

**CANADIAN  
COLLEGE OF  
PHYSICISTS IN  
MEDICINE**



**LE COLLÈGE  
CANADIEN  
DES PHYSIENS  
EN MÉDECINE**

**Examen de candidature au CCPM**

**Édition 11.1**

**QUESTIONS DE PHYSIQUE MÉDICALE  
POUR  
L'EXAMEN D'ADHÉSION DES MEMBRES**

**Édition 11.1**

**Collège canadien des physiciens en médecine**



**Examen de candidature au CCPM**

**Édition 11.1**

Medical Physics Questions For  
Membership Examination  
(Edition 11.1)

Questions de physique médicale  
pour l'examen d'adhésion des membres  
(Édition 11.1)

Copyright © 2019 by the  
Canadian Organization of  
Medical Physicists and the  
Canadian College of Physicists  
In Medicine

Tous droits réservés © 2019 par  
L'Organisation canadienne des  
physiciens médicaux et  
Le Collège canadien des  
physiciens en médecine



Les carnets d'examen du Collège canadien des physiciens en médecine sont autorisés par une licence [Creative Commons Attribution-non commerciale-Partage à l'identique 2.5 Canada](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ca/) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ca/>).

Available from the:

Canadian College of  
Physicists in Medicine

Distribué par :

Le Collège canadien des  
physiciens en médecine

Andrew Kerr, PhD, P.Eng, FCCPM  
CCPM Registrar / Greffier du CCPM  
registrar@ccpm.ca

Édition électronique : ISBN : 0-9684873-3-5



**AVANT-PROPOS DE LA ONZIÈME ÉDITION**

Voici la onzième édition de la banque de question publiée pour l'examen de candidature au titre du membre du Collège canadien des physiciens en médecine (CCPM). Cet examen permet au CCPM de certifier que les candidats qui réussissent les quatre parties de l'examen écrit et les trois parties de l'examen oral sont compétents dans leur surspécialité désignée. En combinaison avec le processus de vérification d'admissibilité ("credentialing"), il s'agit d'un processus exhaustif dans lequel le candidat s'engage.

Les banques de questions ont toutes été modifiées en 2015. La banque de questions de l'IRM fut davantage mise à jour en 2016. Chaque année, des modifications mineurs peuvent être apportées aux questions, il faut donc télécharger la version la plus récente avant de commencer la préparation! Depuis 1984 beaucoup de travail a été accompli pour produire une série de questions complète grâce au travail des précédents examinateurs en chef: Ervin B. Podgorsak, Terry M. Peters, Gino Fallone, Ting-Yim Lee, Katharina E. Sixel, Michael D.C. Evans, Robert Corns, Boyd McCurdy, Renée Larouche et ceux qui les ont aidés.

Un guide de préparation est publié sur le site web du CCPM. Ce guide présente des stratégies de gestion du temps et de l'information sur la longueur attendue pour les réponses à développement longues.

Le Collège désire remercier Geneviève Jarry, examinateur principal adjoint, ainsi que les nombreux bénévoles qui s'impliquent à chaque année. Les candidats qui ont des commentaires au sujet des banques de questions sont invités à me contacter ([chiefexaminer@ccpm.ca](mailto:chiefexaminer@ccpm.ca)).

**Bonne étude,**

**Alasdair Syme**  
Halifax, NS, Canada  
28 septembre 2019



**Ouvrages de référence suggérés pour la préparation de l'examen.**

Les candidats ne doivent PAS présumer que les questions seront uniquement basées sur ces ouvrages de référence.

**A: Radio-oncologie**

1. The physics of radiation therapy: F. M. Kahn; Williams and Williams, Baltimore.
2. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry: P.H. Attix; Wiley, New York.
3. The physics of radiology (Fourth Edition.): H.E. Johns and J.R. Cunningham; Charles C. Thomas, Springfield Ill.
4. Modern technology of radiation oncology: J. Van Dyk (Editor); Medical Physics Publishing, Madison Wisconsin.
5. Radiation physics for medical physicists: E.B. Podgorsak; Springer, New York.
6. Radiation oncology physics: a handbook for teachers and students: E.B. Podgorsak (Editor); IAEA, Vienna.
7. Radiobiology for the radiobiologist: E.J. Hall; Lippincott Williams & Wilkins, New York.
8. Publication 103 de la CIPR: The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection: The International Commission on Radiological Protection, New York, 2007
9. NCRP report 147: Structural shielding design for medical x-ray imaging facilities: National Council on Radiation Protection and Measurements; Bethesda MD.
10. NCRP report 151: Structural shielding design and evaluation for megavoltage X- and gamma-ray radiotherapy facilities: National Council on Radiation Protection and Measurements; Bethesda MD.
11. Codes de pratique du contrôle de la qualité technique du PCQR, <http://www.pcqr.ca/programmes/controle-de-la-qualite-technique/>
12. Publication 112 de la CIPR: Preventing Accidental Exposures from New External Beam Radiation Therapy Technologies, The International Commission on Radiological Protection; New York, 2009

