



IAEA

Agence internationale de l'énergie atomique

Cours d'études supérieures sur la radioprotection et la sûreté des sources de rayonnements

Programme de cours type

COURS D'ÉTUDES SUPÉRIEURES
SUR LA RADIOPROTECTION ET LA SÛRETÉ
DES SOURCES DE RAYONNEMENTS

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

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

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 COURS DE FORMATION N° 18 (Rév. 1)

COURS D'ÉTUDES SUPÉRIEURES
SUR LA RADIOPROTECTION ET LA SÛRETÉ
DES SOURCES DE RAYONNEMENTS

PROGRAMME DE COURS TYPE

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE
VIENNE, 2020

DROIT 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, l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (Genève) a étendu le droit d'auteur à la propriété intellectuelle sous forme électronique et virtuelle. 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 26007 22529
Téléphone : +43 1 2600 22417
Courriel : sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/publications>

Pour tout renseignement supplémentaire, s'adresser à :

Section de l'infrastructure réglementaire et de la sûreté du transport
Agence internationale de l'énergie atomique
Centre international de Vienne
B.P. 100
1400 Vienne (Autriche)
Courriel : Official.Mail@iaea.org

COURS D'ÉTUDES SUPÉRIEURES SUR LA RADIOPROTECTION ET LA SÛRETÉ
DES SOURCES DE RAYONNEMENTS : PROGRAMME DE COURS TYPE

AIEA, VIENNE (2020)
IAEA-TCS-18 (Rév. 1)
ISSN 1018-5518

© AIEA 2020

Imprimé par l'AIEA en Autriche
Décembre 2020

AVANT-PROPOS

Une des attributions de l'AIEA est de prendre des dispositions, à la demande d'un État, pour appliquer les normes de sûreté qu'elle a élaborées en vue de la protection contre les rayonnements ionisants et de la sûreté des sources de rayonnements. Un bon moyen d'y parvenir est de développer les échanges d'informations et la formation de scientifiques et de spécialistes dans le domaine de l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques.

À cet égard, l'AIEA a élaboré en 1993 un programme de cours type en vue d'un cours d'études supérieures sur la radioprotection et a par la suite publié un plan stratégique de formation théorique et pratique à la radioprotection et à la sûreté des déchets pour la période 2001-2010. La stratégie proposée considère l'organisation de cours d'études supérieures dans les centres régionaux de formation comme un élément clé d'un programme de formation théorique et pratique durable dans le domaine de la sûreté radiologique pour les États Membres.

Le programme de cours type pour les études supérieures a été révisé et actualisé en 2002 pour tenir compte des modifications apportées aux normes de sûreté de l'AIEA ainsi que des conclusions et des recommandations des organisations internationales et des comités pertinents ayant trait à la radioprotection et aux effets des rayonnements ionisants. S'appuyant sur le succès de la stratégie 2001-2010, l'AIEA a élaboré en 2010 son approche stratégique de la formation théorique et pratique à la sûreté radiologique et à la sûreté du transport et des déchets 2011-2020, soulignant encore une fois l'importance du renforcement à long terme des compétences dans les domaines de la radioprotection et de la sûreté radiologique dans les États Membres. Cette même année, notant que plusieurs normes de sûreté nouvelles de l'AIEA ont été introduites et que d'anciennes normes ont été révisées depuis la dernière publication du programme de cours type en 2002, le Comité directeur sur la formation théorique et pratique dans les domaines de la sûreté radiologique et de la sûreté du transport et des déchets a recommandé que ce programme soit mis à jour en tenant compte de ces réalités. La présente publication contient le programme de cours type pour les études supérieures sur la radioprotection et la sûreté des sources de rayonnements, qui a été actualisé en tenant compte des normes de sûreté actuelles de l'AIEA.

L'AIEA remercie les experts des divers États Membres qui ont révisé ce programme. Elle remercie en outre P. Dimitriou (Grèce) pour ses contributions à l'élaboration du programme type initial et R. Paynter (Royaume-Uni), qui a élaboré la version définitive des objectifs d'apprentissage. A. Luciani, de la Division de la sûreté radiologique et de la sûreté du transport et des déchets, était le fonctionnaire de l'AIEA responsable de la présente publication.

NOTE DE L'ÉDITEUR

La présente publication a été élaborée à partir de documents originaux soumis par les personnes ayant contribué à sa rédaction. Elle n'a pas été éditée par l'équipe rédactionnelle de l'AIEA. Les opinions exprimées relèvent de la responsabilité de ces personnes et ne reflètent pas nécessairement celles de l'AIEA ni des gouvernements de ses États Membres.

Ni l'AIEA ni ses États Membres n'assument une quelconque responsabilité pour les conséquences éventuelles de l'utilisation de la présente publication. La présente publication ne traite pas des questions de la responsabilité, juridique ou autre, résultant d'actes ou omissions imputables à une quelconque personne.

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.

Il incombe aux auteurs d'obtenir l'autorisation nécessaire pour que l'AIEA puisse reproduire, traduire ou utiliser de la documentation provenant de sources déjà protégées par les droits d'auteur.

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

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	1
1.1.	CONTEXTE	1
1.2.	OBJECTIF	1
1.3.	PORTÉE	2
1.4.	STRUCTURE	2
2.	MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME DE COURS TYPE	3
2.1.	CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES	3
2.2.	INSTALLATIONS DE FORMATION	4
2.3.	SÉLECTION DES FORMATEURS	5
2.4.	SÉLECTION DES ÉTUDIANTS	6
3.	APERÇU DU PROGRAMME DE COURS TYPE	7
4.	PROGRAMME DE COURS TYPE	10
4.1.	PARTIE I : RAPPEL DES NOTIONS FONDAMENTALES.....	10
4.1.1.	Contenu.....	10
4.1.2.	Objectifs d'apprentissage.....	12
4.1.3.	Exercices pratiques	14
4.1.4.	Bibliographie de la partie I	15
4.2.	PARTIE II : GRANDEURS ET MESURES.....	16
4.2.1.	Contenu.....	16
4.2.2.	Objectifs d'apprentissage.....	17
4.2.3.	Exercices pratiques	18
4.2.4.	Bibliographie de la partie II	19
4.3.	PARTIE III : EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS	21
4.3.1.	Contenu.....	21
4.3.2.	Objectifs d'apprentissage.....	23
4.3.3.	Exercices pratiques	24
4.3.4.	Bibliographie de la partie III.....	25
4.4.	PARTIE IV : SYSTÈME INTERNATIONAL DE RADIOPROTECTION ET CADRE RÉGLEMENTAIRE.....	26
4.4.1.	Contenu.....	26
4.4.2.	Objectifs d'apprentissage.....	30
4.4.3.	Exercices pratiques	32
4.4.4.	Bibliographie de la partie IV	33
4.5.	PART V : ÉVALUATION DES EXPOSITIONS EXTERNES ET INTERNES (AUTRES QUE MÉDICALES) AUX RAYONNEMENTS	35
4.5.1.	Contenu.....	35
4.5.2.	Objectifs d'apprentissage.....	39
4.5.3.	Exercices pratiques	40
4.5.4.	Bibliographie de la partie V.....	41

4.6.	PARTIE VI : SITUATIONS D'EXPOSITION PLANIFIÉES - PRESCRIPTIONS GÉNÉRIQUES.....	43
4.6.1.	Contenu.....	43
4.6.2.	Objectifs d'apprentissage.....	48
4.6.3.	Exercices pratiques	52
4.6.4.	Bibliographie de la partie VI	52
4.7.	PARTIE VII : SITUATIONS D'EXPOSITION PLANIFIÉES DANS LES APPLICATIONS NON MÉDICALES	53
4.7.1.	Contenu.....	53
4.7.2.	Objectifs d'apprentissage.....	56
4.7.3.	Exercices pratiques	58
4.7.4.	Bibliographie de la partie VII	59
4.8.	PARTIE VIII : SITUATIONS D'EXPOSITIONS PLANIFIÉES DANS LES APPLICATIONS MÉDICALES	61
4.8.1.	Contenu.....	61
4.8.2.	Objectifs d'apprentissage.....	65
4.8.3.	Exercices pratiques	70
4.8.4.	Bibliographie de la partie VIII.....	70
4.9.	PARTIE IX : SITUATIONS D'EXPOSITION D'URGENCE ET PRÉPARATION ET CONDUITE DES INTERVENTIONS D'URGENCE	73
4.9.1.	Contenu.....	73
4.9.2.	Objectifs d'apprentissage.....	75
4.9.3.	Exercices pratiques	77
4.9.4.	Bibliographie de la partie IX	77
4.10.	PARTIE X : SITUATIONS D'EXPOSITION EXISTANTES.....	79
4.10.1.	Contenu.....	79
4.10.2.	Objectifs d'apprentissage.....	81
4.10.3.	Exercices pratiques	83
4.10.4.	Bibliographie de la partie X.....	83
4.11.	PARTIE XI : FORMATION DE FORMATEURS.....	85
4.11.1.	Contenu.....	85
4.11.2.	Objectifs d'apprentissage.....	87
4.11.3.	Exercices pratiques	88
4.11.4.	Bibliographie de la partie XI	89
4.12.	PARTIE XII : PROJET DE TRAVAIL	90
	RÉFÉRENCES	92
	PERSONNES AYANT COLLABORÉ À LA RÉDACTION ET À L'EXAMEN DU TEXTE	93

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE

L'AIEA est appelée, entre autres fonctions statutaires, à établir des normes de sûreté pour protéger la santé humaine et réduire au minimum les dangers des rayonnements ionisants pour la vie et les biens, et à prendre des dispositions en vue de l'application de ces normes, entre autres, grâce à la formation théorique et pratique.

Ses activités de formation théorique et pratique sont conformes aux résolutions de la Conférence générale et à ses normes de sûreté. L'AIEA a élaboré un portefeuille complet de ressources et d'outils de formation dans les domaines de la sûreté radiologique et de la sûreté du transport et des déchets. Les cours de courte durée (de quelques jours à deux semaines) portent sur des sujets particuliers de sûreté radiologique (par exemple, le cadre réglementaire, les expositions professionnelles externe et internes, la protection des patients, la gestion des déchets radioactifs, le transport des matières radioactives, la sûreté des sources radioactives) et s'adressent à des catégories déterminées de personnel, notamment les spécialistes de la réglementation, les professionnels de santé, les responsables de la radioprotection et les agents des organismes exploitants.

Le cours d'études supérieures sur la radioprotection et la sûreté des sources de rayonnements est un cours de « longue durée » qui dispense une formation professionnelle initiale de base aux jeunes spécialistes appelés à devenir, avec le temps, des spécialistes de la réglementation, des décideurs, des experts qualifiés en radioprotection ou des formateurs dans ce domaine et dans celui de la sûreté des sources de rayonnements dans leurs pays d'origine. Il a été organisé pour la première fois en Argentine en 1981 sous les auspices de l'AIEA. Depuis lors, plus de 1 700 étudiants (jusqu'en 2017) ont assisté à ce cours accueilli par les centres régionaux de formation en Afrique (anglais et français), en Europe (anglais et russe), en Amérique latine et aux Caraïbes (espagnol et portugais), et en Asie (anglais et arabe). Les technologies modernes sont actuellement utilisées pour faciliter une approche d'apprentissage hybride dans le cadre de ce cours, approche qui associe les méthodes de télé-enseignement (généralement la formation en ligne) et d'enseignement classique, en présentiel. Le recours à des plateformes en ligne permet aussi de contrôler les progrès des étudiants tout au long du cours et de les suivre plus facilement à long terme.

L'édition 2002 du programme de cours type pour les études supérieures [1] a été révisée et actualisée pour tenir compte des modifications des normes de sûreté de l'AIEA ainsi que des conclusions et des recommandations des organisations internationales et des comités pertinents ayant trait à la radioprotection et aux effets des rayonnements ionisants (par exemple, la Commission internationale de protection radiologique, le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants). Elle tient aussi compte, entre autres, des suggestions du Comité directeur sur la formation théorique et pratique dans les domaines de la sûreté radiologique et de la sûreté du transport et des déchets, de l'expérience acquise par les centres régionaux de formation dans l'organisation des cours, ainsi que des recommandations de l'évaluation du cours d'études supérieures conduite par le Bureau des services de supervision interne de l'AIEA.

1.2. OBJECTIF

Le cours d'études supérieures de l'AIEA a pour objectif de dispenser une formation de base dans les domaines de la radioprotection et de la sûreté des sources de rayonnements. Il est conçu

pour assurer une formation tant théorique que pratique sur les fondements multidisciplinaires, scientifiques et/ou techniques des recommandations et des normes internationales en matière de radioprotection et leur application. Le programme type fournit une base harmonisée pour la conduite de ce cours en termes de contenus théoriques des leçons et des exercices pratiques, y compris les objectifs d'apprentissage, les moyens et l'infrastructure minimum de l'installation de formation ainsi que la sélection des formateurs et des étudiants.

1.3. PORTÉE

Le programme de cours type porte sur le cadre de sûreté radiologique requis pour les contrôles réglementaires et opérationnels nécessaires en vue de la protection contre les rayonnements ionisants et de l'utilisation sûre des sources de rayonnements, dans toutes leurs applications. Il fournit un outil pour faciliter l'intégration de cours sur la radioprotection et la sûreté des sources de rayonnements dans les programmes des établissements d'enseignement dans les États Membres.

1.4. STRUCTURE

La section 2 présente un aperçu des ressources physiques et humaines de base nécessaires pour l'organisation d'un cours fondé sur le programme type, ainsi que les éléments à prendre en considération pour la conduite optimale du cours, compte tenu de l'expérience acquise par l'AIEA dans l'organisation de ce cours en collaboration avec les centres régionaux de formation. La section 3 donne un aperçu du programme de cours type, de sa structure, des principaux objectifs d'apprentissage, et indique la durée recommandée pour chaque partie. La section 4 décrit le contenu de chaque partie du programme de cours type et les objectifs particuliers d'apprentissage de chaque module de la partie, et donne une liste d'exercices pratiques ainsi que de publications de référence pour de plus amples informations.

2. MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME DE COURS TYPE

2.1. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Les conseils donnés sur l'élaboration et la mise en œuvre d'activités de formation à la protection et à la sûreté, dans la section 5.3 de la publication intitulée *Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources* (Safety Reports Series No.20) [2], seront généralement applicables à la mise en œuvre du programme type de cours d'études supérieures. Des considérations particulières (sections 2.1 à 2.3) sont examinées dans le présent chapitre, compte tenu des objectifs de ce cours (section 1.2) et de la combinaison des thèmes et des activités didactiques du programme de cours type, comme exposé ci-dessous.

Ce programme se compose de cours théoriques et de formations pratiques.

Les cours théoriques portent sur :

- Des sujets scientifiques de base (parties I à III du programme, y compris la physique nucléaire et les questions connexes, les quantités et les unités, les effets biologiques des rayonnements ionisants) ;
- Des sujets particuliers de protection et de sûreté radiologiques (parties IV à X du programme, y compris le Système international de protection et de sûreté radiologiques, les prescriptions de l'AIEA pour le cadre réglementaire, les différents types de situations d'expositions et les catégories d'exposition) ;
- Les sujets spéciaux ont pour objectifs le développement des compétences didactiques des étudiants (partie XI : formation de formateurs) et l'application des connaissances et des compétences acquises dans la résolution d'un problème particulier de radioprotection (partie XII : projet de travail).

La formation pratique sert à renforcer et/ou à améliorer la compréhension des cours et des concepts théoriques. Elle comprend des exercices pratiques, des démonstrations ou des visites techniques, tous caractérisés par leur objectif d'apprentissage, le nombre d'étudiants qui y participent, la méthode de travail (indépendante ou avec l'appui d'un enseignant), le produit attendu et le mécanisme d'évaluation :

- Un exercice pratique peut être caractérisé comme une expérience pratique acquise par des étudiants travaillant individuellement ou en petits groupes sous la supervision d'un formateur, par exemple, avec utilisation de matériel de laboratoire ou de terrain, la familiarisation avec des logiciels de radioprotection, l'application de procédures de laboratoire, ou la résolution d'études de cas ou des exercices sur ordinateur. À la fin de chaque exercice pratique, il importe de s'assurer que les étudiants soumettent des rapports individuels écrits (même s'ils ont travaillé en petits groupes) et que ceux-ci soient évalués.
- Dans certaines situations, il peut s'avérer plus approprié qu'un enseignant (ou un étudiant sous supervision directe) fasse une démonstration à l'ensemble du groupe, par exemple, si un centre de formation a un nombre limité de certains types d'équipements, si l'utilisation d'un logiciel est soumise à des restrictions de licence, ou si l'utilisation de matières radioactives soulève des préoccupations de sûreté, etc. Un questionnaire peut être fourni aux étudiants pour évaluer la réalisation des objectifs de cette démonstration. On pourrait aussi leur demander de soumettre des rapports individuels.

- Les visites techniques de structures telles que les hôpitaux, les installations de rayonnements industriels et les sites présentant des problèmes de radioprotection intéressants (tels que ceux liés aux matières radioactives naturelles ou au radon) peuvent être extrêmement utiles pour illustrer l'application de la radioprotection et de la sûreté des sources à des situations réelles. Une bonne préparation et la fourniture d'informations avant les visites techniques permettront d'en tirer le maximum. Un questionnaire peut être fourni aux étudiants pour évaluer la réalisation des objectifs des visites techniques. On pourrait aussi leur demander de soumettre des rapports individuels.

Compte tenu de la combinaison de sujets théoriques et de la variété des méthodes de formation pratique, les formateurs, les étudiants et les établissements de formation devront se conformer à certaines prescriptions de base, comme indiqué dans les sections suivantes.

2.2. INSTALLATIONS DE FORMATION

Alors que les installations et les infrastructures requises pour les cours théoriques sont identiques à celles d'autres cours, divers instruments et équipements et l'accès aux installations devraient faire l'objet d'une attention particulière pour la formation pratique. En plus d'un ensemble minimal d'équipements ([2], section 5.3.3), la mise en œuvre du programme de cours type nécessite la disponibilité d'instruments et d'équipements extrêmement variés, et l'accès à une série de moyens et d'installations, pour des exercices, des démonstrations et des visites techniques en rapport avec le contrôle de l'exposition de travailleurs et du public dans tous les types de situations d'exposition (planifiées, existantes et en situation d'urgence), et le contrôle de l'exposition médicale dans les situations d'exposition planifiée. Cela pourrait nécessiter, en principe, la disponibilité, entre autres :

- de laboratoires de physique ayant des équipements et des procédures appropriés pour des expériences de base dans les domaines de la physique nucléaire, de la radioactivité et de l'interaction des rayonnements avec la matière ;
- de laboratoires effectuant des analyses biologiques (par exemple, numération des cellules sanguines irradiées) ou des enquêtes épidémiologiques et des études sur l'évaluation des risques associés aux doses ;
- des activités de réglementation pouvant être présentées à des fins de formation (par exemple, participation à des visites d'inspection, élaboration de documents de réglementation, utilisation de logiciels pour tenir des registres et des dossiers de données de réglementation et gérer les informations et les activités liées à la réglementation) ;
- l'organisation d'activités de soutien technique et scientifique avec des équipements, des installations et des procédures pour fournir des services, y compris : la surveillance radiologique des travailleurs et de la population (par exemple, des services dosimétriques pour la surveillance individuelle de l'exposition externe et interne) ; la surveillance et l'analyse des données relatives à l'environnement ; l'étalonnage (par exemple, laboratoire secondaire d'étalonnage en dosimétrie) ; l'évaluation des doses (par exemple, logiciels et procédures de calcul de dose) ; la préparation et la conduite des interventions d'urgence (par exemple, des outils de modélisation pour évaluer la dispersion et la contamination) ;

- des installations industrielles dont les activités comprenant l'utilisation ou les applications de la radiographie industrielle, des jauges nucléoniques et des sources de diagraphie, des radiotraceurs, la production de radio-isotopes ; des installations nucléaires (par exemple, usines de fabrication de combustible nucléaire, réacteurs nucléaires comprenant les assemblages critiques et sous-critiques, réacteurs de recherche, centrales nucléaires) ; l'extraction et le traitement des matières premières, le transport des matières radioactives ; la gestion des déchets radioactifs ;
- des installations médicales pour la radiologie diagnostique et les actes interventionnels sous imagerie, la médecine nucléaire (diagnostic et thérapie), la radiothérapie.

Les installations et équipements énumérés ci-dessus peuvent ne pas être tous nécessaires pour mettre en œuvre un cours basé sur le programme type si l'on tient compte des besoins particuliers de formation des étudiants et des problèmes réels de radioprotection auxquels ils sont appelés à faire face dans leur vie professionnelle : par exemple, pour un cours offert à des étudiants venant d'États Membres sans installation nucléaire, l'accès à ce type d'installation ne serait pas nécessaire pour dispenser une formation pratique dans le cadre du cours.

Étant donné que de nombreux centres de formation peuvent ne pas avoir accès à tous les équipements, à l'expertise ou à l'expérience nécessaires pour dispenser le cours d'études supérieures, il faudra établir des accords de collaboration formels avec d'autres organismes/organisations pertinents afin que tous les objectifs d'apprentissage puissent être atteints. Les universités, l'organisme national de réglementation, les organisations d'appui technique et scientifique, les organisations et les entreprises ayant des applications industrielles des rayonnements ionisants et des sources de rayonnements et les hôpitaux constituent des exemples de parties prenantes qui pourraient collaborer à l'organisation du cours d'études supérieures.

2.3. SÉLECTION DES FORMATEURS

En plus des qualifications techniques souhaitées des formateurs (compétences techniques dans le sujet ou la matière enseignés, y compris une expérience pratique pertinente), des compétences en matière d'enseignement (bonnes compétences didactiques et de communication) et des compétences linguistiques ([2], section 5.3.5), la mise en œuvre du programme de cours type avec un large éventail de sujets théoriques et d'offres de formations pratiques nécessite la participation de formateurs ayant des formations et des niveaux d'enseignement extrêmement différents, ainsi que l'expérience professionnelle requise.

Bien que certains niveaux de formation universitaire supérieure (master ou doctorat) soient généralement souhaitables (par exemple, pour les cours théoriques sur les sujets scientifiques de base associés aux parties I, II et III), une expérience professionnelle dans des domaines particuliers est un atout supplémentaire important (par exemple, pour les cours théoriques et la formation pratique associés : au contrôle réglementaire dans la partie IV ; aux situations d'exposition planifiées, existantes et d'urgence des parties VII à X). Des compétences pédagogiques seront demandées à tous les formateurs et constitueront le principal atout de ceux d'entre eux qui participeront aux activités de formation de formateurs (partie XI). En plus du temps nécessaire pour dispenser les cours théoriques et/ou conduire la formation pratique, tous les formateurs devraient s'assurer d'être disponibles pour effectuer les évaluations (par exemple, les examens à la fin de chaque partie) et, s'ils sont affectés à des tâches de supervision, pour fournir des conseils et superviser les projets de travail des étudiants (partie XII).

