

Personne Compétente en Radioprotection

Principes de radioprotection – réglementation



Christine Jimonet
et Henri Métivier, coordonnateurs

Personne compétente en radioprotection

Principes de radioprotection – réglementation

Personne compétente en radioprotection

Principes de radioprotection – réglementation

Coordonné par

Christine Jimonet et Henri Métivier



17, avenue du Hoggar
Parc d'activités de Courtabœuf, BP 112
91944 Les Ulis Cedex A, France

Couverture : Jérôme Lo Monaco

Illustrations de couverture : cœur du réacteur Osiris (L. Godart/CEA) ;
marquage radioactif d'une sonde ADN (CEA - Studio Pons) ;
accélérateur Delphes (CEA) ;
la Vénus de Milo : détermination et préparation du contrôle
gammagraphique (C. Dupont/CEA) ;
salle d'analyse : scintigraphie conventionnelle (P. Stroppa/CEA).

Imprimé en France

ISBN : 978-2-86883-948-0

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences 2007

Avant-propos : formation de la personne compétente en radioprotection

Christine Jimonet et Henri Métivier

La « personne compétente en radioprotection » (PCR) fête ses quarante ans en 2007 mais reste toujours aussi jeune car les autorités publiques lui ont donné récemment de nouvelles lettres de noblesse.

Créée en 1967 par le décret n° 67-228 du 15 mars 1967, elle n'avait pas alors d'obligation de formation spécifique. L'employeur devait désigner une PCR chargée de la mise en application du décret et qui connaisse en particulier le fonctionnement des appareils, réponde aux mesures d'urgences, assure les contrôles et tienne à jour la fiche de nuisance. Devant l'ampleur de son rôle, le législateur a prévu vingt ans après, par le décret n° 86-1103 du 2 octobre 1986, une formation obligatoire assortie d'un contrôle des connaissances.

Il y a peu, faisant suite au décret n° 2003-296 du 31 mars 2003, le rôle de la PCR s'est encore accru et s'étend désormais de l'étude des postes de travail à la délimitation des zones réglementées, sans oublier la surveillance de l'exposition, les relations avec les autorités, et bien d'autres missions encore. C'est dire que ce rôle est devenu essentiel dans tous les secteurs où sont manipulés des rayonnements ionisants, que ce soit les grandes installations nucléaires ou des lieux plus restreints comme les cabinets de radiologie conventionnelle ou dentaire.

Compte tenu de ces missions élargies, l'arrêté du 26 octobre 2005 accompagnant le décret n° 2003-296 précise et renforce les textes relatifs à la formation des PCR, introduisant la notion de certification du formateur. Cette formation doit donc être pratique et adaptée, renouvelée tous les cinq ans et dispensée par un formateur certifié.

La formation de la personne compétente en radioprotection comporte obligatoirement deux modules : un module théorique, relatif aux principes de la radioprotection et à la réglementation en matière de radioprotection, et un module pratique, spécifique à cha-

cun des trois secteurs d'activité mentionnés dans l'arrêté (industrie et recherche, médical, INB-ICPE) ainsi qu'au type d'utilisation des rayonnements (sources scellées, appareils électriques émettant des rayons X et accélérateurs de particules ou sources non scellées et sources scellées nécessaires à leur contrôle).

Fort d'une obligation de programme imposé, nous avons voulu par la publication de ce volume répondre à la demande des personnes en formation et guider les formateurs.

Comme nous l'impose le texte réglementaire, ce présent volume décrit les connaissances théoriques fondamentales que doit maîtriser la PCR. Il comprend trois parties : la première décrivant les rayonnements ionisants et leurs effets biologiques, la seconde traitant de la radioprotection des travailleurs, la troisième concernant la réglementation. 11 chapitres composent donc cet ouvrage, dont un placé en fin de volume et dédié au rappel des éléments mathématiques nécessaires à l'application des formules qui sont présentées dans les différents chapitres.