**B: Radiologie diagnostique**

1. Physics of radiology (2nd Ed.): A. Wolbarst, Medical Physics Publishing, Madison, WI; 2005
2. Review of Radiological Physics (3rd Ed.): W. Huda, R.M. Slone; Lippincott Williams & Wilkins; 2010
3. Essential Physics of Medical Imaging (2nd Ed.): J.T. Bushberg, J.A. Seibert, E.M. Leidholdt, J.M. Boone; Lippincott Williams & Wilkins; (2001)
4. Medical Imaging Signals and Systems: J.L. Prince, J. Links; 2005
5. Medical Imaging Physics (4th Ed.): W.R. Hendee, E.R. Ritenour; Wiley-Liss; 2002
6. Computed Tomography: Fundamentals, System Technology, Image Quality, Applications (2nd Ed.): W.A. Kalender; Wiley-VCH; 2006
7. Ultrasound Physics and Instrumentation (4th Ed): W.R. Hedrick, D.L. Hykes, D.E. Starchman; Mosby; 2004
8. Guidelines for the safe use of diagnostic ultrasound equipment. Prepared by the Safety Group of the British Medical Ultrasound Society Ultrasound 2010; 18: 52–59.
9. Medical electrical equipment – Characteristics of digital X-ray imaging devices – Part 1: Determination of the detective quantum efficiency. International Standard IEC 62220-1



**Examen de candidature au CCPM**

**Édition 11.1**

**C: Médecine nucléaire**

1. Physics in nuclear medicine (3rd Ed): S.R. Cherry, J.A. Sorenson and M.E. Phelps; W.B. Saunders, Philadelphia; 2003
2. Nuclear medicine physics: L.E. Williams (Ed); CRC Press, Boca Raton.
3. The physics of radiology (4th Ed.): H.E. Johns and J.R. Cunningham; Charles C. Thomas, Springfield Ill.
4. Introductory physics of nuclear medicine, R. Chandra; Lea & Febiger, Philadelphia.
5. Radiation detection and measurement, G. F. Knoll; John Wiley and Sons, Third Edition, 2000.
6. Basic science of nuclear medicine, R.P. Parker, P.H.S. Smith, D.M. Taylor; Churchill Livingstone, New York.

**D: Résonance magnétique**

1. Nuclear magnetic resonance imaging in medicine and biology: P.G. Morris; Oxford University Press, Oxford.
2. Magnetic resonance imaging: physical principles and sequence design, R.W. Brown, YN Cheng, E.M. Haacke M.R. Thompson, and R. Venkatesan, A. John Wiley & Sons, 2014..
3. In vivo NMR Spectroscopy: principles and techniques, R. A. de Graaf, John Wiley and Sons, 2007.
4. Questions and answers in magnetic resonance imaging, Second Edition, A.D. Elster and J. H. Burdette, Mosby, 2001.
5. Handbook of MRI pulse sequences, M. A. Bernstein, K. F. King, and X. J. Zhou, Elsevier Academic Press, 2004.
6. MRI: Basic Principles and Applications (4th Ed.); M.A. Brown, R.C. Semelka; Wiley-Blackwell; 2010
7. Principles of Magnetic Resonance Imaging: A Signal Processing Perspective, Z.P. Liang and P.C. Lauterbur, Wiley-IEEE, 1999

**TABLE DES MATIÈRES**

**Ouvrages de référence suggérés**

**Questions des Parties III et IV :**

**Chapitre A : Spécialisation en radio-oncologie**

**Chapitre B : Spécialisation en radiologie diagnostique**

**Chapitre C : Spécialisation en médecine nucléaire**

**Chapitre D : Spécialisation en résonance magnétique**





## *Chapitre B : Spécialisation en radiologie diagnostique*

Vous devrez répondre à **CINQ** questions de la Partie III et à **CINQ** questions de la Partie IV. Deux heures et demie au total sont allouées pour répondre aux questions des deux parties. Chaque question de la Partie III vaut 20 %, totalisant 100 %. Chaque question de la Partie IV vaut 20 %, totalisant 100 %.