Outre le personnel académique, il est fort probable que les formateurs soient également des spécialistes de la réglementation, des experts qualifiés en radioprotection, des physiciens médicaux et des agents d'organisations techniques et scientifiques de soutien. Une collaboration établie avec toutes les parties prenantes concernées (par exemple, universités, organisme de réglementation, organisations d'appui technique et scientifique, hôpitaux) faciliterait la nomination de formateurs appropriés.

2.4. SÉLECTION DES ÉTUDIANTS

Les étudiants devraient avoir fait des études formelles d'un niveau équivalent à celui d'un diplôme universitaire, de préférence en physique. Ceux possédant des qualifications en chimie, en sciences de la vie ou en ingénierie peuvent également être acceptables au cas par cas s'ils possèdent une expérience pratique pertinente. En plus des qualifications académiques, les étudiants devraient avoir été sélectionnés pour travailler dans le domaine de la radioprotection et de l'utilisation sûre des sources de rayonnements dans leur pays d'origine. L'idéal serait que les étudiants travaillent déjà, ou qu'ils travailleront dans un proche avenir, dans les domaines suivants : l'élaboration de dispositions réglementaires et de procédures pour une installation ou une activité ; la fourniture de conseils pour le contrôle de l'exposition professionnelle, publique et médicale ; l'établissement de programmes de radioprotection. Ce cours sera également utile aux étudiants souhaitant devenir formateurs dans les domaines de la radioprotection et de la sûreté radiologique. L'évaluation de l'impact du cours d'études supérieures pour les 36 dernières années (en préparation) a montré que les connaissances et les compétences acquises profitent tout particulièrement aux spécialistes de la réglementation, aux décideurs, aux experts qualifiés et aux formateurs dans le domaine de la radioprotection.

3. APERÇU DU PROGRAMME DE COURS TYPE

Le programme de cours type est divisé en douze parties subdivisées chacune en modules. L'objectif général d'apprentissage est défini pour chaque partie. Chaque module est décrit par son contenu et un renvoi à ses objectifs d'apprentissage particuliers. Une liste des séances de travaux pratiques est recommandée pour chaque partie. Ces séances peuvent être des exercices pratiques (par exemple, des exercices de laboratoire, des études de cas), des démonstrations et des visites techniques. Le tableau I donne l'intitulé des parties, un résumé de leurs objectifs généraux d'apprentissage et la durée recommandée pour chaque partie (y compris les séances théoriques et pratiques).

TABLEAU I. APERÇU DU PROGRAMME DE COURS TYPE

Numéro de la partie	Intitulé de la partie	Objectif	Durée recommandée (en heures)
I	Rappel des notions fondamentales	Expliquer aux étudiants les principes fondamentaux de la physique et des mathématiques utilisés en radioprotection, y compris les processus radioactifs, les réactions nucléaires et les méthodes statistiques. Les familiariser avec les sources de rayonnements et leur expliquer les interactions de ceux-ci avec la matière.	70
II	Grandeurs et mesures	Expliquer aux étudiants les grandeurs radiométriques, dosimétriques et opérationnelles de la radioprotection et les unités de mesure pertinentes, et leur permettre d'effectuer les calculs connexes. Leur donner une expérience pratique pour configurer et utiliser différents types de détecteurs de rayonnements, reconnaître leurs principes de fonctionnement, leurs caractéristiques et leurs limites et analyser et interpréter les données de mesure.	60
III	Effets biologiques des rayonnements ionisants	Familiariser les étudiants avec les effets des rayonnements aux niveaux moléculaire et cellulaire et leur permettre de comprendre les réactions tissulaires pouvant entraîner des effets stochastiques et déterministes sur la santé. Leur présenter les modèles utilisés pour estimer les coefficients de risque des effets stochastiques.	30
IV	Système international de radioprotection	Expliquer aux étudiants le rôle des organisations internationales dans le domaine de la radioprotection, y compris les recommandations de la CIPR sur le système	40

	et cadre réglementaire	international de radioprotection. Leur donner un aperçu des normes de sûreté pertinentes de l'AIEA, y compris les principaux éléments du cadre juridique et réglementaire de la sûreté, les mesures de contrôle réglementaires pertinentes, ainsi que les principes de base de la culture de sûreté et du renforcement des compétences dans le domaine de la sûreté radiologique.	
V	Évaluation des expositions externes et internes (autres que médicales)	Permettre aux étudiants de pouvoir mesurer, surveiller, calculer et interpréter les doses aux individus résultant d'une exposition externe, y compris la conception d'un programme de surveillance pour l'évaluation des doses individuelles et pour le lieu de travail. Ils pourront en outre utiliser les techniques appropriées pour évaluer les doses individuelles résultant de l'incorporation de radionucléides dans les cas simples de contamination interne.	60
VI	Situations d'exposition planifiée : prescriptions génériques	Expliquer aux étudiants les prescriptions génériques de radioprotection en ce qui concerne les situations d'exposition planifiée pour toutes les catégories d'exposition (expositions professionnelles, publiques et médicales).	15
VII	Situations d'exposition planifiée : applications non médicales	Permettre aux étudiants de bien comprendre l'application pratique des principes et des concepts de radioprotection dans des situations très variées d'exposition planifiée (hormis les expositions médicales). Ils pourront en outre élaborer des programmes de radioprotection appropriés pour un large éventail d'applications.	100
VIII	Situations d'exposition planifiée : applications médicales	Permettre aux étudiants de comprendre dans ses grandes lignes l'application des principes de radioprotection dans les applications médicales.	60
IX	Situations d'exposition d'urgence et préparation et conduite des interventions dans les	Permettre aux étudiants de comprendre non seulement les prescriptions de base pour la protection dans les situations d'exposition d'urgence, mais aussi le système de préparation et de conduite des interventions d'urgence, y compris les prescriptions de base, les principes, les objectifs, la base de	40

	situations d'urgence	planification, les mesures de protection et les autres mesures d'intervention, ainsi que la communication avec le public. Les sensibiliser en outre aux dispositions qui doivent être en place pour une intervention efficace et efficiente en cas d'urgence nucléaire ou radiologique.	
X	Situations d'exposition existantes	Permettre aux étudiants de comprendre les prescriptions de base pour la protection dans les situations d'exposition existantes, et les informer en outre des causes de ces situations, des approches destinées à atténuer leurs conséquences ainsi que des conditions dans lesquelles les prescriptions ayant trait aux expositions professionnelles doivent être appliquées.	15
XI	Formation des formateurs	Permettre aux étudiants de pouvoir organiser et assurer des cours nationaux, d'acquérir des compétences pédagogiques et d'appliquer celles-ci à des présentations orales de la partie XII.	30
XII	Affectation de projet	Permettre aux participants de pouvoir appliquer les connaissances et les compétences acquises dans le cadre du cours pour examiner un problème particulier de radioprotection et de sûreté radiologique et présenter les résultats et les conclusions de cet examen.	80

4. PROGRAMME DE COURS TYPE

4.1. PARTIE I : RAPPEL DES NOTIONS FONDAMENTALES

Objectif : Expliquer aux étudiants les principes fondamentaux de la physique et des mathématiques utilisés en radioprotection, y compris les processus radioactifs, les réactions nucléaires et les méthodes statistiques. Les familiariser avec les sources de rayonnements et leur expliquer les interactions de ceux-ci avec la matière.

4.1.1. Contenu

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
I.1. Introduction	<p>Introduction</p> <p>Aperçu général du cours : objet, objectifs d'apprentissage, contenu et calendrier. Introduction à la radioprotection et à l'utilisation sûre des sources de rayonnements</p>	S.O.
I.2. Notions de physique et de mathématiques utilisées en radioprotection	<p>Notions de physique atomique et nucléaire</p> <p>Atome, noyau, protons, neutrons, électrons ; unité de masse atomique ; éléments, tableau périodique des éléments ; isotopes d'un élément ; nucléides stables et instables ; couches électroniques ; énergie de liaison électronique ; excitation ; ionisation ; particules accélérées ; rayonnement de freinage ; spectre énergétique : caractéristiques des rayons X et rayonnement de freinage ; conversion interne ; électrons Auger</p> <p>Radioactivité</p> <p>Stabilité nucléaire ; bande de stabilité ; noyaux instables ; radionucléides ; modes de décroissance radioactive et types de spectres : alpha, bêta, gamma ; positons, capture d'électrons orbitaux, conversion interne ; activité ; unités ; constante de désintégration ; période ; loi de la décroissance radioactive ; vie moyenne ; chaînes de désintégration et équilibre</p> <p>Réactions nucléaires</p> <p>Types de réactions ; radioactivité induite ; fission et fusion (du point de vue de l'énergie) ; section efficace ; énergies des réactions</p> <p>Notions de mathématiques</p> <p>Différentiation/intégration ; équations relatives à la décroissance (fonctions exponentielles) ; équations différentielles linéaires du 1^{er} ordre, avec une constante</p>	<p style="text-align: center;">LO.I.2.01</p> <p style="text-align: center;">LO.I.2.02</p> <p style="text-align: center;">LO.I.2.03</p> <p style="text-align: center;">LO.I.2.04</p> <p style="text-align: center;">LO.I.2.05</p> <p style="text-align: center;">LO.I.2.06</p> <p style="text-align: center;">LO.I.2.07</p> <p style="text-align: center;">LO.I.2.08</p> <p style="text-align: center;">LO.I.2.09</p> <p style="text-align: center;">LO.I.2.10</p> <p style="text-align: center;">LO.I.2.11</p> <p style="text-align: center;">LO.I.2.12</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
I.3. Interactions des rayonnements avec la matière	<p>Statistiques</p> <p>Exactitude ; précision ; moyenne, médiane, mode ; écart-type ; niveaux de confiance ; théorie des probabilités ; variables aléatoires ; différents types de distributions (binomiale, Poisson, Gauss, log-normale) ; diagramme de dispersion ; test de Student ; chi carré</p> <p>Critères de Chauvenet, régression ; corrélation ; application pratique au comptage ; ajustement de courbe par les méthodes des moindres carrés</p> <p>Rayonnements de particules chargées</p> <p>Particules lourdes (alpha, proton, noyaux)</p> <p>Mécanismes de transfert d'énergie, ionisation et excitation, diffusion, interaction nucléaire ; relation champ-énergie ; courbe de Bragg ; pouvoir d'arrêt ; blindage</p> <p>Particules bêta</p> <p>Mécanismes de transfert d'énergie ; freinage ; relations empiriques ; courbe de Bragg ; pouvoir d'arrêt ; blindage ; rayonnement de Tcherenkov</p> <p>Rayonnements de particules non chargées</p> <p>Rayons X et rayons gamma</p> <p>Effet photoélectrique ; diffusion Compton ; production de paires ; production de photons secondaires ; coefficient d'atténuation linéaire et massique ; atténuation exponentielle ; effet de Z sur le milieu absorbant ; rectification de l'accumulation ; blindage</p> <p>Neutrons</p> <p>Mécanisme d'interaction : diffusion ; absorption ; capture radioactive (n,p), (n,γ) et autres. Dépendance énergétique, blindage</p>	<p>LO.I.3.01</p> <p>LO.I.3.02</p> <p>LO.I.3.03</p> <p>LO.I.3.04</p> <p>LO.I.3.05</p> <p>LO.I.3.06</p>
I.4. Sources de rayonnements	<p>Rayonnement naturel</p> <p>Radionucléides terrestres : uranium (^{235}U et ^{238}U), ^{232}Th, ^{40}K ; radionucléides importants dans les chaînes de désintégration de ^{238}U et du ^{232}Th (émanation de Ra, Rn) ; matières radioactives naturelles</p> <p>Rayonnement cosmique ; types de rayonnement cosmique ; variation selon la latitude et l'altitude</p> <p>Sources radioactives artificielles</p> <p>Sources radioactives : sources de rayons bêta, alpha, gamma et X ; sources de neutrons isotopiques ; sources</p>	<p>LO.I.4.01</p> <p>LO.I.4.02</p> <p>LO.I.4.03</p> <p>LO.I.4.04</p> <p>LO.I.4.05</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
	<p>scellées ; sources non scellées et générateurs isotopiques ; enceintes des sources ; retombées</p> <p>Réacteurs nucléaires : réactions de fission et de fusion ; modération neutronique ; facteur de multiplication, criticité. Types de réacteurs ; principaux éléments d'un réacteur nucléaire ; réacteurs de recherche ; installations du cycle du combustible nucléaire</p> <p>Générateurs de rayonnements</p> <p>Production de particules chargées : accélérateurs linéaires ; cyclotrons ; bêtatrons</p> <p>Production de rayons X : appareils à rayons X de faible énergie ; accélérateurs linéaires ; autres appareils ; principes et spectres ; filtration et qualité des faisceaux</p> <p>Production de neutrons : fission ; fusion ; spallation ; réactions (p, n), (d, n), (α, n) et (γ, n) ; production de neutrons aux fins de la neutrothérapie</p> <p>Application des rayonnements ionisants en médecine, dans l'industrie, et dans l'alimentation et l'agriculture ; produits de consommation</p>	

4.1.2. Objectifs d'apprentissage

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
I.1. Introduction	-	-
I.2. Notions de physique et de mathématiques utilisées en radioprotection	LO.I.2.01	décrire la structure de l'atome et identifier les principaux constituants du noyau.
	LO.I.2.02	décrire comment les atomes se regroupent en éléments en fonction de leur numéro atomique et comment ces éléments sont disposés dans le tableau périodique.
	LO.I.2.03	expliquer le concept d'isotopes d'un élément donné.
	LO.I.2.04	décrire le processus d'ionisation et les mécanismes d'ionisation de l'atome.
	LO.I.2.05	expliquer les mécanismes de production de rayonnement de freinage et de rayonnement X caractéristiques.
	LO.I.2.06	décrire les modes de décroissance et les types de rayonnements émis (alpha, bêta, émission de positons, gamma).

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
	LO.I.2.07	expliquer les différences entre les rayonnements gamma et X.
	LO.I.2.08	définir l'unité de radioactivité, le concept de période et la loi de décroissance radioactive.
	LO.I.2.09	expliquer les concepts d'équilibre séculaire et d'équilibre transitoire.
	LO.I.2.10	résumer les propriétés des neutrons.
	LO.I.2.11	expliquer le concept de fission nucléaire.
	LO.I.2.12	relier les méthodes et les tests statistiques appropriés à des situations de radioprotection pertinentes.
I.3. Interactions des rayonnements avec la matière	LO.I.3.01	expliquer les différents types d'interactions de particules lourdes (alpha, proton, noyaux) avec la matière et les concepts associés de pouvoir d'arrêt et de blindage.
	LO.I.3.02	décrire les différents types d'interactions des particules bêta avec la matière et les processus associés aux rayonnements de freinage et Tcherenkov.
	LO.I.3.03	décrire les interactions des photons avec la matière, y compris l'effet photoélectrique, la diffusion Compton et la production de paires.
	LO.I.3.04	décrire le processus d'atténuation du rayonnement dans un matériau de blindage ainsi que les concepts d'épaisseur de demi-atténuation et de coefficients d'atténuation linéaire et massique.
	LO.I.3.05	expliquer les mécanismes d'interaction neutronique, la dépendance énergétique des neutrons et les types de blindage neutronique.
	LO.I.3.06	décrire le processus d'activation neutronique.
I.4. Sources de rayonnements	LO.I.4.01	énumérer les sources naturelles de rayonnements (radionucléides terrestres naturels, rayonnement cosmique), les trois séries de décroissance naturelle, examiner la question des radionucléides naturels présents dans les matériaux de construction et décrire les mécanismes d'exposition au ^{222}Rn .
	LO.I.4.02	décrire le large éventail d'applications des sources radioactives dans l'industrie, en médecine et dans la recherche.
	LO.I.4.03	décrire les utilisations de substances radioactives non scellées en médecine et leur méthode de production.

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
	LO.I.4.04	expliquer les critères de base pour la fabrication de sources alpha, bêta et gamma.
	LO.I.4.05	décrire brièvement les différents types de réacteurs nucléaires.

4.1.3. Exercices pratiques

N°	Exercice pratique	Type
I-1	Présentation des différents types de sources de rayonnements et explications concernant leur utilisation ; radionucléides naturels et artificiels ; produits de consommation ; sources de radon	Démonstration
I-2	Démonstration de la décroissance radioactive : tableaux des radionucléides, utilisation d'ouvrages et de logiciels pour les sources de données nucléaires	Démonstration
I-3	Utilisation de l'équation de décroissance radioactive ; utilisation de certains codes mathématiques simples	Exercice
I-4	Mesures de la période radioactive	Exercice de laboratoire
I-5	Comptage statistique à l'aide d'un compteur Geiger-Müller ou d'un appareil similaire et d'une source radioactive, vérification de la dispersion statistique	Exercice de laboratoire
I-6	Production et atténuation de rayonnements de freinage	Démonstration
I-7	Fourchettes pour les particules alpha et bêta	Démonstration
I-8	Modération et absorption de neutrons	Démonstration
I-9	Mesure de l'épaisseur de demi-atténuation avec les différents matériaux absorbants	Exercice de laboratoire
I-10	Démonstration de la rétrodiffusion des rayonnements bêta	Démonstration
I-11	Démonstration de l'absorption des rayonnements bêta ou gamma dans des sources de différentes épaisseurs (« auto-absorption »)	Démonstration
I-12	Détermination de l'énergie maximale de rayonnements bêta par absorption	Exercice de laboratoire

4.1.4. Bibliographie de la partie I

ATTIX, F. H., Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, Wiley and Sons, Chichester (2008).

CEMBER, H., JOHNSON, T. E., Introduction to Health Physics, 4th Edition, McGraw-Hill, New York (2008).

HATANO, Y., KATSUMURA, Y., MOZUMDER A., Charged Particle and Photon Interactions with Matter: Recent Advances, Applications, and Interfaces, Boca Raton, CRC Press (2010).

KNOLL, G. T., Radiation Detection and Measurement, 4th Edition, Wiley, New York (2010).

MARTIN J. E., Physics for Radiation Protection, 3rd Edition, Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Weinheim (2013).

MARTIN, A., HARBISON, S. A., BEACH, K., COLE, P., An Introduction to Radiation Protection, 6th Edition, Hodder Arnold, London (2012).

TURNER, J. E, Atoms, Radiation and Radiation Protection, 3rd Edition, Wiley VCH Verlag, Chichester (2007).

4.2. PARTIE II : GRANDEURS ET MESURES

Objectif : Expliquer aux étudiants les grandeurs radiométriques, dosimétriques et opérationnelles de la radioprotection et les unités de mesure pertinentes, et leur permettre d'effectuer les calculs connexes. Leur donner une expérience pratique pour configurer et utiliser différents types de détecteurs de rayonnements, reconnaître leurs principes de fonctionnement, leurs caractéristiques et leurs limites et analyser et interpréter les données de mesure.

4.2.1. Contenu

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
II.1. Grandeurs et unités	<p>Grandeurs radiométriques et coefficients d'interaction</p> <p>Champ de rayonnement ; fluence (débit) ; fluence énergétique (débit) ; section efficace ; coefficient d'atténuation massique ; pouvoir d'arrêt massique</p> <p>Grandeurs dosimétriques</p> <p>Exposition (débit) ; kerma (débit) ; concepts de dosimétrie ; énergie communiquée ; énergie linéique ; dose absorbée (débit) ; transfert linéique d'énergie (TLE) ; dose à un organe</p> <p>Radioprotection et grandeurs opérationnelles</p> <p>Facteur de pondération radiologique w_R ; dose équivalente ; facteur de pondération tissulaire w_T ; dose efficace ; champ aligné et élargi ; équivalent de dose personnel $H_p(0,07)$ et $H_p(10)$; équivalent de dose ambiant $H^*(d)$ et équivalent de dose directionnel ($H'(d)$). Incorporation et doses engagées</p>	<p>LO.II.1.01</p> <p>LO.II.1.02</p> <p>LO.II.1.03</p> <p>LO.II.1.04</p>
II.2. Calculs et grandeurs radiométriques et dosimétriques	<p>Calculs radiométriques et dosimétriques</p> <p>Relations entre fluence, kerma et dose absorbée ; équilibre électronique ; constante de débit de kerma dans l'air ; calcul du kerma et de la dose absorbée</p> <p>Principe de la cavité de Bragg-Gray ; mesure de la dose absorbée par ionisation du gaz à l'intérieur d'une cavité ; équilibre électronique ; composition d'une cavité homogène ; cavités de grande taille ; cavités de petite taille ; effets de recombinaison ; facteurs de correction pour déterminer la dose absorbée à l'eau pour les faisceaux de photons et d'électrons</p> <p>Sources ponctuelles, sources planes et sources volumiques ; absorption et diffusion dans l'air et l'organisme ; atténuation des rayonnements primaires et accumulation des rayonnements secondaires ; influence de la géométrie</p> <p>Calcul des doses provenant de sources neutroniques</p>	<p>LO.II.2.01</p> <p>LO.II.2.02</p> <p>LO.II.2.03</p> <p>LO.II.2.04</p> <p>LO.II.2.05</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
II.3. Principes de détection et de mesure des rayonnements	<p>Détecteurs</p> <p>Propriétés générales des détecteurs de rayonnements ; modèle de détecteur simplifié, modes de fonctionnement ; étalonnage en termes d'énergie et d'efficacité (géométrique et intrinsèque) ; contexte, géométrie, statistiques ; échelles de comptage des impulsions et débitmètres ; discriminateurs ; équivalence tissulaire ; résolution ; analyse de hauteur d'impulsions – coïncidence et anti-coïncidence ; analyse des formes d'impulsions ; correction des temps morts ; analyse de spectres sur ordinateur</p> <p>Détecteurs utilisés à des fins de radioprotection : principe de fonctionnement, propriétés, caractéristiques opérationnelles, principaux composants électroniques associés, applications de mesure</p> <p>Détecteurs à gaz. Chambres d'ionisation (mesure du courant) ; chambres d'ionisation sous pression ; chambres à extrapolation ; compteurs proportionnels ; tubes Geiger-Müller</p> <p>Détecteurs à scintillation (scintillateurs solides et liquides), détecteurs à semi-conducteur, émulsions photographiques, détecteurs thermoluminescents, détecteurs de traces nucléaires, détecteurs de neutrons, détecteurs de neutrons par réactions (n,γ) ou (n,p), détecteurs par imagerie</p> <p>Comparaison des différents types de détecteurs à des fins de mesure appropriées</p>	<p>LO.II.3.01</p> <p>LO.II.3.02</p> <p>LO.II.3.03</p> <p>LO.II.3.04</p>

4.2.2. Objectifs d'apprentissage

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
II.1. Grandeurs et unités	LO.II.1.01	expliquer les concepts de champ de rayonnement et de fluence.
	LO.II.1.02	expliquer les quantités dosimétriques d'exposition, le kerma et la dose absorbée et les unités associées.
	LO.II.1.03	expliquer les grandeurs dose équivalente, dose efficace, dose engagée, dose efficace engagée.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
II.2. Calculs et grandeurs radiométriques et dosimétriques	LO.II.1.04	appliquer les quantités opérationnelles équivalent de dose ambiant, équivalent de dose directionnel et équivalent de dose individuel.
	LO.II.2.01	expliquer comment le débit de dose de rayonnement varie en fonction de la distance à des sources de géométries différentes.
	LO.II.2.02	appliquer la loi de l'inverse des carrés pour les émissions de rayonnement d'une source ponctuelle.
	LO.II.2.03	appliquer les concepts d'atténuation et d'accumulation dans des scénarios pratiques.
	LO.II.2.04	décrire les problèmes d'exposition potentiels liés à la dispersion et à l'« effet de ciel ».
II.3. Principes de détection et de mesure des rayonnements	LO.II.2.05	calculer les doses dues aux neutrons dans une série de scénarios.
	LO.II.3.01	décrire les principes généraux de détection des rayonnements et comprendre les concepts d'efficacité énergétique, de résolution et de limite de détection.
	LO.II.3.02	expliquer les principes et le fonctionnement des chambres d'ionisation, des tubes Geiger-Müller et des détecteurs à scintillation.
	LO.II.3.03	choisir le détecteur approprié pour un champ de rayonnement donné.
	LO.II.3.04	décrire les différents types de dosimètres individuels (photographiques, thermoluminescent, à luminescence stimulée optiquement, électroniques).

