

Rayonnements ionisants – Exercices - Devoirs

QCM 1 corrigé disponible

Lors des interactions de rayonnements X ou gamma à usage diagnostique (énergie comprise entre 50 et 600 keV) avec la matière vivante :

- A. L'effet photoélectrique est le plus probable.
- B. L'effet Compton est le plus probable.
- C. L'effet de matérialisation est impossible.
- D. Le parcours d'un photon X de 600 keV dans la matière vivante est de 0,3 cm.
- E. Ces photons X ou gamma sont dits « indirectement ionisants » et ont une interaction aléatoire avec la matière.

QCM 2 corrigé disponible

- A. une onde électromagnétique de longueur d'onde supérieure à 100 nm est ionisante
- B. une onde électromagnétique d'énergie supérieure à 10^3 eV est non ionisante
- C. une onde électromagnétique ne peut pas être une radiation ionisante puisque c'est un rayonnement électriquement neutre
- D. une onde électromagnétique est directement ionisante
- E. un faisceau de particules α est directement ionisant

QCM 3 corrigé disponible

Lors de l'interaction avec la matière vivante des rayons X utilisés à des fins médicales diagnostiques :

- A. l'effet Compton est le plus probable
- B. la production de paires ne peut pas se produire
- C. la probabilité de production de l'effet photoélectrique est faible
- D. l'effet Compton et l'effet photoélectrique sont équiprobables
- E. la production de paires et l'effet Compton sont équiprobables

QCM 4 corrigé disponible

Une particule α de TEL=120 keV/ μ m est émise dans l'air par une source ponctuelle ; on rappelle que l'énergie d'ionisation de l'air est de 34 eV :

- A. cette particule peut provoquer entre 3000 et 4000 ionisations par micromètre
- B. cette particule peut provoquer entre 300 et 400 ionisations par millimètre
- C. cette particule peut provoquer plus de 4000 ionisations par nanomètre
- D. cette particule peut provoquer moins de 3000 ionisations par micromètre
- E. cette particule a une énergie comprise entre 4 et 9 MeV

QCM 5 corrigé disponible

À propos des interactions des électrons dans la matière :

- A. leur mécanisme principal d'interaction se produit sur des électrons atomiques
- B. leur mécanisme principal d'interaction est une collision inélastique sur des électrons atomiques
- C. leurs interactions sur des électrons atomiques provoquent majoritairement des excitations
- D. leur interaction avec des électrons atomiques est caractérisée par le pouvoir d'arrêt par radiation
- E. le pouvoir d'arrêt par radiation est d'autant plus élevé que le numéro atomique du milieu et l'énergie cinétique des électrons incidents sont grands

QCM 6 corrigé disponible

Lors d'une interaction rayonnement électromagnétique-matière, on constate l'éjection d'un électron atomique d'énergie de liaison de 20 keV avec une énergie cinétique de 100 keV :

- A. L'interaction a transféré 100 keV à cet électron.
- B. L'interaction peut être de type photoélectrique.
- C. Cet électron peut entraîner l'éjection d'un électron de conversion interne.
- D. Cet électron peut produire des effets photoélectriques.
- E. Cet électron est indirectement ionisant.

QCM 7 corrigé disponible

Dans un tube radiogène récent d'un appareil de tomodensitométrie (scanner X) :

- A. L'échauffement de l'anticathode peut être diminué par la circulation d'un liquide réfrigérant circulant autour de l'anode.
- B. La haute tension accélératrice entre anticathode et anode est continue.
- C. Le nombre de RX produits dépend de l'intensité et de la durée de chauffage du filament métallique de la cathode.
- D. Les RX de plus faibles énergies sont filtrés après leur production dans un tel tube.
- E. Des RX de forte énergie (100 MeV) peuvent y être produits à des fins de radiothérapie externe.

