

Guide de l'enseignant

La santé et la radiophysique

Ressource manitobaine pour le cours de Physique 12^e année



Canadian Cancer Society
Société canadienne du cancer

Manitoba 

La santé et la radiophysique :

ressource manitobaine pour le cours de Physique 12^e année

Guide de l'enseignant



Canadian Cancer Society
Société canadienne du cancer



616.9940642 La santé et la radiophysique : ressource manitobaine pour le cours de Physique 12^e année. Guide de l'enseignant.

Titre de la couv. : Guide de l'enseignant. La santé et la radiophysique : ressource manitobaine pour le cours de Physique 12^e année.
ISBN-13: 978-0-7711-4464-6

1. Cancer – Radiothérapie – Étude et enseignement (Secondaire).
2. Cancer – Diagnostic – Étude et enseignement (Secondaire).
3. Radiothérapie – Étude et enseignement (Secondaire). 4. Physique médicale – Étude et enseignement (Secondaire). 5. Physique – Étude et enseignement (Secondaire). 6. Éducation sanitaire (Enseignement secondaire). I. Manitoba. Éducation Manitoba. II. Société canadienne du cancer. III. Manitoba. IV. Titre : Guide de l'enseignant. La santé et la radiophysique : ressource manitobaine pour le cours de Physique 12^e année.

remerciements

La division manitobaine de la Société canadienne du cancer et Éducation, Citoyenneté et Jeunesse Manitoba souhaite reconnaître la participation des personnes ci-après à l'élaboration du programme *La santé et la radiophysique : ressource manitobaine pour le cours de Physique 12^e année*.

Le présent document et son *Guide de l'élève* ont été conçus et élaborés pour aider les élèves à atteindre les résultats d'apprentissage liés au thème de la « santé et radiophysique » du programme d'études de la 12^e année du Manitoba. Ils fournissent un contexte réel pour l'application des fondements de la radiophysique, tout en établissant d'importants liens avec la santé et le mieux-être des Manitobaines et Manitobains.

Rédactrice principale

Tanis Thiessen Westgate Mennonite Collegiate, Winnipeg (Manitoba)

Société canadienne du cancer, Division du Manitoba

Mark McDonald Directeur général
Carolyn Trono Gestionnaire de projet
Linda Venus Directrice principale, Questions d'intérêt public et lutte contre le cancer
George Wurtak Directeur des initiatives autochtones (démissionné en septembre 2008)

Éducation, Citoyenneté et Jeunesse Manitoba

John Murray Chef de projet, Section de la mise en œuvre, Direction de l'enseignement, des programmes et de l'évaluation, Division des programmes scolaires
Danièle Dubois-Jacques Conseillère pédagogique en sciences de la nature
Bureau de l'éducation française, Éducation, Citoyenneté et Jeunesse
Aileen Najdich Directrice de la Direction de l'enseignement, des programmes et de l'évaluation, Division des programmes scolaires

Membres de l'équipe manitobaine de l'étape pilote de Santé et physique

Cliff Dann Dakota Collegiate, Division scolaire Louis-Riel
Brian Dentry Kildonan East Collegiate, Division scolaire River East-Transcona
Greg Johnson Westwood Collegiate, Division scolaire St. James-Assiniboia
Elizabeth Kozoriz Daniel McIntyre Collegiate, Division scolaire de Winnipeg
Heather Marks St. John's Collegiate, Division scolaire de Winnipeg
Gary Myden Hapnot Collegiate, Division scolaire de Flin Flon
Kim Rapko Étudiante en éducation, Université de Winnipeg
Dr Inessa Rozina Technical-Vocational High School, Division scolaire de Winnipeg
Benita Truderung Whitemouth School, Division scolaire Sunrise

Conseiller scientifique, physique médicale

Dr Daniel Rickey Action Cancer Manitoba, Winnipeg (Manitoba)

Conseiller pédagogique, physique

Don Metz, Ph.D. Faculté de l'éducation, Université de Winnipeg

Développement multimédia

Stephen C. Jones Centre de recherche de l'Hôpital Saint-Boniface, Winnipeg, (Manitoba)

Infographie et production

Doug Coates Edge Advertising, Winnipeg (Manitoba)
Evan Coates Edge Advertising, Winnipeg (Manitoba)
Ed Brajczuk Bluemoon Graphics Inc., Winnipeg (Manitoba)
Céline Ponsin Bureau de l'éducation française (BEF), Éducation, Citoyenneté et Jeunesse

Traduction

Traductions Freynet-Gagné Translations

Danièle Dubois-Jacques Conseillère pédagogique en sciences de la nature, Bureau de l'éducation française

Publié en 2009 par la Division du Manitoba de la Société canadienne du cancer et le ministère de l'Éducation, de la Citoyenneté et de la Jeunesse du Manitoba

Référence des illustrations

Figure 1-1 : *SassyStock Inc.*; figure 1-2 : *Electro Optics Industries, Inc.*; figure 1-16 : *University of Alabama, AIP Emilio Segre Visual Archives, E. Scott Barr Collection*; figure 1-20 : *Jans Langner 2003*; figure 2-3 : *IMRIS Manitoba*; figures 2-7 et 2-10 : *Institut National du cancer du Canada*; figure 3-6 : *U.S. Department of Energy*; figures 4-6 et 4-7 : *David McMillan 2003*; figure 4-9 : *FN Motol, Prague 2006*; figure 4-10 : *Commission de réglementation de l'énergie nucléaire*; figures 5-2 et 5-3 : *Oak Ridge Associated Universities*; figure 6-10 : *Argonne National Library, AIP Emilio Segre Visual Archives*; figures 2-11, 3-4 et 5-6 : *Tanis Thiessen 2008*.

Toutes les autres illustrations : <http://office.microsoft.com/clipart> et <http://www.bigstockphoto.com>



MINISTER OF EDUCATION, CITIZENSHIP AND YOUTH

Room 168
Legislative Building
Winnipeg, Manitoba R3C 0V8
CANADA

Chers élèves du Manitoba,

Je suis très fier d'annoncer la publication du document intitulé *La santé et la radiophysique : ressource manitobaine pour le cours de Physique 12^e année*, qui vise à enrichir les expériences d'apprentissage des élèves de physique. Cette ressource importante et opportune vous aidera à acquérir du contenu essentiel dans un contexte utile. Ce document explore les applications sûres et nécessaires des rayonnements aux techniques d'imagerie diagnostique, vous initie au domaine de la physique médicale et présente les traitements possibles pour divers cancers. Il est le fruit d'une collaboration efficace de longue date entre la division du Manitoba de la Société canadienne du cancer et Éducation, Citoyenneté et Jeunesse Manitoba.

Même si de gros progrès ont été réalisés dans l'adoption de stratégies de prévention et de dépistage précoce, il est probable que la plupart des Canadiens seront, au sein de leur famille, en contact direct avec le cancer ou son traitement à un moment ou un autre de leur vie. Pour cette raison, le fait d'être instruit sur les technologies servant à la lutte contre le cancer procurera une meilleure base pour la prise de décisions futures concernant les soins de santé.

Les familles manitobaines sont encouragées par la perspective d'un dépistage plus efficace et de meilleurs résultats pour les personnes atteintes d'un cancer, et nous estimons qu'un solide enseignement des sciences à cet égard contribue à une compréhension plus complète du domaine complexe que constituent la recherche, le diagnostic et le traitement liés au cancer. Ce partenariat avec la Société canadienne du cancer est la preuve d'un engagement envers un enseignement des sciences pertinent ayant une incidence marquée, ici au Manitoba. J'espère que cette nouvelle ressource renforcera votre sensibilisation et votre capacité à prendre des décisions pour ce qui a trait aux soins de santé, en enrichissant vos connaissances techniques relatives à l'application des sciences en vue de satisfaire des besoins humains vitaux.

Je vous prie d'agréer, cher élèves, l'expression de mes meilleurs sentiments.

ŠÁ ħ ā d^Á^ÁC ā } &ccē } Éš^ÁccŌāi ^ ^}} ^c..
^dš^ÁccR^ } ^••^,

Ú^c!ÁŌĥ!}•{ }



Canadian Cancer Society
Société canadienne
du cancer

MANITOBA DIVISION

Le 23 juillet 2009

Chers élèves et enseignants du Manitoba,

La Division du Manitoba de la Société canadienne du cancer est heureuse de financer l'élaboration de ce programme d'études intéressant et informatif en physique médicale – *La santé et la radiophysique : ressource manitobaine pour le cours de Physique 12^e année* ainsi que son guide destiné aux enseignants. Le projet s'est révélé un partenariat et une collaboration fructueuse entre de nombreuses personnes et organismes, notamment des élèves et enseignants en physique qui ont aidé aux étapes pilotes, des conseillers pédagogiques en sciences du ministère de l'Éducation, de la Citoyenneté et de la Jeunesse, des experts en physique médicale d'Action Cancer Manitoba et du Centre de recherche de l'Hôpital général Saint-Boniface et notre personnel de la Division du Manitoba de la Société canadienne du cancer.

La Division du Manitoba de la Société canadienne du cancer a attribué à ce projet des fonds provenant de donateurs afin de démontrer son engagement envers l'enseignement public des sciences et le bien-être de tous les Manitobains. Notre mandat consiste à servir tous les citoyens du Manitoba qui courent le risque de développer le cancer et ceux qui en sont atteints. Nous avons investi dans ce projet, car il permet une connexion significative avec les jeunes adultes et parce que nous avons la conviction que des citoyens informés sont mieux en mesure de protéger leur propre santé et celle de leurs familles.

Nous croyons que l'information contenue dans cette ressource sur la physique suscitera de l'intérêt chez les élèves et leurs parents, car cette information constitue un excellent manuel de référence sur la technologie de l'imagerie, qui est cruciale pour une bonne partie des soins de santé. L'imagerie et la physique des rayonnements sont également un élément central dans l'expérience que connaissent les patients atteints de cancer.

Nous sommes fiers d'avoir été associés à ce projet et espérons que les élèves, les enseignants et les familles trouveront cette ressource informative et utile pour leur avenir.

Mark A. McDonald
Directeur général
Société canadienne du cancer, Division Manitoba

DIVISION OFFICE

193 Sherbrook Street
Winnipeg, Manitoba
R3C 2B7
Telephone: (204) 774-7483
Toll Free: 1-888-532-6982
Fax: (204) 774-7500
Email: info@mb.cancer.ca

President

Jack W. Murray

Executive Director

Mark A. McDonald

BRANDON OFFICE

415 First Street
Brandon, Manitoba
R7A 2W8
Telephone: (204) 571-2800
Toll Free: 1-888-857-6658
Fax: (204) 726-9403
Email: info.brandon@mb.cancer.ca

BUREAU DIVISIONNAIRE

193, rue Sherbrook
Winnipeg, Manitoba
R3C 2B7
Téléphone: (204) 774-7483
Sans Frais: 1-888-532-6982
Télécopieur: (204) 774-7500
Courriel: info@mb.cancer.ca

Président

Jack W. Murray

Directeur general

Mark A. McDonald

BUREAU DE BRANDON

415, rue First
Brandon, Manitoba
R7A 2W8
Téléphone: (204) 571-2800
Sans Frais: 1-888-857-6658
Télécopieur: (204) 726-9403
Courriel: info.brandon@mb.cancer.ca

Cancer Information Service

Service d'information

sur le cancer

1-888-939-3333

www.cancer.ca

table des matières

Tableau de corrélation avec le programme d'études de physique 12^e année du Manitoba.....	2
Chapitre 1 Technologie de diagnostic par rayonnement	3
Chapitre 2 Autres technologies de diagnostic.....	13
Chapitre 3 Effets du rayonnement sur le corps humain	17
Chapitre 4 Radiothérapie	21
Chapitre 5 Radioactivité	23
Chapitre 6 Autres applications du rayonnement	27
Annexe 1 Coordonnées utiles.....	29
Annexe 2 Documents d'appui.....	30
Annexe 3 Exemples d'évaluation finale	31

Tableau de corrélation avec le programme d'études de physique 12^e année du Manitoba