4.2.3. Exercices pratiques

N°	Exercice pratique	Type
II-1	Démonstration des différents types de détecteur portable pour les rayonnements alpha, bêta, gamma et neutroniques et explication de leur utilisation pratique ; utilisation et consultation de manuels de ces appareils	Démonstration
II-2	Exercices de calcul sur les grandeurs	Exercices
II-3	Détermination des caractéristiques des détecteurs Geiger-Müller : taux de comptage/courbe de tension ; réponse aux différentes énergies de rayonnement	Exercice de laboratoire

II-4	Utilisation d'un système Geiger-Müller à faible bruit de fond pour des sources émettrices bêta de faible activité	Exercice de laboratoire
II-5	Étalonnage d'un spectromètre à scintillation gamma ou d'un spectromètre à semi-conducteur en énergie et en activité	Exercice de laboratoire
II-6	Analyse d'un spectre gamma complexe à l'aide d'un détecteur à semi-conducteur	Exercice de laboratoire
II-7	Étalonnage d'un système de spectrométrie alpha en termes d'énergie et d'activité	Exercice de laboratoire
II-7a	Étalonnage d'un spectromètre bêta par énergie maximale des spectres	Exercice de laboratoire
II-8	Lecture de pellicules photographiques exposées à différents types de rayonnements d'énergie variable aux fins de la dosimétrie individuelle	Démonstration
II-9	Lecture de dosimètres thermoluminescents	Démonstration
II-10	Mesures à l'aide de systèmes de trace par gravure	Démonstration
II-11	Mesures de faibles activités du tritium et du carbone 14 à l'aide de systèmes de comptage par scintillation liquide	Exercice de laboratoire
II-12	Détection et spectrométrie neutroniques à l'aide de détecteurs de neutrons thermiques et de sphères en polyéthylène agissant comme modérateur	Exercice de laboratoire
II-13	Identification de radionucléides non connus	Exercice de laboratoire

4.2.4. Bibliographie de la partie II

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Determination and Interpretation of Characteristic Limits for Radioactivity Measurements - Decision Threshold, Detection Limit and Limits of the Confidence Interval, IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications Series No. 48, IAEA (2017).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, Report No. 51, ICRU, Bethesda, MD (1993).

- Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation, ICRU Report No. 85, Oxford University Press, Oxford (2011).

COMMISSION INTERNATIONALE DE PROTECTION RADIOLOGIQUE, Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique, Publication 103 de la CIPR, IRSN (2009).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Conversion coefficients for radiological protection quantities for external radiation exposures, ICRP Publication 116, Ann. ICRP 40 (2–5) (2010).

KNOLL, G.T., Radiation Detection and Measurement, 4th Edition, Wiley, New York (2010).

MARTIN J. E., Physics for Radiation Protection, 3rd Edition, Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Weinheim (2013).

4.3. PARTIE III : EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS

Objectif : Familiariser les étudiants avec les effets des rayonnements aux niveaux moléculaire et cellulaire et leur permettre de comprendre les réactions tissulaires pouvant entraîner des effets stochastiques et déterministes sur la santé. Leur présenter les modèles utilisés pour estimer les coefficients de risque des effets stochastiques.

4.3.1. Contenu

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
III.1. Effets des rayonnements aux niveaux moléculaire et cellulaire	<p>Notions de biologie cellulaire</p> <p>Concept de base de la cellule ; structure cellulaire ; fonctions de différents organites ; cycle cellulaire ; types de division cellulaire ; types d'activités pendant la division cellulaire</p> <p>Structure des chromosomes, de l'ADN et de l'ARN ; réplication de l'ADN ; transcription de l'ADN ; mutations ponctuelles</p> <p>Effets des rayonnements sur les cellules. Étapes des lésions et facteurs modificatifs</p> <p>Rupture des liaisons chimiques par excitation et ionisation ; éléments biologiquement importants ; effets directs et indirects des rayonnements : production de radicaux libres, interaction avec l'ADN ; interaction avec les autres constituants de la cellule. Lésion et réparation de l'ADN ; cassures chromosomiques ; mitose ; dysfonctionnement mitotique ; conséquences des dommages cellulaires ; mort cellulaire ; conséquences de la mort cellulaire ; réponses épigénétiques aux rayonnements ; nécrose cellulaire ; apoptose, signalisation cellulaire ; sensibilité cellulaire ; efficacité biologique relative (EBR) ; réponses adaptatives ; facteurs modificatifs.</p> <p>Indicateur biologique de dose : aberrations chromosomiques, dosimétrie biologique, analyse des micronoyaux, résonance paramagnétique électronique.</p>	<p>LO.III.1.01</p> <p>LO.III.1.02</p> <p>LO.III.1.03</p> <p>LO.III.1.04</p> <p>LO.III.1.05</p> <p>LO.III.1.06</p> <p>LO.III.1.07</p>
III.2. Effets déterministes	<p>Effets des doses élevées</p> <p>Réactions au niveau des tissus et des organes ; courbes de survie cellulaire ; réactions précoces et tardives au niveau des tissus et des organes ; courbe dose-réponse générale ; seuil ; gravité ; syndrome d'irradiation aiguë ; effet des rayonnements sur le système hématopoïétique, le tube digestif et le dysfonctionnement cardio-neurovasculaire ; dose létale ; effet de l'irradiation locale : sur la peau et ses structures, la thyroïde, les poumon, le cristallin, les gonades ; doses de seuil ; effet du fractionnement et du débit de dose</p>	<p>LO.III.2.01</p> <p>LO.III.2.02</p> <p>LO.III.2.03</p> <p>LO.III.2.04</p> <p>LO.III.2.05</p> <p>LO.III.2.06</p> <p>LO.III.2.07</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
	Études de cas (expositions accidentelles)	LO.III.2.08 LO.III.2.09
III.3. Effets somatiques stochastiques	<p>Tumorigénèse (aussi, oncogénèse ou carcinogénèse)</p> <p>Mécanismes de la tumorigénèse due aux rayonnements ; sources de données : modèles animaux de tumorigénèse due aux rayonnements, survivants des bombes A, peintres de cadrans luminescents, expositions médicales, mineurs et autres</p> <p>Relation dose-effet</p> <p>Modèles de risque absolu et relatif ; facteurs d'efficacité de la dose et du débit de dose (FEDD) ; tumeurs humaines associées aux rayonnements ; susceptibilité génétique au cancer ; hérédité ; estimation du risque de cancer à partir de données épidémiologiques ; coefficients de risque ; détriment radiologique et facteurs de pondération tissulaire ; cancers mortels et non mortels ; facteurs de risque de la CIPR</p>	LO.III.3.01 LO.III.3.02 LO.III.3.03
III.4. Effets héréditaires stochastiques	<p>Effets héréditaires</p> <p>Génétique élémentaire ; mutations naturelles ; mutations chromosomiques et géniques ; sources de données : espèces humaine et animale ; concept de dose doublante ; coefficients de risque pour les effets génétiques</p>	LO.III.4.01 LO.III.4.02 LO.III.4.03
III.5. Effets sur l'embryon et le fœtus	<p>Effets des rayonnements</p> <p>Embryogenèse fondamentale ; réactions tissulaires : sensibilité à différents stades de développement ; malformations ; développement du cerveau et arriération ; effets stochastiques : induction de leucémie et de cancers solides</p>	LO.III.5.01 LO.III.5.02
III.6. Études et questions épidémiologiques	<p>Études épidémiologiques</p> <p>Statistiques nécessaires, types d'études en cours ; méthodes d'échantillonnage pour établir les cohortes ; association et facteurs de confusion ; puissance et précision ; perspectives et pièges</p>	LO.III.6.01 LO.III.6.02 LO.III.6.03
III.7. Concept de détriment radiologique	<p>Détriment radiologique</p> <p>Nécessité d'une mesure globale du préjudice ; facteur de pondération du rayonnement w_R ; facteur de pondération tissulaire w_T, dose efficace ; notion de détriment radiologique, dose collective ; approche adoptée par la CIPR ; comparaison des risques</p>	LO.III.7.01 LO.III.7.02 LO.III.7.03

4.3.2. Objectifs d'apprentissage

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
III.1. Effets des rayonnements aux niveaux moléculaire et cellulaire	LO.III.1.01	expliquer le concept et la structure des cellules.
	LO.III.1.02	décrire le cycle cellulaire et le processus de division.
	LO.III.1.03	décrire l'ADN et les structures chromosomiques.
	LO.III.1.04	expliquer les mécanismes par lesquels les rayonnements ionisants endommagent l'ADN et connaître les principaux types de dommages.
	LO.III.1.05	décrire les processus de réparation de l'ADN.
	LO.III.1.06	décrire les phases évolutives des dommages induits par les rayonnements dans un organisme.
	LO.III.1.07	expliquer les facteurs qui influencent la radiosensibilité des cellules et des organes/tissus.
III.2. Effets déterministes	LO.III.2.01	définir les réactions tissulaires et distinguer les réactions précoces et tardives dans les tissus et les organes.
	LO.III.2.02	décrire les facteurs qui influencent la sensibilité aux rayonnements.
	LO.III.2.03	décrire les causes du syndrome d'irradiation aiguë et comment il se caractérise.
	LO.III.2.04	énumérer les principaux syndromes d'irradiation aiguë.
	LO.III.2.05	décrire en termes généraux l'hématopoïèse et l'effet des rayonnements ionisants sur le système hématopoïétique.
	LO.III.2.06	décrire en termes généraux les deux catégories d'effets des rayonnements ionisants sur la physiologie du tube digestif.
	LO.III.2.07	décrire en termes généraux le dysfonctionnement cardio-neurovasculaire dans l'irradiation létale.
	LO.III.2.08	expliquer l'exposition aux rayonnements « localisés » et ses conséquences possibles.
	LO.III.2.09	expliquer ce qui caractérise le syndrome cutané d'irradiation.
III.3. Effets somatiques stochastiques	LO.III.3.01	expliquer l'« effet stochastique » des rayonnements ionisants et décrire en termes généraux le risque relatif de ces rayonnements pour la carcinogenèse.
	LO.III.3.02	présenter en termes généraux les premiers stades et les mécanismes de l'oncogenèse ainsi que les principales

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
		sources de données sur les effets de l'exposition aux rayonnements chez l'homme.
III.4. Effets héréditaires stochastiques	LO.III.3.03	expliquer le concept de facteur de risque.
	LO.III.4.01	expliquer la différence entre les effets somatiques et héréditaires de l'exposition aux rayonnements ionisants et décrire les sources de données sur les effets héréditaires chez l'homme.
	LO.III.4.02	résumer les causes des effets héréditaires.
	LO.III.4.03	présenter en termes généraux le coefficient de risque pour les effets héréditaires, et les ressources de données appropriées.
III.5. Effets sur l'embryon et le fœtus	LO.III.5.01	résumer les notions de base de l'embryologie et expliquer brièvement la sensibilité variable de l'embryon et du fœtus à différents stades de développement.
	LO.III.5.02	expliquer les effets possibles d'une exposition prénatale.
III.6. Études et questions épidémiologiques	LO.III.6.01	expliquer comment l'épidémiologie est utilisée en radioprotection.
	LO.III.6.02	décrire les paramètres épidémiologiques.
	LO.III.6.03	présenter brièvement plusieurs exemples d'études épidémiologiques.
III.7. Concept de détriment radiologique	LO.III.7.01	expliquer les concepts de facteur de pondération tissulaire, de dose efficace et de dose collective.
	LO.III.7.02	décrire brièvement les composantes du détriment pour la santé associées aux effets stochastiques.
	LO.III.7.03	indiquer les limites de dose actuelles pour l'exposition des travailleurs et du public et justifier les valeurs fixées.

4.3.3. Exercices pratiques

N°	Exercice pratique	Type
III-1	Dosimétrie biologique	Démonstration ou étude de cas
III-2	Interprétation de données épidémiologiques	Étude de cas
III-3	Évaluation des risques associés aux doses	Étude de cas

4.3.4. Bibliographie de la partie III

BIOLOGICAL EFFECTS OF IONIZING RADIATION (BEIR), Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Report Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council, ISBN: 0-309-55226-5 (2005).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Safety Reports Series No. 2, IAEA, Vienna (1998).

COMMISSION INTERNATIONALE DE PROTECTION RADIOLOGIQUE, Recommandations 1990 de la Commission internationale de protection radiologique, Publication 60 de la CIPR, Pergamon Press, Oxford et New York (1991).

- Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique, Publication 103 de la CIPR, IRSN (2009).

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR), Sources and Effects of Ionizing Radiation (2000 Report to the General Assembly), United Nations, New York (2000).

- Hereditary Effects of Radiation. 2001 Report to the General Assembly with Scientific Annex, United Nations, New York (2001).

- Summary of low-dose radiation effects on health, 2010 Report to the General Assembly with Scientific Annex, United Nations, New York (2010).

4.4. PARTIE IV : SYSTÈME INTERNATIONAL DE RADIOPROTECTION ET CADRE RÉGLEMENTAIRE

Objectif : Expliquer aux étudiants le rôle des organisations internationales dans le domaine de la radioprotection, y compris les recommandations de la CIPR sur le système international de radioprotection. Leur donner un aperçu des normes de sûreté pertinentes de l’AIEA, y compris les principaux éléments du cadre juridique et réglementaire de la sûreté, les mesures de contrôle réglementaires pertinentes, ainsi que les principes de base de la culture de sûreté et du renforcement des compétences dans le domaine de la sûreté radiologique.

4.4.1. Contenu

Module	Contenu	Objectif d’apprentissage (n°)
IV.1. Organisations internationales	<p>Rôle des organisations internationales dans le domaine de la radioprotection</p> <p>Agence internationale de l’énergie atomique (AIEA)</p> <p>Commission internationale de protection radiologique (CIPR), Commission internationale des unités et des mesures radiologiques (CIUR)</p> <p>Comité scientifique des Nations Unies pour l’étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR)</p> <p>Organisation internationale du Travail (OIT)</p> <p>Organisation mondiale de la Santé (OMS)</p> <p>Organisation du Traité d’interdiction complète des essais nucléaires (OTICE), Organisation des Nations Unies pour l’alimentation et l’agriculture (FAO), Agence pour l’énergie nucléaire (OCDE/AEN)</p> <p>Organisation panaméricaine de la Santé (OPS)</p> <p>Programme des Nations Unies pour l’environnement (PNUE)</p> <p>Autres organismes : Communauté européenne de l’énergie atomique (Euratom), Organisation internationale de normalisation (ISO), Association internationale de producteurs et de fournisseurs de sources (ISSPA), Association nucléaire mondiale (WNA)</p>	LO.IV.1.01
IV.2. Cadre de radioprotection	<p>Les organisations compétentes et leur rôle</p> <p>Contribution de données scientifiques de l’UNSCEAR ; recommandations de la CIPR ; Agence internationale de l’énergie atomique : établissement et mise en œuvre de normes de sûreté, d’instruments juridiquement contraignants, de conventions</p>	LO.IV.2.01 LO.IV.2.02 LO.IV.2.03

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
IV.3. Recommandations de la CIPR	<p>Introduction aux recommandations de la CIPR</p> <p>Structure et objectifs des recommandations ; structure du système de protection ; portée des recommandations ; exclusions et exemptions</p> <p>Système de protection radiologique des êtres humains</p> <p>Types de situations d'exposition ; catégories d'exposition, identification des personnes exposées ; niveaux de protection radiologique</p> <p>Principes de radioprotection</p> <p>Justification ; optimisation de la protection ; contraintes de dose et niveaux de référence ; limites de dose</p> <p>Exposition médicale des patients</p> <p>Justification de l'exposition médicale des patients ; optimisation de la protection pour les doses reçues par les patients lors des expositions médicales</p> <p>Protection de l'environnement</p> <p>Objectif de la protection radiologique de l'environnement ; animaux et plantes de référence</p>	<p>LO.IV.3.01</p> <p>LO.IV.3.02</p> <p>LO.IV.3.03</p>
IV.4. Fondements de sûreté de l'AIEA	<p>Objectifs et principes de sûreté</p> <p>Fondements de sûreté : objectif fondamental de sûreté, principes de sûreté associés (intention et but)</p>	<p>LO.IV.4.01</p>
IV.5. Cadre gouvernemental, législatif et réglementaire de la sûreté	<p>Cadre législatif</p> <p>Portée du cadre législatif de base : base statutaire ; législation d'application</p> <p>Responsabilités et fonctions du gouvernement</p> <p>Politique et stratégie nationales</p> <p>Établissement d'un cadre de la sûreté</p> <p>Mise en place d'un organisme de réglementation, indépendance de cet organisme</p> <p>Responsabilité première de la sûreté, respect de la réglementations et responsabilité pour la sûreté</p> <p>Coordination des différentes autorités ayant des responsabilités en matière de sûreté au sein du cadre réglementaire de la sûreté</p> <p>Régime mondial de sûreté</p> <p>Obligations internationales et arrangements de coopération internationale</p>	<p>LO.IV.5.01</p> <p>LO.IV.5.02</p> <p>LO.IV.5.03</p> <p>LO.IV.5.04</p> <p>LO.IV.5.05</p> <p>LO.IV.5.06</p> <p>LO.IV.5.07</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
IV.6. Normes fondamentales de sûreté de l'AIEA	<p>Mise en commun de l'expérience d'exploitation et de l'expérience réglementaire</p> <p>Responsabilités et fonctions de l'organisme de réglementation</p> <p>Structure organisationnelle de l'organisme de réglementation et allocation des ressources ; indépendance effective dans l'exercice des fonctions de réglementation</p> <p>Dotation en effectifs et compétences de l'organisme de réglementation</p> <p>Système de gestion de l'organisme de réglementation</p> <p>Liaison avec les organes consultatifs, les organismes d'appui et les parties autorisées</p> <p>Stabilité et cohérence du contrôle réglementaire</p> <p>Autorisation des installations et des activités par l'organisme de réglementation ; démonstration de sûreté pour l'autorisation des installations et des activités</p> <p>Examen et évaluation des informations pertinentes pour la sûreté ; approche graduée de l'examen et de l'évaluation d'une installation ou d'une activité</p> <p>Inspection des installations et des activités ; types d'inspection des installations et des activités ; approche graduée des inspections des installations et des activités</p> <p>Mise en place d'une politique de coercition</p> <p>Obligation faite aux parties autorisées de prendre des mesures correctives</p> <p>Règlements et guides ; examen des règlements et des guides ; promotion des règlements et des guides auprès des parties intéressées</p> <p>Dossiers de sûreté</p> <p>Communication et consultation des parties intéressées</p> <p>Introduction aux normes fondamentales de sûreté</p> <p>Contexte ; objectif ; portée ; structure</p> <p>Prescriptions générales de protection et de sûreté</p> <p>Application des principes de radioprotection</p> <p>Mise en place d'un cadre juridique et réglementaire</p> <p>Responsabilités de l'organisme de réglementation</p> <p>Responsabilités des autres parties</p>	<p>LO.IV.6.01</p> <p>LO.IV.6.02</p> <p>LO.IV.6.03</p> <p>LO.IV.6.04</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
IV.7 Évaluation de l'efficacité des programmes de réglementation	<p>Prescriptions relatives à la gestion</p> <p>Gestion et évaluation de l'efficacité du programme de réglementation</p> <p>Système de gestion ; collecte et analyse des données du programme ; critères de performance du programme</p> <p>Niveaux d'évaluation des programmes</p> <p>Méthodologie d'évaluation de l'efficacité : indicateurs de performance, critères de performance ; examen par des pairs</p>	<p>LO.IV.7.01</p> <p>LO.IV.7.02</p>
IV.8 Évaluation de la sûreté des installations et activités	<p>Mise en œuvre des prescriptions d'évaluation de la sûreté</p> <p>Processus d'évaluation de la sûreté</p> <p>Approche graduée de l'évaluation de la sûreté</p> <p>Gestion, utilisation et mise à jour de l'évaluation de la sûreté</p> <p>Méthodologie d'évaluation de l'efficacité ; risques radiologiques potentiels, fonctions de sûreté, caractéristiques des sites, dispositions en matière de radioprotection, aspect technique, facteurs humains. Défense en profondeur et marges de sûreté. Analyse de sûreté : analyse déterministe/probabiliste, critères d'appréciation de la sûreté, analyse d'incertitude et de sensibilité, utilisation des données relatives à l'expérience d'exploitation. Enquêtes sur les accidents, les incidents et les expositions anormales et mesures correctives pertinentes. Enseignements tirés de l'expérience, indicateurs de performance, critères de performance ; examen par les pairs</p>	<p>LO.IV.8.01</p>
IV.9. Sûreté et sécurité des sources radioactives	<p>Code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives</p> <p>Portée et objectifs</p> <p>Principes fondamentaux : législation et réglementation ; organisme de réglementation ; importation et exportation de sources radioactives ; rôle de l'AIEA</p> <p>Orientations sur l'importation, l'exportation, le transport des sources radioactives, le registre national des sources de rayonnements ; récupération des sources orphelines</p>	<p>LO.IV.9.01</p> <p>LO.IV.9.02</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
IV.10 Culture de sûreté et renforcement des compétences en radioprotection	<p>Outil de l'AIEA à l'appui des activités de réglementation</p> <p>Introduction au Système d'information pour les autorités de réglementation (RAIS)</p> <p>Culture de sûreté du personnel à tous les niveaux</p> <p>Priorité à la sûreté : politiques, procédures, responsabilités ; hiérarchie de la prise de décisions ; dispositions organisationnelles ; communication ; indicateurs de la culture de sûreté ; exemples de culture de sûreté</p> <p>Stratégie nationale de formation théorique et pratique pour la sûreté radiologique et la sûreté du transport des déchets</p> <p>Cadre législatif : politique et stratégie nationales de sûreté</p> <p>Parties prenantes pertinentes</p> <p>Comités nationaux pour l'établissement d'une stratégie nationale de formation théorique et pratique et pour le suivi de sa mise en œuvre</p> <p>Analyse des besoins en matière de formation théorique et pratique</p> <p>Conception d'un programme national de formation théorique et pratique</p> <p>Élaboration et mise en œuvre d'un programme national de formation théorique et pratique</p> <p>Évaluation du programme national de formation théorique et pratique</p>	<p>LO.IV.10.01</p> <p>LO.IV.10.02</p>

4.4.2. Objectifs d'apprentissage

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
IV.1. Organisations internationales	LO.IV.1.01	résumer les mandats des organisations internationales et leurs rôles dans le domaine de la radioprotection.
IV.2. Cadre de radioprotection	LO.IV.2.01	décrire le rôle de l'UNSCEAR, de la CIPR et de l'AIEA dans le cadre de la radioprotection.
	LO.IV.2.02	expliquer les différents types de normes de sûreté de l'AIEA et leur hiérarchisation.