Nous avons bâti cet ouvrage à partir de l'expérience de formateurs issus de plusieurs organismes de référence dont l'expérience dans cette formation est reconnue depuis de longues années, tout en suivant scrupuleusement les recommandations du législateur. Cette diversité d'origine nous a paru un gage important d'harmonisation entre les diverses formations proposées par des organismes différents.

Chacun des chapitres reprend le contenu des cours dispensés durant la formation théorique. Pour préparer le lecteur au contrôle des connaissances, chaque chapitre se termine par quelques questions qui lui permettent de vérifier l'acquisition des connaissances de base. Concernant la réglementation, nous sommes restés bien évidemment fidèles aux derniers textes réglementaires issus des recommandations de la CIPR de 1990, puis de la directive européenne Euratom 96/29. Toutefois, nous avons voulu à titre d'information donner aux lecteurs les évolutions récentes du système de radioprotection, telles que définies par la CIPR en 2007, mais dont la prise en compte dans le système réglementaire n'est pas encore, loin s'en faut, programmée dans un futur immédiat.

Ce volume théorique s'adresse à tous. Il sera suivi par plusieurs volumes adaptés à chaque module pratique. En séparant le module théorique du module spécialisé, nous avons voulu ainsi répondre à un besoin pratique de la PCR : ne pas charger un document de référence de domaines inutiles pour l'exercice quotidien de sa fonction, un médecin radiologue n'ayant aucune obligation de connaître toutes les arcanes de la radioprotection dans une INB et réciproquement.

Ces différents volumes s'inscrivent dans une politique délibérée de notre éditeur d'accompagner les radioprotectionnistes sur leur terrain. Citons par exemple un ouvrage complémentaire que tous les acteurs peuvent consulter avec profit et qui s'intitule : *Guide pratique Radionucléides et Radioprotection* (EDP Sciences, 2006) ou un titre plus spécialisé comme *Radioprotection et ingénierie nucléaire* (« Génie Atomique », EDP Sciences, 2006) destiné aux ingénieurs travaillant en centrales nucléaires ou les concevant.

Pour terminer, nous tenons à remercier vivement les auteurs de ce premier volume théorique. Nous l'avons déjà mentionné, tous sont des formateurs expérimentés. Ceci ne les a pourtant pas exonérés d'une relecture critique de leur texte, celui-ci se devant d'être

le plus proche possible des besoins des personnes en formation. Ils ont parfaitement joué le jeu. Nous espérons dès lors qu'avec ce premier volume, nous aurons contribué à l'effort permanent réalisé par la radioprotection française pour garder son niveau d'excellence.

Christine JIMONET
Ingénieur chercheur
Responsable d'enseignement
CEA-Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN)

Henri MÉTIVIER
Professeur à l'INSTN
Ancien membre de la Commission internationale de protection radiologique
Président du comité de rédaction de la revue *Radioprotection*

Table des matières

Auteurs	xvii
----------------------	------

Contributeurs	xxi
----------------------------	-----

Chapitre 1 : Radioactivité

1.1.	Généralités	1
1.1.1.	Structure de la matière	1
1.1.2.	Définitions et nomenclature	3
1.1.3.	Isotopes et isobares	4
1.2.	Stabilité et instabilité nucléaire	5
1.2.1.	Noyaux stables	5
1.2.2.	Noyaux radioactifs	6
1.3.	Énergie et intensité d'émission d'un rayonnement	6
1.3.1.	Énergie d'un rayonnement	6
1.3.2.	Intensité d'émission d'un rayonnement	7
1.4.	Modes de transformation du noyau	7
1.4.1.	Désintégrations radioactives	7
1.4.2.	Désexcitation gamma	12
1.4.3.	Radionucléides métastables	13
1.5.	Grandeurs physiques et propriétés fondamentales	14
1.5.1.	Activité	14
1.5.2.	Taux d'émission	14
1.5.3.	Décroissance et période radioactive	14
1.5.4.	Filiation radioactive	16
1.5.5.	Relation masse - activité	18
1.5.6.	Production de radionucléides artificiels : cas particulier de l'activation neutronique d'un produit stable	19
1.6.	Faites le point	20
1.7.	Annexe : Classification périodique de Mendeleiev	24