Sujet du chapitre	Résultat(s) d'apprentissage spécifique(s) visé(s)
1.2 Rayons X	4-9 Étudier l'application du rayonnement dans les techniques d'imagerie et de traitement médical.
1.3 Le spectre électromagnétique	4-4 Décrire les genres de rayonnement suivants : les rayons alpha, les rayons bêta et le rayonnement électromagnétique.
1.3 (a) Examens radiologiques	4-9 Étudier l'application du rayonnement dans les techniques d'imagerie et de traitement médical.
1.3 (b) Sources de rayonnement naturel	4-5 Comparer les sources et les caractéristiques du rayonnement ionisant et du rayonnement non ionisant.
1.4 Tomodensitométrie	4-9 Étudier l'application du rayonnement dans les techniques d'imagerie et de traitement médical.
1.5 Examen TEP	4-9 Étudier l'application du rayonnement dans les techniques d'imagerie et de traitement médical.
2.2 IRM	4-9 Étudier l'application du rayonnement dans les techniques d'imagerie et de traitement médical.
2.3 Ultrason	4-8 Décrire les effets du rayonnement ionisant et non ionisant sur le corps humain.
2.4 Lavement baryté et coloscopie	4-9 Étudier l'application du rayonnement dans les techniques d'imagerie et de traitement médical.
2.5 Isotopes médicaux	4-1 Décrire le modèle nucléaire de l'atome. 4-5 Comparer les sources et les caractéristiques du rayonnement ionisant et du rayonnement non ionisant.
2.6 Comparaison des technologies de diagnostic	4-9 Étudier l'application du rayonnement dans les techniques d'imagerie et de traitement médical.
3.2 Rayonnement non ionisant	4-5 Comparer les sources et les caractéristiques du rayonnement ionisant et du rayonnement non ionisant.
3.3 Rayonnement ionisant	4-4 Décrire les genres de rayonnement suivants : les rayons alpha, les rayons bêta et le rayonnement électromagnétique.
3.4 Effets somatiques	4-8 Décrire les effets du rayonnement ionisant et non ionisant sur le corps humain.
3.5 Effets génétiques	4-8 Décrire les effets des rayonnements ionisant et non ionisant sur le corps humain.
3.6 Les unités de mesure	4-8 Décrire les effets du rayonnement ionisant et non ionisant sur le corps humain.
4.2 Historique de la radiothérapie	4-9 Étudier l'application du rayonnement dans les techniques d'imagerie et de traitement médical.
4.3 Thérapie radio-isotopique	4-9 Étudier l'application du rayonnement dans les techniques d'imagerie et de traitement médical.
4.4 (a) Méthodes internes : la curiethérapie	4-9 Étudier l'application du rayonnement dans les techniques d'imagerie et de traitement médical.
4.4 (b) Méthodes internes : la radiothérapie systémique	4-9 Étudier l'application du rayonnement dans les techniques d'imagerie et de traitement médical.
4.5 Méthodes externes : la téléthérapie	4-9 Étudier l'application du rayonnement dans les techniques d'imagerie et de traitement médical.
4.6 Le couteau gamma	4-9 Étudier l'application du rayonnement dans les techniques d'imagerie et de traitement médical.
5.2 Historique de la radioactivité	4-2 Définir la radioactivité comme un changement nucléaire qui produit de l'énergie.
5.3 Modèle nucléaire de l'atome	4-1 Décrire le modèle nucléaire de l'atome.
5.4 Désintégration radioactive	4-2 Définir la radioactivité comme un changement nucléaire qui produit de l'énergie.
5.5 Période radioactive	4-3 Effectuer des calculs de désintégration au moyen de nombres entiers de période radioactive.
5.6 Unités de mesure	4-2 Définir la radioactivité comme un changement nucléaire qui produit de l'énergie.
6.2 (a) Applications du rayonnement ionisant : la stérilisation	4-7 Décrire des applications du rayonnement ionisant.
6.2 (b) Application du rayonnement ionisant : l'exploration gamma	4-7 Décrire des applications du rayonnement ionisant.
6.3 (a) Applications du rayonnement non ionisant : les lits de bronzage	4-6 Décrire des applications du rayonnement non ionisant.
6.3 (b) Applications du rayonnement non ionisant : les communications	4-6 Décrire des applications du rayonnement non ionisant.
6.3 (c) Applications du rayonnement non ionisant : les fours à micro-ondes	4-6 Décrire des applications du rayonnement non ionisant.

chapitre 1

Technologie de diagnostic par rayonnement

Connaissances antérieures : nous avons présenté le modèle atomique de Bohr dans le cadre du cours de sciences 9^e année. De même, nous avons présenté les quatre forces fondamentales dans le cours de physique 11^e année. Les élèves devraient se souvenir de la formule mettant en relation la vitesse, la fréquence et la longueur d'onde vue au cours de physique 11^e année ($v = \lambda f$), ainsi que des unités de mesure de la fréquence (Hertz).

Termes à connaître : la liste de termes importants présentée ci-dessous est davantage exhaustive que celle présentée à la fin du chapitre du guide de l'élève. Les enseignants peuvent utiliser l'une ou l'autre liste dans le cadre d'une stratégie d'activation des connaissances — en invitant les élèves à créer un organigramme ou un cadre de concepts — ou pour revoir les concepts.

Il est à noter que cette liste de termes ne doit pas servir de liste de mémorisation ou à fournir des listes de définitions. Elle doit aider l'enseignant à intégrer les nouveaux concepts et les nouveaux termes aux activités d'apprentissage.

désintégration alpha	hémorragie
particule alpha	Hertz (Hz)
arthrographie	zone chaude
atténuation	isotope
bénin	mammogramme
désintégration bêta	mammographie
particule bêta	rayons N
calcification	examen TEP (tomographie par émission de positrons)
tube cathodique	photon
tomodensitométrie	positron
tomodensitomètre	rayonnement
zone froide	radiographie
densité	radiopharmaceutique
rayonnement électromagnétique	indicateur radioactif
spectre électromagnétique	lésion sous-durale
onde électromagnétique	tomographe
électron	tomographie
électron-volt (eV)	transmutation
fréquence	tumeur
rayon gamma	longueur d'onde
radioprotection	rayon X
	rayonnement UV

Sommaire du chapitre : dans ce chapitre nous présentons le concept de rayons X et les trois types de technologie de diagnostic qui utilisent les rayons X : la tomographie par émission de positrons (examen TEP), la tomodensitométrie et la machine à rayons X. Nous passons brièvement en revue le spectre électromagnétique.

Feuilles reproductibles et agrandissements d'images : vous trouverez à la fin de cette série de réponses et de solutions aux questions du chapitre 1 des agrandissements d'images tirées du guide de l'élève prêtes à être projetées ou photocopiées.

Page 3 | L'atténuation tissulaire

La quantité de lumière qui traverse une simple couche de papier mince dépend de l'épaisseur du papier et de l'intensité du faisceau. L'épaisseur du papier mince s'apparente à la densité des tissus humains (pour les rayons X), et l'intensité du faisceau de la lampe de poche, au niveau énergétique des rayons X : plus les rayons sont intenses (ou de niveau énergétique élevé), plus ils traversent les tissus (ce qui ne signifie pas nécessairement que des rayons d'intensité supérieure produisent une image claire des tissus!). On doit s'attendre à ce qu'une quantité moindre de lumière traverse la double épaisseur de papier mince. Plus le matériel est dense, moins le faisceau lumineux peut le traverser. De façon similaire, plus un tissu du corps est dense, moins les rayons X peuvent le traverser et plus la zone concernée apparaît foncée sur la radiographie.

1 Calcule la longueur des ondes de radiofréquence émises par une station radio FM qui diffuse à une fréquence de 88 MHz.

Les élèves devraient se souvenir de la formule $v = \lambda f$.
Calcul de λ ... $\lambda = v/f = (343 \text{ m/s})/(88\,000\,000 \text{ Hz}) = 3.90 \times 10^{-6} \text{ m}$

2 Quelle est la différence entre les rayons X « mous » et les rayons X « durs » (mentionnés à la figure 1-2)?

Les rayons X mous possèdent une énergie plus faible et une longueur d'onde plus grande que les rayons X durs, d'énergie plus élevée et de longueur d'onde plus courte. Les rayons X dont l'énergie varie entre 10 keV et quelques centaines de keV sont considérés comme des rayons X durs. Les rayons X mous ont une énergie inférieure à 10 keV.

3 Quelle est la longueur d'onde utilisée par les téléphones cellulaires par comparaison à celle des rayons gamma utilisés pour les examens TEP? Laquelle a le niveau d'énergie le plus élevé?

La longueur d'onde utilisée par les téléphones cellulaires est d'environ 0,3 mètre, et leur fréquence varie entre 800 et 900 MHz. Les différentes compagnies de téléphonie cellulaire utilisent différentes « bandes » ou plages de fréquences. Les tomographes par émission de positrons utilisent le rayonnement gamma (γ) de longueur d'onde inférieure à 10 picomètres (1 picomètre = 10^{-12} mètres) et dont la fréquence oscille entre 10^{18} et 10^{21} Hz. L'énergie associée au rayonnement gamma est supérieure à celle utilisée par les téléphones cellulaires.

4 Quelle est la différence entre le rayonnement ultraviolet A (UVA) et le rayonnement ultraviolet B (UVB)?

La longueur d'onde de l'UVA, parfois appelé l'« ultraviolet long », varie entre 315 et 400 nm. Celle de l'UVB, aussi appelé rayonnement ultraviolet de longueurs d'onde moyennes, varie entre 280 et 315 nm. L'UVA est considéré comme le moins dangereux des trois types de rayonnement UV car son énergie est moindre et sa longueur d'onde est supérieure à celle de l'UVB. L'énergie supérieure et les longueurs d'onde plus courtes des UVB peuvent causer des coups de soleil et endommager le collagène. L'UVA peut causer des dommages à l'ADN, mais seulement de manière indirecte. Du fait de sa longueur d'onde supérieure, l'UVA est moins absorbé par la peau, mais peut tout de même en accélérer le vieillissement et provoquer l'apparition de rides.

5 Quelle est la différence entre les ondes acoustiques audibles et l'ultrason?

L'ultrason implique l'émission d'un cycle sonore répété d'une fréquence de 20 kHz, donc supérieure à celle des vibrations perceptibles par l'oreille humaine. Ce cycle sonore peut être réfléchi par les objets et est utilisé en sonographie pour la production d'images. L'humain peut percevoir un son dont la fréquence varie entre 20 Hz (une note très grave) et une valeur légèrement au-dessous de 20 kHz. La plage de fréquences perceptibles varie d'une personne à l'autre, les plus jeunes ayant généralement la capacité de percevoir un éventail de sons plus large ainsi que des fréquences supérieures et inférieures.

Page 4 | « analyse des radiographies » (voir la page suivante pour l'analyse des radiographies)

Voici neuf radiographies de différentes parties du corps humain. Imagine que tu es le technicien en radiologie chargé d'analyser chacune de ces radiographies ou d'éclairer le médecin traitant. Vois-tu quelque chose d'anormal dans l'une ou l'autre de ces radiographies? Que pourraient indiquer les zones anormales? Pourquoi certaines zones sont-elles plus claires? Pour chacune des radiographies, déterminez en petits groupes si les différences de clarté sont davantage attribuables à la densité, à l'épaisseur ou à la nature des tissus (coefficient d'atténuation).

En général, sur chacun de ces clichés radiologiques, les tissus plus denses sont indiqués par des zones plus sombres. Les images plus claires sont celles de tissus ou d'os moins denses ou celles améliorées au moyen d'un indicateur radioactif.

Page 5 | « Enquête »

Pourquoi utilise-t-on l'iode plutôt que toute autre substance pour les arthrographies? À quoi le terme calcification fait-il référence?

On utilise l'iode pour les arthrographies car il s'agit d'un colorant soluble à la fois dans l'air et dans l'eau. L'arthrographie est l'examen radiologique d'une articulation dans laquelle on a injecté ou non un fluide. L'iode est donc une substance appropriée en raison de sa solubilité : il est aussi peu coûteux. La calcification est le durcissement des tissus attribuable à des dépôts de calcium. Elle est visible à la radiographie.

Page 5 | « Question »

Observe que l'articulation du poignet de la figure 1-13 est plus claire que les articulations des doigts. Qu'est-ce que cela signifie du point de vue de la densité comparative des os ou de l'épaisseur des tissus osseux?

Les zones claires d'une radiographie indiquent la présence de tissus moins denses. La radiographie indique donc que l'articulation du poignet de cette personne est soit moins dense ou moins épaisse que les articulations de ses doigts.

