Cet ouvrage sera particulièrement utile aux professionnels qui participent à la formation théorique et pratique des physiciens médicaux, à l'université comme à l'hôpital, et à ceux qui travaillent dans le domaine de la radiophysique médicale. Il jouera également un rôle important pour permettre aux associations professionnelles nationales, aux ministères de la santé et aux autorités de contrôle de réglementer la profession. La mise en œuvre de ces recommandations, qui ont été approuvées par des associations professionnelles, assurera la cohérence et l'harmonisation des pratiques de physique médicale dans le monde entier au bénéfice des patients.

## COLLECTION SANTÉ HUMAINE DE L'AIEA

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE  
VIENNE

ISBN 978-92-0-207114-8

ISSN 2075-3772