Chapitre 2 : Interactions rayonnements-matière

2.1.	Définition et classification des rayonnements ionisants	26
2.2.	Interaction des particules chargées avec la matière	28
2.2.1.	Interaction des électrons avec la matière	28
2.2.2.	Interaction des particules chargées lourdes avec la matière : cas des rayonnements alpha	34
2.3.	Interaction des rayonnements électromagnétiques avec la matière	35
2.3.1.	Effet photoélectrique	36
2.3.2.	Effet Compton	36
2.3.3.	Effet de production de paires	37
2.3.4.	Domaine de prépondérance de chacun des effets	37
2.3.5.	Loi d'atténuation des rayonnements électromagnétiques	39
2.4.	Interaction des neutrons avec la matière	42
2.4.1.	Généralités	42
2.4.2.	Absorption des neutrons	42
2.4.3.	Diffusion des neutrons	44
2.4.4.	Loi d'atténuation des neutrons	44
2.5.	Notions de dose absorbée et de débit de dose absorbée	45
2.5.1.	Dose absorbée	45
2.5.2.	Débit de dose absorbée	46
2.6.	Faites le point.	46

Chapitre 3 : Rayonnements d'origine électrique : rayonnements X et accélérateurs

3.1.	Rayons X	53
3.1.1.	Introduction	53
3.1.2.	Rayonnements électromagnétiques	53
3.1.3.	Origine des rayons X	54
3.1.4.	Principe du tube à rayons X	58
3.1.5.	Spectre de rayons X	59
3.1.6.	Dosimétrie du faisceau de rayons X	63
3.1.7.	Caractérisation d'un faisceau de rayons X	64
3.1.8.	Divers types de faisceaux	64
3.2.	Accélérateurs	67
3.2.1.	Introduction	67
3.2.2.	Fonctionnement des accélérateurs	68
3.2.3.	Différents types d'accélérateurs	71
3.2.4.	Exemples d'application	84
3.3.	Faites le point.	85

Chapitre 4 : Effets biologiques des rayonnements

4.1.	Effets moléculaires de l'interaction des rayonnements ionisants	90
4.2.	Effets cellulaires, conséquences des effets moléculaires	94
4.3.	Effets déterministes	96
4.3.1.	Effets d'une irradiation localisée	97
4.3.2.	Effets d'une irradiation unique, globale et homogène de tout l'organisme	98
4.3.3.	Caractéristiques des effets déterministes	100
4.4.	Effets stochastiques	101
4.5.	Synthèse	101
4.6.	Évaluation du risque	103
4.6.1.	Effets cancérigènes	103
4.6.2.	Effets génétiques	105
4.6.3.	Quantification du risque total d'apparition des effets stochastiques	105
4.6.4.	Grandeurs utilisées	108
4.7.	Grands principes de la CIPR	111
4.8.	Faites le point	113

Chapitre 5 : Principales utilisations des sources de rayonnements ionisants et gestion des déchets générés

5.1.	Sources naturelles de rayonnements ionisants	119
5.1.1.	Rayonnement cosmique	119
5.1.2.	Rayonnement tellurique	121
5.2.	Applications médicales des rayonnements ionisants	124
5.2.1.	Diagnostic	125
5.2.2.	Thérapie	130
5.2.3.	Autres installations	131
5.3.	Applications industrielles des rayonnements ionisants	132
5.3.1.	Radiographie industrielle	132
5.3.2.	Appareils de métrologie et d'analyse	132
5.3.3.	Irradiateurs industriels	138
5.3.4.	Utilisations diverses de radionucléides en sources scellées	139
5.3.5.	Utilisations de radionucléides en sources non scellées dans l'industrie et la recherche	139
5.4.	Industrie nucléaire civile	140
5.4.1.	Combustible nucléaire	140
5.4.2.	Extraction du minerai d'uranium	142
5.4.3.	Fabrication du combustible nucléaire	142
5.4.4.	Réacteur nucléaire, de type « Réacteur à Eau sous Pression »	143
5.4.5.	Traitement du combustible nucléaire	146
5.5.	Déchets radioactifs (d'après <i>Dossier thématique du CEA 14</i>)	147
5.5.1.	Classification des déchets	147
5.5.2.	Principes de sûreté et confinement	148
5.5.3.	Stockage	149