QCM 8 corrigé disponible

A propos des diverses utilisations des rayonnements ionisants en médecine, pharmacie et biologie :

- A. L'imagerie utilisant les rayons X est une technique d'imagerie par transmission uniquement en 3D.
- B. L'imagerie utilisant les radioéléments émetteurs β^+ est une technique d'imagerie par émission en 3D.
- C. Le contraste entre tissus mous et les vaisseaux sanguins peut être augmenté par l'injection intra-veineuse de produits de contraste iodés (iode stable).
- D. Le traitement de nombreuses pathologies thyroïdiennes à l'aide d'iode 131 est une technique de radiothérapie externe.
- E. La cristallographie rayons X est une technique d'analyse de la structure tridimensionnelle de certaines protéines.

QCM 9 corrigé disponible

Un photon de 2,044 MeV interagit par création de paire au voisinage d'un noyau :

- A. L'énergie cinétique du positon créé est de 511 keV.
- B. L'énergie cinétique du photon diffusé après la création de paire est de 511 keV.
- C. Le parcours moyen de l'électron produit par la création de paire est de l'ordre de 0,25 cm dans l'eau.
- D. Chaque particule issue de la création de paire produit, en fin de parcours, 2 photons d'annihilation de 511 keV.
- E. La création de paire est mise à profit dans la TEP.

QCM 10 corrigé disponible

Un faisceau de photons parallèles de 1 MeV traverse une épaisseur de 10 cm d'un matériau ayant une CDA de 10 cm :

- A. Quelle que soit l'énergie des photons incidents, la CDA du matériau reste constante.
- B. L'atténuation des photons par ce matériau est un phénomène probabiliste.
- C. Tous les photons qui apparaissent de l'autre côté du matériau ont une énergie de 0,5 MeV.
- D. Le coefficient d'atténuation linéique global de ce matériau est de 0,0693 cm^{-1} .
- E. L'atténuation de ce faisceau de photons de 1 MeV est essentiellement due à des effets Compton.

QCM 11 corrigé disponible

L'énergie de liaison des électrons de la couche K de l'iode-123 est égale à 32 keV. Consécutivement aux transformations les plus probables de l'iode-123, des électrons de 127 keV sont émis selon un spectre de raies :

- A. Ces électrons sont des électrons de conversion interne.
- B. Ces électrons ont un parcours fini.
- C. Ces électrons se ralentissent dans l'eau par effet photoélectrique ou par effet Compton.
- D. Dans l'eau, le parcours moyen de ces électrons est proche de 0,063 mm.
- E. Dans l'eau, le parcours maximal de ces électrons est proche de 0,095 mm.

QCM 12 corrigé disponible

Les photons de 159 keV émis consécutivement aux transformations les plus probables de l'iode-123, ont un coefficient d'atténuation linéique total proche de 20 cm^{-1} pour le plomb.

- A. Ces photons sont des photons gamma, dits indirectement ionisants.
- B. La couche de demi-atténuation du plomb (CDA) pour ces photons est proche de 0,35 cm.
- C. La couche de demi-atténuation du plomb (CDA) pour ces photons est proche de 0,35 mm.
- D. Un tablier en plomb d'épaisseur 0,35 mm protège à 99,9 % de ces photons.
- E. On peut affirmer qu'un tablier en plomb d'épaisseur 0,35 mm est suffisant pour se protéger de l'ensemble des émissions de l'iode-123, sans se préoccuper des autres énergies d'excitation possibles du Tellure-123.

QCM 13 corrigé disponible

A propos des neutrons :

- A. Ils sont composés de 3 quarks de charges neutres.
- B. Ils interagissent notamment sur les noyaux d'hydrogène par diffusion élastique.
- C. L'atténuation d'un flux de neutrons dans la matière suit une loi proche d'une exponentielle décroissante.
- D. Le plomb est un matériau dense, efficace pour se protéger des neutrons.
- E. Les neutrons sont des rayonnements indirectement ionisants très utilisés en radiothérapie.

QCM 14 corrigé disponible

Les rayons X :

- A. sont des rayonnements particuliers électriquement chargés.
- B. ont été découverts par Becquerel et dénommés, à cette occasion, « rayons uraniques ».
- C. peuvent être produits lors du phénomène dit « de freinage ».
- D. peuvent être produits lors du phénomène de réarrangement du cortège électronique, à la suite d'une ionisation.
- E. peuvent être produits lors du phénomène de désexcitation du cortège électronique, à la suite d'une excitation.