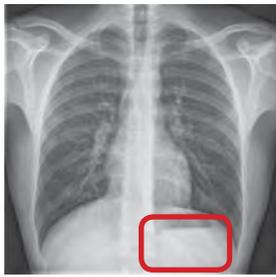


Figure 1-4

Figure 1-4 (thorax) : la radiographie ne montre aucune fracture. La zone ombragée en bas à droite du cliché pourrait faire l'objet d'un examen plus poussé — une zone sombre est associée à une densité supérieure et peut indiquer la présence d'une tumeur.

Figure 1-5 (molaires) : racines saines et absence de zones claires associées aux obturations.

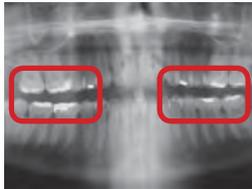


Figure 1-5/1-6

Figure 1-6 (cliché panoramique dentaire) : racines d'apparence saines mais présence évidente d'obturations sur les dents supérieures et inférieures (taches claires).

Figure 1-7 (avant-bras) : cette radiographie confirme l'existence d'une fracture au radius et au cubitus de l'avant-bras (fractures nettes!). Nota : il serait intéressant pour les élèves de comparer les figures 1-7 et 1-13. Il s'agit dans les deux cas de radiographies du poignet, mais si les os sont très clairement visibles à la figure 1-13, ils ne le sont pas à la figure 1-7, qui est celle du poignet d'un enfant tandis que la figure 1-13 montre le poignet d'un adulte. L'enseignant peut souligner que les os du poignet de l'enfant ne sont pas encore formés et qu'il s'agit encore surtout de cartilage.



Figure 1-7

Figure 1-8 (genoux) : la coloration est presque partout la même à l'exception d'une tache claire en haut à gauche — s'agirait-il d'une calcification? (Expliquer aux élèves que la calcification est l'accumulation dans les tissus mous de dépôts de calcium qui en causent le durcissement.)

Figure 1-9 (avant-bras) : cette radiographie montre un avant-bras fracturé sur lequel on a fixé une tige avec des vis.

Figure 1-10 (côlon) : la radiographie ne montre aucune modification évidente de la coloration du côlon (à la droite de l'image). La partie gauche de l'image montre la colonne vertébrale du patient — pas de fracture!



Figure 1-8

Figure 1-11 (crâne) : l'image ne montre aucune fracture de la boîte crânienne. Les élèves pourraient demander ce qu'est la zone claire au centre de l'image. Le patient a ingéré un produit de contraste qui est entré dans la circulation sanguine et qui sert à indiquer le flux sanguin dans le cerveau au cours d'une IRM fonctionnelle.

Figure 1-12 (sein) : sur cette image, le cercle clair indique la présence d'une calcification (comme pour l'image 1-8) ou d'une tumeur. D'autres examens, comme une biopsie (chirurgie servant à prélever des tissus de la zone), seront nécessaires pour obtenir un diagnostic plus précis. On se sert aussi de l'ultrason pour déterminer si ce type de structure est rempli de liquide ou s'il s'agit d'une masse solide.



Figure 1-9



Figure 1-10

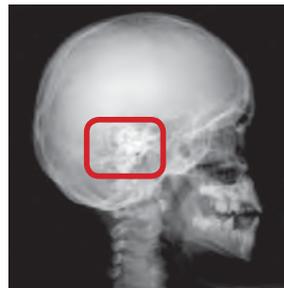


Figure 1-11

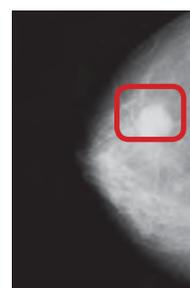


Figure 1-12



activité

Indicateurs radioactifs et examens TEP

Diviser la classe en quatre groupes et assigner à chacun des groupes l'une des questions ci-dessous. Inviter les membres de chaque groupe à prendre des notes pour se préparer à expliquer les différents concepts.

1. Comment produit-on chacun des quatre indicateurs radioactifs utilisés pour les examens TEP? Quel(s) pays les produit (ou les produisent)?
2. Si l'examen s'appelle tomographie par émission de positrons, pourquoi le tomographe détecte-t-il les rayons gamma plutôt que l'émission de positrons?
3. Les techniciens qui examinent les tomographies recherchent les « zones chaudes » ainsi que les zones d'inactivité, ou « zones froides » (zones de couleur bleue ou verte). La présence de zones chaudes (zones rouges ou orange) peut être le signe de quelles fonctions organiques ou maladies autres que le cancer? Quels types de fonctions organiques ou de maladies la présence de zones froides révèle-t-elle au technicien?
4. Deux photons par désintégration atomique sont émis et viennent frapper les détecteurs montés sur les côtés linéairement opposés de l'anneau qui entoure le patient dans le tomographe par émission de positrons. Comment la conservation de la quantité de mouvement permet-elle d'expliquer le mouvement de ces deux photons?

Lorsque chaque groupe aura terminé sa recherche et pris ses notes, inviter les élèves à former de nouveaux groupes de quatre personnes.

Chacun des nouveaux groupes ne doit compter qu'un seul élève d'un même ancien groupe, ainsi chacun des élèves du groupe aura une réponse pour l'une des quatre questions.

Page 6 | « mammographie et solutions de rechange »

Que signifie un résultat de mammographie positif? (Un cancer? Un dépôt de calcium? Une tumeur bénigne? (Que signifie le terme bénin?) Quelque chose d'autre? Toutes ces réponses?)

Un résultat de mammographie positif signifie que la radiographie montre une anomalie. Toute anomalie doit faire l'objet d'analyses plus poussées pour déterminer s'il s'agit d'une calcification, d'une tumeur bénigne, d'une tumeur maligne (cancéreuse) ou simplement d'un artéfact.

Quels autres types d'épreuves diagnostiques pourraient être utilisés pour confirmer ou infirmer les résultats d'examen positifs?

Parmi les autres techniques utilisées pour confirmer ou infirmer des résultats d'examen positifs, mentionnons la biopsie, qui consiste à effectuer un prélèvement chirurgical de l'anomalie ou de la tumeur aux fins d'analyse. Le médecin peut prescrire d'autres examens diagnostiques comme une tomodensitométrie ou une IRM afin d'obtenir une meilleure image de l'anomalie aux fins d'analyse.

Trouve et compare les taux de cancer du sein chez les hommes et les femmes d'âge similaire. Sont-ils identiques ou différents? Pourquoi?

Selon la Société canadienne du cancer, 22 400 femmes allaient recevoir un diagnostic de cancer du sein en 2008, et environ 5 300 d'entre elles allaient en mourir (Société canadienne du cancer, 2008). Environ 170 hommes allaient recevoir un diagnostic de cancer du sein, et 50 d'entre eux allaient en mourir. Inviter les élèves à consulter le site Web de la Société à www.cancer.ca pour jeter un coup d'œil aux statistiques provinciales et nationales sur le cancer du sein. Tout comme les femmes, les hommes ont aussi des tissus mammaires et peuvent développer un cancer du sein, même si cela est rare. Le taux de cancer du sein chez les hommes est toutefois bien inférieur à celui observé chez les femmes. Les experts attribuent une telle différence au fait que les hommes ne possèdent pas les tissus mammaires proprement dits dans lesquels se développent principalement les tumeurs chez les femmes. Par exemple, chez les femmes, les cellules cancéreuses peuvent se développer dans les conduits (c'est ce que l'on appelle un carcinome canalaire in situ) ou dans les lobules (carcinome lobulaire in situ). Le carcinome canalaire in situ est le type le plus courant de cancer du sein. La complexité hormonale de la physiologie féminine pourrait aussi favoriser de manière indirecte le développement du cancer, bien qu'il n'existe aucune preuve à pareil égard.

Page 9 | « Activité : rayons X et tomodensitométrie — les LIENS »

De nombreuses réponses sont possibles.

« Activité : indicateurs radioactifs et examens TEP — Stratégie Jigsaw »

1. Comment produit-on chacun des quatre indicateurs radioactifs utilisés pour les examens TEP? Quel(s) pays les produit (ou les produisent)?

L'oxygène-15 (¹⁵O), l'azote-13 (¹³N), le carbone-11 (¹¹C) et le fluor-18 (¹⁸F) sont tous produits à partir du même procédé général. On utilise un « minicyclotron » (de la taille d'une pièce) pour accélérer des ions hydrogène négatifs et leur transmettre une grande quantité d'énergie. Une fois les niveaux énergétiques optimaux atteints, les ions hydrogène sont projetés à travers des filtres de carbone pour les débarrasser de leurs électrons. Ils sont ainsi convertis en un faisceau de protons qui peut être orienté vers une cible donnée. Cette cible est généralement une forme stable de l'isotope désiré.

L'oxygène-15 a une période radioactive de moins de deux minutes; l'azote-13 a une période radioactive de moins de dix minutes; le carbone-11 a une période radioactive de moins de 20 minutes; le fluor-18 a une période radioactive de moins de deux heures.

On utilise de l'eau contenant de l'oxygène-15 (l'isotope radioactif de l'oxygène) comme traceur du débit sanguin. Le fluor-18 est généralement ajouté à de l'eau sucrée et utilisé pour analyser l'activité cérébrale et les tumeurs cancéreuses. On utilise souvent de l'ammoniaque renfermant de l'azote-13 pour les examens cardiaques.

Le tomographe par émission de positrons de définition la plus élevée se trouve au Berkeley Labs, en Californie, là où le premier cyclotron a été créé. Le Canada compte plus d'une dizaine d'établissements dotés d'un tomographe par émission de positrons et d'un cyclotron utilisés pour la production des indicateurs radioactifs utilisés avec cette technologie. Les isotopes émetteurs de positrons utilisés pour les examens TEP ont une période radioactive très courte et sont de préférence produits sur place au moyen d'un cyclotron. Si l'établissement ne possède pas de cyclotron, une durée de transport maximale de quelques heures seulement peut être tolérée.

LE GRAND DÉBAT Les patients devraient-ils avoir le droit de choisir?



En te basant sur les points de vue divergents présentés dans ce chapitre, demande-toi comment tu réagirais si tu devais décider de subir ou non certains de ces examens diagnostiques. Si cela était possible, exigerais-tu de subir des examens qui n'utilisent pas le rayonnement ionisant? Justifie ta réponse. Accepterais-tu de subir des examens utilisant le rayonnement si c'était la seule façon d'obtenir une image précise permettant d'établir un bon diagnostic? Les avantages associés aux technologies utilisant le rayonnement l'emportent-ils sur les risques qui leur sont associés? Ce type de service de soins de santé devrait-il être gratuit, ou les patients devraient-ils payer des frais additionnels pour des examens diagnostiques et des traitements qui risquent de s'avérer coûteux? Prépare-toi à justifier ta réponse.

L'enseignant peut diviser la classe en deux groupes d'opinion contraire qui devront défendre ou réfuter l'énoncé suivant :

« Les patients devraient avoir le droit de refuser le recours aux technologies de diagnostic par rayonnement. Et s'ils ont le droit de choisir la technique de diagnostic qui leur convient, alors ils devraient aussi en assumer les frais. »

2. Si l'examen s'appelle tomographie par émission de positrons, pourquoi le tomographe détecte-t-il les rayons gamma plutôt que l'émission de positrons?

Le positron est la particule d'antimatière de l'électron. Sa masse est la même, mais sa charge est de +1. La tomographie par émission de positrons utilise un indicateur radioactif qui se désintègre en émettant une particule bêta plus (un positron) et des rayons gamma. Bien que le processus implique la création de positrons, la technologie utilisée (le tomographe par émission de positrons) détecte l'émission de rayons gamma due à la désintégration de l'indicateur radioactif.

3. Les techniciens qui examinent les tomographies recherchent les « zones chaudes » ainsi que les zones d'inactivité, ou « zones froides » (zones de couleur bleue ou verte). La présence de zones chaudes (zones rouges ou orange) peut être le signe de quelles fonctions organiques ou maladies autres que le cancer? Quels types de fonctions organiques ou de maladies la présence de zones froides révèle-t-elle au technicien?

Les examens TEP servent à analyser le fonctionnement ou l'activité du cerveau. Les indicateurs radioactifs utilisés s'accumulent dans les zones actives. Ainsi, les zones chaudes peuvent indiquer des zones d'activité intense où une grande quantité d'énergie sert à la production de cellules cancéreuses.