Chapitre 6 : Détection des rayonnements ionisants

6.1.	Détecteurs.....	152
6.1.1.	Détecteurs à scintillations	152
6.1.2.	Détecteurs à gaz	155
6.1.3.	Détecteurs semi-conducteurs	159
6.1.4.	Émulsions photographiques	161
6.1.5.	Détecteurs radioluminescents	163
6.1.6.	Autres types de détecteurs.....	164
6.2.	L'électronique associée.....	164
6.2.1.	Régimes de fonctionnement	164
6.2.2.	Unités électroniques	165
6.3.	Principes de mesure	167
6.3.1.	Dénombrement des rayonnements : mesure de la contamination .	167
6.3.2.	Mesure en continu des rayonnements	170
6.3.3.	Cumul du débit de dose : mesure de la dose absorbée	174
6.3.4.	Mesure de la contamination atmosphérique	178
6.4.	Faites le point.....	179

Chapitre 7 : Protection contre l'exposition externe

7.1.	Principes de protection contre l'exposition externe	183
7.2.	Réduction du temps d'exposition	184
7.3.	Réduction du débit de dose absorbée	185
7.3.1.	Variation du débit de dose avec la distance	185
7.3.2.	Protection par les écrans	192
7.4.	Faites le point.....	198
7.5.	Annexes.....	203

Chapitre 8 : Protection contre l'exposition interne

8.1.	Différents types de contamination	206
8.1.1.	Contamination de l'environnement	206
8.1.2.	Contamination corporelle	207
8.1.3.	Transferts entre les différents types de contamination	210
8.2.	Devenir des substances radioactives incorporées	211
8.2.1.	Cas de l'inhalation.....	212
8.2.2.	Cas de l'ingestion	212
8.2.3.	Cas de la pénétration transcutanée.....	213
8.2.4.	Période biologique, période effective	213
8.3.	Doses engagées.....	214
8.3.1.	Définitions	214
8.3.2.	Estimation pratique de la dose efficace engagée	216
8.4.	Moyens de protection contre la contamination	217
8.4.1.	Cas de la contamination atmosphérique	217
8.4.2.	Cas de la contamination corporelle externe	219
8.5.	Faites le point.....	221