### III. SPÉCIALISATION EN RADIOLOGIE DIAGNOSTIQUE

- Définissez ou expliquez :
  - photoélectron
  - effet Auger
  - conversion interne
  - quantum d'annihilation
  - rayonnement caractéristique
  - paire électron-trou
  - électron du recul
  - discontinuité d'absorption
- Citez trois façons qu'ont les rayons X - dans une plage d'énergies utilisées pour le diagnostic - d'interagir avec la matière et discutez de leur dépendance envers l'énergie de photons et le numéro atomique.
- Représentez graphiquement les coefficients d'atténuation massiques pour les tissus, l'os et le plomb dans la plage d'énergies utilisées pour le diagnostic et discutez des principales caractéristiques de ces courbes.
- Quel est le rapport entre le coefficient d'atténuation linéique, le coefficient d'atténuation massique et le coefficient d'absorption d'énergie massique? Représentez graphiquement ces trois coefficients pour l'air dans la plage d'énergies utilisées pour le diagnostic.
- Obtenez ou dérivez* une équation pour convertir l'exposition en dose absorbée (facteur  $f$ ). Décrivez la dépendance énergétique du facteur  $f$  pour l'os, les tissus mous et le tissu adipeux dans la plage d'énergies des rayons X utilisés pour le diagnostic.
- Définissez ou expliquez brièvement :
  - Roentgen
  - KERMA
  - électrode
  - W pour l'air
  - coefficient d'atténuation massique
  - efficacité de collection
  - recombinaison
  - équilibre électronique
- Dessinez et *expliquez* le fonctionnement des éléments suivants :
  - une chambre d'ionisation à air libre
  - une chambre d'ionisation « dé à coudre » typique
  - une courbe de saturation typique pour une chambre d'ionisation.





Examen de candidature au CCPM

Édition 11.1

8. Décrivez *quantitativement* de quelle manière le rendement ( $\mu\text{Gy/mAs}$ ) d'un système de diagnostic par rayons X varie en fonction des paramètres du tube à rayons X (kVp, matériau de l'anode et filtration du tube). Discutez les étendues différentes de kVp, anodes et filtres utilisés en radiologie diagnostic.
9. Estimez l'énergie transmise à un patient d'une épaisseur de 23 cm lors d'une radiographie antéro-postérieure de l'abdomen réalisée au moyen d'une cassette de radiographie assistée par ordinateur mesurant  $25 \times 30 \text{ cm}^2$ . Estimez la dose efficace donnée à ce patient.
10. Décrivez le spectre obtenu en utilisant un tube à rayons-X à cible de tungsten opéré à un potentiel de 100 kVp. Décrivez les effets sur le spectre des changements suivants :
  - a) le potentiel du tube est abaissé à 60 kV,
  - b) le mAs est doublé,
  - c) un filtre de Cu d'une épaisseur de 0,5 mm est ajouté.
  - e) durcissement du faisceau
  - f) coefficient d'homogénéité
  - g) énergie efficace
  - h) atténuation d'un faisceau large
11. Définissez ou expliquez brièvement :
  - a) filtration inhérente
  - b) filtration ajoutée
  - c) filtre composite
  - d) filtre à seuil d'absorption K (« K-edge filter »)
12. Indiquez une méthode expérimentale permettant de déterminer la couche de demi-atténuation d'un système diagnostique à rayons X. Quelle information la couche de demi-atténuation donne-t-elle sur un système à rayons X? Énumérez les valeurs de couche de demi-atténuation typiques pour la tomodensitométrie (120 kVp), la radiographie (80 kVp) et la mammographie (28 kVp).
13. Quantifiez le kerma dans l'air à la surface d'entrée du patient pour une radiographie du thorax en fonction du potentiel du tube à rayon X (kV) et de la filtration ajoutée. Expliquez toutes les modifications devant être faites à la valeur mAs sélectionnée.
14. Discutez les caractéristiques et l'amplitude du rayonnement diffusé provenant de patients subissant une radioscopie.
15. Définissez ou expliquez brièvement :
  - a) TEL (*LET*)
  - b) EBR (*RBE*)
  - c) période de latence
  - d) effet déterministe
  - e) facteur de poids de la radiation
  - f) dose équivalente
  - g) dose efficace
  - h) DGS (*GSD*)
16. Discutez cinq méthodes susceptibles de réduire significativement les doses reçues par le patient en radiologie diagnostique.



17. Discutez les conséquences potentiellement nuisibles des radiations ionisantes pour les niveaux d'exposition rencontrés en radiologie diagnostique en terme :
- d'effets génétiques,
  - d'effets somatiques.
18. Décrivez trois dosimètres individuels courants et expliquez comment la dose est estimée pour chacun d'eux.
19. Donnez les doses typiques administrées aux femmes enceintes lors d'examen de radiographie abdominale et de tomodensitométrie abdominale. Discutez des risques pour l'embryon ou le fœtus dus aux rayonnements correspondants.
20. Pour un examen typique postéro-anterieur du thorax, donnez des estimations des doses suivantes :
- exposition d'entrée
  - dose d'entrée à la peau
  - dose aux poumons, seins, ovaires et gonades
  - dose intégrale (énergie transmise)
  - dose efficace (E)
  - kerma dans l'air à la surface d'entrée du récepteur d'images.
21. Discutez l'avantage et les limites qu'il y a à exprimer les doses reçues par le patient en termes de :
- dose d'entrée à la peau
  - dose intégrale (énergie transmise)
  - dose efficace (E)
22. Discutez les doses au patient et leur risque potentiel en rapport avec les examens diagnostiques suivants :
- radiographies du crâne
  - radiographies abdominales
  - pyélogrammes intraveineux (*IVP*)
  - repas barytés (transit gastro-duodénal)