Mais ils peuvent aussi indiquer des zones d'activité cérébrale intense. Les chercheurs peuvent s'en servir pour déterminer le niveau d'activité de différentes parties du cerveau par exemple lorsqu'une personne effectue des calculs mathématiques, ou pour déterminer quelles parties du cerveau sont associées à la parole. À l'inverse, les zones froides peuvent indiquer un manque d'activité cérébrale. Les chercheurs qui étudient la maladie d'Alzheimer ont utilisé les examens TEP pour déterminer quelles parties du cerveau ne fonctionnent plus chez les patients atteints de cette maladie.

4. Deux photons par désintégration atomique sont émis et viennent frapper les détecteurs montés sur les côtés linéairement opposés de l'anneau qui entoure le patient dans le tomographe par émission de positrons. Comment la conservation de la quantité de mouvement permet-elle d'expliquer le mouvement de ces deux photons?

En vertu de la loi de la conservation du mouvement, la quantité de mouvement totale d'un système demeure constante. La quantité de mouvement totale de l'isotope avant la désintégration est égale à la quantité de mouvement totale des deux photons émis après la désintégration. Les deux photons se déplacent dans des directions opposées et viennent frapper des détecteurs linéairement opposés : comme ils se déplacent suivant des directions opposées mais avec une quantité de mouvement égale, la quantité de mouvement totale est égale à zéro. La quantité de mouvement totale doit être égale à zéro après la désintégration car, avant la désintégration, la quantité de mouvement totale de l'isotope est de zéro.

« Activité : le grand débat — Les patients devraient-ils avoir le droit de choisir? »

De nombreuses réponses sont possibles.

Questions additionnelles pour le chapitre 1

1. Comment un atome s'ionise-t-il?
2. Définis le rayonnement non ionisant.
3. Donne des exemples de rayonnement non ionisant.
4. Donne des exemples de rayonnement ionisant.
5. Le rayonnement infrarouge a-t-il un effet sur la santé humaine? Justifie ta réponse.
6. Les micro-ondes causent-elles des brûlures aux tissus profonds? Justifie ta réponse.
7. Quels sont les trois types de rayonnement UV?
8. Quel type de rayonnement UV est le plus dommageable à la santé humaine au cours de l'exposition au soleil?
9. Quel type de rayonnement UV favorise le plus le vieillissement de la peau?
10. Les écrans solaires protègent-ils contre les trois types de rayonnement UV? Justifie ta réponse.
11. Définis le rayonnement ionisant.
12. Explique le rapport entre ces particules et le rayonnement ionisant : particules alpha, particules bêta et neutrinos.
13. Le rayonnement ionisant est-il dommageable pour l'humain? De quelle manière?
14. Définis le rayonnement gamma.
15. Comment peux-tu déterminer mathématiquement la quantité de rayonnement gamma qu'absorbera une substance donnée?

LE SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

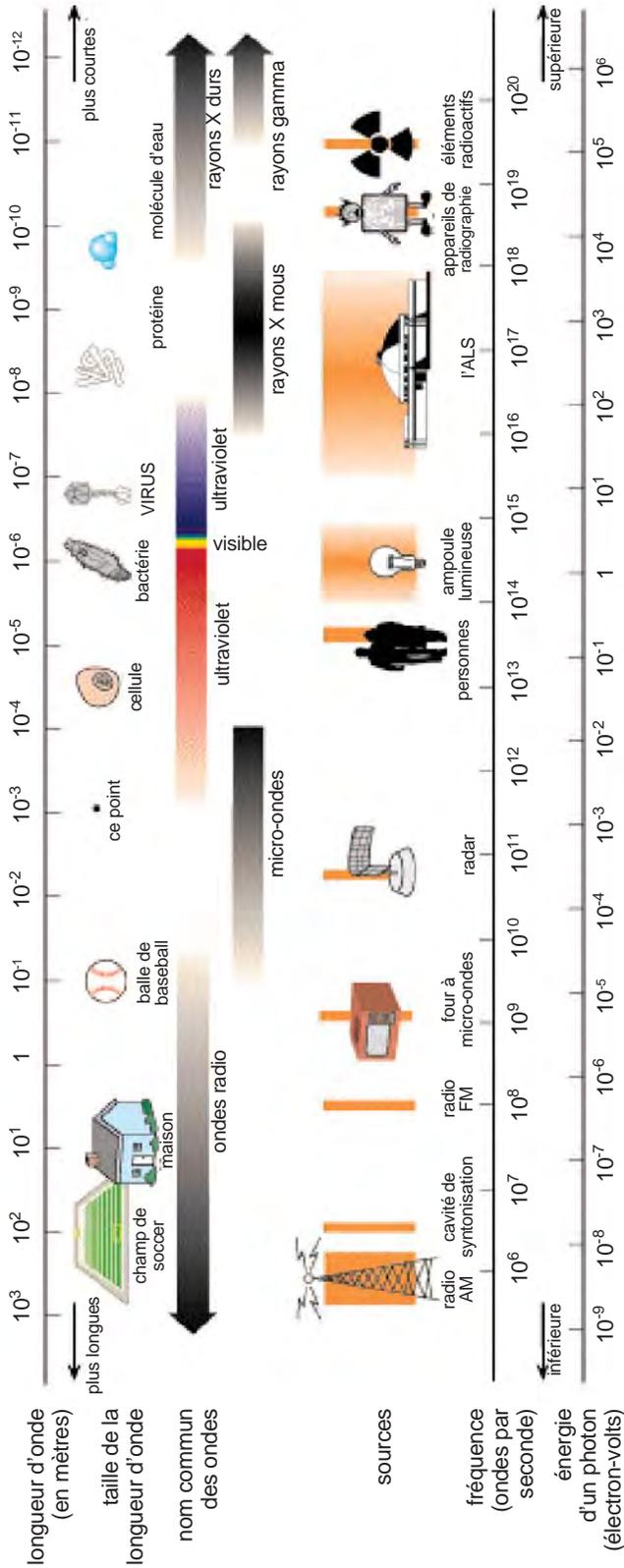




Figure 1-4 agrandissement

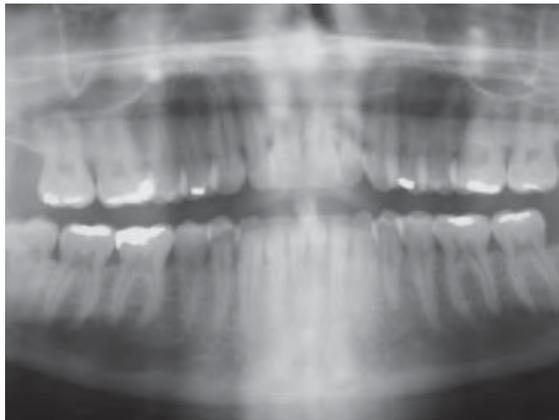


Figure 1-5 /1-6 agrandissement



Figure 1-7 agrandissement

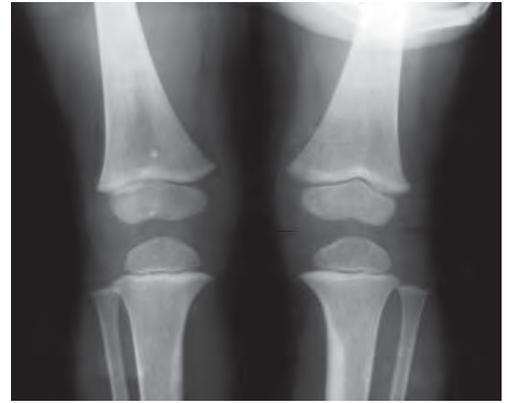


Figure 1-8 agrandissement



Figure 1-9 agrandissement



Figure 1-10 agrandissement

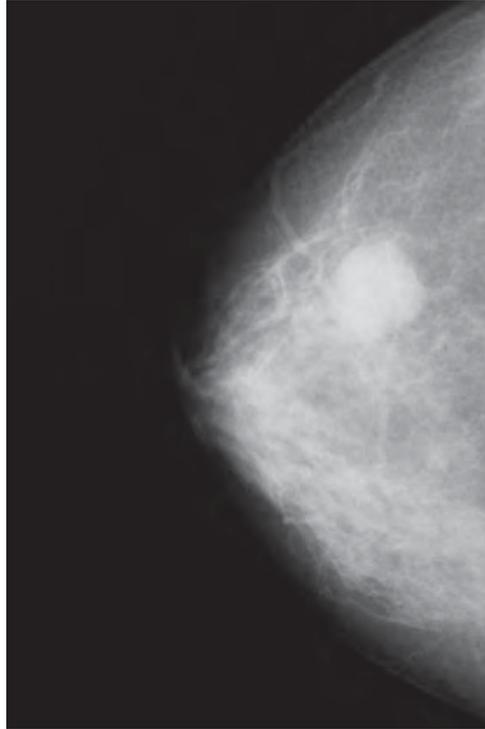


Figure 1-12 agrandissement



Figure 1-11 agrandissement



L'image en l'occurrence ici est une « murale » dans l'enceinte d'une école à Pripjat en Ukraine. La photo était prise en 2003 par David McMillan, un professeur des beaux-arts à Winnipeg, qui aime documenter le « retour à la nature » de l'univers construit par l'humain à l'intérieur et autour de la centrale nucléaire de Tchernobyl. La zone dite d'exclusion de 30 km autour de la cité des sciences de Pripjat est encore radioactive et ne pourra pas être habitable dans un avenir prévisible. C'est une bonne occasion d'évaluer les avantages et les risques d'exploiter une centrale nucléaire sans les mesures de protection nécessaires contre les rejets d'isotopes radioactifs. Vous pouvez trouver bon nombre d'autres images et de commentaires sur Internet à l'adresse suivante :

home.cc.umanitoba.ca/~dmcmill/index.html.

chapitre 2

Autres technologies de diagnostic

Connaissances antérieures : nous avons présenté le modèle atomique de Bohr dans le cadre du cours de sciences 9^e année. De même, nous avons présenté les quatre forces fondamentales dans le cours de physique 11^e année. Les élèves devraient se souvenir de la formule mettant en relation la vitesse, la fréquence et la longueur d'onde vue au cours de physique 11^e année ($v = \lambda f$), ainsi que des unités de mesure de la fréquence (Hertz). Dans ce chapitre, les connaissances qualitatives antérieures relatives au magnétisme sont importantes.

Termes à connaître : la liste ci-dessous et celle présentée à la fin du chapitre renferment les termes importants. Les enseignants peuvent utiliser cette liste dans le cadre d'une stratégie d'activation des connaissances — en invitant les élèves à créer un organigramme ou un cadre de concepts — ou pour revoir les concepts.

Il est à noter que cette liste de termes ne doit pas servir de liste de mémorisation ou à fournir des listes de définitions. Elle doit aider l'enseignant à intégrer les nouveaux concepts et les nouveaux termes aux activités d'apprentissage.

numéro atomique	baryum
cobalt-60	côlon
coloscopie	effet Doppler
champ électromagnétique	endoscope
lavement	fibre optique
gadolinium	gène Haxe 1
isotope	imagerie par résonnance magnétique (IRM)
champ magnétique	nombre de masse
bobine de radiofréquence	radium
transducteur	ultrason

Sommaire du chapitre : dans ce chapitre nous présentons les technologies de diagnostic qui n'utilisent pas le rayonnement, comme l'imagerie par résonnance magnétique (IRM) et l'ultrason. Nous décrivons brièvement le rôle du Canada dans la production des isotopes associés aux technologies de diagnostic par rayonnement.

Documents reproductibles et agrandissements d'images : vous trouverez à la fin de cette série de réponses et de solutions aux questions du chapitre 2 des agrandissements d'images tirées du guide de l'élève prêtes à être projetées ou photocopiées.

Page 14 | « Enquête et approfondissement »

1. Pourquoi le gadolinium est-il utilisé comme produit de contraste pour les examens IRM? Pourquoi ne pas utiliser le baryum ou le cobalt?

Pour répondre à ces questions, les élèves peuvent lancer des recherches sur le Web à partir d'expressions comme « gadolinium et produit de contraste » ou « baryum et produit de contraste ».

Le gadolinium est un produit de contraste administré par voie intraveineuse. Comme il reste dans les vaisseaux sanguins, il permet de distinguer très clairement les artères, les veines et tout épanchement sanguin sur les clichés d'IRM.