Chapitre 9 : Réglementation en radioprotection

9.1.	Instances internationales	224
9.1.1.	Instances internationales non gouvernementales.....	224
9.1.2.	Organismes internationaux gouvernementaux	226
9.1.3.	Instances européennes	229
9.1.4.	Grands principes de la radioprotection.....	232
9.1.5.	Historique et perspectives	234
9.2.	Organisation nationale : textes réglementaires et organismes	236
9.2.1.	Différents types de textes français	236
9.2.2.	Historique des textes français	238
9.2.3.	Analyse des principaux textes	239
9.2.4.	Organismes délivrant les autorisations	248
9.2.5.	Organismes experts	253
9.2.6.	Autres organismes	255
9.3.	Points clés de la radioprotection	256
9.3.1.	Limites d'exposition	257
9.3.2.	Zonage radiologique	263
9.3.3.	Classification des personnels	274
9.3.4.	Formation des personnels	276
9.3.5.	Surveillance médicale	278
9.3.6.	Surveillance de l'exposition	280
9.3.7.	Contrôles techniques de radioprotection	286
9.3.8.	Exposition aux rayonnements d'origine naturelle	289
9.3.9.	Autorisations	290
9.3.10.	Autorisation concernant les matières nucléaires	294
9.3.11.	Déchets	294
9.4.	Acteurs de la réglementation	297
9.4.1.	Chef d'établissement	298
9.4.2.	Médecin du travail	301
9.4.3.	CHSCT ou délégués du personnel	304
9.5.	Rôle de la personne compétente en radioprotection	305
9.5.1.	Formation de la PCR	306
9.5.2.	Nomination de la PCR	307
9.5.3.	Missions de la PCR	309
9.5.4.	Définition des zones de travail	310
9.5.5.	Respect des mesures de protection	310
9.5.6.	Situations à risques	311
9.5.7.	Surveillance de l'exposition	311
9.5.8.	Formation du personnel	311
9.5.9.	Relations de la PCR	311
9.5.10.	Conclusion sur le rôle de la PCR	314
9.6.	Faites le point.....	314

Chapitre 10 : Transport de matières radioactives

10.1.	Rôle de l'expéditeur	322
10.2.	Domaine d'application.....	322
10.3.	Classification des matières radioactives	323
10.4.	Colis	325
10.4.1.	Colis exceptés	325
10.4.2.	Colis industriels	325
10.4.3.	Colis de type A	326
10.4.4.	Colis de type B	326
10.4.5.	Colis de type C	327
10.5.	Codification des matières radioactives	327
10.6.	Contamination des colis et véhicules	329
10.7.	Étiquetage des colis	329
10.7.1.	Notions diverses	329
10.7.2.	Règles d'étiquetage et de marquage	330
10.7.3.	Mise en place des étiquettes.....	331
10.8.	Dispositions concernant le véhicule	331
10.8.1.	Placardage – Étiquette 7D	331
10.8.2.	Signalisation – Panneau orange.....	331
10.8.3.	Chargement en commun	332
10.8.4.	Limitation de chargement	332
10.8.5.	Niveau maximum de rayonnement pour les véhicules	332
10.9.	Programme de protection radiologique.....	332
10.10.	Dispositions concernant la sûreté	333
10.11.	Procédures administratives	333
10.11.1.	Document de transport.....	333
10.11.2.	Consignes écrites	333
10.11.3.	Certificat de formation	335
10.12.	Conseiller à la sécurité	336
10.13.	Responsabilités de l'expéditeur	336
10.14.	Faites le point.....	338
10.15.	Annexe.....	340

Chapitre 11 : Éléments de mathématiques

11.1.	Multiples et sous-multiples	355
11.2.	Courbe d'évolution de l'activité en fonction de la période	355
11.3.	Puissance de dix	356
11.4.	Inverse	356

11.5.	Fonctions exponentielle et logarithme.....	356
11.5.1.	Notation	356
11.5.2.	Quelques caractéristiques.....	356
11.6.	Exemples de résolutions d'exercices	357
Références bibliographiques		361
Planche couleur		

Auteurs

Marc AMMERICH

Technicien supérieur en Radioprotection, ingénieur CNAM en Physique nucléaire et titulaire d'un DESS en Sciences des aérosols. Après un début de carrière au Service de protection radiologique du CEA de Saclay, il rejoint le Groupe des enseignements de radioprotection de l'INSTN en 1991 et en prend la direction en 1996. Mis à disposition de l'Autorité de sûreté nucléaire en 2001, il exerce entre autre la fonction d'inspecteur avec la spécialité « radioprotection ». Il est récemment affecté à la direction de la Protection et de la Sûreté nucléaire du CEA. Prix SFEN 1989 pour la réalisation du banc ICARE.