**Examen de candidature au CCPM**

**Édition 11.1**

23. Définissez brièvement ou expliquez les expressions suivantes concernant les tubes à rayon X :
- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| a) émission thermoélectronique (thermionique) | e) anode tournante                   |
| b) effet de charge d'espace                   | f) éblouissement ( <i>blooming</i> ) |
| c) cupule de focalisation                     | g) filtration                        |
| d) principe du foyer linéaire                 | h) qualité du faisceau               |
24. Dessinez le schéma d'un tube à rayon X typique, identifiez clairement les composantes. Décrivez comment l'effet de talon survient, en se basant sur le schéma pour l'illustrer.
25. Discutez *en détail* les deux types de production de rayons X résultant d'un faisceau d'électrons d'une énergie cinétique donnée incident sur une cible de tungstène. Décrivez leur contribution relative dans le rayonnement émis.
26. Discutez de la production et de la dissipation de chaleur dans les tubes à rayons X. Dessinez les graphiques d'évaluation typiques d'un tube à rayons X et les courbes de chauffage/refroidissement de l'anode.
27. Discutez comment la production de rayonnement d'un tube à rayons X varie en fonction de la tension appliquée. Décrivez l'effet de différentes formes d'onde sur la dose donnée au patient et sur la qualité d'image.
28. Estimez les doses de rayonnements données à des organes-clés (gonades, mains, thyroïde, cristallin) et la dose effective correspondante pour un radiologue effectuant une angioplastie coronaire transluminale percutanée (ACTP) sous guidage fluoroscopique.
29. Discutez les exigences en matière de blindage pour une salle de fluoroscopie, en donnant des valeurs représentatives pour tous les paramètres utilisés.
30. Décrivez l'équipement utilisé et les tests effectués pour s'assurer que le blindage d'une salle de radiologie est satisfaisant. Décrivez l'information nécessaire au calcul du blindage d'une salle de radiologie.



**Examen de candidature au CCPM**

**Édition 11.1**

31. Définissez ou expliquez les expressions suivantes concernant les récepteurs d'images numériques :
- |                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| a) pixel               | e) détection directe |
| b) fond sombre         | f) silicium amorphe  |
| c) indice d'exposition | g) fluage de dose    |
| d) scintillateur       | h) champ plat        |
32. Décrivez en détail un programme de contrôle de la qualité destiné à contrôler les performances d'un appareil servant à développer les films radiologiques.
33. Comparez et opposez la performance de détecteur à panneau plat indirect à base de scintillateur à l'iodure de césium (CsI) et à base de scintillateur d'oxysulfure de gadolinium ( $Gd_2O_2S$ )
34. Décrivez les tests de contrôle de la qualité réguliers que vous feriez sur un système de radiographie numérisée, y compris leur fréquence.
35. Discutez sur un plan quantitatif des propriétés de résolution des éléments suivants :
- |                                     |
|-------------------------------------|
| a) foyer des rayons X               |
| b) radiographie numérique directe   |
| c) radiographie numérique indirecte |
36. Décrivez de quelle manière les propriétés de résolution du foyer des rayons X, de la radiographie numérique directe et de la radiographie numérique indirecte sont modifiées au cours d'une radiographie avec agrandissement.
37. Discutez la mesure de la taille des points focaux si vous utilisez une caméra sténopée et la radiographie d'un patron en étoile. Comparez les avantages et les inconvénients de chaque méthode.
38. Discutez la variation de la taille du foyer en fonction du courant et de la tension du tube à rayons X. Discutez les spécifications « NEMA » concernant les dimensions des foyers.