QCM 15 corrigé disponible

A propos des interactions des rayonnements avec la matière :

- A) Les particules chargées sont indirectement ionisantes.
- B) Les particules α ont un parcours sinueux dans la matière.
- C) Les photons X ou γ ont des interactions de type aléatoire avec la matière.
- D) Les particules β^+ ont le même parcours dans la matière que les particules β^- .
- E) Les neutrons interagissent préférentiellement avec la matière par réaction photonucléaire.

QCM 16 corrigé disponible

Au sujet des interactions des rayonnements électromagnétiques avec la matière :

- A) Lors de l'interaction par effet photoélectrique, on néglige l'énergie de liaison des électrons.
- B) Il est impossible pour un photon de fluorescence d'expulser à son tour un électron.
- C) L'électron émis par effet photoélectrique s'appelle électron Auger.
- D) Le photon diffusé n'a jamais la direction du photon incident.
- E) Les deux photons résultant de l'annihilation emportent chacun une énergie de 0,511 MeV.

QCM 17 corrigé disponible

Les tubes produisant des rayons X :

- A) Ce sont encore actuellement des tubes de type Coolidge.
- B) Les tubes de Crookes sont encore utilisés pour la production de RX en imagerie médicale.
- C) Plus l'énergie cédée par les électrons sur l'anticathode est élevée, plus la longueur d'onde des RX produits est faible.
- D) Les énergies des RX produits par les tubes de type Coolidge sont en général plus faibles que celles produites avec des accélérateurs linéaires ou circulaires.
- E) Les RX sont systématiquement filtrés sur les basses énergies afin de minimiser l'effet Compton en imagerie médicale.

QCM 18 corrigé disponible

Soit un faisceau de rayons gamma monoénergétiques :

- A) Si une épaisseur de plomb de 5,3 cm divise par 200 le nombre de photons incidents, le coefficient linéique d'atténuation du plomb est de 1 cm^{-1} .
- B) Après avoir traversé 2 lames accolées d'un même matériau, le faisceau est atténué par un facteur 64. Si la deuxième lame de 6 cm d'épaisseur atténue le faisceau d'un facteur 16, alors la première lame aura une épaisseur de 3 cm.
- C) Dans les conditions de l'item B, la CDA du plomb pour ce faisceau est de $1,5 \text{ cm}^{-1}$.
- D) Le plomb est le matériau le plus fréquemment utilisé pour se protéger des rayonnements électromagnétiques.
- E) Le plomb est également le matériau le plus utilisé pour se protéger des particules β^- de faible énergie.

QCM 19 corrigé disponible

En médecine nucléaire à usage diagnostique, on utilise des rayonnements gamma dont l'énergie est inférieure à 600 keV. Lors des interactions de ces rayons γ avec la matière vivante ($\rho = 1 \text{ g.cm}^{-3}$, énergie moyenne d'ionisation : 34 eV) :

- A) L'effet photoélectrique est le plus probable.
- B) Si un électron est produit lors de ces interactions avec une énergie de 500 keV, il aura un parcours moyen de 2,5 mm dans les tissus.
- C) Si un électron produit de 550 keV a un TEL moyen de 510 keV.cm^{-1} , la densité linéique moyenne d'ionisation de ces tissus par cet électron sera de 15 000 par cm.
- D) Si un photon γ d'annihilation interagit par effet Compton avec les tissus, le transfert d'énergie à cet endroit sera de 511 keV.
- E) Après un effet Compton, le photon diffusé peut interagir avec un tissu plus profond du patient.

Énoncé commun aux QCM 20 à 23

Le Rubidium-82 est un radioélément utilisé dans certains centres de médecine nucléaire pour explorer la perfusion myocardique.

Le tableau ci-contre donne l'énergie de masse approximative à l'état fondamental et certaines périodes radioactives de plusieurs isobares du Rubidium-82.