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
	LO.IV.2.03	expliquer la différence entre les instruments juridiques contraignants et non contraignants de l'AIEA.
IV.3. Recommandations de la CIPR	LO.IV.3.01	résumer les recommandations de la publication 103 de la CIPR.
	LO.IV.3.02	décrire le système de protection radiologique ainsi que les types et les catégories d'exposition.
	LO.IV.3.03	expliquer les principes fondamentaux de radioprotection.
IV.4. Fondements de sûreté de l'AIEA	LO.IV.4.01	décrire l'objectif fondamental de sûreté et les principes associés dans les Principes fondamentaux de sûreté [1].
IV.5. Cadre gouvernemental, législatif et réglementaire de la sûreté	LO.IV.5.01	expliquer les principales responsabilités et fonctions du gouvernement.
	LO.IV.5.02	expliquer les principales responsabilités et fonctions de l'autorité de réglementation.
	LO.IV.5.03	résumer les éléments d'une infrastructure réglementaire de sûreté radiologique.
	LO.IV.5.04	expliquer les différents types d'autorisations d'une installation ou d'une activité.
	LO.IV.5.05	expliquer le but de l'examen et de l'évaluation d'une installation ou d'une activité.
	LO.IV.5.06	expliquer le but de l'examen d'une installation ou d'une activité.
	LO.IV.5.07	décrire l'application du concept d'approche graduée.
IV.6. Introduction aux normes fondamentales de sûreté de l'AIEA	LO.IV.6.01	énoncer l'objectif et la portée des NFI de l'AIEA.
	LO.IV.6.02	expliquer les types de situation d'exposition et les catégories d'exposition.
	LO.IV.6.03	expliquer la répartition des responsabilités en matière de radioprotection entre le gouvernement, l'organisme de réglementation et les autres parties concernées.
	LO.IV.6.04	décrire les prescriptions relatives à la gestion pour la protection et la sûreté.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
IV.7 Évaluation de l'efficacité des programmes de réglementation	LO.IV.7.01	expliquer l'élément principal d'un système de gestion.
	LO.IV.7.02	énumérer les principaux indicateurs de performance des activités de réglementation.
IV.8 Évaluation de la sûreté des installations et des activités	LO.IV.8.01	décrire les principaux éléments du processus d'évaluation de la sûreté.
IV.9. Sûreté et sécurité des sources radioactives	LO.IV.9.01	énoncer les prescriptions du Code de conduite.
	LO.IV.9.02	expliquer le but du recours au Système d'information pour les autorités de réglementation (RAIS).
IV.10 Culture de sûreté et renforcement des compétences en radioprotection	LO.IV.10.01	énumérer les principaux attributs d'une solide culture de la sûreté.
	LO.IV.10.02	expliquer le concept de stratégie nationale de formation théorique et pratique dans le domaine de la sûreté radiologique et de la sûreté du transport et des déchets.

4.4.3. Exercices pratiques

N°	Exercice pratique	Type
IV-1	Élaboration d'un cadre réglementaire théorique pour un pays possédant un certain nombre de sources de rayonnements d'un type déterminé	Étude de cas
IV-2	Utilisation d'outils informatisés pour le système d'information d'un organisme de réglementation [par exemple, le Système d'information des autorités de réglementation de l'AIEA (RAIS)]	Étude de cas
IV-3	Étude d'une procédure d'autorisation pour une pratique industrielle ou médicale	Étude de cas
IV-4	Conduite d'un examen de sûreté en vue d'une demande de licence pour une installation de radiographie industrielle ou un autre type de pratique	Étude de cas

IV-5	Évaluation d'une demande d'utilisation de sources radioactive dans des détecteurs de fumée ou d'autres produits de consommation (prise en compte du principe de justification)	Étude de cas
IV-6	Rédaction d'un communiqué de presse par un organisme de réglementation sur une question d'actualité	Étude de cas
IV-7	Liste de vérification pour un exercice d'inspection d'un irradiateur industriel	Étude de cas

4.4.4. Bibliographie de la partie IV

AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MARITIME INTERNATIONALE, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Principes fondamentaux de sûreté, n° SF-1 de la collection Normes de sûreté, AIEA, Vienne (2007).

AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, COMMISSION EUROPÉENNE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Radioprotection et sûreté des sources de rayonnements : Normes fondamentales internationales de sûreté, n° GSR Part 3 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2016).

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Évaluation au moyen d'un examen par des pairs de l'efficacité d'un programme réglementaire de sûreté radiologique, TECDOC n° 1217 de l'AIEA, AIEA, Vienne (2001).

- Code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives, AIEA, Vienne (2004).

- Orientations pour l'importation et l'exportation de sources radioactives, AIEA, Vienne (2005).

- Notification et autorisation pour l'utilisation des sources de rayonnements, TECDOC n° 1525 de l'AIEA, AIEA, Vienne, (2007).

- Évaluation de la sûreté des installations et activités, n° GSR Part 4 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2009).

- Cadre gouvernemental, législatif et réglementaire de la sûreté, n° GSR Part 1 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2010).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training in radiation protection and the safe use of radiation sources, Safety Reports Series No. 20, IAEA, Vienna (2001).

- International Nuclear Safety Advisory Group, Key Practical Issues in Strengthening Safety Culture, INSAG Series No. 15, IAEA, Vienna (2002).

- Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.7, IAEA, Vienna (2004).

- Establishing the Infrastructure for Radiation Safety, IAEA Safety Standards Series No. SSG-44, IAEA, Vienna (2004).

- Inspection of Radiation Sources and Regulatory Enforcement, IAEA TECDOC No. 1526, IAEA, Vienna (2007).

- Managing Regulatory Body Competence, Safety Reports Series No. 79, IAEA, Vienna (2014).

- Use of a Graded Approach in the Application of the Management System Requirements for Facilities and Activities, IAEA TECDOC No. 1740, IAEA, Vienna (2014).

- Organization, Management and Staffing of the Regulatory Body for Safety, IAEA Safety Standards Series No. GSG-12, IAEA, Vienna (2018).

- A Methodology for Establishing a National Strategy for Education and Training in Radiation, Transport and Waste Safety, Safety Reports Series No. 93, IAEA, Vienna (2018).

- Functions and Processes of the Regulatory Body for Safety, IAEA Safety Standards Series No. GSG-13, IAEA, Vienna (2018).

COMMISSION INTERNATIONALE DE PROTECTION RADIOLOGIQUE, Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique, Publication 103 de la CIPR, IRSN (2009).

4.5. PART V : ÉVALUATION DES EXPOSITIONS EXTERNES ET INTERNES (AUTRES QUE MÉDICALES) AUX RAYONNEMENTS

Objectif : Permettre aux étudiants de pouvoir mesurer, surveiller, calculer et interpréter les doses aux individus résultant d'une exposition externe, y compris la conception d'un programme de surveillance pour l'évaluation des doses individuelles et pour le lieu de travail. Ils pourront en outre utiliser les techniques appropriées pour évaluer les doses individuelles résultant de l'incorporation de radionucléides dans les cas simples de contamination interne.

4.5.1. Contenu

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
V.1. Évaluation de l'exposition professionnelle due à des sources externes de rayonnements	<p>Programmes de contrôle radiologique pour l'évaluation de la dose individuelle</p> <p>Conception de programmes de contrôle radiologique</p> <p>Dosimétrie individuelle</p> <p>Évaluation de la dose efficace dans diverses conditions d'exposition externe : approximations pratiques</p> <p>Intégration de dosimètres individuels (dosimètres thermoluminescents, dosimètres photographiques, chambres à condensateur, etc.) étalonnés pour l'équivalent de dose individuelle, utilisation de dosimètres électroniques individuels ; prescriptions concernant la performance pour les dosimètres individuels</p> <p>Dosimétrie de l'organisme entier, des extrémités et de la peau</p> <p>Évaluation de l'exposition régulière, spéciale, accidentelle</p> <p>Analyse des incertitudes : (type A) hétérogénéité des indications du détecteur due à une sensibilité limitée et au bruit de fond, variabilité des indications du détecteur pour la dose zéro ; (type B) dépendance énergétique, dépendance directionnelle, non-linéarité de la réponse, instabilité de l'image latente (fading) due à la température et l'humidité, effets dus à l'exposition à la lumière ou à d'autres types de rayonnements ionisants, à des chocs mécaniques, des erreurs d'étalonnage, des variations du fond de rayonnement naturel local</p> <p>Techniques de reconstitution de doses</p> <p>Dosimétrie en cas d'accident ; cytogénétique ; EPR ; constitution de doses de dosimètres thermoluminescents avec des fantômes de type Alderson ; dosimétrie de criticité</p>	<p>LO.V.1.01</p> <p>LO.V.1.02</p> <p>LO.V.1.03</p> <p>LO.V.1.04</p> <p>LO.V.1.05</p> <p>LO.V.1.06</p> <p>LO.V.1.07</p> <p>LO.V.1.08</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
V.2. Évaluation de l'exposition professionnelle due à l'incorporation de radionucléides	<p>Programme de contrôle radiologique sur le lieu de travail</p>	
	<p>Contrôle régulier, contrôle portant sur les tâches, contrôle spécial ; moniteurs fixes et portatifs ; contrôle aux fins de la planification du travail ; contrôle pour déceler des changements dans l'environnement de travail ; systèmes de contrôle pour les champs de rayonnements, les surfaces ; utilisation de l'équivalent de dose ambiant et de l'équivalent de dose directionnel</p>	
	<p>Interprétation des mesures</p>	
	<p>Niveaux d'enregistrement ; évaluations de doses à l'organisme, aux extrémités et à la peau ; calcul de la dose efficace due à une exposition externe ; contrôle radiologique régulier, contrôle axé sur les tâches et contrôle spécial</p>	
	<p>Étalonnage</p>	
<p>Étalonnage des faisceaux de rayonnements ; principe de la cavité de Bragg-Gray ; mesure de la dose absorbée par ionisation du gaz à l'intérieur d'une cavité ; équilibre électronique ; composition d'une cavité homogène ; cavités de grande taille ; cavités de petite taille ; effets de recombinaison ; facteurs de correction pour déterminer la dose absorbée à l'eau pour les faisceaux de photons et d'électrons</p>	LO.V.2.01 LO.V.2.02 LO.V.2.03 LO.V.2.04 LO.V.2.05	
<p>Étalons primaires et secondaires ; sources utilisées pour l'étalonnage ; vérification régulière du matériel ; essais de performance, essais types</p>		
<p>Système de gestion de la qualité</p>		
<p>Procédures de contrôle de la qualité ; intercomparaison ; test de compétence</p>		
<p>Étalons primaires et secondaires ; sources utilisées pour l'étalonnage ; vérification régulière du matériel ; essais de performance, essais types</p>		
<p>Modes d'incorporation</p>		
<p>Inhalation (taille des particules, DAMA, détermination de la répartition par taille des aérosols), ingestion et absorption par la peau ou les blessures</p>		
<p>Cas particulier de l'eau et de la vapeur tritiées : incorporation par la peau d'eau (éclaboussures) et de vapeur, et incorporation par les voies respiratoires</p>		

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
	<p>Incorporation de radionucléides par les travailleurs ; incorporation de radionucléides par les personnes du public</p> <p>Modèles biocinétiques utilisés par la CIPR</p> <p>Aspects quantitatifs de l'incorporation ; incorporation dans le sang et transfert dans les différents organes ; dépôt dans les organes</p> <p>Établissement de modèles à compartiments ; relations entre les compartiments comme base de la détermination des procédures de contrôle radiologique ; rétention et élimination ; compartiments exponentiels, période biologique et période effective</p> <p>Modèles biocinétiques pour l'évaluation de l'exposition interne. Modèles de la CIPR (personne de référence) et paramètres pertinents ; modèle de tractus respiratoire ; modèle du tube digestif humain ; entrée par les plaies et la peau intacte ; aperçu des modèles systémiques</p> <p>Programme de contrôle radiologique</p> <p>Programme de contrôle radiologique : justification, conception d'un programme régulier, méthodes de mesure, fréquence des contrôles, niveaux de référence, contrôle spécial</p> <p>Contrôle radiologique du lieu de travail : contrôle radiologique des surfaces et de l'air ; limites dérivées de concentration dans l'air</p> <p>Méthodes directes de contrôle radiologique individuel : principes ; géométrie (mesures) : organisme entier, thyroïde, poumons ; méthodes de détection ; procédures de mesures</p> <p>Méthodes indirectes de contrôle radiologique individuel : échantillons biologiques (urine, fèces, haleine, sang, mucosités nasales, échantillons tissulaires) ; normalisation des échantillons ; échantillons physiques (prélevés dans l'air, sur les surfaces) ; méthodes de manipulation ; méthodes d'analyse (séparation radiochimique, détection)</p> <p>Prescriptions concernant la performance pour les systèmes de détection en dosimétrie interne</p> <p>Calcul de la dose efficace engagée</p> <p>Dose efficace engagée ; dose efficace engagée par unité d'incorporation ; dose efficace engagée par unité d'incorporation chez l'adulte de référence et en fonction de l'âge ; homogénéité des mesures effectuées à l'aide de</p>	

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
V.3. Évaluation de l'exposition du public	<p>modèles biocinétiques</p> <p>Calcul de la contribution de l'organe à la dose efficace</p> <p>Limites primaires et secondaires ; cas particulier du radon et de ses produits de filiation</p> <p>Présentation des lignes directrices (EURADOS) et des logiciels pour le calcul des doses internes (caractéristiques et disponibilité)</p> <p>Étalonnage</p> <p>Étalonnage pour les techniques de mesure directe et indirecte</p> <p>Système de gestion de la qualité</p> <p>Procédures de contrôle de la qualité ; intercomparaison ; test de compétence</p> <p>Concepts fondamentaux</p> <p>Voies d'exposition ; groupes critiques et personne représentative ; méthodes génériques d'évaluation des doses ; incertitudes dans les évaluations de dose</p> <p>Évaluation de l'exposition du public due aux rejets radioactifs dans l'environnement</p> <p>Stratégie de contrôle radiologique : contrôle radiologique à la source et contrôle radiologique de l'environnement ; techniques d'échantillonnage et contrôle des quantités ; interprétation des résultats du contrôle radiologique</p> <p>Exemples d'application à différentes sources : installations médicales, usines de production de radio-isotopes, installations de gestion des déchets, installations nucléaires</p> <p>Évaluation de l'exposition du public due à d'autres scénarios</p> <p>Scénarios d'exposition du public et identification des paramètres importants pour l'évaluation. Approche graduée de l'évaluation de l'exposition du public</p>	LO.V.3.01

4.5.2. Objectifs d'apprentissage

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
V.1. Évaluation de l'exposition professionnelle due à des sources externes de rayonnements	LO.V.1.01	concevoir un programme de surveillance individuelle.
	LO.V.1.02	décrire les différents types de dosimètres individuels et les circonstances dans lesquelles chacun doit être utilisé.
	LO.V.1.03	interpréter les résultats de la dosimétrie.
	LO.V.1.04	identifier les circonstances dans lesquelles les résultats de la dosimétrie peuvent ne pas fournir une estimation adéquate de la dose.
	LO.V.1.05	expliquer les concepts de base d'une précision et d'une incertitude acceptables et être en mesure d'appliquer ces concepts pour déterminer les incertitudes et les limites de détection pour les systèmes de dosimétrie pratiques.
	LO.V.1.06	indiquer les techniques de mesure qui peuvent être utilisées pour la dosimétrie en cas d'accident.
	LO.V.1.07	décrire les principes de base du contrôle du lieu de travail et être en mesure de déterminer les méthodes de contrôle qui peuvent être utilisées dans le cadre du programme d'évaluation de l'exposition due aux rayonnements externes et à l'incorporation de radionucléides.
	LO.V.1.08	décrire l'étalonnage des instruments de radioprotection et tester les techniques et les prescriptions.
V.2. Évaluation de l'exposition professionnelle due à l'incorporation de radionucléides	LO.V.2.01	résumer les principes en jeu dans l'élaboration et l'utilisation des modèles biocinétiques, ainsi que la nécessité de modèles individuels particuliers lorsque l'incorporation approche les limites pertinentes.
	LO.V.2.02	décrire les principes et les critères utilisés pour déterminer la nécessité d'une surveillance en vue de l'évaluation de l'exposition interne.
	LO.V.2.03	expliquer les principes et les techniques utilisés pour la mesure directe des matières radioactives qui se sont déposées dans le corps humain.
	LO.V.2.04	décrire les principes et les limites du contrôle indirect et savoir comment choisir les techniques de mesure et les méthodes d'évaluation appropriées.
	LO.V.2.05	évaluer les informations fournies par un dosimètre ou une mesure de l'incorporation, en mettant un accent particulier sur tout indice d'une exposition élevée ou inhabituelle, et déterminer les mesures qui pourraient s'avérer nécessaires.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
V.3. Évaluation de l'exposition du public	LO.V.3.01	indiquer les méthodes servant à évaluer la dose reçue par le public.

4.5.3. Exercices pratiques

N°	Exercice pratique	Type
V-1	Élaboration d'un programme de contrôle radiologique régulier (expositions internes et externes)	Étude de cas
V-2	Interprétation des mesures effectuées à l'aide d'un dosimètre personnel	Étude de cas
V-3	Démonstration de systèmes de contrôle radiologique pratique de zones, de surfaces et de l'air	Démonstration
V-4	Étalonnage de différents dosimètres dans un laboratoire secondaire d'étalonnage pour la dosimétrie (LSED)	Visite technique d'un LSED
V-5	Mesure par anthroporadiométrie de la teneur de l'organisme en radionucléides	Visite technique d'une installation d'anthroporadiométrie
V-6	Mesure des radionucléides à l'aide de techniques de dosage biologique – procédures associées d'assurance et de contrôle de la qualité	Exercice de laboratoire
V-7	Calcul des doses internes à l'aide des modèles de la CIPR pour la contamination aiguë par un radionucléide particulier	Exercices
V-8	Surveillance thyroïdienne	Exercice de laboratoire
V-9	Surveillance du radon/thoron à l'aide de méthodes passives et actives	Exercice de laboratoire

4.5.4. Bibliographie de la partie V

BELL S., A Beginner's Guide to Uncertainty of Measurement, NPL Measurement Good Practice Guide No. 11 (Issue 2), National Physical Laboratory, Teddington (2001).

CASTELLANI C.M., MARSH J.W., HURTGEN C., BLANCHARDON E., BERARD P., GUISSANI A., LOPEZ M.A., IDEAS Guidelines (Version 2) for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data, EURADOS Report 2013-01, ISSN 2226-8057, Braunschweig (2013).

AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, COMMISSION EUROPÉENNE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINE DE LA SANTÉ, PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Radioprotection et sûreté des sources de rayonnements : Normes fondamentales internationales de sûreté, n° GSR Part 3 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2016).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Direct Methods for Measuring Radionuclides in the Human Body, IAEA Safety Series No. 114, IAEA, Vienna (1996).

- Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments, Safety Reports Series No. 16, IAEA, Vienna (2000).

- Indirect Methods for Assessing Intakes of Radionuclides Causing Occupational Exposure, Safety Reports Series No. 18, IAEA, Vienna (2002).

- Methods for Assessing Occupational Radiation Doses due to Intakes of Radionuclides, Safety Reports Series No. 37, IAEA, Vienna (2004).

- Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.8, IAEA, Vienna (2005).

- Intercomparison of Personal Dose Equivalent Measurements by Active Personal Dosimeters, IAEA TECDOC No. 1564, IAEA, Vienna (2007).

- Measurement Uncertainty, IAEA TECDOC No. 1585, IAEA, Vienna (2008).

- Determination and Interpretation of Characteristic Limits for Radioactivity Measurements - Decision Threshold, Detection Limit and Limits of the Confidence Interval, IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications Series No. 48, IAEA, Vienna (2017).

- Radiation Protection of the Public and the Environment, IAEA Safety Standards Series No. GSG-8, IAEA, Vienna (2018).

- Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities, IAEA Safety Standards Series No. GSG-10, IAEA, Vienna (2018).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. GSG-7, IAEA, Vienna (2018).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation, IAEA Safety Standards Series No. SSG-46, IAEA, Vienna (2018).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection, ICRP Publication 66. Ann. ICRP 24(1-3) (1994).

- General Principles for the Radiation Protection of Workers, ICRP Publication 75. Ann. ICRP 27(1) (1997).

- Human Alimentary Tract Model for Radiological Protection, ICRP Publication 100. Ann. ICRP 36(1-2) (2006).

- Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures, ICRP Publication 116, Ann. ICRP 40(2-5) (2010).

- Occupational Intakes of Radionuclides: Part 1, ICRP Publication 130. Ann. ICRP 44(2) (2015).

- Occupational Intakes of Radionuclides: Part 2, ICRP Publication 134. Ann. ICRP 45(3/4), (2016).

- Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3, ICRP Publication 137. Ann. ICRP 46(3/4) (2017).

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION, Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et extrémités de l'intervalle de confiance) pour mesurages de rayonnements ionisants – Principes fondamentaux et applications, ISO 11929:2010, ISO, Genève (2010).

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, Development of a Biokinetic Model for Radionuclide-Contaminated Wounds and Procedures for Their Assessment, Dosimetry and Treatment, NCRP report 156, NCRP, Bethesda (2006).

- Uncertainties in Internal Radiation Dose Assessment, Report No. 164, NCRP, Bethesda (2009).

4.6. PARTIE VI : SITUATIONS D'EXPOSITION PLANIFIÉES - PRESCRIPTIONS GÉNÉRIQUES

Objectif : Expliquer aux étudiants les prescriptions génériques de radioprotection en ce qui concerne les situations d'exposition planifiées pour toutes les catégories d'exposition (expositions professionnelles, publiques et médicales).