**Examen de candidature au CCPM**

**Édition 11.1**

39. Spécifiez et expliquez les exigences de taille du foyer thermique pour les examens suivants :
- fluoroscopie
  - radiographies du thorax
  - neuroradiographie avec agrandissement
  - mammographie avec agrandissement
  - radiographie du squelette.
40. Expliquez la procédure et l'équipement utilisé pour les tests de contrôle de la qualité d'un générateur de rayons X.
41. En considérant l'Index de déviation (Deviation Index - DI):
- Expliquez pourquoi il a été créé;
  - Comment est-ce qu'un établissement pourrait mettre en usage le DI dans leur pratique clinique?
  - Comment est-ce que le DI est différent de l'indicateur d'exposition (Exposure Indicator)?
42. Expliquez le concept d'une analyse de rejet d'image, y compris le nombre attendu d'images dans chaque catégorie principale de rejet.
43. Discutez les avantages et les limites de la radiographie assistée par ordinateur lors de la réalisation des examens cliniques suivants :
- radiographies du thorax au chevet du patient
  - radiographies abdominales
  - radiographie des membres
  - mammographie
44. Expliquez les tests d'acceptation qui doivent être réalisés sur un système de radiographie assistée par ordinateur (CR) nouvellement installé.
45. Décrivez la technique de traitement d'images par masque flou actuellement utilisée par la plupart des systèmes commerciaux de radiographie assistée par ordinateur.
46. Esquissez le schéma d'un système de radiographie assistée par ordinateur en incluant le lecteur. Décrivez le processus de formation de l'image.
47. Discutez les facteurs qui ont une répercussion sur le rayonnement diffusé en radiologie diagnostique. Énumérez quatre méthodes possibles de réduction du rayonnement diffusé.



**Examen de candidature au CCPM**

**Édition 11.1**

48. Définissez ou expliquez les expressions suivantes concernant les grilles d'antidiffusion :
- |                      |                                       |
|----------------------|---------------------------------------|
| a) rapport de grille | e) grille parallèle                   |
| b) grille linéaire   | f) grille mobile                      |
| c) grille focalisée  | g) facteur de Bucky                   |
| d) ligne convergente | h) transmission de la grille primaire |
49. Discutez la diminution de contraste et les artefacts dans les images causés par le rayonnement diffus et quantifiez l'amélioration du contraste qui pourrait être atteinte en utilisant des grilles d'antidiffusion.
50. Discutez de façon détaillée des rapports existant entre les paramètres de la grille et la dose patient.
51. Décrivez deux méthodes pratiques pour réduire le rayonnement diffusé en radiologie diagnostique, autres que les grilles d'antidiffusion. Comparez leurs avantages et leurs inconvénients par rapport à l'utilisation de grilles d'antidiffusion.
52. Donnez les grandes lignes d'une méthode expérimentale pour déterminer le ratio du rayonnement diffusé sur le rayonnement primaire pour un système à rayon X diagnostique. Discutez les différences entre la fraction de diffusé et le ratio du rayonnement diffusé sur le rayonnement primaire.
53. Dessinez le schéma d'un système dédié à la mammographie et indiquez en quoi il diffère d'une unité de radiographie générale.
54. Indiquez les réglages ou les choix de paramètres techniques dans un appareil de mammographie pour les éléments suivants :
- |                           |                                |
|---------------------------|--------------------------------|
| a) potentiel du tube (kV) | e) distance source-image (DSI) |
| b) taille du foyer        | f) compression du sein         |
| c) matériau de l'anode    | g) gradient du film            |
| d) matériau du filtre     | h) CDA ( <i>HVL</i> )          |
55. Donnez les grandes lignes des procédures nécessaires à l'essai de réception d'un système de mammographie numérique nouvellement installé et donnez les valeurs typiques des paramètres mesurés.
56. Discutez les facteurs qui influencent les doses de rayonnement pour les mammographies numériques et donnez les valeurs typiques des doses glandulaires moyennes (DGM) normalement rencontrées dans les systèmes de technologie récente.
57. Discutez le rapport bénéfice/risque associé à la mammographie de *dépistage*.



**Examen de candidature au CCPM**

**Édition 11.1**

58. Discutez la variation de contraste du sujet en mammographie en fonction de l'énergie des rayons X.
59. Discutez les facteurs qui ont un impact sur le diffusé en mammographie numérique et les méthodes correspondantes normalement employées pour réduire le diffusé.
60. Discutez les principales sources de flou et de bruit dans les images obtenues de systèmes mammographiques numériques.
61. Dessinez un tube amplificateur de brillance; indiquez clairement par une légende et expliquez chacun de ses composants.
62. Définissez les paramètres d'intensificateur d'image suivants et donnez des valeurs représentatives :
- |                                 |                          |
|---------------------------------|--------------------------|
| a) gain de brillance            | d) rapport de contraste  |
| b) gain de minimisation         | e) facteur de conversion |
| c) gain électronique ou de flux | f) zoom électronique     |
63. Discutez la qualité de l'image obtenue avec un amplificateur de brillance en termes de bruit, contraste, résolution et distorsion de l'image.
64. Estimez la dose effective donnée à un patient lors d'une angioplastie coronaire transluminale percutanée (ACTP) sous guidage fluoroscopique. Énumérez toutes vos hypothèses.
65. Dessinez un schéma fonctionnel d'un appareil de fluoroscopie reposant sur un amplificateur de brillance et un système de caméra CCD; décrivez la fonction des principaux composants.
66. Définissez brièvement ou expliquez les expressions suivantes concernant les détecteurs CCD :
- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| a) fréquence d'images/de trames | e) bruit d'affichage                                |
| b) saturation                   | f) efficacité quantique de détection ( <i>DQE</i> ) |
| c) correction de champ plat     | g) retard temporel                                  |
| d) bruit d'obscurité            | h) éblouissement ( <i>blooming</i> )                |
67. Comparez et opposez la qualité d'image et l'efficacité de dose des systèmes à amplificateur de brillance par rapport aux systèmes de capteurs plans, dans le cadre d'une utilisation en fluoroscopie.
68. Décrivez les tests de contrôle de la qualité pour un système de fluoroscopie utilisant des capteurs plans. Nommez l'équipement requis pour ces tests.