Josette BRIAND-CHAMPLONG

Ingénieur de l'École polytechnique féminine (option Physique nucléaire) et DEA de Physique radiologique de l'université Paul Sabatier. Elle a fait toute sa carrière dans la radioprotection au ministère de la Défense, ingénieur à la délégation générale de l'Armement ou détachée au Service de santé des armées comme radiophysicienne à l'hôpital du Val-de-Grâce ou chargée de mission auprès du Service de protection radiologique des armées. Elle a travaillé sur les méthodes de détection des rayonnements, et les contrôles et expertises radiologiques. Responsable pédagogique pour les formations CAMARI et PCR du ministère de la Défense, elle a été jusqu'en fin 2006 membre de la Commission technique du CEFRI et présidente du Comité de certification des formateurs de PCR. Elle est l'actuelle présidente de la section technique des PCR de la SFRP. Nommée chevalier(e) dans l'ordre des palmes académiques.

Hugues BRUCHET

Titulaire du DESS Radioprotection de l'université Joseph Fourier de Grenoble, il est ingénieur-chercheur au CEA et responsable du Groupe des enseignements de radioprotection au sein de l'unité d'enseignement en Radioprotection, Biologie et Médecine (CEA/INSTN Saclay). En outre, il est responsable pédagogique et formateur certifié pour les formations de la personne compétente en radioprotection sur le site de l'INSTN Saclay.

Cécile ETARD

Titulaire d'un DEA de Physique radiologique et médicale, elle a débuté sa carrière dans un service de radiothérapie du Nord, avant de rejoindre le service de Métrologie des rayonnements ionisants du Laboratoire central des industries électriques où elle a en particulier travaillé sur l'élaboration d'étalons dans le domaine des rayons X de basse énergie utilisés en médecine. Elle a intégré l'INSTN en 2000 pour y assurer la coordination du diplôme de qualification en Physique radiologique et médicale au sein de l'unité d'enseignement en Radioprotection, Biologie et Médecine. Elle a assuré la responsabilité du Groupe des enseignements de radioprotection au sein de cette unité de 2003 à 2006. Depuis décembre 2006, elle a rejoint l'Unité d'expertise en radioprotection médicale, à l'Institut de radioprotection et sûreté nucléaire de Fontenay-aux-Roses.

Christine JIMONET

Docteur ès sciences en Biochimie de l'université Paris XI. Adjointe du chef de l'unité d'enseignement en Radioprotection, Biologie et Médecine au CEA/INSTN de Saclay. Elle est en outre responsable pédagogique et a plus spécialement en charge l'enseignement des effets biologiques des rayonnements ionisants dans différentes formations dont les formations « personne compétente en radioprotection ». Elle est également responsable pour l'INSTN de l'enseignement du diplôme d'enseignement spécialisé de Médecine nucléaire.

Sandrine JOURDE

Titulaire du DESS de Radioprotection. Après une expérience de deux ans dans une entreprise prestataire de services en radioprotection, elle a travaillé quatre ans à l'INSTN notamment en tant que responsable de la formation « personne compétente en radioprotection ». Elle est maintenant ingénieur en radioprotection au sein du Service de protection radiologique du CEA Valduc.

Odile KIMMEL

Ingénieur-chercheur au CEA, elle est responsable pédagogique à l'Institut national des sciences et techniques nucléaires au sein du Groupe des enseignements de radioprotection. Elle est en particulier en charge des formations liées au domaine du transport de matières radioactives et enseigne pour la formation de la personne compétente en radioprotection dont elle est formateur certifié.

Thierry LAHAYE

Titulaire d'un diplôme d'ingénieur, entré en 1981 au Commissariat à l'énergie atomique (CEA) où il a exercé des fonctions de chercheur dans les domaines de la métrologie des rayonnements et de la dosimétrie. Après plusieurs années d'expertise au sein de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), il est maintenant en charge, au ministère du Travail, des questions relatives à la protection des travailleurs contre les risques physiques.