4.6.1. Contenu

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
VI.1 Prescriptions génériques pour les situations d'exposition planifiées	<p>Situation d'exposition planifiée</p> <p>Introduction à la situation d'exposition planifiée</p> <p>Portée des prescriptions</p> <p>Champ d'application des prescriptions relatives aux situations d'exposition planifiées</p> <p>Approche graduée</p> <p>Exemption et autorisation (critères d'exemption et d'autorisation) ; notification et autorisation (enregistrement ou licence)</p> <p>Justification des pratiques</p> <p>Responsabilités ; pratiques jugées injustifiées ; justification de l'imagerie humaine à des fins autres que le diagnostic ou le traitement médical</p> <p>Optimisation de la protection et de la sûreté</p> <p>Responsabilités ; établissement de contraintes de dose et de risque ; optimisation de l'exposition professionnelle et publique ; temps, distance et blindage ; ALARA, nombre minimum de sources ; protection contre la contamination ; entretien des locaux ; hiérarchie des mesures de protection - infrastructure (conception) et procédures</p> <p>Limites de dose</p> <p>Responsabilités ; établissement de limites de dose pour l'exposition publique et professionnelle. Limites de dose particulières pour les expositions publiques et professionnelles résultant de situations d'exposition planifiées</p> <p>Responsabilités des parties concernées</p> <p>Protection et sûreté dans les situations d'exposition planifiées ; évaluation de la sûreté des installations ou des activités ; contrôle radiologique pour la vérification de la conformité ; prévention et atténuation des accidents ;</p>	<p>LO.VI.1.01</p> <p>LO.VI.1.02</p> <p>LO.VI.1.03</p> <p>LO.VI.1.04</p> <p>LO.VI.1.05</p> <p>LO.VI.1.06</p> <p>LO.VI.1.07</p> <p>LO.VI.1.08</p> <p>LO.VI.1.09</p> <p>LO.VI.1.10</p> <p>LO.VI.1.11</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
VI.2 Prescriptions relatives à l'exposition professionnelle dans les situations d'exposition planifiées	expositions potentielles ; enquêtes sur les circonstances anormales et retour d'informations sur l'expérience d'exploitation ; sûreté des générateurs de rayonnements et des sources radioactives ; imagerie humaine à des fins autres que médicales à soumettre au système de protection et de sûreté	
	Portée des prescriptions	LO.VI.2.01
	Champ d'application des prescriptions relatives aux situations d'exposition planifiées	LO.VI.2.02 LO.VI.2.03
	Prescriptions et responsabilités particulières des parties concernées en matière d'exposition professionnelle	LO.VI.2.04
	Responsabilités de l'organisme de réglementation en ce qui concerne l'exposition professionnelle : optimisation, limites de dose ; contrôle et enregistrement de l'exposition professionnelle	LO.VI.2.05 LO.VI.2.06 LO.VI.2.07
	Responsabilités des employeurs et des titulaires d'enregistrements et de licences, obligations et tâches des travailleurs	LO.VI.2.08
	Programme de radioprotection	
	Évaluation préalable de la situation radiologique et de la sûreté ; portée et structure du programme de radioprotection ; responsabilités et engagement des titulaires d'enregistrements ou de licences et des employeurs ; responsabilités des travailleurs et d'autres personnes sur le lieu de travail ; classification des zones (zones contrôlées, zones surveillées) ; règles locales et équipements de protection individuels ; contrôle radiologique individuel ; surveillance des lieux de travail ; organisation de la radioprotection ; dispositions administratives spéciales ; infrastructure ; rôle du fonctionnaire responsable de la radioprotection ; rôle de l'expert qualifié ; formation ; lignes de communication (interne, entre employeurs, avec l'autorité de réglementation) ; culture de sûreté ; assurance de la qualité ; préparation pour les cas d'urgence.	LO.VI.2.09 LO.VI.2.10 LO.VI.2.11 LO.VI.2.12 LO.VI.2.13
	Évaluation de l'exposition professionnelle et surveillance de la santé des travailleurs	
	Évaluation de l'exposition ; dossiers d'exposition	LO.VI.2.14
	Surveillance de la santé : objectifs ; responsabilités ; examens médicaux des travailleurs ; conseils ; gestion du cas des travailleurs surexposés ; dossiers médicaux	LO.VI.2.15 LO.VI.2.16 LO.VI.2.17
		LO.VI.2.18

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
	<p>Sûreté et sécurité des sources</p> <p>Protection physique des sources et des déchets ; essais d'étanchéité, panneaux et marquage ; conditionnement ; blindage ; entreposage ; déclassement ; procédures d'urgence</p> <p>Caractéristiques de la conception des installations</p> <p>Conception (prise en compte des effets de diffusion) ; système de ventilation, calculs de blindage ; dispositifs d'interverrouillage ; équipement de télémanipulation ; hottes ; cellules chaudes ; boîtes à gants ; vestiaire ; barrières physiques ; installations d'entreposage ; conduites d'effluents liquides et contrôle de la décroissance ; moniteurs de rayonnements fixes ; signaux d'avertissement ; assurance de la qualité ; enquête pour la mise en service et examen réglementaire</p> <p>Protection individuelle</p> <p>Vêtements de protection ; protection respiratoire ; contrôle de la contamination ; décontamination des surfaces et utilisation des équipements de protection individuelle ; contrôle administratif et procédural</p> <p>Classification des zones</p> <p>Zones contrôlées et surveillées ; politiques et procédures</p> <p>Règles locales et supervision ; respect des limites de dose ; tenue de dossiers et établissement de rapports</p> <p>Assurance de la qualité</p> <p>Mise en place de systèmes de gestion de la qualité : évaluation systématique des performances de gestion et des performances techniques ; audit et examen ; auto-évaluation ; retour d'information en vue d'améliorations</p> <p>Informations, formation théorique et pratique</p> <p>Fourniture d'informations, instructions et formations adéquates pour la protection et la sûreté des travailleurs ; catégories de personnes à former ; développement des compétences par la formation (formation de base, initiale et recyclage) ; méthodes de formation ; approche systématique de la formation</p> <p>Conditions d'emploi</p> <p>Prescriptions relatives aux conditions d'emploi pour l'exposition professionnelle des travailleurs et questions liées à la sûreté</p>	<p>LO.VI.2.19</p> <p>LO.VI.2.20</p> <p>LO.VI.2.21</p> <p>LO.VI.2.22</p> <p>LO.VI.2.23</p> <p>LO.VI.2.24</p> <p>LO.VI.2.25</p> <p>LO.VI.2.26</p> <p>LO.VI.2.27</p> <p>LO.VI.2.28</p> <p>LO.VI.2.29</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
VI.3 Prescriptions relatives à l'exposition du public dans les situations d'exposition planifiées	<p>Dispositions spéciales pour les travailleurs</p> <p>Travailleuses ; protection de l'embryon et du fœtus ; allaitement des nourrissons ; personnes âgées de moins de 18 ans</p>	
	<p>Portée des prescriptions</p> <p>Champ d'application des prescriptions relatives à l'exposition du public dans les situations d'exposition planifiées</p>	LO.VI.3.01 LO.VI.3.02 LO.VI.3.03
	<p>Responsabilités particulières du gouvernement et de l'organisme de réglementation en ce qui concerne l'exposition du public</p> <p>Contraintes de dose et de risque ; limitation de dose ; limites opérationnelles ; dispositions à prendre si une source associée à une pratique peut entraîner une exposition du public hors du territoire</p>	LO.VI.3.04 LO.VI.3.05 LO.VI.3.06 LO.VI.3.07 LO.VI.3.08 LO.VI.3.09
	<p>Système de protection et de sûreté contre l'exposition du public dans des situations d'exposition planifiées</p> <p>Responsabilités des parties concernées liées au contrôle et à l'optimisation de l'exposition du public ; visiteurs d'une zone contrôlée ou d'une zone surveillée ; exposition externe et contamination dans les zones accessibles au public</p>	
	<p>Gestion des déchets et des rejets radioactifs</p> <p>Responsabilités des parties concernées liées à la gestion des déchets radioactifs et aux rejets de matières radioactives dans l'environnement conformément aux termes de l'autorisation</p>	
	<p>Contrôle radiologique et notification</p> <p>Responsabilités des parties concernées liées aux programmes de surveillance environnementale : dossiers, évaluation des doses au public, vérification du respect des limites de rejet, des niveaux de référence environnementaux dérivés, des contraintes de dose pour la surveillance liée à la source, des limites de dose pour la surveillance individuelle associée ; enregistrement des résultats ; conservation des dossiers et notification, moyens de contrôles d'urgence</p>	
	<p>Produits de consommation</p> <p>Responsabilités des parties concernées liées à l'exemption ou à l'utilisation autorisée des produits de consommation par le public ; prescriptions relatives à la conception et la fabrication des produits, ainsi que d'étiquettes</p>	

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
VI.4 Prescriptions relatives à l'exposition médicale	<p>d'informations et d'instructions lisibles</p> <p>Portée des prescriptions</p> <p>Champ d'application du respect des prescriptions relatives à l'exposition médicale dans les situations d'exposition planifiées</p> <p>Responsabilités particulières du gouvernement pour l'exposition médicale</p> <p>Responsabilités du gouvernement en ce qui concerne l'autorisation des parties concernées ; niveaux de référence diagnostiques, contraintes de dose (soignants et auxiliaires, volontaires en recherche biomédicale) ; critères et lignes directrices pour la sortie des patients ayant subi des procédures thérapeutiques</p> <p>Responsabilités particulières de l'organisme de réglementation pour l'exposition médicale</p> <p>Responsabilité de l'organisme de réglementation en ce qui concerne les professionnels de la santé ayant des responsabilités en matière d'exposition médicale (y compris les médecins radiologues, les physiciens médicaux, les techniciens en radiologie médicale et tout autre professionnel de la santé ayant des tâches particulières dans le domaine de la radioprotection des patients)</p> <p>Responsabilités particulières des titulaires d'enregistrements et de licences pour l'exposition médicale</p> <p>Orientation appropriée ; responsabilité d'assurer la protection et la sûreté ; information appropriée du sujet concerné sur les avantages attendus et les risques possibles de l'exposition</p> <p>Justification des expositions médicales</p> <p>Justification générique ; justification pour un patient donné ; justification particulière des procédures radiologiques dans le cadre d'un dépistage sanitaire ou d'un programme de recherche biomédicale</p> <p>Optimisation de la protection et de la sûreté dans le cas des expositions médicales</p> <p>Considérations sur la conception ; considérations opérationnelles ; étalonnage ; dosimétrie des patients ; niveaux de référence diagnostique ; assurance de la qualité ; contraintes de dose</p>	<p>LO.VI.4.01</p> <p>LO.VI.4.02</p> <p>LO.VI.4.03</p> <p>LO.VI.4.04</p> <p>LO.VI.4.05</p> <p>LO.VI.4.06</p> <p>LO.VI.4.07</p> <p>LO.VI.4.08</p> <p>LO.VI.4.09</p> <p>LO.VI.4.10</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
	<p>Femmes enceintes et allaitantes</p> <p>Dispositions en vue d'une protection radiologique appropriée lorsqu'une femme est ou pourrait être enceinte, ou allaite</p> <p>Sortie des patients ayant suivi une radiothérapie</p> <p>Dispositions en vue d'une protection radiologique appropriée pour les membres du public et les membres de la famille avant la sortie des patients ayant suivi une radiothérapie</p> <p>Expositions médicales involontaires et accidentelles</p> <p>Responsabilités des titulaires d'enregistrements et de licences en ce qui concerne la nécessité de réduire autant que possible la probabilité d'expositions médicales involontaires ou accidentelles ; prescriptions relatives aux enquêtes sur ces expositions</p> <p>Enquêtes et dossiers</p> <p>Examens radiologiques périodiques dans une installation de radiothérapie ; tenue de relevés</p>	

4.6.2. Objectifs d'apprentissage

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
VI.1 Prescriptions génériques pour les situations d'exposition planifiée	LO.VI.1.01	décrire toutes les principales prescriptions des normes fondamentales de sûreté concernant les situations d'exposition planifiée et indiquer à qui incombe la responsabilité de satisfaire à ces prescriptions.
	LO.VI.1.02	expliquer le concept d'« approche graduée ».
	LO.VI.1.03	expliquer la différence entre « notification » et « autorisation ».
	LO.VI.1.04	expliquer les concepts d'« exemption » et de « libération » et les circonstances dans lesquelles elles s'appliquent.
	LO.VI.1.05	expliquer la hiérarchisation de justification des pratiques, l'optimisation des pratiques et la limitation de dose.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
	LO.VI.1.06	décrire les principes fondamentaux de la prévention et de l'atténuation des accidents ainsi que les concepts de bonnes pratiques techniques et de défense en profondeur.
	LO.VI.1.07	expliquer la nécessité et l'importance des enquêtes et du retour d'informations sur l'expérience d'exploitation.
	LO.VI.1.08	énumérer les prescriptions particulières relatives aux générateurs et aux sources radioactives.
	LO.VI.1.09	résumer les prescriptions particulières relatives à l'imagerie humaine autre qu'à des fins de diagnostic ou de traitement médical, ou pour la recherche biomédicale.
	LO.VI.1.10	expliquer la hiérarchisation des mesures de protection.
	LO.VI.1.11	expliquer le principe ALARA.
VI.2 Prescriptions relatives à l'exposition professionnelle dans les situations d'exposition planifiée	LO.VI.2.01	identifier les situations d'exposition planifiées auxquelles s'appliquent les prescriptions des normes fondamentales de sûreté en ce qui concerne l'exposition professionnelle.
	LO.VI.2.02	énoncer les responsabilités particulières de l'organisme de réglementation en ce qui concerne les expositions professionnelles.
	LO.VI.2.03	résumer les prescriptions pour la surveillance et l'enregistrement de l'exposition professionnelle.
	LO.VI.2.04	expliquer l'importance de la coopération entre les employeurs et les titulaires d'enregistrements ou de licences.
	LO.VI.2.05	décrire le concept de programme de radioprotection et énumérer les éléments d'un tel programme.
	LO.VI.2.06	expliquer le sens de la « classification des zones » et être en mesure d'appliquer les critères de classification aux situations opérationnelles.
	LO.VI.2.07	décrire les prescriptions et les moyens requis pour l'évaluation des expositions professionnelles et la surveillance sanitaire, ainsi que l'objectif de la tenue des dossiers associés.
	LO.VI.2.08	énoncer les prescriptions particulières ayant trait aux travailleuses.
	LO.VI.2.09	élaborer un programme de radioprotection.
	LO.VI.2.10	effectuer une évaluation de la sûreté.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
	LO.VI.2.11	décrire le rôle de l'expert qualifié (en radioprotection).
	LO.VI.2.12	décrire le rôle du fonctionnaire responsable de la radioprotection.
	LO.VI.2.13	élaborer et mettre en œuvre un programme de surveillance du lieu de travail.
	LO.VI.2.14	indiquer les dispositions appropriées de surveillance sanitaire pour les travailleurs soumis à une exposition professionnelle.
	LO.VI.2.15	décrire les prescriptions de surveillance sanitaire associées aux scénarios d'intervention d'urgence.
	LO.VI.2.16	expliquer le concept de protection physique des sources radioactives.
	LO.VI.2.17	effectuer un essai d'étanchéité d'une source radioactive scellée.
	LO.VI.2.18	indiquer les signaux appropriés d'avertissement contre les rayonnements pour une installation.
	LO.VI.2.19	évaluer l'adéquation des dispositifs de blindage pour une série de sources de rayonnements et d'applications différentes.
	LO.VI.2.20	donner des conseils sur les dispositifs d'interverrouillage de sûreté pour une installation.
	LO.VI.2.21	recommander des dispositions appropriées de contrôle de la contamination pour une série de scénarios.
	LO.VI.2.22	élaborer un programme de protection respiratoire approprié.
	LO.VI.2.23	classer des zones en zones contrôlées ou zones surveillées.
	LO.VI.2.24	élaborer des règles locales appropriées pour une installation.
	LO.VI.2.25	indiquer les prescriptions en matière de délimitation, de dosimétrie et de tenue de dossiers pour les zones contrôlées et surveillées.
	LO.VI.2.26	préciser les responsabilités du gouvernement ou de l'organisme de réglementation en matière d'optimisation.
	LO.VI.2.27	expliquer le concept de contraintes de dose.
	LO.VI.2.28	énumérer les principaux éléments d'un programme d'assurance de la qualité.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
	LO.VI.2.29	appliquer l'approche systématique à l'élaboration des cours de formation.
VI.3 Prescriptions relatives à l'exposition du public dans les situations d'exposition planifiées	LO.VI.3.01	déterminer les circonstances dans lesquelles les prescriptions des normes fondamentales de sûreté pour l'exposition du public s'appliquent dans les situations d'exposition planifiées.
	LO.VI.3.02	résumer les responsabilités particulières du gouvernement et des organismes de réglementation en ce qui concerne les expositions du public dans des situations d'exposition planifiées.
	LO.VI.3.03	décrire les considérations générales particulières relatives à l'exposition du public qui doivent être prises en compte par les parties concernées.
	LO.VI.3.04	décrire les considérations particulières ayant trait aux déchets et aux rejets radioactifs.
	LO.VI.3.05	énoncer les prescriptions particulières de surveillance et de notification concernant l'exposition du public dans des situations d'exposition planifiées.
	LO.VI.3.06	indiquer les objectifs et les éléments d'un programme de contrôle radiologique de l'environnement.
	LO.VI.3.07	indiquer les prescriptions d'établissement de rapports pour la surveillance environnementale.
	LO.VI.3.08	décrire les différentes techniques d'échantillonnage pour la surveillance environnementale.
	LO.VI.3.09	décrire les différents objectifs des programmes de suivi pré-opérationnel, opérationnel et post-opérationnel.
VI.4. Prescriptions relatives aux expositions médicales	LO.VI.4.01	expliquer ce que l'on entend par « expositions médicales » et énoncer les responsabilités générales du gouvernement et des organismes de réglementation en ce qui concerne ces expositions.
	LO.VI.4.02	énoncer les responsabilités spécifiques des titulaires d'enregistrements et de licences en ce qui concerne les expositions médicales.
	LO.VI.4.03	expliquer les critères de justification des expositions médicales.
	LO.VI.4.04	décrire la série de facteurs à prendre en compte pour l'optimisation de la protection lors des expositions médicales.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
	LO.VI.4.05	décrire les concepts de a) niveaux de référence diagnostiques et b) contraintes de dose, et la manière dont ils devraient être appliqués.
	LO.VI.4.06	expliquer l'importance de l'assurance de la qualité dans les expositions médicales.
	LO.VI.4.07	énoncer les prescriptions particulières concernant les femmes enceintes et allaitantes.
	LO.VI.4.08	décrire les prescriptions particulières relatives à la sortie des patients après une thérapie aux radionucléides.
	LO.VI.4.09	indiquer les prescriptions relatives aux expositions involontaires ou accidentelles.
	LO.VI.4.10	expliquer l'importance d'examens réguliers et de la tenue de dossiers.

4.6.3. Exercices pratiques

(Aucun exercice pratique n'est recommandé.)

4.6.4. Bibliographie de la partie VI

AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, COMMISSION EUROPÉENNE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINE DE LA SANTÉ, PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Radioprotection et sûreté des sources de rayonnements : Normes fondamentales internationales de sûreté, n° GSR Part 3 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2016).

4.7. PARTIE VII : SITUATIONS D'EXPOSITION PLANIFIÉES DANS LES APPLICATIONS NON MÉDICALES

Objectif : Permettre aux étudiants de bien comprendre l'application pratique des principes et des concepts de radioprotection dans des situations très variées d'expositions planifiées (hormis les expositions médicales). Ils pourront en outre élaborer des programmes de radioprotection appropriés pour un large éventail d'applications.

4.7.1. Contenu

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
VII.1. Sûreté radiologique en radiographie industrielle	<p>Radiographie industrielle</p> <p>Généralités sur la radiographie industrielle ; types de dispositifs (sources et conteneurs pour la radiographie gamma ; appareils de radiographie X ; matériel d'inspection de tuyauteries ; radiographie en temps réel) ; responsabilités organisationnelles des enceintes blindées ; procédures de radiographie des sites ; entreposage et transport des sources ; sûreté liée à la maintenance du matériel ; programme de radioprotection : protection des travailleurs ; protection du public ; préparation et conduite des interventions d'urgence ; enseignements tirés de cas d'exposition accidentelle en radiographie industrielle, gestion des sources radioactives retirées du service</p>	<p>LO.VII.1.01</p> <p>LO.VII.1.02</p> <p>LO.VII.1.03</p> <p>LO.VII.1.04</p>
VII.2. Sûreté des irradiateurs et des accélérateurs industriels	<p>Irradiateurs et accélérateurs industriels</p> <p>Généralités sur les irradiateurs et les accélérateurs industriels ; responsabilités organisationnelles ; prescriptions fondamentales de sûreté ; prescriptions réglementaires particulières ; caractéristiques de la conception des installations ; sûreté liée au matériel ; maintenance ; programme de radioprotection ; protection des travailleurs ; préparation et conduite des interventions d'urgence ; enseignements tirés des cas d'exposition accidentelle à des irradiateurs ou des accélérateurs industriels ; gestion des sources retirées du service</p>	<p>LO.VII.2.01</p> <p>LO.VII.2.02</p> <p>LO.VII.2.03</p> <p>LO.VII.2.04</p>
VII.3. Sûreté de l'utilisation des jauges nucléaires et des sources de diagraphie	<p>Jauges nucléoniques et sources de diagraphie</p> <p>Généralités sur les jauges et les dispositifs de diagraphie ; responsabilités organisationnelles ; prescriptions fondamentales de sûreté ; sûreté liée à l'équipement ; accidents mettant en jeu les jauges nucléaires et la diagraphie ; enseignements tirés ; programme de radioprotection ; protection des travailleurs et du public ; gestion des sources retirées du service</p>	<p>LO.VII.3.01</p> <p>LO.VII.3.02</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
VII.4. Sûreté de l'utilisation des traceurs	Radiotraceurs Généralités sur l'utilisation des traceurs ; responsabilités organisationnelles ; prescriptions fondamentales de sûreté ; programme de radioprotection. Contrôle des effluents ; radioprotection des travailleurs et du public	LO.VII.4.01
VII.5. Sûreté dans les usines de production de radio-isotopes	Usines de production de radio-isotopes Généralités sur les usines de production de radio-isotopes ; responsabilités organisationnelles ; prescriptions fondamentales de sûreté. Sûreté de l'usine ; prescriptions réglementaires particulières ; programme de radioprotection. Cyclotrons ; contrôle des effluents ; protection des travailleurs et du public ; caractéristiques de la conception des installations ; planification et préparation pour les cas d'urgence ; sûreté du transport des radio-isotopes	LO.VII.5.01 LO.VII.5.02 LO.VII.5.03 LO.VII.5.04 LO.VII.5.05
VII.6. Sûreté des installations nucléaires	Installations nucléaires Types d'installations : usines de fabrication de combustible nucléaire, réacteurs nucléaires (y compris les assemblages critiques et sous-critiques, les réacteurs de recherche, les centrales nucléaires), installations d'entreposage de combustible usé, usines d'enrichissement, installations de retraitement ; prescriptions fondamentales de sûreté ; caractéristiques de sûreté et principes de conception (redondance, diversité, séparation physique, concept de barrières multiples) ; programme de radioprotection ; protection des travailleurs et du public ; planification et préparation pour les cas d'urgence	LO.VII.6.01 LO.VII.6.02 LO.VII.6.03
VII.7. Sûreté de l'extraction et du traitement des matières premières	Extraction et traitement des matières premières Généralités sur l'extraction et le traitement des matières premières ; prescriptions fondamentales de sûreté ; considérations réglementaires ; exclusion, exemption et autorisation ; assainissement ; programme de radioprotection ; contrôles techniques, par exemple, ventilation ; protection des travailleurs et du public	LO.VII.7.01 LO.VII.7.02 LO.VII.7.03 LO.VII.7.04 LO.VII.7.05
VII.8 Sûreté du transport des matières radioactives	Sûreté du transport Terminologie réglementaire ; concepts fondamentaux de sûreté : matières et colis ; limites d'activité et restrictions sur les matières ; limites concernant les colis et contenu type des colis ; prescriptions concernant les matières ; prescriptions et conception concernant les colis ; épreuves pour les matières et les colis ; contrôles et communication ; étiquettes ; indice de transport ;	LO.VII.8.01 LO.VII.8.02 LO.VII.8.03