**Examen de candidature au CCPM**

**Édition 11.1**

69. Discutez les doses données au patient dans le cadre des différentes procédures de fluoroscopie actuelles, tant diagnostiques que thérapeutiques. Décrivez les méthodes utilisées pour minimiser les doses données au patient.
70. En considérant l'angiographie numérique avec soustraction (ANS, où *DSA*), répondez aux questions suivantes:
- Expliquez les principes physiques de l'acquisition d'image;
  - Pourquoi est-ce que les patients ont des examens d'imagerie ANS?
  - Énumérez et expliquez brièvement les facteurs qui ont un impact sur la dose reçue par le patient lors d'une procédure d'intervention avec ANS.
71. Décrivez la manière d'utiliser les techniques de traitement d'image disponibles avec les systèmes ANS actuels lors de procédures interventionnelles.
72. Définissez ou expliquez les expressions suivantes concernant la tomodensitométrie :
- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| a) filtre papillon             | e) foyer dynamique                          |
| b) unité Hounsfield            | f) tomodensitomètre de troisième génération |
| c) mode de balayage axial      | g) isocentre                                |
| d) mode de balayage hélicoïdal | h) modulation du courant au tube            |
73. Esquissez et décrivez les principaux composants d'un tomodensitomètre multicoupe de troisième génération moderne.
74. Décrivez qualitativement et comparez les différentes approches disponibles pour reconstruire une image TDM chez les tomodensitomètres actuels.
75. Discutez les artefacts tomodensitométriques suivants de même que les méthodes implémentées pour les minimiser :
- durcissement de faisceau,
  - effets de volume partiel,
  - artefacts en stries,
  - artefacts en anneau.
76. Décrivez les matrices de détecteur de rayonnement utilisées de nos jours dans les tomodensitomètres multicoupes, incluant leur spécifications techniques et leurs critères de rendement habituels.
77. Comparez et opposez les tomodensitomètres multicoupes aux tomodensitomètres à faisceau conique, incluant leurs avantages et leurs inconvénients ainsi que leurs applications cliniques.





78. Discutez les paramètres de dose suivants associés à des tomodensitomètres et donnez leurs valeurs habituelles pour des examens cliniques de la tête et du corps :
- a) indice de dose scanographique pondéré (IDSP),
  - b) indice de dose scanographique volumique (IDSV),
  - c) produit dose.longueur (PDL),
  - d) estimation de dose spécifique à la taille ("size specific dose estimate-SSDE),
  - e) dose efficace.
79. Décrivez un programme complet de contrôle de la qualité pour un tomodensitomètre en tenant compte de l'importance relative et de la fréquence des méthodes d'essai.
80. Décrivez et comparez la tomosynthèse digitale du sein par rapport à la mammographie générale 2D. Inclure les exigences du détecteur.



#### IV. SPÉCIALISATION EN RADIOLOGIE DIAGNOSTIQUE

- Définissez brièvement ou expliquez les expressions suivantes concernant les détecteurs de rayonnements :
  - pic photoélectrique
  - dynode
  - pouvoir d'arrêt
  - front Compton
  - avalanche électronique
  - thermogramme
  - extinction (*quenching*)
  - système paralysable
- Décrivez les détecteurs de rayonnement suivants en fonction de l'ionisation des gaz et discutez de leurs avantages respectifs pour la radioprotection :
  - chambre d'ionisation
  - compteur Geiger-Mueller (G-M)
- Dérivez* une équation pour l'exposition et la dose absorbée dans l'air par fluence unitaire de photons en termes de coefficient d'absorption d'énergie massique de l'air. Représentez graphiquement l'exposition par fluence unitaire sous forme de fonction de l'énergie de photons dans une plage allant de 20 à 150 keV et expliquez la forme de la courbe en termes de processus photoélectriques et d'interaction Compton.
- Décrivez comment on peut utiliser des dosimètres à film et des dosimètres à luminescence stimulée optiquement pour la dosimétrie individuelle et discutez de leurs avantages et limites respectifs.
- Discutez les doses habituelles pour le personnel travaillant en radiologie et comparez-les aux limites de doses pour les personnes soumises à une exposition professionnelle ou pour le public.
- Définissez ou expliquez brièvement :
  - effet indirect
  - non stochastique
  - directement ionisant
  - aberration chromosomique
  - modèle linéaire quadratique
  - modèles de risque absolu/relatif
- Expliquez pourquoi il est difficile d'obtenir des renseignements précis concernant les effets biologiques de faibles doses (par exemple, 10 mGy) de rayonnements à faible TEL (*low LET*) reçues pendant des périodes prolongées chez les humains.
- Discutez des risques liés aux rayonnements émis pour un examen classique par lavement baryté et pour une procédure de cathétérisme cardiaque interventionnel.