Les transformations radioactives du Rubidium-82 sont pures dans 86% des cas. Dans 14% des cas, le noyau fils du Rubidium-82 est laissé à l'état excité, le plus souvent avec une énergie d'excitation égale à 0,78 MeV.

Dans les énoncés suivants, le terme « électron » désigne indistinctement (sauf précision) un électron négatif ou un électron positif.

Appellation	Symbole	Energie de masse (MeV)	Période
Yttrium-82	$^{82}_{39}\text{Y}$	76314,8	9,5 secondes
Strontium-82	$^{82}_{38}\text{Sr}$	76307,0	25,5 jours
Rubidium-82	$^{82}_{37}\text{Rb}$	76306,8	76 secondes
Krypton-82	$^{82}_{36}\text{Kr}$	76302,4	Non communiquée
Brome-82	$^{82}_{35}\text{Br}$	76305,5	Non communiquée
Sélénium-82	$^{82}_{34}\text{Se}$	76305,4	Non communiquée

QCM 20 corrigé disponible

En considérant uniquement les électrons émis lors des transformations pures du Rubidium-82 :

- A. Chaque électron émis subit des interactions de nature électrostatique, obligatoires, avec le milieu.
- B. Dans l'eau, le parcours moyen de ces électrons est proche de 7 mm.
- C. Dans l'eau, le parcours moyen de ces électrons est proche de 0,7 mm.
- D. Dans l'eau, le parcours maximal de ces électrons est proche de 13 mm.
- E. Dans l'eau, le parcours maximal de ces électrons est proche de 25 mm.

QCM 21 corrigé disponible

Dans l'eau, les électrons émis lors des transformations pures du Rubidium-82 produisent en moyenne :

- A. un transfert d'énergie linéique moyen proche de $2 \text{ MeV} \cdot \text{cm}^{-1}$.
- B. un transfert d'énergie linéique moyen proche de $20 \text{ MeV} \cdot \text{mm}^{-1}$.
- C. un transfert d'énergie linéique moyen proche de $200 \text{ keV} \cdot \text{mm}^{-1}$.
- D. près de $44 \cdot 10^3$ ionisations.
- E. près de $137 \cdot 10^3$ ionisations.

QCM 22 corrigé disponible

Dans du plomb, la plupart des photons émis par une source de Rubidium-82 ont un coefficient d'atténuation linéique $\mu = 1 \text{ cm}^{-1}$.

- A. La couche de demi-atténuation (CDA) du plomb pour ces photons est égale à 1 cm.
- B. Environ 1/1000^{ème} de ces photons traverse 10 cm de plomb.
- C. Environ 1/1000^{ème} de ces photons traverse 7 cm de plomb.
- D. 10% environ de ces photons traverse 1 mm de plomb.
- E. 90% environ de ces photons traverse 1 mm de plomb.

QCM 23 corrigé disponible

Le spectre de distribution en énergie des rayons X de freinage produits dans un tube de Coolidge, utilisés pour un examen radiologique, est un spectre continu :

- A. Le spectre théorique (droite de Chalmers) produit au niveau de la cible présente une proportion très faible de rayons X d'énergie pratiquement nulle.
- B. Le spectre théorique (droite de Chalmers) produit au niveau de la cible présente une proportion très faible de rayons X d'énergie maximale.
- C. Le spectre réel émis par le tube présente une proportion très faible de rayons X d'énergie maximale.
- D. Le spectre réel émis par le tube présente une proportion très faible de rayons X d'énergie pratiquement nulle.
- E. Le spectre du faisceau de rayons X émis par le tube et filtré de façon adéquate pour cet examen radiologique voit sa proportion en rayons X de très faible énergie augmenter.

QCM 24 corrigé disponible

Un laboratoire utilisait du tritium (^3H ou T) pour le marquage de biomolécules. Dans ce laboratoire, il reste un ancien flacon en verre, fermé (densité du verre : 2,5, épaisseur minimale du verre : 1 mm), contenant du tritium. Le tritium est instable (constante radioactive : $0,0577 \text{ an}^{-1}$) et sa transformation radioactive est toujours pure.