Le gadolinium est éliminé par les reins, et sa période radioactive est d'une heure à une heure et demie. S'il est vrai qu'il est possible d'effectuer les examens IRM sans produit de contraste, le gadolinium n'en produit pas moins des images beaucoup plus détaillées et de définition supérieure qui facilitent le diagnostic.

Le baryum est utilisé comme produit de contraste pour les examens du tube digestif, mais il ne peut être administré sans danger par voie intraveineuse. On l'utilise sous forme de liquide épais pour enduire la paroi du tube digestif.

À la radiographie, il permet de déceler toute bosse ou autre anomalie. Le cobalt-60 est utilisé en radiothérapie car sa période radioactive est supérieure à celle du gadolinium. Les indicateurs radioactifs comme le cobalt-60 doivent avoir une période radioactive de courte durée pour que cesse rapidement le rayonnement après l'examen, ce qui permet au patient de retourner chez lui en toute sécurité.

activité 1

Pièce de théâtre

Formez un groupe de trois ou quatre personnes.

Inventez une pièce de théâtre illustrant le déroulement de l'une des épreuves diagnostiques étudiées en respectant les lignes directrices suivantes :

1. vous devez utiliser correctement la terminologie présentée aux chapitres précédents;
2. vous devez accorder à chacun des membres du groupe un temps égal sur la scène;
3. vous devez expliquer dans une partie de la pièce les répercussions **au niveau atomique** de l'épreuve diagnostique choisie;
4. vous devez intégrer les termes suivants à la pièce : isotope, masse atomique, spectre électromagnétique, rayons gamma et positron.

La pièce sera notée en fonction de l'exactitude scientifique et de la clarté des éléments d'information présentés, du degré de créativité et du respect des lignes directrices énumérées ci-dessus.



2. Avec un camarade de classe, dresse la liste des caractéristiques générales d'un isotope qui constituerait un « bon » choix pour la réalisation d'épreuves diagnostiques.

Il existe de nombreuses réponses possibles. En voici quelques-unes : période radioactive de courte durée; effets secondaires nocifs minimes, voire nuls; production d'images claires.

3. Pourrait-on utiliser le gadolinium pour les examens TEP? Justifie ta réponse.

Le gadolinium est un élément ferromagnétique utile comme produit de contraste mais qui ne peut servir d'indicateur radioactif pour les examens TEP, pour lesquels on utilise plutôt des isotopes de l'oxygène, de l'azote, du carbone et du fluor. Ces isotopes sont utilisés en raison de leur période radioactive extrêmement courte et parce qu'ils peuvent circuler dans l'organisme et s'accumuler dans les régions qui utilisent de grandes quantités d'énergie (glucose). Le gadolinium ne peut indiquer le degré d'activité cérébrale car il demeure dans les vaisseaux sanguins. Il pourrait servir aux examens TEP si le technicien tentait d'examiner le débit sanguin (ou la coagulation sanguine) dans le cerveau.

Page 16 | « Activité sur Internet : The Visible Human Project »

L'enseignant pourra consulter ce site Web avant de le proposer aux élèves. Il est aussi possible d'adopter une approche axée sur la découverte au cours de laquelle enseignant et élèves explorent ensemble le site en question. Les trois liens proposés à la fin de cette activité offrent de bons points de départ pour des explorations guidées.

Page 18 | « Activité : schéma conceptuel »

À partir des termes présentés à l'activité 3, crée un schéma conceptuel sur le thème du RAYONNEMENT (à l'image d'une toile illustrant les liens entre les différents concepts).

De nombreuses réponses sont possibles.

« Activité 1 : pièce de théâtre »

De nombreuses réponses sont possibles.

« Activité 2 : cadre de comparaison : tomодensitométrie et examens TEP »

En quoi la tomодensitométrie et l'examen TEP sont-ils similaires? En quoi la tomодensitométrie et l'examen TEP sont-ils différents?

De nombreuses réponses sont possibles. Voici quelques exemples de similarités : les deux peuvent utiliser des indicateurs radioactifs; les deux servent à analyser les organes et les tissus internes. Voici un exemple de différence : les examens TEP servent à examiner l'activité cérébrale (l'énergie utilisée par les différentes parties du cerveau), alors que la tomодensitométrie sert en plus à examiner le fonctionnement d'autres parties du corps.

« Activité 3 : cadre de tri et de prédiction »

Lis la liste de termes que voici puis regroupe les termes sous quatre catégories différentes. Choisis soigneusement le nom de chacune des catégories. En ce qui concerne la quatrième catégorie, efforce-toi de trouver un nom auquel aucun de tes camarades de classe n'aura songé. Essaie de faire preuve d'originalité!

De nombreuses réponses sont possibles.

« Activité 4 : tomодensitométrie et IRM : exploration en ligne »

Va sur le site The Visible Human Project® et procède à l'exploration détaillée d'une région ou d'une partie précise du corps qui t'intéresse. Tu peux choisir un « sujet virtuel » de sexe masculin ou féminin. L'exercice a pour but d'établir l'état actuel de la recherche par rapport au domaine d'intérêt choisi : quelle est la fonction de la zone observée, quelles sont les dimensions de ses structures, quelles seraient les différences de densité des tissus si tu devais produire des images de la zone en question? Trouve une manière intéressante de communiquer tes résultats à tes camarades de classe.

Adresse URL : http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html

De nombreuses parties du corps humain ont déjà été étudiées dans le cadre du projet The Visible Human Project. Diviser la classe en groupes et demander à chacun d'eux de faire une recherche sur une partie du corps. Inviter les élèves à présenter les résultats de leurs recherches selon l'approche « Jigsaw », ou par des exposés devant la classe. Noter que la page 16 du guide de l'élève comporte des exemples de régions du corps que les élèves peuvent explorer sur le site.

activité 2

Cadre de comparaison : tomодensitométrie et examens TEP

Parfois, les termes essentiels utilisés dans ce module sont très similaires. Voilà donc une invitation à aller au-delà de la simple définition pour expliquer en quoi les mots sont similaires et en quoi ils diffèrent. Reproduis le tableau ci-dessous en format élargi puis réponds aux questions.

Similarités : En quoi la tomодensitométrie et l'examen TEP sont-ils semblables?

Tomодensitométrie	Examen TEP

Différences : En quoi la tomодensitométrie et l'examen TEP sont-ils différents?

Tomодensitométrie	Examen TEP

Compare ton tableau à ceux de tes camarades de classe. En quoi sont-ils similaires? En quoi sont-ils différents?

activité 3

Cadre de tri et de prédiction

Lis la liste de termes que voici puis regroupe les termes sous quatre catégories différentes. Choisis soigneusement le nom de chacune des catégories. En ce qui concerne la quatrième catégorie, efforce toi de trouver un nom auquel aucun de tes camarades de classe n'aura songé. Essaie de faire preuve d'originalité!

barium
radiographie
distance
contraste
tissu
électron
hémorragie
rayon gamma
gadolinium
densité
endoscope
isotope
tumeur
atténuation
électromagnétique
fréquence
longueur d'onde
coloscopie
alpha
bêta
transmutation
tomographie
indicateur radioactif
effet Doppler
numéro atomique
carbone-14

activité 4

Tomодensitométrie et IRM : exploration en ligne

Va sur le site The Visible Human Project⁶ et procède à l'exploration détaillée d'une région ou d'une partie précise du corps qui t'intéresse. Tu peux choisir un « sujet virtuel » de sexe masculin ou féminin. L'exercice a pour but d'établir l'état actuel de la recherche par rapport au domaine d'intérêt choisi : quelle est la fonction de la zone observée, quelles sont les dimensions de ses structures, quelles seraient les différences de densité des tissus si tu devais produire des images de la zone en question? Trouve une manière intéressante de communiquer tes résultats à tes camarades de classe.

Adresse URL: http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html (site anglais)



activité 5

Exposition au rayonnement

Matériel : balais, porte-poussière, confettis rouges, confettis blancs et salle ou espace facile à nettoyer.

Contexte : les chercheurs sont d'avis que si quelqu'un inhalait ou ingérait une fine poussière d'oxyde d'uranium (ou son équivalent), son organisme élimerait 95 à 99 % de la quantité absorbée, et seuls les 1 à 4 % résiduels seraient responsables d'effets à long terme possibles associés à l'exposition au rayonnement. Les chercheurs estiment qu'à long terme les personnes qui travaillent dans des centres de recherche nucléaire ont dans leur organisme une quantité jusqu'à quatre fois plus grande (16 %) de telles substances du fait de leur exposition chronique et ce, en dépit des mesures et de l'équipement de sécurité.

PARTIE A, préparation : place dans un sac 4 confettis rouges et 96 confettis blancs puis agite le sac pour les mélanger. Demande à un camarade de classe de monter prudemment sur une chaise et de répandre lentement les confettis sur les autres élèves de la classe qui défilent sous le sac. Des confettis tomberont sur les camarades de classe, d'autres tomberont sur le plancher.

Analyse : trouve où sont tombés les 4 confettis rouges. Combien sont tombés sur tes camarades? Combien sont tombés sur le plancher?
RAMASSE TOUS LES CONFETTIS!

PARTIE B, préparation : place dans le sac 16 confettis rouges et 84 confettis blancs puis agite le sac pour les mélanger. Procède comme à la partie A ci-dessus. De combien le nombre de personnes exposées au rayonnement (confettis rouges) a-t-il augmenté? Encore une fois, RAMASSE TOUS LES CONFETTIS!

Analyse finale : vos statistiques dérivées de l'expérience des confettis concordent-elles avec celles rapportées dans la mise en contexte? Quels types de précautions les travailleurs des centres de recherche nucléaire prennent-ils pour réduire au minimum leur exposition au rayonnement?

Activité 5: exposition au rayonnement

Analyse finale : vos statistiques dérivées de l'expérience des confettis concordent-elles avec celles rapportées dans la mise en contexte? Quels types de précautions les travailleurs des centres de recherche nucléaire prennent-ils pour réduire au minimum leur exposition au rayonnement?

Au moment de comparer leurs propres statistiques à celles énoncées dans la mise en contexte, les élèves devraient être en mesure d'expliquer pourquoi elles sont similaires (ou différentes). Examiner les variables qui ont été prises (ou non) en considération. En ce qui concerne la dernière question, inviter les élèves à mentionner les vêtements de protection ainsi que les dispositifs de surveillance utilisés (comme les épinglettes qui émettent un signal d'alarme lorsque le niveau de rayonnement est trop élevé).

chapitre 3

Effets du rayonnement sur le corps humain

Connaissances antérieures : précalcul ou mathématiques appliquées. Les élèves auront vu les fonctions exponentielles. Ils devront revoir le concept de « e » (2,71828183...) ainsi que la notation scientifique pour effectuer les calculs présentés dans ce chapitre.

Termes à connaître : la liste de termes importants présentée ci-dessous est davantage exhaustive que celle présentée à la fin du chapitre du guide de l'élève. Les enseignants peuvent utiliser l'une ou l'autre liste dans le cadre d'une stratégie d'activation des connaissances — en invitant les élèves à créer un organigramme ou un cadre de concepts — ou pour revoir les concepts.

Il est à noter que cette liste de termes ne doit pas servir de liste de mémorisation ou à fournir des listes de définitions. Elle doit aider l'enseignant à intégrer les nouveaux concepts et les nouveaux termes aux activités d'apprentissage.

dose absorbée	tumeur maligne
coefficient d'absorption (μ)	métastase
désintégration alpha	mocrocéphalie
particule alpha	micro-ondes
anémie	neutrino
particule bêta	rayonnement non ionisant
dose biologique équivalente	positron
ADN	facteur de qualité
débit de dose	unité de dose absorbée de rayonnement (rad)
électron	efficacité biologique relative (EBR)
rayonnement gamma	roentgen (R)
effet génétique	équivalent-homme de roentgen (rem)
gray (Gy)	sievert (Sv)
intensité incidente (I_0)	effet somatique
rayonnement infrarouge	Système international d'unités (SI)
ioniser	rayonnement ultraviolet A, B, ou C (UVA, UVB, UVC)

Sommaire du chapitre : ce chapitre comprend une analyse des quatre types de rayonnement ionisant : alpha, bêta, gamma et X. Il comprend aussi une analyse du rayonnement non ionisant. Nous y abordons la question des effets somatiques et génétiques ainsi que les unités de mesure du rayonnement. La figure 3-4 illustre la relation entre les différents types de rayonnement et le spectre électromagnétique.