9. Discutez sur le plan quantitatif les sources naturelles de rayonnement de fond (y compris l'exposition aux rayonnements médicaux) en Amérique du Nord et estimez leur contribution à une dose génétiquement significative.
10. Comparez l'information diagnostique obtenue, les paramètres de qualité des images et les doses au patient d'une scintigraphie cérébrale, d'une radiographie du crâne et d'une tomодensitométrie de la tête.
11. Comparez et opposez les avantages et les inconvénients des études de perfusion myocardique TEM et de coronarographie TDM en tenant compte des artefacts typiques observés.
12. Discutez ou définissez les expressions suivantes concernant la résonance magnétique :
  - a) équation de Larmor
  - b) rapport gyromagnétique
  - c) paramagnétisme
  - d) impulsion de  $90^\circ$
  - e) GRE écho de gradient
  - f) transfert d'aimantation
  - g) déplacement chimique
  - h) sensibilité
13. Discutez les facteurs qui influencent le rapport signal sur bruit dans une image par RM.
14. Décrivez, à l'aide de graphiques, les impulsions et gradients RF, pour les techniques d'imagerie suivantes :
  - a) IR (inversion-récupération)
  - b) SE (écho de spin)
  - c) GE (écho de gradient)
15. Pour l'imagerie par écho de spin :
  - a) à l'aide de schémas, expliquez comment le contraste dans l'image peut être ajusté en fonction du choix des paramètres de l'imagerie par écho de spin.
  - b) quels paramètres de l'imagerie par écho de spin utiliseriez-vous pour maximiser le contraste dans l'image entre des tissus présentant :
    - (i) différents  $T_1$
    - (ii) différents  $T_2$
    - (iii) différentes densités de proton.



16. Comparez les différents aspects des images obtenues lors d'un examen de la tête réalisé en imagerie par résonance magnétique et en tomodensitométrie en tenant compte de la qualité de l'image, de la dose au patient, de la durée de l'examen et du coût.
17. Définissez ou discutez les expressions suivantes concernant l'imagerie par ultrason :
- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| a) effet piézoélectrique           | e) longueur d'impulsion                    |
| b) couche d'adaptation d'impédance | f) repliement spectral ( <i>aliasing</i> ) |
| c) impédance acoustique            | g) artefact de réverbération               |
| d) convertisseur de balayage       | h) balayage duplex                         |
18. Discutez la structure d'un réseau de transducteurs ultrasonores. Décrivez le processus de formation des images pour un réseau de transducteurs linéaire, courbé et à commande de phase.
19. Expliquez ce que signifient les modes **B** et **M** en échographie. Expliquez comment la résolution temporelle est limitée par chaque technique.
20. Discutez les facteurs les plus importants qui ont une répercussion sur la résolution axiale, la résolution latérale et la résolution en élévation d'un appareil d'échographie. Comment ces résolutions sont-elles contrôlées par une barrette linéaire de transducteurs?
21. Pour un appareil d'ultrason :
- Expliquez les termes « indice mécanique (IM) » et « indice thermique (IT) ».
  - Discutez les dangers associés aux effets mécaniques et thermiques.
  - Quelles considérations de sûreté particulières sont requises pour les agents de contraste ultrasonores?
22. Décrivez les modes Doppler suivants :
- Continu
  - Pulsé
  - Couleur
  - Puissance
23. Discutez et démontrez mathématiquement les rapports entre la fonction d'étalement ponctuel (PSF), la fonction d'étalement linéaire (LSF) et la fonction de transfert de modulation (MTF) d'un système d'imagerie médicale.
24. Définissez la fréquence de Nyquist pour un système d'imagerie numérique et expliquez pourquoi un sous-échantillonnage provoque un repliement spectral (effet de moiré). Donnez des valeurs représentatives de la fréquence de Nyquist pour des récepteurs d'images numériques utilisés en mammographie et en radiographie générale.