Henri MÉTIVIER

Professeur responsable du module Radioprotection au Génie atomique, docteur ès sciences de l'université Paris VI en radiochimie, conseiller scientifique à l'IRSN, ancien directeur de recherche au CEA, ancien membre du Comité 2 de la CIPR (calcul des doses), consultant auprès de la Communauté européenne et de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, il enseigne dans la filière nucléaire de diverses formations d'ingénieur et universitaires. Il est auteur et coordinateur de nombreux ouvrages dans le domaine de la protection radiologique.

**Jean-Claude
MOREAU**

Technicien supérieur en Radioprotection, ingénieur CNAM en Physique, il a exercé la radioprotection au CEA/SACLAY pendant seize ans, puis occupé des fonctions de direction à STMI (groupe Areva). Après un bref détour par les technologies de l'environnement, il fonde en 2000 la société CAP2i, cabinet spécialisé en radioprotection : études, expertises, formation. Il est expert CEFRIE. Formateur de PCR, il exerce en particulier à l'INSTN, ainsi que dans plusieurs universités : Grenoble, Nantes, Amiens, Troyes.

**Abdel-Mjid
NOURREDDINE**

Docteur d'état en Sciences physiques et professeur à l'université Louis Pasteur de Strasbourg I. Il exerce ses activités de recherche à l'Institut pluridisciplinaire Hubert-Curien (IPHC) où il assure la direction de l'équipe de Radioprotection et Mesures Environnementales (RaMsEs). Spécialiste de la physique subatomique et des applications de techniques nucléaires, il a une riche expérience dans le domaine de l'enseignement de la formation PCR. Il a encadré plusieurs travaux de thèses portant sur la R & D en instrumentation nucléaire et en dosimétrie des rayonnements ionisants.

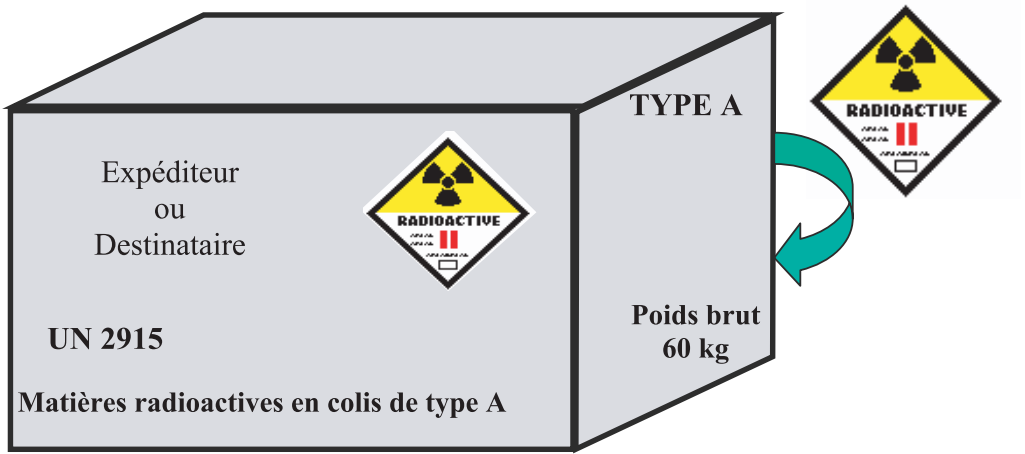


Figure B. Colis de type A.



Figure C. Modèle 7D pour véhicule.

Tableau B. Règles d'étiquetage.

Débit de dose équivalente maximal en tout point de la surface externe	INDICE DE TRANSPORT	CATÉGORIE DU COLIS	MODÈLE D'ÉTIQUETTES
Pas plus de 5 μ Sv/h	0	I BLANCHE	 7 A
Plus de 5 mais pas plus de 0.5 mSv/h	Plus de 0 mais pas plus de 1	II JAUNE	 7 B
Plus de 0.5 mais pas plus de 2 mSv/h	Plus de 1 mais pas plus de 10*	III JAUNE	 7 C
	Matières fissiles		 7 E

*Plus de 10 uniquement en utilisation exclusive