Page 22 | « *Activité : Bon sens sous le soleil* »

*Jette un coup d'œil à la trousse d'information et d'activités intitulées **Bon sens sous le soleil** offerte par la **Société canadienne du cancer**. Tu y trouveras même des expériences démontrant le fonctionnement de différents écrans solaires! Pour te procurer une trousse gratuite (pour toi ou pour toute ta classe), va au site <http://www.cancer.ca>. Trouve le bureau régional le plus près de chez toi!*

Page 24 | « Exercices pratiques »

1. Compare le nombre de rayons gamma non absorbés pour une substance de 30 cm d'épaisseur si le coefficient d'absorption est de 0,000025 pour un niveau énergétique de 1 000 keV, et de 0,00027 pour un niveau énergétique de 120 keV.

Premier scénario : $I(d) = I_0 e^{-\mu d}$

$$I(d) = I_0 e^{-(0,000025 \times 30)} = I_0 (0,99925)$$

Second scénario : $I(d) = I_0 e^{-\mu d}$

$$I(d) = I_0 e^{-(0,00027 \times 30)} = I_0 (0,99193)$$

Il y a presque autant de rayons gamma absorbés dans le second scénario que dans le premier.

2. Si une substance de 10 cm d'épaisseur laisse passer 35 fois plus de rayons gamma lorsque ceux-ci ont une énergie de 90 keV que lorsqu'ils ont une énergie de 30 keV, calcule le coefficient d'absorption pour les rayons gamma de niveau énergétique supérieur en supposant que $\mu = 0,018$ pour les rayons de 30 keV.

Notre connaissance des règles concernant les exposants peut nous aider à trouver la valeur de μ .

$$35 = I_0 e^{-(10\mu)} / I_0 e^{-(0,018 \times 10)}$$

ou... $35 = e^{-(10\mu)} / e^{-(0,18)}$

donc... $35 = e^{-10\mu} / 0,83527$

ainsi... $29,2345 = e^{-10\mu}$

ou... $29,2345 / e^{-10} = e^{10\mu}$

$$e^{10\mu} = 643931,78 \quad \text{donc } \mu = \ln(643931,78) / 10 = 13,375$$

Page 26 | « Cancer Warrior »

NOVA offre gratuitement ce documentaire en ligne ainsi que des activités et des questions. Pour plus de détails, consultez le Web à <http://www.pbs.org/wgbh/nova/cancer/program.html> (site anglais).

Page 26 | « Dans les médias : questions »

Dans quelle mesure le film dépeint-il avec précision ce très grave accident? Crois-tu qu'il décrit avec justesse le personnage de Louis Slotin?

Le film relate ce très grave accident avec un degré de précision acceptable, à l'exception du « flash » bleu (phénomène qui, bien qu'il fasse l'objet de recherches, donne encore lieu à des débats). Louis Slotin (qui porte un nom différent) est décrit comme originaire de Chicago, et son personnage est essentiellement fictif en comparaison du vrai Winnipegois de ce nom. Les enseignants pourront lire la biographie de Louis Slotin dans le livre du Winnipeg Free Press intitulé « Greatest Manitobans ».

Page 27 | « Questions »

1. Qu'est-ce que la température et la pression normales? Comment l'augmentation de la température peut-elle influencer sur la quantité d'ionisation dans l'air due au rayonnement? Comment l'augmentation de la pression peut-elle influencer sur la quantité d'ionisation dans l'air due au rayonnement?

L'Union internationale de chimie pure et appliquée (UICPA) définit la température et la pression normales comme l'air à zéro degré Celsius et à une atmosphère de pression (101,325 kPa).

2. Dans les tissus humains, un roentgen d'exposition au rayonnement gamma correspond à environ un rad de dose absorbée. Pourquoi cette valeur (1 rad) est-elle approximative?

Un roentgen équivaut approximativement à un rad de dose absorbée parce que la dose absorbée dépend du type de tissu en question. Il s'agit donc d'une valeur moyenne ou d'une approximation.

Page 28 | « Enquête »

1. La vaisselle de marque Fiestaware était populaire dans les années 1960. Toutefois, nous savons maintenant qu'elle émet un faible niveau de rayonnement. Quelle en est la cause et quel est le niveau du rayonnement (en rems) émis?

La vaisselle de marque Fiestaware renferme de l'uranium-235, un isotope radioactif présent sous forme de pigment minéral connu sous le nom d'uraninite (oxyde d'uranium, ou U_3O_8). Cet isotope de l'uranium est présent dans la glaçure utilisée pour cette vaisselle; on l'y ajoute parce qu'il accentue les oranges et les rouges. C'est justement dans la vaisselle de couleur rouge que l'on trouve le plus d'uranium; il en accentue l'éclat. Ainsi, selon la couleur des articles de poterie Fiestaware, le rayonnement varie entre 50 et 5 000 rems. Par comparaison, le rayonnement naturel est généralement inférieur à 2 500 rems.

2. À combien de rems de rayonnement la Suisse a-t-elle été exposée lorsque le nuage radioactif provenant de Tchernobyl en Ukraine est passé au-dessus du pays?

Les chercheurs ont établi que la dose efficace individuelle moyenne de rayonnement à laquelle la Suisse a été exposée de 1986 à nos jours varie entre 1 et 10 milliSieverts (et peut donc atteindre 1 rem).

Page 29 | « Exercice de calcul »

1. Une personne est exposée aux formes suivantes de rayonnement : 20 mrad de rayons gamma, 35 mrad d'électrons, 10 mrad de protons et 5 mrad de neutrons lents (EBR = 2). Classe ces différents types de rayonnement par ordre décroissant d'intensité en fonction de leur dose biologique équivalente.

dose biologique équivalente = dose absorbée (en rads) x EBR

L'EBR des rayons gamma, des électrons et des protons est donnée au chapitre 3, à la page 28.

protons : dose biologique équivalente = (0,005) x (10) = 0,05 rem

neutrons lents : dose biologique équivalente = (0,005) x (2) = 0,01 rem

rayons gamma : dose biologique équivalente = (0,005) x (1) = 0,005 rem

électrons : dose biologique équivalente = (0,005) x (1) = 0,005 rem

2. Si une personne est exposée à deux types de rayonnement différents pour lesquels la dose absorbée est la même mais l'EBR diffère, quel type de rayonnement occasionnera les dommages les plus graves, celui pour lequel la valeur de l'EBR est la plus grande ou celui pour lequel elle est la plus faible?

Le rayonnement pour lequel l'EBR est la plus grande occasionnera le plus de dommages.

3. La dose biologique équivalente type d'un rayon X du thorax est de $2,5 \times 10^2$ rems. Si la masse de tissu exposée est de 19 kg et si l'énergie absorbée est de $5,9 \times 10^3$ J, quelle est la valeur de l'EBR de ce type de rayonnement pour les tissus du thorax? Comment cette valeur se compare-t-elle à celle de l'EBR dans le cas des rayons gamma?

dose absorbée = énergie absorbée/masse de la matière absorbante

dose biologique équivalente = dose absorbée x EBR

donc... EBR = (dose biologique équivalente)/dose absorbée

EBR = $(2,5 \times 10^2) / [(5,9 \times 10^3) / (19)] = 80,5$

La valeur de l'EBR des rayons X est 80 fois supérieure à celle des rayons gamma.

4. Si tu passes une demi-heure dans un endroit où le débit de dose d'une source de rayonnement inconnue est de 40 mrems/h, à quelle dose totale de rayonnement seras-tu exposé? Si le rayonnement était dirigé vers ton thorax (comme à la question n° 3) et que la masse de tissus exposée et la quantité d'énergie absorbée étaient les mêmes, quelle serait l'EBR de cette source de rayonnement inconnue?

Dose totale de rayonnement = $0,040 \times 0,5 = 0,020$ ou 20 mrems

EBR = dose biologique équivalente/dose absorbée

EBR = $(0,020) / [5,9 \times 10^3 / (19)] = 64,4$

chapitre 4

Radiothérapie

Connaissances antérieures : nous avons présenté le modèle atomique de Bohr dans le cadre du cours de sciences 9^e année. De même, nous avons présenté les quatre forces fondamentales dans le cours de physique 11^e année.

Termes à connaître : la liste ci-dessous et celle présentée à la fin du chapitre renferment les termes importants. Les enseignants peuvent utiliser cette liste dans le cadre d'une stratégie d'activation des connaissances — en invitant les élèves à créer un organigramme ou un cadre de concepts — ou pour revoir les concepts.

Il est à noter que cette liste de termes ne doit pas servir de liste de mémorisation ou à fournir des listes de définitions. Elle doit aider l'enseignant à intégrer les nouveaux concepts et les nouveaux termes aux activités d'apprentissage

anesthésie	lavement baryté
biopsie	curiethérapie
Tchernobyl	cobalt
collimateur	coloscopie
oesophage	traitement fractionné
couteau gamma	radiothérapie de conformation avec modulation d'intensité de dose
intracrânien	accélération linéaire (linac)
neurochirurgien	thérapie photodynamique
radio-oncologue	radio-isotope
radium	radiothérapie systémique
téléthérapie	

Sommaire du chapitre : le chapitre 4 traite des différents types de radiothérapie, dont la thérapie radio-isotopique, la curiethérapie, la radiothérapie systémique, la téléthérapie et le couteau gamma. Nous présentons à la fin de ce chapitre une biographie de M. David McMillan, photjournaliste et professeur d'arts à l'Université du Manitoba, qui nous a fourni deux photos prises dans la ville scientifique de Pripiat, en Ukraine, isolée de toute activité humaine depuis maintenant 20 ans. De nombreuses photos de M. McMillan sont présentées en ligne à <http://home.cc.umanitoba.ca/~dmcmill/> (site anglais). Il s'est rendu dans la région à six reprises au moins depuis 1994, et ses photos constituent une série temporelle obsédante de la nature qui reprend ses droits sur une « zone morte ».

Page 32 | « Question »

Votre eau potable est-elle chlorée?

Inviter les élèves à s'informer auprès des responsables de leur usine de traitement d'eau municipale ou du bureau de leur conseil municipal pour savoir si l'eau potable de leur municipalité est chlorée. Qu'en est-il si leur eau potable provient d'un puits? Quelle incidence cela a-t-il sur la possibilité d'avoir une alimentation en eau suffisamment exempte d'organismes coliformes par exemple? Examiner aussi les protocoles de test souvent appliqués dans le cas des puits après un épisode d'inondation en région agricole.

Page 32 | « Activité : Une expérience personnelle du cancer »

Veiller à respecter le choix des élèves qui ne souhaitent pas partager avec le reste de la classe l'expérience de proches ou d'amis qui ont été victimes de cancer.

Page 33 | « Question »

L'usage de cette technologie pour le traitement des enfants poserait-il des complications?

Cette technologie peut servir au traitement des enfants, cependant les doses doivent être modifiées en conséquence, à défaut de quoi elle présenterait des risques de complications comme l'empoisonnement par rayonnement.

Au cinéma

Le film Erin Brockovich (Jersey Films, 2000) raconte l'histoire d'une citoyenne engagée qui agit au nom des résidents de Hinkley, en Californie, lorsque leur environnement devient toxique. La plupart des personnes qui ont vu le film sont d'avis qu'il s'agit d'une histoire traitant de la radioactivité. Mène tes propres recherches pour déterminer si c'est bien le cas ou si les effets observés chez les résidents locaux s'apparentent plutôt à des effets « chimiques » de nature non radioactive.



Page 36 | « Activité : faisceaux de lampes de poche »

Quels problèmes rencontrez-vous? Quelles variables devez-vous maîtriser ou modifier pour parvenir à un meilleur résultat? Comment cet exercice vous aide-t-il à comprendre la radiothérapie de conformation avec modulation d'intensité de dose?

Les faisceaux ne sont pas suffisamment concentrés pour n'éclairer que l'image; ils se dispersent en s'éloignant de leur source; et ils ne sont pas de même intensité. Pour obtenir un meilleur résultat, il est nécessaire de concentrer les faisceaux et de faire en sorte qu'ils ne se dispersent pas en s'éloignant de leur source. C'est précisément ce qui se produit dans le cas de la radiothérapie de conformation avec modulation d'intensité de dose, où ces mêmes variables sont maîtrisées de sorte que seuls les tissus cancéreux sont irradiés et que les tissus sains ne sont pas endommagés.