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
VII.9. Sûreté de la gestion des déchets radioactifs	<p>matières fissiles ; responsabilités de l'expéditeur et du transporteur ; planification et préparation pour les cas d'urgence ; autorités nationales compétentes ; organisations et accords internationaux de référence ; responsabilité et assurance internationales ; services d'information fournis par l'AIEA ; formation</p> <p>Gestion des déchets radioactifs</p> <p>Sources de déchets radioactifs, y compris les applications médicales, types de déchets, classification et caractérisation des déchets. Politiques de gestion technique de base : dilution et dispersion, concentration et confinement, entreposage en vue de la décroissance et libération des matières du contrôle ; minimisation des déchets. Gestion des déchets avant stockage définitif : collecte, séparation, traitement, conditionnement, entreposage sûr</p> <p>Contrôle des effluents : approche du contrôle réglementaire, définition des niveaux de rejet autorisés. Programmes de radioprotection en place dans les différents types d'installations de gestion des déchets. Gestion des sources scellées retirées du service : options techniques et aspects de sûreté. Gestion des déchets issus du déclassé. Stockage définitif des déchets solides : options de stockage définitif pour différents types de déchets, principes et technologies pour la sûreté à long terme, méthodes d'évaluation de la sûreté. Gestion des résidus de l'extraction et du traitement de l'uranium et du thorium</p> <p>Gestion des déchets de NORM et de TENORM ; assainissement des zones contaminées</p>	<p>LO.VII.9.01</p> <p>LO.VII.9.02</p> <p>LO.VII.9.03</p> <p>LO.VII.9.04</p> <p>LO.VII.9.05</p>
VII.10. Produits de consommation	<p>Produits de consommation</p> <p>Définition et prise en compte de pratiques particulières. Système de protection et de sûreté des produits de consommation. Déclaration et autorisation</p> <p>Optimisation, critères concernant la levée du contrôle réglementaire. Importation, transport et stockage définitif des produits de consommation. Harmonisation à l'échelle internationale de la vente de produits de consommation au public</p>	<p>LO.VII.10.01</p> <p>LO.VII.10.02</p> <p>LO.VII.10.03</p>

4.7.2. Objectifs d'apprentissage

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
VII.1. Sûreté radiologique en radiographie industrielle	LO.VII.1.01	élaborer un programme de radioprotection pour la radiographie industrielle dans les scénarios de radiographie sur site et dans une enceinte blindée.
	LO.VII.1.02	indiquer les systèmes de sûreté et d'alerte requis pour la radiographie sur site et dans une enceinte blindée.
	LO.VII.1.03	informer des actions à mener en cas d'urgence mettant en jeu une source de radiographie gamma ou un appareil à rayons X.
	LO.VII.1.04	indiquer les prescriptions en matière d'étiquetage, de placardage et de documentation des véhicules transportant des conteneurs de radiographie gamma.
VII.2. Sûreté des irradiateurs et des accélérateurs industriels	LO.VII.2.01	décrire le système de catégorisation des irradiateurs industriels.
	LO.VII.2.02	résumer les prescriptions de conception des irradiateurs et des accélérateurs industriels.
	LO.VII.2.03	évaluer l'adéquation des systèmes d'interverrouillage et d'alerte installés sur les irradiateurs et les accélérateurs industriels.
	LO.VII.2.04	identifier les accidents ou incidents raisonnablement prévisibles en ce qui concerne les irradiateurs et les accélérateurs industriels et énoncer les plans d'urgence pour y faire face.
VII.3. Sûreté de l'utilisation des jauges nucléaires et des sources de diagraphie	LO.VII.3.01	décrire les différents types de jauges nucléaires utilisés dans l'industrie et leurs modes de fonctionnement.
	LO.VII.3.02	donner un aperçu des systèmes de sûreté et d'alerte requis pour les différentes catégories de jauge.
VII.4. Sûreté de l'utilisation des traceurs	LO.VII.4.01	élaborer un programme de radioprotection pour l'utilisation sûre des traceurs dans une série de scénarios.
VII.5. Sûreté dans les usines de production de radio-isotopes	LO.VII.5.01	résumer les différents processus utilisés pour produire des radio-isotopes.
	LO.VII.5.02	décrire les dangers radiologiques associés à la production de radio-isotopes.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
	LO.VII.5.03	décrire les méthodes de contrôle des risques radiologiques dans les usines de production de radio-isotopes.
	LO.VII.5.04	décrire les prescriptions d'un programme de radioprotection pour les installations de production de radio-isotopes.
	LO.VII.5.05	décrire le contenu des plans d'urgence pour les usines de production de radio-isotopes.
VII.6. Sûreté des installations nucléaires	LO.VII.6.01	décrire les différents types de centrales et d'installations nucléaires.
	LO.VII.6.02	résumer les dispositions organisationnelles clés en matière de radioprotection.
	LO.VII.6.03	expliquer les principales procédures de sûreté suivies lors de la planification des travaux de radioprotection dans une installation nucléaire.
VII.7. Sûreté de l'extraction et du traitement de matières premières	LO.VII.7.01	indiquer les matières premières soumises au contrôle réglementaire et celles qui n'y sont pas soumises.
	LO.VII.7.02	expliquer l'importance de l'approche graduée des opérations de contrôle pour le traitement des matières premières.
	LO.VII.7.03	concevoir un programme initial de surveillance du lieu de travail pour évaluer l'ampleur du risque radiologique du traitement des matières premières.
	LO.VII.7.04	indiquer, le cas échéant, les dispositions du contrôle radiologique individuel pour ceux qui travaillent avec des matières premières.
	LO.VII.7.05	expliquer les dispositions techniques et administratives de protection qui peuvent servir à limiter l'exposition aux rayonnements des matières premières.
VII.8 Sûreté du transport des matières radioactives	LO.VII.8.01	indiquer les prescriptions d'emballage et les étiquettes de transport pour une série de matières radioactives.
	LO.VII.8.02	décrire les tests de performance que doivent réussir différents types de colis.
	LO.VII.8.03	énumérer les responsabilités de l'expéditeur et du destinataire.
VII.9. Sûreté de la gestion des déchets radioactifs	LO.VII.9.01	indiquer les responsabilités du titulaire de licence/d'enregistrement en ce qui concerne la gestion et le stockage définitif des déchets.

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
	LO.VII.9.02	énumérer les classifications des déchets.
	LO.VII.9.03	décrire comment réduire les déchets au minimum.
	LO.VII.9.04	décrire les méthodes de stockage définitif des déchets radioactifs.
	LO.VII.9.05	élaborer un programme de gestion des déchets.
VII.10. Produits de consommation	LO.VII.10.01	définir ce qu'est un produit de consommation.
	LO.VII.10.02	énumérer les produits de consommation courants et indiquer le radionucléide présent dans chacun de ces produits.
	LO.VII.10.03	expliquer le processus de justification et d'optimisation d'un type de produit de consommation.

4.7.3. Exercices pratiques

N°	Exercice pratique	Type
VII-1	Visite d'une installation de radiographie industrielle	Visite technique
VII-2	Visite d'une installation contenant un irradiateur ou un accélérateur utilisé à des fins industrielles ou de recherche	Visite technique
VII-3	Visite d'une installation de production de radio-isotopes	Visite technique
VII-4	Élaboration d'un organigramme et points forts du programme de radioprotection d'une installation industrielle (radiographie ou irradiation industrielles)	Étude de cas
VII-5	Application du principe ALARA (niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre) dans le cas de l'exposition professionnelle	Étude de cas
VII-6	Essai de fuite de sources scellées	Exercice de laboratoire
VII-7	Utilisation d'équipements de protection individuels dans des installations nucléaires	Démonstration
VII-8	Choix d'un dosimètre individuel et d'instruments de contrôle radiologique	Démonstration
VII-9	Préparation d'un laboratoire pour travailler temporairement en utilisant des sources non scellées	Démonstration

VII-10	Contrôle des rayonnements externes à un poste de travail ; choix de l'instrumentation ; interprétation des résultats	Démonstration
VII-11	Contrôle de la contamination en surface et dans l'air sur un lieu de travail ; mesures brutes des rayonnements alpha et bêta et spectrométrie gamma et techniques d'échantillonnage de l'air	Démonstration
VII-12	Décontamination des surfaces	Exercice de laboratoire
VII-13	Détermination de la dose individuelle due à la contamination de l'air	Étude de cas
VII-14	Gestion des enregistrements de doses individuelles, procédure de réduction des doses, contrôle radiologique spécial, mesures de suivi	Étude de cas
VII-15	Comparaison des doses au personnel prévues sur la base du contrôle radiologique du lieu de travail avec les résultats du contrôle radiologique individuel effectué dans des champs mixtes de rayonnements	Étude de cas

4.7.4. Bibliographie de la partie VII

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiological Safety Aspects of the Operation of Electron Linear Accelerators, Technical Reports Series No. 188, IAEA, Vienna (1979).

- The Radiological Accident in Soreq, IAEA, Vienna (1993).

- Lessons Learned from Accidents in Industrial Radiography, Safety Reports Series No. 7, IAEA, Vienna (1998).

- Radiation Protection and Radioactive Waste Management in the Operation of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-2.7, IAEA, Vienna (2002).

- Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry, Safety Reports Series No. 34, IAEA, Vienna (2003).

- Industry — A Guidebook, Technical Reports Series No.423, IAEA, Vienna (2004).

- Radiotracer Applications in Industry — A Guidebook, Technical Reports Series No.423, IAEA, Vienna (2004).

- Management of Waste from the Use of Radioactive Material in Medicine, Industry, Agriculture, Research and Education, IAEA Safety Standards Series No. WS-G-2.7, IAEA, Vienna (2005).

- Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.13, IAEA, Vienna (2005).

- Radiation Protection Programmes for the Transport of Radioactive Material, IAEA Safety Standards Series No. TS-G-1.3, IAEA, Vienna (2007).

- Radiation Protection and Radioactive Waste Management in the Design and Operation of Research Reactors, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-4.6, IAEA, Vienna (2008).

- Classification of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. GSG-1, IAEA, Vienna (2009).

- Radiation Safety of Gamma, Electron and X Ray Irradiation Facilities, IAEA Safety Standards Series No. SSG-8, IAEA, Vienna (2010).

- Radiation Safety for Consumer Products, IAEA Safety Standards Series No. SSG-36, IAEA, Vienna (2016).

- Regulatory control of radioactive discharges to the environment, IAEA Safety Standards Series No. GSG-9, IAEA, Vienna (2018).

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, L'accident radiologique de San Salvador, AIEA, Vienne (1991).

- Sûreté des réacteurs de recherche, n° NS-R-4 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2010).

- Sûreté des générateurs de rayonnements et des sources radioactives scellées, n° RS-G-1.10 de la collection Normes de sûreté, AIEA, Vienne (2008).

- Gestion des déchets radioactifs avant stockage définitif, n° GSR Part 5 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2009).

- Sûreté radiologique en radiographie industrielle, n° SSG-11 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2013).

- Sûreté des installations du cycle du combustible nucléaire, n° SSR-4 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2018).

- Règlement de transport des matières radioactives, n° SSR-6 (Rev. 1) de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2020).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. GSG-7, IAEA, Vienna (2018).

4.8. PARTIE VIII : SITUATIONS D'EXPOSITIONS PLANIFIÉES DANS LES APPLICATIONS MÉDICALES

Objectif : Permettre aux étudiants de comprendre dans ses grandes lignes l'application des principes de radioprotection dans les applications médicales.

4.8.1. Contenu

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
VIII.1. Considérations générales	<p>Principes généraux</p> <p>Exposition médicale à des fins de diagnostic et de traitement ; enregistrement des professionnels ; titulaires de licences ; rôle et responsabilités du médecin radiologue, du physicien médical et du technicien en radiation médicale</p> <p>Formation</p> <p>Personnel à former ; contenu des programmes de formation ; mise à jour des programmes ; mise à niveau des connaissances</p> <p>Expositions médicales involontaires et accidentelles</p> <p>Détermination de cas d'expositions médicales involontaires et accidentelles et enquêtes pertinentes ; information des autorités de réglementation le cas échéant ; enseignements tirés et retour d'information</p> <p>Relevés</p> <p>Détermination des informations à enregistrer en rapport avec le type d'exposition médicale</p>	<p>LO.VIII.1.01</p> <p>LO.VIII.1.02</p> <p>LO.VIII.1.03</p> <p>LO.VIII.1.04</p> <p>LO.VIII.1.05</p> <p>LO.VIII.1.06</p> <p>LO.VIII.1.07</p>
VIII.2. Radiologie diagnostique et actes interventionnels sous imagerie	<p>Introduction</p> <p>Principes de radioprotection applicables à la radiologie diagnostique et aux actes interventionnels sous imagerie</p> <p>Justification</p> <p>Niveaux de justification ; cas particuliers – grossesse, patients pédiatriques ; autres techniques ; évaluation du préjudice ; lignes directrices en matière de prescription</p> <p>Optimisation</p> <p><i>Considérations sur la conception du matériel</i></p> <p>Prescriptions ou normes internationales (CEI, ISO) pour les générateurs de rayonnements ; caractéristiques techniques de base ; examen et entretien réguliers</p> <p><i>Considérations opérationnelles</i></p> <p>Choix de l'équipement approprié ; facteurs qui influencent</p>	<p>LO.VIII.2.01</p> <p>LO.VIII.2.02</p> <p>LO.VIII.2.03</p> <p>LO.VIII.2.04</p> <p>LO.VIII.2.05</p> <p>LO.VIII.2.06</p> <p>LO.VIII.2.07</p> <p>LO.VIII.2.08</p> <p>LO.VIII.2.09</p> <p>LO.VIII.2.10</p> <p>LO.VIII.2.11</p> <p>LO.VIII.2.12</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
	<p>la dose administrée au patient et le choix de la technique et paramètres pour réduire au minimum l'exposition du patient et atteindre l'objectif clinique ; exposition des femmes enceintes ; recours à la protection des organes</p> <p>Étalonnage</p> <p>Étalonnage des générateurs de rayonnements, y compris les quantités, les protocoles et la traçabilité ; étalonnage des dosimètres</p> <p>Dosimétrie des patients</p> <p>Évaluation des doses typiques pour les procédures radiologiques courantes et les actes interventionnels sous imagerie</p> <p>Niveaux de référence diagnostiques et contraintes de dose</p> <p>Niveaux de référence diagnostiques pour le patient sur la base d'enquêtes pertinentes ; contraintes de dose pour les soignants et les auxiliaires</p> <p>Programme d'assurance de la qualité pour les expositions médicales</p> <p>Éléments organisationnels ; essais de réception et essais de routine de l'équipement ; audit et examen périodiques</p> <p>Expositions médicales involontaires et accidentelles</p> <p>Exemples</p> <p>Contrôle de l'exposition des travailleurs et du public</p> <p>Évaluation de la sûreté, particularités</p> <p>Contrôle de l'exposition professionnelle : particularités liées à la conception, source de l'exposition professionnelle, définition des zones, exemples de règles locales, personnel à considérer comme exposé professionnellement et méthodes d'évaluation des doses associées, équipements de protection individuels, définition des niveaux d'enquête, restriction de doses. Contrôle de l'exposition du public : sources de l'exposition du public, mesures pour assurer le contrôle de l'exposition du public (conception, contrôle des visiteurs, signaux). Évaluation de la sûreté : identification des aspects à prendre en compte dans l'évaluation de la sûreté, des risques et des accidents possibles</p>	<p>LO.VIII.2.13</p> <p>LO.VIII.2.14</p> <p>LO.VIII.2.15</p> <p>LO.VIII.2.16</p> <p>LO.VIII.2.17</p> <p>LO.VIII.2.18</p> <p>LO.VIII.2.19</p> <p>LO.VIII.2.20</p> <p>LO.VIII.2.21</p> <p>LO.VIII.2.22</p> <p>LO.VIII.2.23</p> <p>LO.VIII.2.24</p> <p>LO.VIII.2.25</p> <p>LO.VIII.2.26</p> <p>LO.VIII.2.27</p> <p>LO.VIII.2.28</p>
VIII.3. Médecine nucléaire – diagnostic et thérapie	<p>Introduction</p> <p>Principes de radioprotection applicables aux procédures de médecine nucléaire</p>	<p>LO.VIII.3.01</p> <p>LO.VIII.3.02</p> <p>LO.VIII.3.03</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
	<p>Justification</p> <p>Niveaux de justification ; cas particuliers – grossesse, patients pédiatriques ; femmes allaitantes ; autres techniques ; évaluation du préjudice</p> <p>Lignes directrices</p> <p>Optimisation</p> <p><i>Considérations sur la conception du matériel</i></p> <p>Prescriptions ou normes internationales (CEI, ISO) pour les dispositifs d'imagerie ; caractéristiques techniques de base des détecteurs et des moniteurs de rayonnements ; examen et entretien réguliers</p> <p><i>Considérations opérationnelles</i></p> <p>Choix de l'équipement et des produits radiopharmaceutiques appropriés ; facteurs qui influencent les doses au patient ; réduire au minimum l'exposition du patient (en notant la différence d'approche entre les procédures diagnostiques et thérapeutiques) ; exposition des femmes enceintes ; exposition des femmes allaitantes</p> <p><i>Étalonnage</i></p> <p>Étalonnage des sources, y compris les quantités, les protocoles et la traçabilité ; étalonnage des dosimètres</p> <p><i>Dosimétrie des patients</i></p> <p>Détermination des doses en médecine nucléaire (diagnostic et thérapie) : introduction à la méthode du MIRD pour le calcul des doses</p> <p><i>Niveaux de référence diagnostiques et contraintes de dose</i></p> <p>Niveaux de référence diagnostiques pour le patient sur la base d'enquêtes pertinentes ; contraintes de dose pour les soignants et les auxiliaires</p> <p><i>Programme d'assurance de la qualité pour les expositions médicales</i></p> <p>Éléments organisationnels ; essais de réception et essais de routine de l'équipement ; audit et examen périodiques</p> <p><i>Sortie des patients après une thérapie</i></p> <p>Activité chez les patients à libérer après un traitement en médecine nucléaire</p> <p>Expositions médicales involontaires et accidentelles</p> <p>Exemples</p>	<p>LO.VIII.3.04</p> <p>LO.VIII.3.05</p> <p>LO.VIII.3.06</p> <p>LO.VIII.3.07</p> <p>LO.VIII.3.08</p> <p>LO.VIII.3.09</p> <p>LO.VIII.3.10</p> <p>LO.VIII.3.11</p> <p>LO.VIII.3.12</p> <p>LO.VIII.3.13</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
VIII.4. Radiothérapie	<p>Contrôle de l'exposition des travailleurs et du public. Évaluation de la sûreté, particularités</p> <p>Contrôle de l'exposition professionnelle : particularités liées à la conception, source de l'exposition professionnelle, définition des zones, exemples de règles locales, personnel à considérer comme exposé professionnellement et méthodes d'évaluation des doses associées, équipements de protection individuels, définition des niveaux d'enquête, restriction de doses. Contrôle de l'exposition du public : sources de l'exposition du public, mesures pour assurer le contrôle de l'exposition du public (conception, contrôle des visiteurs, signaux). Évaluation de la sûreté : identification des aspects à prendre en compte dans l'évaluation de la sûreté, des risques et des accidents possibles</p>	
	<p>Introduction</p>	LO.VIII.4.01
	<p>Principes de radioprotection applicables aux procédures de radiothérapie (téléthérapie et curiethérapie)</p>	LO.VIII.4.02 LO.VIII.4.03
	<p>Justification</p>	LO.VIII.4.04
	<p>Niveaux de justification ; cas particuliers – grossesse, patients pédiatriques ; autres techniques ; évaluation du préjudice</p>	LO.VIII.4.05 LO.VIII.4.06
	<p>Optimisation</p>	LO.VIII.4.07
	<p>Considérations sur la conception du matériel</p>	LO.VIII.4.08
	<p>Prescriptions ou normes internationales (CEI, ISO) pour les générateurs de rayonnements sources et les sources radioactives ; examen et entretien réguliers</p>	LO.VIII.4.09 LO.VIII.4.10
	<p>Considérations opérationnelles</p>	LO.VIII.4.11
	<p>Fournir la dose prescrite au volume-cible prévisionnel tout en veillant à ce que l'exposition à d'autres volumes soit aussi faible que raisonnablement possible.</p>	LO.VIII.4.12 LO.VIII.4.13
	<p>Introduction au concept de distribution de dose et à son utilisation pour la planification du traitement ; recours à la protection des organes ; exposition des femmes en âge de procréer</p>	
	<p>Étalonnage</p> <p>Étalonnage des sources, y compris les quantités, les protocoles et la traçabilité ; étalonnage des dosimètres</p>	

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
	<p>Dosimétrie des patients</p> <p>Introduction à la dosimétrie des patients en téléthérapie et curiethérapie</p> <p>Programme d'assurance de la qualité pour les expositions médicales</p> <p>Éléments organisationnels ; essais de réception et essais de routine de l'équipement ; audit et examen périodiques</p> <p>Expositions involontaires et accidentelles</p> <p>Exemples</p> <p>Contrôle de l'exposition des travailleurs et du public. Évaluation de la sûreté, particularités</p> <p>Contrôle de l'exposition professionnelle : particularités liées à la conception, source de l'exposition professionnelle, définition des zones, exemples de règles locales, personnel à considérer comme exposé professionnellement et méthodes d'évaluation des doses associées, équipements de protection individuels, définition des niveaux d'enquête, contraintes de doses. Contrôle de l'exposition du public : sources de l'exposition du public, mesures pour assurer le contrôle de l'exposition du public (conception, contrôle des visiteurs, signaux) ; patients recevant des implants permanents, sources retirées du service. Évaluation de la sûreté : identification des aspects à prendre en compte dans l'évaluation de la sûreté, des risques et des accidents possibles</p>	

4.8.2. Objectifs d'apprentissage

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
À la fin de ce module, les étudiants pourront :		
VIII.1. Considérations générales	LO.VIII.1.01	décrire la série de pratiques qui entraînent des expositions médicales aux rayonnements ionisants.
	LO.VIII.1.02	décrire l'objectif ou les objectifs de l'optimisation des expositions médicales.
	LO.VIII.1.03	expliquer comment les niveaux de référence diagnostiques sont dérivés et appliqués.
	LO.VIII.1.04	énumérer les catégories de personnel médical radiologique, décrire leurs rôles et fonctions et expliquer