25. Discutez la FTM ("MTF") d'un système d'imagerie numérique et de quelle manière elle est affectée par ce qui suit :
  - a) la taille du détecteur
  - b) l'espacement entre les détecteurs
  - c) la taille de la matrice de tirage
26. Expliquez une méthode pour déterminer la FTM de pré-échantillonnage d'une modalité d'imagerie numérique (par exemple, la radiographie assistée par ordinateur) et tracez la représentation graphique d'une FTM représentative de cette modalité d'imagerie
27. Décrivez les composantes principales de bruit dans la formation d'une image radiographique numérique en tenant compte de leurs contributions relatives au niveau de bruit total de l'image.
28. Définissez le spectre de puissance de bruit (SPB) d'un récepteur d'image de radiographie numérisée et expliquez en détail comment il est mesuré.
29. Discutez comment serait modifié le spectre de puissance de bruit (SPB) d'un détecteur à écran plat à conversion indirecte lorsque :
  - a) un scintillateur plus épais est utilisé
  - b) un scintillateur ayant une plus grande efficacité de conversion est utilisé
  - c) un détecteur ayant une meilleure efficacité quantique de détection est utilisé.
30. Définissez les quanta équivalents de bruit (NEQ) et décrivez les facteurs influençant les NEQ pour une image numérique.
31. Définissez « efficacité quantique de détection » (DQE) et décrivez les facteurs qui influencent la DQE pour un récepteur numérique d'image radiographique.



32. Dessinez une matrice 2 x 2 d'une maladie (D+ ou D-) et un test diagnostique (T+ ou T-) pour une certaine population de patients. Identifiez les vrais positifs, les faux positifs, les vrais négatifs et les faux négatifs et définissez les termes suivants :
- sensibilité
  - spécificité
  - exactitude
  - prévalence de la maladie
  - valeur prédictive du test
33. Dessinez une courbe de Fonction d'efficacité du récepteur (*ROC*) et indiquez sur la courbe les points de fonctionnement correspondant à des seuils stricts et à des seuils lâches. Expliquez la signification de ces seuils et des diagonales reliant (0,0) et (1,1) sur un diagramme ROC. Discutez de l'utilisation de l'aire sous la courbe ROC comme mesure de la précision d'un test diagnostique.
34. Décrivez la procédure utilisée pour effectuer une étude de la fonction d'efficacité du récepteur (ROC) pour comparer la performance de deux modalités d'imagerie concurrentes afin de diagnostiquer un problème clinique spécifique.
35. Comparez et opposez les méthodes ROC et du choix forcé (AFC) pour évaluer les performances d'un observateur face à la détection d'un signal visuel.
36. Décrivez le critère de Rose pour la détection d'un objet uniforme devant un arrière-plan uniforme en incluant vos hypothèses en ce qui a trait au développement du modèle et à ses limites physiques.
37. Décrivez les trois expositions accidentelles suivantes retrouvées dans les médias. Pour chaque événement, nommez au moins deux stratégies qui, si elles avaient été en place, aurait réduit le risque qu'un tel événement se produise.
- Perfusion crânienne CT au Centre Médical Cedars-Sinai à Los Angeles en 2008-2009;
  - Répétition de la même coupe CT de 3 mm à Arcata, Californie, en 2008;
  - Étudiant touchant une source pour caméra de radiographie à Port Lavaca, Texas, en 2011.



- 38.
- a) Décrivez comment s'effectue une analyse des modes de défaillance et de leurs effets (FMEA) dans une clinique de radiologie.
  - b) Pour chacun des modes de défaillance suivants, identifiez une cause possible et suggérez, avec vos raisons, les valeurs des paramètres de fréquence (F), sévérité (S) et détectabilité (D):
    - i) Procédure faite sur le mauvais patient;
    - ii) Mauvais paramètre d'imagerie CT utilisé;
    - iii) Examen d'imagerie sur une patiente enceinte.
  - c) Pour chaque situation présentée en b), quelles mesures préventives pourraient être employées pour diminuer le paramètre D (c.-à-d. augmenter la détectabilité de l'erreur avant qu'elle n'atteigne le patient)?
39. Considérez l'importance qu'on prît les systèmes informatique en radiologie (RIS) pour le bon fonctionnement d'une clinique, expliquez la raison d'être et l'utilisation de:
- (a) pare-feu,
  - (b) checksum,
  - (c) IPv6,
  - (d) RAID,
  - (e) DICOM
  - (f) PACS
40. En considérant la calibration de l'équipement de mesure pour rayon-X, expliquez:
- a) Décrivez l'importance de la calibration;
  - b) Détaillez comment une calibration est effectuée et à quelle fréquence;
  - c) Quels sont des problèmes potentiels si la calibration n'est pas faite;
  - d) C'est quoi la contre-calibration?