Page 38 | « Approfondissement des connaissances »

1. Parmi les types de radiothérapie abordés dans ce chapitre, lequel est le moins invasif? Lequel a le moins de répercussions sur la qualité de vie du patient immédiatement après le traitement?

La thérapie photodynamique, la radiothérapie systémique et la radiothérapie de conformation avec modulation d'intensité de dose sont les moins invasives. Toutes les thérapies qui n'impliquent pas d'intervention chirurgicale ont des répercussions moindres sur la qualité de vie du patient immédiatement après le traitement car celui-ci peut retourner chez lui presque immédiatement. Lorsqu'un isotope est administré par voie interne, comme pour la radiothérapie systémique, le patient doit parfois demeurer quelques heures à l'hôpital jusqu'à ce que son organisme ait éliminé le produit radioactif.

2. Selon toi, pourquoi a-t-il fallu attendre plus de 30 ans après son invention pour voir le Canada acquérir la technologie du couteau gamma? Justifie ta réponse.

De nombreuses réponses sont possibles.

3. Quels types de traitement la station de traitement d'eau de ta ville utilise-t-elle pour garantir la qualité de l'eau potable? Ses méthodes ont-elles changé au fil du temps? Indique tes sources d'information.

De nombreuses réponses sont possibles.

4. Effectue une recherche sur le désastre de Three Mile Island survenu en Pennsylvanie en 1979. Examine les similarités et les différences par rapport au désastre de Tchernobyl, tant du point de vue des dommages à l'environnement que de la façon dont les instances gouvernementales ont pris en main les questions de santé publique après le désastre. Indique tes sources d'information.

Le 28 mars 1979, des pompes du système de refroidissement du réacteur n°2 de la centrale nucléaire de Three Mile Island en Pennsylvanie tombent en panne. La situation ne ressemble en rien au désastre de Tchernobyl qui, ironiquement, est survenu après que des tests de sécurité aient horriblement mal tourné. À Three Mile Island, il y a eu accumulation de pression dans le cœur du réacteur : des gaz radioactifs ont été rejetés dans l'atmosphère le 30 mars pour diminuer la pression. À l'époque, ce rejet a été qualifié d'incontrôlé; il a toutefois été prouvé par la suite qu'il avait été planifié par les autorités responsables. À pareil égard, cet accident est similaire au désastre de Tchernobyl dans la mesure où les autorités ont tenté d'en cacher tout au moins certains aspects au public. Tous les rapports officiels concernant l'exposition au rayonnement dans la région de Three Mile Island indiquent que personne n'a été exposé à une dose de rayonnement supérieure au rayonnement naturel auquel toute personne est soumise au cours d'une année.

(De nombreuses autres réponses sont possibles.)

ACTIVITÉ ADDITIONNELLE DU CHAPITRE 4 :

« Au cinéma »

Trouve quels étaient les effets de l'élément en question sur les résidents de Hinkley, en Californie. Le film décrit-il avec exactitude ses effets somatiques et génétiques?

Le chrome hexavalent est toxique et cancérigène. L'eau potable de Hinkley en contenait 0,58 partie par million (ppm), ce qui était de beaucoup supérieur au taux accepté de 0,1 ppm. Par conséquent, plus de 25 % des enfants de cinq ans et plus présentaient des signes de déficience, de maladies, voire même de cancer. Parmi les effets qu'a eu cet élément sur la population de Hinkley, mentionnons le cancer du foie, l'insuffisance rénale, des problèmes respiratoires et circulatoires, des problèmes gastro-intestinaux, des problèmes de l'appareil reproducteur (dont les avortements spontanés) et le cancer du cerveau et d'autres organes. Nota : Souligner à l'intention des élèves que le chrome hexavalent n'est PAS un isotope du chrome... mais qu'il correspond plutôt à un état d'oxydation précis de cet élément. (Il peut être utile d'examiner brièvement les états d'oxydation si les élèves ont suivi ou suivent actuellement des cours de chimie.)

chapitre 5

Radioactivité

Connaissances antérieures : les élèves ayant suivi des cours de précalcul ou de mathématiques appliquées auront vu les fonctions exponentielles, y compris la fonction de désintégration radioactive présentée dans ce chapitre. Il serait utile de réviser les unités de mesure présentées au chapitre 3 avant d'en présenter de nouvelles à la fin du chapitre.

Termes à connaître : la liste ci-dessous et celle présentée à la fin du chapitre renferment les termes importants. Les enseignants peuvent utiliser cette liste dans le cadre d'une stratégie d'activation des connaissances — en invitant les élèves à créer un organigramme ou un cadre de concepts — ou pour revoir les concepts.

Il est à noter que cette liste de termes ne doit pas servir de liste de mémorisation ou à fournir des listes de définitions. Elle doit aider l'enseignant à intégrer les nouveaux concepts et les nouveaux termes aux activités d'apprentissage.

activité	Becquerel (Bq)
particule bêta moins	particule bêta plus
Curie (Ci)	noyau engendré
constante de désintégration	force électromagnétique
fission	fluorescence
force fondamentale	compteur Geiger
compteur Geiger-Muller	gluon
demi-vie	Henri Becquerel
nombre de masse	neutron
rayon neutronique	nucléon
quark	spontanée
interaction nucléaire forte	interaction nucléaire faible

Sommaire du chapitre : nous présentons au chapitre 5 l'historique de la radioactivité et certaines découvertes réalisées au cours des 200 dernières années. Nous y traitons du modèle de l'atome, de la désintégration radioactive et de la période radioactive, et présentons en fin de chapitre d'autres unités de mesure.

Page 43 | « Enquête »

Examine le phénomène de la diffusion sur YouTube en juin 2008 de vidéos sur « les fours à micro-ondes, les téléphones cellulaires et le maïs soufflé » tentant de démontrer qu'il est possible, au moyen de téléphones cellulaires, de transformer en maïs soufflé des grains de maïs crus. Quel canular cachent ces vidéos? (Comment y fait-on réellement éclater le maïs?) Existe-t-il un motif poussant à présenter ces vidéos sur YouTube?

On prétend dans ces vidéos que si l'on fait sonner ou vibrer en même temps trois ou quatre téléphones cellulaires disposés autour de grains de maïs, le rayonnement émis par les appareils fera éclater les grains. Il s'agit là d'un canular car l'énergie émise par les téléphones cellulaires ne suffirait même pas à faire éclater un seul grain de maïs. La source de chaleur qui fait éclater les grains est fort probablement dissimulée sous la table (on ne montre d'ailleurs jamais ce qui s'y trouve). Quant aux motifs, de nombreuses réponses sont possibles.

Page 44 | « Questions »

1. Si le ^{14}C émettait une particule alpha, quel serait le noyau engendré? Écris l'équation chimique.

Le noyau du carbone-14 renferme 6 protons et 8 neutrons. S'il émettait une particule alpha constituée de deux protons et de deux neutrons, le noyau engendré compterait 4 protons et 6 neutrons. L'équation chimique serait la suivante :



2. Si le ^{14}C émettait un positron, quelle serait l'équation chimique du processus?

L'émission d'un positron implique généralement l'émission de rayonnement γ . Le carbone-14 qui émettrait un positron subirait la transformation chimique suivante :



3. Si le ^{14}C émettait une particule bêta moins, quelle serait l'équation chimique du processus? Pourquoi le ^{14}C émettrait-il une particule bêta plutôt qu'une particule alpha ou des rayons gamma?



L'émission de particules alpha ou de positrons (et de rayons gamma) ne peut survenir spontanément : elle requiert un apport d'énergie. La désintégration bêta peut survenir spontanément sans apport d'énergie externe.

Page 45 | « Activité : la période radioactive des pièces d'un cent »

De nombreuses réponses sont possibles.

Page 46 | « Exercices de calcul »

1. En 16 jours, le nombre de noyaux radioactifs d'une substance donnée passe au huitième du nombre initial. Quelle est la période radioactive (en jours) de cette mystérieuse substance?

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = 1/2^3 = 1/8 \quad \text{ainsi} \quad 16/3 = 5,33 \text{ jours (période radioactive)}$$

2. Le cancer de la thyroïde de Francine a été traité avec un isotope de l'iode, soit ^{131}I . Si la période radioactive de cet isotope est de 8,05 jours, quel pourcentage de la substance radioactive contenue dans le comprimé sera encore présent après un mois (30 jours)?

$$30/8,05 = 3,723 \quad \text{ainsi} \quad 1/2^{3,723} \times 100 = 7,55\% \text{ de la substance est présent après un mois}$$

3. Pour que le cadran des fameuses montres des années 1950 puisse luire dans l'obscurité, on utilisait une peinture à base de radium 226. À supposer que la masse de la peinture utilisée pour une montre ait été de un milliardième de kilogramme, combien de radium, en kilogramme, aura disparu après 50 années d'utilisation de la montre? (Suppose que la période radioactive du radium soit de 1 600 ans.)

$$\frac{1}{2} \times 50/1600 \times (1 \times 10^{-9}) = 1,5625 \times 10^{-11} \text{ kg demeure après 50 ans}$$
$$\text{Ainsi la quantité disparue} = (1 \times 10^{-9}) - 1,5625 \times 10^{-11} = 9,84 \times 10^{-10} \text{ kg}$$

4. Des chercheurs étudient les substances radioactive Q et X, dont la quantité est identique au début de l'expérience. Trois jours plus tard, il subsiste trois fois plus d'atomes de la substance Q que d'atomes de la substance X. Si la période radioactive des atomes de la substance Q est de 2,0 jours, trouve la période radioactive des atomes de la substance X.

$$3/2 = 1,5 \quad \text{ainsi} \quad 1/2^{1,5} \times 100 = 35,4\% \text{ de la substance Q demeure après 3 jours}$$
$$35,4/3 = 11,8\% \text{ de la substance X demeure après 3 jours}$$
$$11,8/100 = 3/? \quad \text{ainsi} \quad ? = 25,5 \text{ jours, soit la période radioactive de X}$$

5. Le nombre d'atomes radioactifs présents au début d'une expérience est de $5,0 \times 10^{12}$. Après 30 jours, ce nombre est passé à $8,2 \times 10^{11}$. Quelle est la période radioactive (en jours) de la substance?

$$\frac{1}{2} \times 30/h \times (5,0 \times 10^{12}) = (8,2 \times 10^{11}) \quad \text{où } h = T/2$$
$$\text{Ainsi} \dots \quad h = 91,4 \text{ jours}$$

Page 48 | « Activité : radioactivité des objets de la maison »

Il est à noter que pour cette activité, il faudra probablement retirer les feuilles d'aluminium qui recouvrent la source pour obtenir une lecture sur le compteur Geiger. Utiliser cette activité comme une occasion de comparer les résultats obtenus en classe à ceux obtenus en laboratoire.

Questions additionnelles

1. Comment Henri Becquerel a-t-il découvert accidentellement le rayonnement naturel?
2. Quels autres éléments radioactifs ont découverts les Curie?
3. Pourquoi a-t-on remplacé le radium par d'autres éléments comme source de rayonnement gamma? Quels étaient-ils?
4. Nomme quelques inconvénients liés à l'utilisation du radium.
5. Définis chacun des termes suivants : isotope; interaction nucléaire forte; force électromagnétique.
6. Qu'entend-t-on par isotope « stable »?
7. Décris les processus de fission spontanée, de désintégration alpha et de désintégration bêta.
8. Quelles sont les différences entre les trois types de désintégration bêta? Quel est leur point commun?

chapitre 6

Autres applications du rayonnement

Connaissances antérieures : nous avons présenté le modèle atomique de Bohr dans le cadre du cours de sciences 9^e année. De même, nous avons présenté les quatre forces fondamentales dans le cours de physique 11^e année.

Termes à connaître : la liste ci-dessous et celle présentée à la fin du chapitre renferment les termes importants. Les enseignants peuvent utiliser cette liste dans le cadre d'une stratégie d'activation des connaissances — en invitant les élèves à créer un organigramme ou un cadre de concepts — ou pour revoir les concepts.