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
		les qualifications et les compétences requises pour chaque rôle.
	LO.VIII.1.05	expliquer ce qu'on entend par expositions médicales « involontaires » et « accidentelles ».
	LO.VIII.1.06	planifier une enquête sur une exposition médicale involontaire ou accidentelle.
	LO.VIII.1.07	expliquer les utilisations du SAFRAD et du SAFRON.
VIII.2. Radiologie diagnostique et actes interventionnels sous imagerie	LO.VIII.2.01	décrire les principes de radiologie diagnostique et les technologies associées.
	LO.VIII.2.02	appliquer les trois niveaux de justification à une investigation de radiologie diagnostique.
	LO.VIII.2.03	expliquer comment se définit l'« adéquation » de l'équipement de radiographie médicale diagnostique.
	LO.VIII.2.04	décrire les aspects à considérer comme faisant partie des caractéristiques générales de conception.
	LO.VIII.2.05	énumérer les caractéristiques de conception particulières associées aux technologies de radiographie diagnostique.
	LO.VIII.2.06	expliquer les prescriptions relatives à l'entretien de l'équipement de radiographie diagnostique, ainsi que sa pertinence.
	LO.VIII.2.07	décrire comment l'optimisation de la dose administrée au patient en radiologie diagnostique dépend de considérations opérationnelles.
	LO.VIII.2.08	examiner les considérations opérationnelles particulières importantes en ce qui concerne l'optimisation de la dose administrée au patient pour une série de techniques de radiologie diagnostique.
	LO.VIII.2.09	décrire l'importance de la dosimétrie des patients dans le processus d'optimisation de leur protection.
	LO.VIII.2.10	appliquer le concept de « dose typique » au processus d'optimisation.
	LO.VIII.2.11	expliquer les méthodes directes et indirectes d'estimation de la dose administrée au patient en radiologie diagnostique et dans les actes interventionnels sous imagerie.
	LO.VIII.2.12	décrire les grandeurs opérationnelles qui peuvent être utilisées pour déterminer la dose administrée au patient dans les procédures de radiologie diagnostique.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
	LO.VIII.2.13	appliquer le concept de niveaux de référence diagnostiques à l'optimisation des doses administrées aux patients en radiologie diagnostique.
	LO.VIII.2.14	expliquer les grandeurs utilisées pour les niveaux de référence diagnostiques en radiologie diagnostique.
	LO.VIII.2.15	expliquer comment les niveaux de référence en diagnostic sont dérivés et comment ils sont utilisés dans la pratique.
	LO.VIII.2.16	expliquer la différence entre les niveaux de référence en diagnostic et les contraintes de dose.
	LO.VIII.2.17	décrire les objectifs du programme d'assurance de la qualité en radiologie diagnostique et les éléments essentiels de ce programme.
	LO.VIII.2.18	expliquer la différence entre l'assurance de la qualité et le contrôle de la qualité dans le contexte de la radiologie diagnostique.
	LO.VIII.2.19	énumérer les systèmes à tester dans le cadre d'un programme d'assurance de la qualité et expliquer pourquoi ils sont pertinents.
	LO.VIII.2.20	énumérer les normes publiées appropriées en ce qui concerne les tolérances acceptées dans les essais d'assurance de la qualité.
	LO.VIII.2.21	examiner le potentiel de préjudice grave résultant de la radiologie diagnostique et les conséquences du non-respect des bonnes pratiques.
	LO.VIII.2.22	expliquer pourquoi les patientes enceintes méritent une attention particulière en radioprotection.
	LO.VIII.2.23	décrire les risques radiologiques variables pour l'embryon/le fœtus pendant la grossesse.
	LO.VIII.2.24	appliquer des protocoles appropriés pour déterminer la possibilité de grossesse.
	LO.VIII.2.25	expliquer l'importance de la grossesse dans le processus de justification.
	LO.VIII.2.26	décrire en quoi consiste une structure de radioprotection appropriée dans un environnement de radiologie diagnostique.
	LO.VIII.2.27	appliquer les prescriptions de base pour le contrôle de l'exposition des travailleurs et du public à l'environnement de radiologie diagnostique.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
	LO.VIII.2.28	décrire les aspects clés à prendre en compte lors d'une évaluation de la sûreté d'une installation de radiologie médicale.
VIII.3. Médecine nucléaire – diagnostic et thérapie	LO.VIII.3.01	expliquer ce que signifie l'expression « médecine nucléaire » et comment cela peut s'appliquer au diagnostic et au traitement.
	LO.VIII.3.02	décrire les considérations générales pertinentes pour la justification des procédures d'imagerie et de thérapie nucléaires.
	LO.VIII.3.03	résumer les questions particulières importantes pour la justification des procédures de médecine nucléaire chez les patientes enceintes ou allaitantes.
	LO.VIII.3.04	décrire les questions particulières importantes pour la justification des procédures de médecine nucléaire chez les patients pédiatriques.
	LO.VIII.3.05	expliquer les questions particulières importantes pour la justification des procédures de médecine nucléaire chez les volontaires en recherche biomédicale.
	LO.VIII.3.06	décrire l'équipement utilisé en médecine nucléaire ainsi que les investigations ou les traitements auxquels il peut servir.
	LO.VIII.3.07	expliquer l'importance des tests de performance et des étalonnages ordinaires dans l'environnement de médecine nucléaire.
	LO.VIII.3.08	décrire les considérations opérationnelles générales pertinentes pour l'optimisation de la dose administrée au patient en médecine nucléaire (imagerie et thérapie).
	LO.VIII.3.09	expliquer l'importance de l'étalonnage des sources utilisées en médecine nucléaire et où trouver des conseils détaillés sur les protocoles acceptés.
	LO.VIII.3.10	expliquer l'importance de l'étalonnage des appareils d'étalonnage de dose.
	LO.VIII.3.11	décrire la méthode du MIRD pour le calcul des doses.
	LO.VIII.3.12	expliquer les facteurs qui doivent être pris en compte à la sortie (congé) de patients qui ont subi des investigations ou un traitement en médecine nucléaire.
	LO.VIII.3.13	appliquer les prescriptions de base pour le contrôle de l'exposition des travailleurs et du public à l'environnement de médecine nucléaire.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
VIII.4. Radiothérapie	LO.VIII.4.01	décrire les principes de base et les objectifs de la radiothérapie.
	LO.VIII.4.02	décrire les principales méthodes de radiothérapie et l'équipement utilisé.
	LO.VIII.4.03	décrire les considérations générales pertinentes pour la justification des procédures de radiothérapie.
	LO.VIII.4.04	décrire les considérations opérationnelles générales pertinentes pour l'optimisation de la dose administrée au patient en radiothérapie.
	LO.VIII.4.05	expliquer le concept de planification des traitements.
	LO.VIII.4.06	décrire les protocoles d'étalonnage et expliquer les grandeurs relatives.
	LO.VIII.4.07	expliquer pourquoi l'assurance et le contrôle de la qualité sont nécessaires en radiothérapie.
	LO.VIII.4.08	décrire les procédures de base du contrôle de la qualité pour l'équipement de radiothérapie externe, les simulateurs, le système de planification des traitements, l'administration de dose.
	LO.VIII.4.09	décrire les procédures de base du contrôle de la qualité pour les appareils à faible débit de dose et à haut débit de dose à téléchargement différé.
	LO.VIII.4.10	décrire les principaux concepts et grandeurs associés à la dosimétrie des patients en radiothérapie.
	LO.VIII.4.11	décrire les voies pouvant potentiellement entraîner des expositions involontaires ou accidentelles en radiothérapie.
	LO.VIII.4.12	appliquer les prescriptions de base pour le contrôle de l'exposition des travailleurs et du public à l'environnement de radiothérapie.
	LO.VIII.4.13	décrire les principaux aspects de la conception des installations de radiothérapie en mettant un accent particulier sur le blindage.

4.8.3. Exercices pratiques

N°	Exercice pratique	Type
VIII-1	Détermination des doses administrées aux patients	Démonstration
VIII-2	Optimisation de la protection des patients en radiologie diagnostique et dans les actes interventionnels sous imagerie	Démonstration
VIII-3	Optimisation de la protection des patients en médecine nucléaire et en radiothérapie	Démonstration
VIII-4	Procédures de contrôle de la qualité dans les applications médicales	Étude de cas
VIII-5	Visite d'un hôpital : services de radiologie, de radiothérapie et de médecine nucléaire ; démonstration de procédures et détermination des informations à consigner	Visite technique
VIII-6	Analyse d'accidents lors d'expositions médicales	Étude de cas
VIII-7	Élaboration d'un organigramme et points forts du programme de radioprotection d'un hôpital (radiothérapie, radiodiagnostic ou médecine nucléaire)	Étude de cas
VIII-8	Calculs relatifs au blindage pour une installation de rayons X	Exercice

4.8.4. Bibliographie de la partie VIII

EUROPEAN COMMISSION, Criteria for Acceptability of Medical Radiological Equipment used in Diagnostic Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy, Radiation Protection No. 162, EC, Luxembourg (2012).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Accidental Overexposure of Radiotherapy Patients in San José, Costa Rica, IAEA, Vienna (1998).

- Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, Safety Reports Series No. 17, IAEA, Vienna (2000).

- Investigation of an Accidental Exposure of Radiotherapy Patients in Panama, IAEA, Vienna (2001).

- Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy, Proceedings Series, IAEA, Vienna (2001).

- Accidental Overexposure of Radiotherapy Patients in Bialystok, IAEA, Vienna (2004).

- Applying Radiation Safety Standards in Nuclear Medicine, Safety Reports Series No 40, IAEA, Vienna (2005).

- Applying Radiation Safety Standards in Diagnostic Radiology and Interventional Procedures Using X Rays, Safety Reports Series No 39, IAEA, Vienna (2006).

- Applying Radiation Safety Standards in Radiotherapy, Safety Reports Series No 38, IAEA, Vienna (2006).

- Nuclear Medicine Resources Manual, IAEA, Vienna (2006).

- Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities, Safety Reports Series No 47, IAEA, Vienna (2006).

- Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice, Technical Reports Series No. 457, IAEA, Vienna (2007).

- Release of Patients After Radionuclide Therapy, Safety Reports Series No. 63, IAEA, Vienna (2009).

- Radiation Protection in Paediatric Radiology, Safety Reports Series No. 71, IAEA, Vienna (2012).

- Diagnostic Radiology Physics - A Handbook for Teachers and Students, IAEA, Vienna (2014).

- Nuclear Medicine Physics - A Handbook for Teachers and Students, IAEA, Vienna (2015).

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, L'optimisation de la radioprotection dans le cadre de la maîtrise de l'exposition professionnelle, n° 21 de la collection Rapports de sûreté, AIEA, Vienne (2003).

- Site web sur la radioprotection des patients, AIEA, Vienne. Accessible à l'adresse <https://rpop.iaea.org>.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. GSG-7, IAEA, Vienna (2018).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation, IAEA Safety Standards Series No. SSG-46, IAEA, Vienna (2018).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedure, Publication No. 85, Ann ICRP 30(2), Elsevier Science Ltd, Oxford (2000).

- Prevention of Accidents to Patients Undergoing Radiation Therapy, Publication No. 86, Ann ICRP 30(3), Elsevier Science Ltd, Oxford (2000).

- Prevention of High-dose- rate Brachytherapy Accidents, Publication No. 97, Ann ICRP 35(2), Elsevier Science Ltd, Oxford (2005).

- Preventing Accidental Exposures from New External Beam Radiation Therapy Technologies, Publication No. 112, Ann ICRP 39(4), Elsevier Science Ltd, Oxford (2009).

- Radiological Protection in Cardiology, Publication No. 120, Ann ICRP 42(1), Elsevier Science Ltd, Oxford (2013).

- Radiological Protection in Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology, Publication No. 121, Ann ICRP 42(2), Elsevier Science Ltd, Oxford (2013).

COMMISSION INTERNATIONALE DE PROTECTION RADIOLOGIQUE, Protection radiologique en médecine, Publication 105 de la CIPR, IRSN (2011).

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
IX.3 Stratégies de protection pour les situations d'exposition d'urgence	<p>Stratégies de protection</p> <p>Élaboration de stratégies de protection pour les situations d'exposition d'urgence au stade de la planification ; optimisation des stratégies de protection pendant la phase d'intervention ; critères génériques et niveaux opérationnels d'intervention à utiliser pour la prise de décisions</p>	<p>LO.IX.3.01</p> <p>LO.IX.3.02</p> <p>LO.IX.3.03</p> <p>LO.IX.3.04</p>
IX.4 Protection du public et protection des travailleurs	<p>Actions protectrices rapides et autres actions d'intervention</p> <p>Actions visant à atténuer les conséquences d'une urgence nucléaire ou radiologique ; actions protectrices lors d'urgences nucléaires ; actions protectrices lors d'urgences radiologiques, protection des membres et des auxiliaires des équipe d'intervention</p>	<p>LO.IX.4.01</p> <p>LO.IX.4.02</p>
IX.5 Système de gestion des situations d'urgence et opérations	<p>Système de gestion des situations d'urgence</p> <p>Rôles et responsabilités dans la préparation et la conduite des interventions d'urgence ; organisation des interventions génériques ; système de commandement des interventions ; intégration et coordination des interventions</p>	<p>LO.IX.5.01</p>
IX.6 Évaluation radiologique	<p>Évaluation radiologique</p> <p>Contrôle radiologique de l'environnement dans les situations d'urgence ; méthodes de contrôle de la radioactivité et de la contamination sur le terrain ; échantillonnage sur le terrain et mesures d'échantillons ; problèmes liés au contrôle radiologique de l'environnement ; contrôle de l'exposition du public ; projections de dose ; évaluation des doses d'exposition externe et des doses d'exposition interne ; actions de décontamination</p>	<p>LO.IX.6.01</p>
IX.7 Intervention médicale dans les situations d'exposition d'urgence	<p>Intervention médicale</p> <p>Responsabilités et prise en charge médicale (avant et à l'hôpital) ; triage des victimes ; diagnostic et traitement ; dosimétrie physique et dosimétrie biologique (leur application pour le diagnostic, le traitement et le pronostic) ; formation des personnes participant à la prise en charge médicale des victimes (personnel médical et paramédical) ; effets psychologiques</p>	<p>LO.IX.7.01</p> <p>LO.IX.7.02</p> <p>LO.IX.7.03</p> <p>LO.IX.7.04</p> <p>LO.IX.7.05</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
IX.8 Communication d'instructions et d'informations au public dans les situations d'urgence nucléaire ou radiologique	Communication d'instructions et d'informations au public Avertissements et instructions à la population des zones touchées ; perception du risque ; objectifs de la communication d'urgence ; éléments essentiels de la planification de la communication publique ; informations au public sur les concepts liés à l'urgence radiologique et les dangers pour la santé	LO.IX.8.01 LO.IX.8.02
IX.9 Plans et procédures, formation et exercices	Éléments d'infrastructure Approche par étapes pour élaborer des plans et des procédures d'intervention d'urgence ; contenu de ces plans et procédures ; concept de planification intégrée ; élaboration et mise en œuvre de programmes de formation pour les compétences des postes clés au sein de l'organisme d'intervention d'urgence ; préparation, conduite et évaluation des exercices d'intervention d'urgence	LO.IX.9.01 LO.IX.9.02
IX.10 Arrangements internationaux	Rôle de l'AIEA Rôle de l'AIEA dans la préparation et la conduite des interventions d'urgence ; normes de sûreté de l'AIEA pour la préparation et la conduite des interventions d'urgence ; Réseau d'intervention et d'assistance de l'AIEA (RANET)	LO.IX.10.01 LO.IX.10.02

4.9.2. Objectifs d'apprentissage

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
IX.1 Prescriptions et principes fondamentaux	LO.IX.1.01	À la fin de ce module, les étudiants pourront : résumer les prescriptions de base pour les situations d'exposition d'urgence.
	LO.IX.1.02	expliquer les principes génériques de protection dans les situations d'exposition d'urgence.
IX.2 Base de planification pour les situations d'exposition d'urgence	LO.IX.2.01	décrire les différents types d'accidents radiologiques.
	LO.IX.2.02	décrire certains accidents majeurs et expliquer les enseignements à en tirer.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
IX.3 Stratégies de protection pour les situations d'exposition d'urgence	LO.IX.3.01	appliquer la méthodologie de détermination des catégories de menaces des pratiques.
	LO.IX.3.02	expliquer les concepts de zones de planification d'urgence et de zones.
	LO.IX.3.03	décrire l'Échelle internationale des événements nucléaires (INES).
	LO.IX.3.04	décrire la structure générale recommandée d'un organisme d'intervention d'urgence nucléaire et radiologique.
IX.4 Protection du public et protection des travailleurs	LO.IX.4.01	indiquer l'objectif de l'élaboration d'un plan d'urgence.
	LO.IX.4.02	énumérer les principales composantes des plans et procédures d'urgence.
IX.5 Système de gestion des situations d'urgence et opérations	LO.IX.5.01	énumérer les principales tâches de l'initiateur de l'intervention, du spécialiste de l'évaluation radiologique, du premier intervenant et du contrôleur sur place.
IX.6 Évaluation radiologique	LO.IX.6.01	décrire l'élément principal à prendre en compte lors d'une évaluation radiologique.
IX.7 Intervention médicale dans les situations d'exposition d'urgence	LO.IX.7.01	décrire les tâches des intervenants médicaux d'urgence sur site et hors site.
	LO.IX.7.02	expliquer le processus de contrôle radiologique de la population.
	LO.IX.7.03	expliquer les fonctions d'un centre d'accueil.
	LO.IX.7.04	énumérer les méthodes de dosimétrie physique et biologique pertinentes utilisées pour le diagnostic et le traitement.
	LO.IX.7.05	donner un aperçu de l'importance des effets psychologiques des accidents nucléaires ou radiologiques, et décrire les actions à mener pour réduire et prendre en charge les conséquences psychologiques.
IX.8 Communication d'instructions et d'informations au public dans les situations d'urgence nucléaire ou radiologique	LO.IX.8.01	résumer les méthodes de communication avec les médias et le public dans les situation d'urgence.
	LO.IX.8.02	énumérer les sujets sur lesquels portera la communication.

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
IX.9 Plans et procédures, formation et exercices	LO.IX.9.01	décrire la méthode d'élaboration des plans et des procédures d'intervention d'urgence.
	LO.IX.9.02	résumer le contenu des plans et des procédures d'intervention d'urgence.
IX. 10 Arrangements internationaux	LO.IX.10.01	décrire le rôle de l'AIEA dans la préparation et la conduite des interventions d'urgence.
	LO.IX.10.02	énumérer les principales normes de sûreté et les publications de l'AIEA sur la préparation et la conduite des interventions d'urgence.

4.9.3. Exercices pratiques

N°	Exercice pratique	Type
IX-1	Application de certains modèles pour l'évaluation des doses en cas d'urgence nucléaire ou radiologique ou dans les situations de radioexposition prolongée	Exercice de laboratoire
IX-2	Intervention dans le cas d'un accident hypothétique : perte d'une source de gammagraphie	Étude de cas
IX-3	Intervention dans le cas d'un accident hypothétique : rejet dans l'environnement d'une quantité importante de matières radioactives	Étude de cas
IX-4	Estimation des doses individuelles au cours d'un accident dû à une surexposition	Étude de cas
IX-5	Recherche d'une source perdue	Simulation
IX-6	Intervention dans le cas d'un accident hypothétique de transport de matières radioactives	Simulation
IX-7	Communication avec le public lors d'une situation d'urgence hypothétique	Simulation

4.9.4. Bibliographie de la partie IX

AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, COMMISSION EUROPÉENNE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Radioprotection et sûreté des sources de rayonnements : Normes fondamentales internationales de sûreté, n° GSR Part 3 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2016).

AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, BUREAU DE LA COORDINATION DES AFFAIRES HUMANITAIRES DE L'ONU, COMMISSION PRÉPARATOIRE DE L'ORGANISATION DU TRAITÉ D'INTERDICTION COMPLÈTE DES ESSAIS NUCLÉAIRES, INTERPOL, ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MARITIME INTERNATIONALE, ORGANISATION MÉTÉOROLOGIQUE MONDIALE, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Préparation et conduite des interventions en cas de situation d'urgence nucléaire ou radiologique, n° GSR Part 7 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2017).

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, Critères à utiliser pour la préparation et la conduite des interventions dans une situation d'urgence nucléaire ou radiologique, n° GSG-2 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2012).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, UNITED NATIONS OFFICE FOR THE COORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-2.1, IAEA, Vienna (2007).

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Convention sur la notification rapide d'un accident nucléaire, AIEA, Vienne (1986).

- Convention sur l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique, AIEA, Vienne (1986).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Arrangements for the Termination of a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Safety Standards Series No. GSG-11, IAEA, Vienna (2018).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People in Emergency Exposure Situations, ICRP Publication 109, Ann. ICRP 39(1), Elsevier (2009).

4.10. PARTIE X : SITUATIONS D'EXPOSITION EXISTANTES

Objectif : Permettre aux étudiants de comprendre les prescriptions de base pour la protection dans les situations d'exposition existantes, et les informer en outre des causes de ces situations, des approches destinées à atténuer leurs conséquences ainsi que des conditions dans lesquelles les prescriptions ayant trait aux expositions professionnelles doivent être appliquées.