Il est à noter que cette liste de termes ne doit pas servir de liste de mémorisation ou à fournir des listes de définitions. Elle doit aider l'enseignant à intégrer les nouveaux concepts aux activités d'apprentissage

physicien opérateur d'accélérateur	Énergie atomique du Canada limitée (EACL)
blogueur	Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN)
laboratoires de Chalk River	faisceau d'électrons
érythème	rayon gamma
scintigraphie	lampe germicide
gigahertz (GHz)	ionisation
radiofréquence	onde radio
détecteur de fumée	stérilisation
synchrotron	Organisation mondiale de la santé (OMS)

Sommaire du chapitre : dans ce chapitre, nous allons au-delà du diagnostic et du traitement pour examiner d'autres utilisations du rayonnement, notamment la stérilisation, les lits de bronzage, les communications et les fours à micro-ondes.

Page 52 | « Savais-tu que : enquête »

Quels sont les effets d'un empoisonnement au thallium chez l'humain? Dans quels produits d'usage courant trouve-t-on du thallium?

On trouve du thallium dans les raticides. Comme le thallium est facilement absorbé par l'organisme, les conséquences d'un empoisonnement peuvent être rapides et graves. Il peut entraîner des maux d'estomac et porter atteinte au système nerveux. Une exposition aiguë au thallium peut entraîner des dommages tellement irréversibles que la mort s'ensuit. La personne qui survit à un tel empoisonnement subit souvent des dommages irréversibles au système nerveux qui s'accompagnent fréquemment de tremblements, de paralysie et de douleurs articulaires.

Page 52 | « Questions »

1. Peux-tu relever sur cette scintigraphie osseuse les zones susceptibles de soulever des préoccupations?

Il semble y avoir une fracture au petit orteil.

2. Trouve le type d'indicateur radioactif qu'utilisent les médecins pour voir les tendons sur une telle image.

Ils utilisent généralement l'isotope fluor-18.



Page 53 | « Dans les médias : enquête »

Prends connaissance de cette histoire fascinante et examine de manière équilibrée les positions de la CCSN et d'EACL (un bon endroit où commencer est l'Internet : <http://www.radio-canada.ca>, et de taper les mots clés « isotopes médicaux » dans un moteur de recherche). Si tu étais le ministre fédéral des Ressources naturelles et que tu avais eu à décider de fermer ou non un réacteur canadien produisant un tiers des isotopes médicaux du monde — ne serait-ce que temporairement — quelle serait ta décision? Justifie ta réponse.

De nombreuses réponses sont possibles

http://www.nuclearfaq.ca/cnf_sectionD.htm#nru-safety (site anglais) : depuis novembre 2008, ce site Web présente au numéro 17 un sommaire de l'incident de novembre 2007. On peut trouver les déclarations d'EACL sur la position du CNRC à l'adresse Web suivante : http://www.nuclearfaq.ca/AECL_NRU_Jan2008.htm (site anglais). Pour connaître l'opinion du CNRC et de la CCSN (Commissions de recherche et de sécurité), il suffit de visiter le site Web de la CCSN à <http://www.nuclearsafety.gc.ca> et d'entrer « arrêt de novembre 2007 » dans le moteur de recherche. L'élève trouvera des citations pertinentes dans les nombreux articles proposés. Vous pourriez inviter des équipes d'élèves à prendre position sur ce sujet controversé et à débattre de ce sujet en classe.

Page 54 | « Enquête »

1. Quelles nouvelles fréquences le gouvernement canadien a-t-il récemment autorisées pour permettre une concurrence accrue entre les fournisseurs de services de téléphonie cellulaire? Comment un fournisseur de services de téléphonie cellulaire ou une station de radio doit-il s'y prendre pour obtenir une fréquence d'exploitation?

Plus de 100 MHz de nouvelles fréquences ont été réservées en 2008 aux compagnies qui souhaitent acheter des bandes de fréquences pour leurs services de téléphonie cellulaire. Pour obtenir une fréquence d'exploitation, un particulier (un opérateur de radio amateur par exemple) doit réussir un examen menant à l'obtention d'une licence portant sur des concepts de base. Il a ensuite accès à des segments plus larges du spectre de radiofréquences. Les fournisseurs de services de téléphonie cellulaire et les stations radio achètent une bande de fréquences ou une section du spectre de radiofréquences réservée à l'usage de leur compagnie.

2. Pourquoi le signal d'une station de radio est-il parfois plus clair la nuit que le jour?

Les signaux de radio AM ont des longueurs d'ondes relativement longues qui interagissent avec les couches de l'atmosphère. En raison des changements qui surviennent dans ces couches entre le jour et la nuit, les ondes radio AM se propagent différemment la nuit et le jour. Durant le jour, leur réflexion par l'ionosphère n'est pas très appréciable. Elles se propagent alors par conduction à la surface de la terre. La nuit toutefois, ces mêmes ondes radio sont reflétées par l'ionosphère et peuvent se propager sur des centaines de kilomètres de plus que durant le jour, phénomène que l'on appelle la propagation par ondes ionosphériques. Voilà pourquoi les stations de radio AM sont tenues de réduire considérablement leur puissance de fonctionnement la nuit afin de diminuer les interférences.

Page 55 | « Activité : Guimauves, four à micro-ondes et mathématiques »

Si les mesures sont prises soigneusement et que les guimauves ne restent pas trop longtemps dans le four, alors les réponses devraient s'approcher de $3,0 \times 10^8$ m/s. Il est possible de remplacer les guimauves par de mini-pépites de chocolat à condition de les aligner en rang bien serrés.

Page 53 | « Approfondissement des connaissances »

Comment les détecteurs de fumée utilisent-ils les émetteurs de particules alpha? Utilisent-ils le rayonnement ionisant ou non ionisant? Présente tes résultats sous forme de tableau ou au moyen d'un autre support.

Les détecteurs ioniques sont dotés d'une chambre d'ionisation et d'une source de rayonnement ionisant. En général, la source de rayonnement est un isotope de l'américium. La chambre d'ionisation comprend deux plaques placées à faible distance l'une de l'autre et alimentées par la pile. Comme l'américium émet constamment des particules alpha dans la chambre, ces particules ionisent suffisamment l'air pour produire un courant entre les deux plaques.

La fumée qui pénètre dans la chambre d'ionisation neutralise les ions et interrompt le courant entre les plaques, ce qui déclenche l'alarme.

Annexe 1

Coordonnées utiles

Société canadienne du cancer, division du Manitoba (bureau de la division)

193, rue Sherbrook
Winnipeg (Manitoba)
R3C 2B7
Téléphone : 204 774-7483
N° sans frais : 1 888 532-6982
Télécopieur : 204 774-7500
Courriel : info.wpg@mb.cancer.ca

Société canadienne du cancer, division du Manitoba (bureau régional)

415, 1^{re} rue
Brandon (Manitoba)
R7A 2W8
Téléphone : 204 571-2800
N° sans frais : 1 888 857-6658
Télécopieur : 204 726-9403
Courriel : info.brandon@mb.cancer.ca

Action cancer Manitoba, liste d'organismes ressources

MacCharles Unit

675, avenue McDermot
Winnipeg (Manitoba)
204 787-2197

Unité SaintBoniface

409, avenue Taché, bloc « O »
204 237-2559
N° sans frais : 1 866 561-1026

Action cancer Manitoba-Centre de l'espoir

691, avenue Wolseley
204 788-8313
N° sans frais : 1 888 660-4866

Fondation Action cancer Manitoba

204 787-4143
N° sans frais : 1 877 407-2223

Communications et Affaires publiques

204 787-4540

Manitoba Screening Programs

25, rue Sherbrook, bureau 5

Programme manitobain de dépistage du cancer du sein

Rendez-vous : 204 788-8000
N° sans frais : 1 800 903-9290
Bureau de l'administration : 204 788-8633

Manitoba Cervical Cancer Screening Program

204 788-8626
N° sans frais : 1 866 616-8805

Manitoba Colorectal Cancer Screening Program

204 788-8635
N° sans frais : 1 866 744-8962

Manitoba Institute of Cell Biology

204 787-2137

Centre de recherche de l'Hôpital général SaintBoniface

It's All About Me : a health science education partnership between SBGH and Louis Riel School Division
351, avenue Taché, bureau R3038, Winnipeg (Manitoba) R2H 2A6
Téléphone : 204 235-3171 (laboratoire); 204 804-9437 (cellulaire)
Télécopieur : 204 233-6723
Personne-ressource : Dr Stephen Jones

Annexe 2

Documents d'appui

La sécurité en sciences de la nature : un manuel ressource à l'usage des enseignantes et des enseignants des écoles et des divisions scolaires (de la maternelle au secondaire 4) (1997). Document publié en avril 1997 par Éducation, Citoyenneté et Jeunesse Manitoba.

L'enseignement des sciences de la nature au secondaire : une ressource didactique (2000). Publié en 2000, ce document a été produit pour aider les enseignants en sciences de niveau secondaire à faire le pont entre l'enseignement traditionnel des sciences et les nouvelles approches. Il constitue un point de départ pour l'élaboration de nouvelles perspectives et stratégies.

Physique 40S : document de mise en œuvre. Le programme d'études de physique 12^e année renferme d'excellentes suggestions en matière d'activités et d'évaluation.

La communication des apprentissages de l'élève : lignes directrices à l'intention des écoles (2008). Document publié en septembre 2008 par Éducation, Citoyenneté et Jeunesse Manitoba.

Annexe 3

Exemples d'évaluation finale

Portfolio

Les élèves rassemblent des éléments de l'unité qui indiquent leur niveau de compréhension des résultats d'apprentissage spécifiques. Ils placent ces éléments dans une chemise de classement et les accompagnent de notes qui en expliquent le choix et le résultat d'apprentissage visé par chacun d'eux.

Portfolio Perle

Les élèves qui choisissent l'option portfolio ont aussi la possibilité de recueillir les divers éléments de l'unité au moyen du logiciel de portfolio électronique en ligne gratuit Perle disponible à l'adresse suivante : <http://grover.concordia.ca/epearl/fr/epearl.php>.

Documents Google ou Wikipédia

L'enseignant peut choisir d'utiliser des documents Google (à <http://docs.google.com>) ou Wikipédia créés par les élèves (à <https://secure.pbwiki.com/signup.wiki>) pour leur donner la possibilité de créer et de partager des documents, des images ou des vidéos en ligne, de participer à des débats en ligne et de modifier leurs documents en temps réel.

Présentation PowerPoint

Les élèves produisent une présentation PowerPoint qui démontre leur niveau de compréhension des résultats d'apprentissage spécifiques de l'unité. Il est possible de noter la présentation en fonction de rubriques. (On trouve des exemples de rubriques de présentation dans le document d'Éducation, Citoyenneté et Jeunesse Manitoba sur l'enseignement et l'évaluation différentiels.)

Test crayon-papier

L'enseignant peut aussi procéder à l'évaluation finale des élèves de cette unité au moyen d'un test écrit formel. Les questions touchant aux concepts, les exercices de calcul et de comparaison et les questions d'analyse peuvent être formulés à partir des exemples de questions fournis dans le Guide de l'élève et dans le Guide de l'enseignant.

Évaluation de l'unité

Choisis l'un des types de cancer suivants :

- Cancer de la peau
- Cancer de l'œsophage
- Cancer du pancréas
- Cancer du foie
- Cancer du cerveau
- Lymphome
- Cancer des intestins
- Cancer colorectal
- Cancer de la prostate
- Cancer des ovaires
- Cancer de l'utérus

1. Si tu étais atteint de ce cancer, quelles épreuves diagnostiques t'attendrais-tu de subir et pourquoi?
2. Que permettrait de découvrir chacune de ces épreuves?
3. Quelles épreuves diagnostiques ne seraient probablement PAS utilisées pour le dépistage de ce type de cancer? Pourquoi?
4. Quels professionnels de la santé se chargeraient de ces différentes épreuves et de tes traitements? Décris sommairement le rôle de chacun d'eux en rapport avec le domaine de la physique médicale.
5. Une fois le cancer détecté, quelles seraient les différentes méthodes de traitement possibles que tu pourrais subir? À quels éléments radioactifs aurait-on recours et pourquoi?
6. Énumère les effets secondaires possibles des méthodes de traitement indiquées à la question n° 5.
7. Énumère les avantages possibles offerts par les méthodes de traitement indiquées à la question n° 5.
8. Énumère les inconvénients possibles associés aux méthodes de traitement indiquées à la question n° 5.

Notes de l'enseignant