4.10.1. Contenu

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
X.1. Prescriptions et principes fondamentaux	<p>Introduction et rappel</p> <p>Examen des types de situations d'exposition</p> <p>Détermination du type de situation d'exposition applicable, en particulier lorsqu'il y a des éléments de plus d'un type de situation d'exposition</p> <p>Normes fondamentales internationales</p> <p>Exclusion des expositions qui ne se prêtent pas au contrôle</p> <p>Expositions soumises aux prescriptions des situations d'exposition existantes – expositions dues à la contamination de zones par des activités passées et des accidents, exposition à des sources naturelles : marchandises, autres matériaux, radon, rayonnement cosmique</p> <p>Prescriptions générales pour les situations d'exposition existantes</p> <p>Stratégie nationale, attribution des responsabilités, cadre juridique et réglementaire, identification et évaluation des expositions préoccupantes</p> <p>Stratégie de protection pour réduire les doses ; établissement de niveaux de référence</p> <p>Justification et optimisation des actions correctives/protectrices ; mise en perspective : expositions aux sources naturelles dans le monde</p>	<p>LO.X.1.01</p> <p>LO.X.1.02</p> <p>LO.X.1.03</p> <p>LO.X.1.04</p>
X.2. Remédiation de zones contaminées par des matières radioactives résiduelles	<p>Cadre juridique et réglementaire</p> <p>Exemples de zones contaminées</p> <p>Stratégie de remédiation, détermination des zones à assainir ; mécanismes de financement</p> <p>Planification et mise en œuvre de la remédiation ; considérations relatives à la réglementation</p> <p>Gestion des déchets radioactifs</p>	<p>LO.X.2.01</p> <p>LO.X.2.02</p> <p>LO.X.2.03</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
X.3. Exposition à des produits de filiation à courte période du ^{222}Rn	<p>Programme de remédiation</p> <p>Évaluation préalable</p> <p>Plan de remédiation : justification et optimisation</p> <p>Mise en œuvre d'actions correctives : protection et sûreté (y compris la protection des agents de remédiation), gestion des déchets radioactifs. Activités de post-remédiation : contrôles et restrictions possibles</p> <p>Étude de cas</p> <p>Remédiation des dépôts de résidus de phosphate côtiers et marins : le projet Taparura à Sfax (Tunisie)</p>	
	<p>Concepts fondamentaux</p> <p>Le radon et comment il entraîne une exposition des poumons</p> <p>Grandeurs spéciales pour la concentration et l'exposition : énergie alpha potentielle, facteur d'équilibre, grandeurs équivalentes d'équilibre. Concentration de ^{222}Rn comme substitut de la concentration des produits de filiation du ^{222}Rn</p> <p>Concentrations de ^{222}Rn et effets sanitaires associés</p> <p>Concentrations dans les bâtiments et les lieux de travail souterrains. Études épidémiologiques du cancer du poumon dû aux produits de filiation du ^{222}Rn : travailleurs des mines souterraines, le ^{222}Rn dans les habitations</p> <p>Doses effectives dues à l'exposition aux produits de filiation du ^{222}Rn</p> <p>Contrôle de l'exposition</p> <p>Identification des expositions préoccupantes – enquêtes nationales</p> <p>Plan d'action national contre les concentrations élevées de ^{222}Rn, campagnes d'information du public</p> <p>Niveaux de référence pour les concentrations de ^{222}Rn</p> <p>Justification et optimisation des actions correctives dans les lieux de travail, les habitations et les autres bâtiments</p> <p>Méthodes de réduction des concentrations de ^{222}Rn dans les bâtiments</p>	<p>LO.X.3.01</p> <p>LO.X.3.02</p> <p>LO.X.3.03</p> <p>LO.X.3.04</p> <p>LO.X.3.05</p> <p>LO.X.3.06</p> <p>LO.X.3.07</p>

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
X.4. Exposition aux radionucléides des marchandises et au rayonnement cosmique	<p>Exposition due aux radionucléides des marchandises</p> <p>Marchandises auxquelles s'appliquent les prescriptions ; niveaux de référence pour les radionucléides présents dans ces marchandises</p> <p>Aliments – niveaux de contamination recommandés après une situation d'urgence ; eau potable – mesures correctives, niveaux de contamination recommandés</p> <p>Engrais/amendements agricoles – concentrations d'activité, expositions, implications pour le contrôle</p> <p>Matériaux de construction – voies d'exposition, actions correctives pour les bâtiments existants, mesures préventives pour les nouveaux bâtiments</p> <p>Exposition au rayonnement cosmique</p> <p>Sources et caractéristiques du rayonnement cosmique ; doses moyennes mondiales</p> <p>Débits de dose dans les avions commerciaux</p> <p>Exposition du personnel navigant et implications pour le contrôle</p> <p>Exposition des équipages spatiaux et implications pour le contrôle</p>	<p>LO.X.4.01</p> <p>LO.X.4.02</p> <p>LO.X.4.03</p>

4.10.2. Objectifs d'apprentissage

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
X.1. Prescriptions et principes fondamentaux	LO.X.1.01	définir le concept de situations d'exposition existantes.
	LO.X.1.02	expliquer pourquoi certaines expositions ne se prêtent pas à un contrôle et donner des exemples.
	LO.X.1.03	préciser les responsabilités particulières du gouvernement en ce qui concerne les situations d'exposition existantes.
	LO.X.1.04	décrire le processus d'optimisation des actions correctives et protectrices.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
X.2. Remédiation de zones contaminées par des matières radioactives résiduelles	LO.X.2.01	reconnaître une situation d'exposition existante nécessitant une remédiation.
	LO.X.2.02	indiquer les sujets à intégrer dans une stratégie nationale de remédiation.
	LO.X.2.03	élaborer et mettre en œuvre un programme de remédiation pour une zone contaminée par des matières radioactives résiduelles.
X.3. Exposition à des produits de filiation du ^{222}Rn à courte période	LO.X.3.01	expliquer les principales voies d'exposition après inhalation de ^{222}Rn .
	LO.X.3.02	identifier les scénarios dans lesquels les concentrations atmosphériques de ^{222}Rn peuvent augmenter et le risque d'exposition peut être élevé.
	LO.X.3.03	concevoir une enquête nationale pour identifier les zones où le radon peut constituer un sujet de préoccupation et identifier les zones et les bâtiments prioritaires dans l'enquête.
	LO.X.3.04	expliquer les éléments clés d'un plan d'action national pour la réduction de l'exposition au radon.
	LO.X.3.05	appliquer les niveaux nationaux de référence pour le ^{222}Rn sur les lieux de travail et dans les habitations.
	LO.X.3.06	indiquer les mesures correctives permettant de réduire les niveaux de radon dans les habitations.
	LO.X.3.07	indiquer les mesures de protection permettant de limiter l'exposition au radon sur les lieux de travail.
X.4. Exposition aux radionucléides des marchandises et au rayonnement cosmique	LO.X.4.01	indiquer les marchandises qui peuvent contenir des radionucléides.
	LO.X.4.02	déterminer des orientations internationales relatives aux radionucléides dans les aliments et l'eau.
	LO.X.4.03	expliquer les sources de rayonnement cosmique et les voies d'exposition.

4.10.3. Exercices pratiques

N°	Exercice pratique	Type
X-1	Mesure du radon dans les habitations et comparaison avec le niveau de référence	Exercice de laboratoire
X-2	Estimation des doses individuelles ; remédiation des zones contaminées par des matières radioactives résiduelles	Étude de cas
X-3	Estimation des doses individuelles dues aux marchandises	Étude de cas
X-4	Communication avec le public et les médias après la remédiation d'une zone contaminée par des matières radioactives résiduelles	Simulation

4.10.4. Bibliographie de la partie X

AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, COMMISSION EUROPÉENNE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Radioprotection et sûreté des sources de rayonnements : Normes fondamentales internationales de sûreté, n° GSR Part 3 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2016).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, Radiation Protection against Radon in Workplaces other than Mines, Safety Reports Series No. 33, IAEA, Vienna (2003).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Remediation Process for Areas Affected by Past Activities and Accidents, IAEA Safety Standards Series No. WS-G-3.1, IAEA, Vienna (2007).

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Gestion des déchets radioactifs avant stockage définitif, n° GSR Part 5 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2009).

- Stockage définitif des déchets radioactifs, n° SSR-5 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2011).

- Règlement de transport des matières radioactives, n° SSR-6 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, Vienne (2012).

COMMISSION INTERNATIONALE DE PROTECTION RADIOLOGIQUE, Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique, Publication 103 de la CIPR, IRSN (2009).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Radiological Protection against Radon Exposure, ICRP Publication 126, Ann. ICRP 43(3). ICRP (2014).

PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES, COMMISSION DU CODEX ALIMENTARIUS, Norme générale Codex pour les contaminants et les toxines présents dans les produits de consommation humaine et animale, Tableau I – Radionucléides, CODEX STAN 193-1995, CCA, Rome (2015).

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, UNSCEAR 2006 Report to the General Assembly, Vol. II, Annex E: Source-to effects Assessment for Radon in Homes and Workplaces, United Nations, New York (2008).

- Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes, Vol. 1, Annex B: Exposures of the Public and Workers from Various Sources of Radiation, United Nations, New York (2010).

WORLD HEALTH ORGANIZATION, WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective, WHO, Geneva (2009).

- Guidelines for Drinking-water Quality — 4th Ed., WHO, Geneva (2011).

4.11. PARTIE XI : FORMATION DE FORMATEURS

Objectif : Permettre aux étudiants de pouvoir organiser et assurer des cours nationaux, d’acquérir des compétences pédagogiques et d’appliquer celles-ci à des présentations orales de la partie XII.

4.11.1. Contenu

Module	Contenu	Objectif d’apprentissage (n°)
XI.1. Être formateur (introduction)	<p>Considérations générales sur la façon dont les gens apprennent</p> <p>Facteurs pouvant influencer le succès d’une séquence de formation : environnement de la classe, état d’esprit de l’apprenant ; moniteur/formateur. Différentes manières d’apprendre. Styles de différentes personnes. Adapter le style du formateur pour répondre aux besoins des différents apprenants.</p>	LO.XI.1.01 LO.XI.1.02 LO.XI.1.03
XI.2. Comment les adultes apprennent	<p>Comparaison entre andragogie et pédagogie</p> <p>Andragogie – modèle de Knowles. Honey et Mumford – styles d’apprentissage. Cycle d’apprentissage de Kolbe : importance de l’expérience et de la réflexion. Motivation – pourquoi elle est importante et comment l’améliorer. Application aux séquences de formation en radioprotection.</p>	LO.XI.2.01 LO.XI.2.02 LO.XI.2.03 LO.XI.2.04
XI.3. Conception de cours et planification des leçons	<p>Analyse des besoins en matière de formation</p> <p>Approche systématique de la formation. Acquisition des connaissances et des compétences et processus de qualification. Caractéristiques des personnes à former : experts qualifiés ; agents de radioprotection ; exploitants qualifiés ; spécialistes de la santé ; médecins ; travailleurs, y compris les utilisateurs de rayonnements dans leur travail et le personnel impliqué à un degré moindre ; employés des organismes de réglementation ; personnel participant aux activités d’intervention en cas d’urgence.</p> <p>Conception du cours</p> <p>Buts et objectifs, programme d’études, programme du cours, plans des cours, notes de cours, scénarimages, matériel pédagogique. Optimisation du temps d’apprentissage pour atteindre les objectifs. Méthodes de formation : formation en classe ; apprentissage à distance ; formation en cours d’emploi. Préparation de démonstrations, exercices pratiques, études de cas et visites de terrain. Préparation des examens (évaluations du cours).</p>	LO.XI.3.01 LO.XI.3.02 LO.XI.3.03 LO.XI.3.04 LO.XI.3.05 LO.XI.3.06 LO.XI.3.07 LO.XI.3.08 LO.XI.3.09

Module	Contenu	Objectif d'apprentissage (n°)
	<p>Évaluations du cours</p> <p>Avantages des évaluations. Objectif, moment et différentes manières d'évaluer l'apprentissage. Utilisation des résultats de l'évaluation.</p>	
	<p>Évaluations du cours</p> <p>Tests antérieurs et postérieurs aux cours. Informations en retour des apprenants et des formateurs. Indicateurs de performance</p>	
<p>XI.4. Communication avec un groupe</p>	<p>Acquisition des compétences pédagogiques</p> <p>Facteurs qui facilitent ou entravent la communication lorsqu'on s'adresse à un groupe. Création d'une atmosphère appropriée. Motivation des apprenants. Adaptation de la langue. Langage corporel. Améliorer les discussions de groupe. Poser des questions et y répondre. Écoute active.</p>	<p>LO.XI.4.01</p> <p>LO.XI.4.02</p> <p>LO.XI.4.03</p> <p>LO.XI.4.04</p> <p>LO.XI.4.05</p>
<p>XI.5. Aides pédagogiques</p>	<p>Utilisation des aides pédagogiques</p> <p>Diverses aides pédagogiques disponibles : exposés, tableaux à feuilles mobiles, vidéos, simulateurs, systèmes de vote, jeux pédagogiques, etc. Leurs avantages et leurs inconvénients. Utilisation efficace des aides pédagogiques dans une séquence de formation. Utilisation d'outils et de méthodologies d'apprentissage en ligne. Règles simples pour accroître l'efficacité des présentations PowerPoint. Présentation des données.</p>	<p>LO.XI.5.01</p> <p>LO.XI.5.02</p> <p>LO.XI.5.03</p> <p>LO.XI.5.04</p>
<p>XI.6. Présentation orale en vue du projet de travail</p>	<p>Présentation du projet</p> <p>Préparation de présentations orales pour le projet de travail (partie XII) par les étudiants. Application des compétences didactiques présentées dans la partie XI. Soutien de l'enseignant de la partie XI. Présentation d'exposés par les étudiants. Évaluation par l'enseignant et le reste des étudiants.</p>	<p>LO.XI.6.01</p>

4.11.2. Objectifs d'apprentissage

Module	Objectifs d'apprentissage	
	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
XI.1. Acquisition des compétences de formateur (introduction)	LO.XI.1.01	reconnaître qu'il n'y a pas de solution unique et définitive à un problème de formation.
	LO.XI.1.02	décrire différents styles de formateurs.
	LO.XI.1.03	comprendre que le formateur devrait pouvoir adapter son style pour répondre aux besoins des différents apprenants.
XI.2. Comment les adultes apprennent	LO.XI.2.01	expliquer la différence entre andragogie et pédagogie.
	LO.XI.2.02	expliquer les principaux éléments du cycle d'apprentissage de Kolbe.
	LO.XI.2.03	expliquer l'importance de la motivation et de l'implication des apprenants.
	LO.XI.2.04	reconnaître la nécessité de créer une atmosphère confortable pour les apprenants.
XI.3. Conception de cours et planification des leçons	LO.XI.3.01	expliquer les prescriptions en matière de niveau d'éducation, de formation et d'expérience des différentes catégories professionnelles ou d'emplois des personnes à former à la radioprotection dans les États membres.
	LO.XI.3.02	déterminer les buts et les objectifs de la formation en tenant compte de la catégorie des apprenants.
	LO.XI.3.03	choisir la méthode de formation la plus appropriée pour le public particulier.
	LO.XI.3.04	décrire l'utilisation de la technique des scénarimages pour planifier une séquence de formation.
	LO.XI.3.05	appliquer l'utilisation de la technique des scénarimages pour créer une séquence de formation interactive et efficace avec différentes activités de formation.
	LO.X.3.06	apprécier les avantages des évaluations.
	LO.X.3.07	décider ce qui doit être évalué, quand et comment, et la manière d'utiliser les résultats des évaluations.
	LO.X.3.08	décrire les avantages d'une évaluation des tests antérieurs et postérieurs aux cours.
	LO.X.3.09	expliquer comment les statistiques et les données extraites des questionnaires de retour d'informations et des évaluations des tests antérieurs et postérieurs aux cours peuvent servir d'indicateurs de performance pour la formation.

Objectifs d'apprentissage		
Module	N°	Description
		À la fin de ce module, les étudiants pourront :
XI.4. Communication avec un groupe	LO.XI.4.01	expliquer les facteurs qui facilitent ou entravent la communication lorsqu'on s'adresse à un groupe.
	LO.XI.4.02	décrire les aspects qui rendent la formation en présentiel efficace et interactive.
	LO.XI.4.03	décrire les aspects qui aident à obtenir une bonne performance.
	LO.XI.4.04	déterminer les éléments qui aident à bien écouter.
	LO.XI.4.05	discuter différents types de questions et la manière de répondre aux questions dans un environnement de groupe.
XI.5. Aides pédagogiques	LO.XI.5.01	énumérer les principales aides pédagogiques disponibles.
	LO.XI.5.02	décrire les avantages et les inconvénients des différentes aides pédagogiques.
	LO.XI.5.03	expliquer certaines règles simples pour accroître l'efficacité des présentations PowerPoint.
	LO.XI.5.04	examiner les différentes manières de présenter les données.
XI.6. Présentation orale en vue du projet de travail	LO.XI.6.01	appliquer les compétences didactiques acquises au cours de la présente partie (XI) à la préparation et à la présentation d'exposés oraux sur le projet de travail.

4.11.3. Exercices pratiques

N°	Exercice pratique	Type
XI-1	Test antérieur sur les compétences non techniques	Questionnaires écrits
XI-2	Présentation d'un exposé de trois minutes sur un sujet général	Exposé
XI.3	Exercice en groupe : Planification d'une séquence de formation : préparation d'une telle séquence sur la radioprotection et la sûreté des sources de rayonnements avec une variété d'activités de formation utilisant la technique des scénarimages	Étude de cas
XI-4	Préparation et présentation d'exposés oraux en vue du projet de travail (partie XII)	Exposés

4.11.4. Bibliographie de la partie XI

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Safety Reports Series No. 20, IAEA, Vienna (2001).

- Establishing the Infrastructure for Radiation Safety, IAEA Safety Standards Series No. SSG-44, IAEA, Vienna (2018).

4.12. PARTIE XII : PROJET DE TRAVAIL

Objectif : Permettre aux participants de pouvoir appliquer les connaissances et les compétences acquises dans le cadre du cours pour examiner un problème particulier de radioprotection et de sûreté radiologique et présenter les résultats et les conclusions de cet examen.

Procédure de mise en œuvre de la partie XII

Sélection et attribution des sujets pour le projet de travail

Le directeur du cours contacte les étudiants en temps voulu avant le début du cours, leur fournit des informations sur le but du projet de travail et leur demande de proposer un sujet pour ce projet à convenir avec leurs superviseurs locaux (c'est-à-dire dans leur organisation). Le projet de travail devrait porter sur un problème de radioprotection et de sûreté présentant de l'intérêt pour l'organisation où le participant pourrait déjà travailler et/ou pertinent au niveau national. Il devrait permettre d'appliquer les connaissances et les compétences acquises tout au long des parties IV à X, en mettant un accent particulier sur l'utilisation des normes de sûreté de l'AIEA.

Les étudiants devraient informer le directeur du cours du sujet identifié pour le projet de travail et lui communiquer les coordonnées de leur superviseur local. Le directeur du cours organisera une rencontre entre les étudiants et les enseignants qui pourraient superviser le projet de travail des étudiants (chef de projet de travail). Une fois que le sujet aura été convenu et qu'un enseignant aura été désigné pour superviser le projet de travail, les superviseurs locaux des étudiants en seront informés.

Conduite du projet de travail

La mise en œuvre du projet nécessitera du temps de discussion avec le superviseur dudit projet, des recherches bibliographiques, des travaux expérimentaux/pratiques, la préparation du rapport de projet et la présentation finale. Le directeur du cours devrait en tenir compte lors de l'élaboration du programme. Le superviseur du projet de travail et lui devraient veiller à ce que que les étudiants aient accès aux ressources nécessaires.

- Revue de la littérature : faire le point sur les développements récents et établir l'état des connaissances, en particulier en ce qui concerne les dernières normes de sûreté de l'AIEA et leur application.
- Travaux expérimentaux/pratiques : les ressources nécessaires devraient être mises à disposition.

Au moins deux semaines devraient être consacrées au projet de travail dans le calendrier du cours ; cette période pourrait être répartie sur l'ensemble cours.

Évaluation du projet de travail

Les étudiants devraient être informés à l'avance des critères d'évaluation du projet de travail. L'évaluation est effectuée à travers :

- Un rapport : les étudiants devraient élaborer un rapport sur le projet de travail, comprenant un bref résumé, l'état des connaissances, la pertinence/justification du projet, le matériel et les méthodes (y compris les normes de sûreté pertinentes de l'AIEA), les résultats, les conclusions et recommandations, les références.

- Un exposé oral : les étudiants devraient faire une présentation publique sur le projet de travail. Ils devraient être encouragés à utiliser une grande variété d'outils pédagogiques lors de leur exposé. La présentation orale du projet de travail s'inscrit dans le cadre de la partie XI, Formation de formateurs.

RÉFÉRENCES

- [1] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE, Cours d'études supérieures sur la radioprotection et la sûreté des sources de rayonnements - Programme de cours type, AIEA, n° 18 de la collection Cours de formation, Vienne (2003).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, IAEA Safety Reports Series No. 20, Vienna (2001).

**PERSONNES AYANT COLLABORÉ À LA RÉDACTION
ET À L'EXAMEN DU TEXTE**

Da Silva, A. A.	Commission nationale de l'énergie nucléaire (Brésil)
Dimitriou, P.	Commission grecque de l'énergie atomique (Grèce)
Harbison, S.A.	Consultant (Royaume-Uni)
Hassan, S.	Agence nucléaire malaisienne (Nuclear Malaysia) (Malaisie)
Hunt, J.	Consultant (Brésil)
Jaafar, M. S.	Agence nucléaire malaisienne (Malaisie)
Kaplanis, P.	Consultant (Chypre)
Kharita, M. H.	Commission syrienne de l'énergie atomique (République arabe syrienne)
Konstantinos, K.	Commission grecque de l'énergie atomique (Grèce)
Larcher, A. M.	Autorité de réglementation nucléaire (Argentine)
Luciani, A.	AIEA
Margetic, A.	Autorité de réglementation nucléaire (Argentine)
Moreno, S. F.	Autorité de réglementation nucléaire (Argentine)
Nasri, B.	Centre national de l'énergie, des sciences et des techniques nucléaires (Maroc)
Nicolas, R. O.	Autorité de réglementation nucléaire (Argentine)
Noureddine, A.	Commissariat à l'énergie atomique (Algérie)
Othman, M. S.	Agence nucléaire malaisienne (Malaisie)
Papadopulos, S.	Autorité de réglementation nucléaire (Argentine)
Paynter, R.	Fondation EUTERP (Royaume-Uni)
Prendes Alonso, M	Centre de protection et d'hygiène radiologiques (Cuba)

Robinson, I	Consultant (Royaume-Uni)
Rodrigues, D.	Commission nationale de l'énergie nucléaire (Brésil)
Serfor-Armah, Y.	École d'enseignement supérieur en sciences nucléaires et connexes, Commission ghanéenne de l'énergie atomique (Ghana)
Shweikani, R.	Commission syrienne de l'énergie atomique (République arabe syrienne)
Sotiris, E..	Commission grecque de l'énergie atomique (Grèce)
Timoshchenko, A. I.	Université d'État du Bélarus (Bélarus)
Valentino, L.	Autorité de réglementation nucléaire (Argentine)
Valverde, N. J. de Lima	Consultant (Brésil)
Wheatley, J.	AIEA
Wymer, D.	Consultant (Afrique du Sud)
Zulkifli, M. H.	Agence nucléaire malaisienne (Nuclear Malaysia) (Malaisie)

Réunions de consultants

Vienne (Autriche) : 11-15 avril 2011 ; 11-13 juillet 2012 ; 24-26 juillet 2013 ; 6-8 août 2014 ; 4-6 août 2015 ; 2-4 août 2016 ; 30 mai - 2 juin 2017 ; 1-3 août 2018



IAEA

Agence internationale de l'énergie atomique

N° 26

OÙ COMMANDER ?

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.

AMÉRIQUE DU NORD

Bernan / Rowman & Littlefield

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214 (États-Unis d'Amérique)

Téléphone : +1 800 462 6420 • Télécopie : +1 800 338 4550

Courriel : orders@rowman.com • Site web : www.rowman.com/bernan

RESTE DU MONDE

Veuillez-vous adresser à votre libraire préféré ou à notre principal distributeur :

Eurospan Group

Gray's Inn House

127 Clerkenwell Road

London EC1R 5DB

(Royaume-Uni)

Commandes commerciales et renseignements :

Téléphone : +44 (0) 176 760 4972 • Télécopie : +44 (0) 176 760 1640

Courriel : eurospan@turpin-distribution.com

Commandes individuelles :

www.eurospanbookstore.com/iaea

Pour plus d'informations :

Téléphone : +44 (0) 207 240 0856 • Télécopie : +44 (0) 207 379 0609

Courriel : info@eurospangroup.com • Site web : www.eurospangroup.com

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

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 22530 • Télécopie : +43 1 26007 22529

Courriel : sales.publications@iaea.org • Site web : www.iaea.org/publications