Une étiquette sur le flacon mentionne l'activité en tritium le 18 janvier 1977 : 36 MBq. Le tableau ci-contre donne les masses atomiques respectives du tritium et de l'hélium-3 (^3He), ce dernier étant un élément stable.

	Masse (uma)
Tritium	3,016049
Hélium-3	3,016029

Le 18 janvier 2013, en considérant uniquement le rayonnement de particules chargées provenant de la transformation du tritium :

- A. Aucun rayonnement ne peut sortir du flacon.
- B. Une partie du rayonnement peut sortir du flacon.
- C. Il faut disposer d'un écran de numéro atomique élevé, comme du plomb, pour se protéger du rayonnement émis par le flacon fermé.
- D. Une distance minimale de sécurité doit être respectée vis à vis de ce flacon fermé.
- E. En cas d'ouverture du flacon, son contenu ne constitue plus un risque potentiel d'irradiation même en cas de contamination interne.

QCM 25 corrigé disponible

Une source de photons ionisants monoénergétiques est placée face à un écran d'épaisseur 0,1 mm. 70,7% des photons incidents traversent l'écran :

- A. Ces photons sont dits « indirectement ionisants ».
- B. Ces photons peuvent interagir avec l'écran par freinage.
- C. La probabilité d'interaction par effet Compton est supérieure à la probabilité d'interaction par effet photoélectrique lorsque l'énergie des photons incidents est faible et le numéro atomique du matériau utilisé est élevé (plomb).
- D. La CDA de ce matériau à l'énergie considérée est égale à 0,2 mm.
- E. 0,1% des photons incidents traversent un écran du même matériau d'épaisseur 2 mm.

QCM 26 corrigé disponible

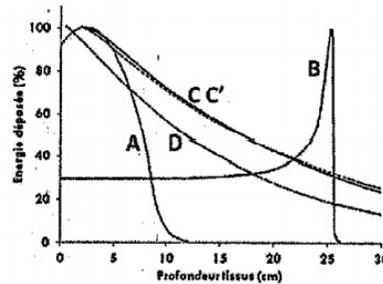
Les neutrons interagissent avec la matière :

- A. par chocs électrostatiques avec les électrons du milieu,
- B. par freinage électrostatique et émission de rayons X lorsqu'ils passent à proximité des noyaux atomiques,
- C. par diffusion élastique, préférentiellement sur les noyaux légers comme l'hydrogène,
- D. par absorption : capture neutronique ou induction de fission,
- E. davantage avec l'eau qu'avec le plomb.

QCM 27 corrigé disponible

La figure ci-contre présente l'énergie déposée en pourcentage de la valeur maximum, en fonction de la profondeur dans un milieu homogène, par 5 faisceaux de rayonnements ionisants de nature et d'énergie différentes : neutrons, protons, électrons, RX de 8 MV, et rayons gamma de 1,25 MeV. Il apparaît que :

- A. La courbe A correspond au faisceau de protons.
- B. La courbe B correspond au faisceau d'électrons.
- C. La courbe D correspond au faisceau de photons gamma de 1,25 MeV.
- D. Les courbes C & C' correspondent aux faisceaux de neutrons et de RX de 8 MV.
- E. Les courbes C & C' correspondent aux faisceaux de neutrons et de protons.



QCM 28 corrigé disponible

Dans un générateur de rayons X du type Coolidge, les photons X de freinage d'énergie maximale :

- A. correspondent à l'éventualité la plus probable d'interaction par freinage des électrons accélérés avec le matériau constitutif de la cible,
- B. correspondent à la longueur d'onde minimale des photons X émis,
- C. ont une énergie dont la valeur est déterminée uniquement par la valeur de réglage de la haute tension accélérant les électrons entre la cathode et l'anode du générateur,
- D. ont une énergie dont la valeur est égale à celle de l'énergie cinétique des électrons accélérés entre la cathode et l'anode du générateur,
- E. ont une énergie dont la valeur dépend de différentes caractéristiques du matériau constitutif de la cible ou anode du générateur.

QCM 29 corrigé disponible

Une patiente est traitée pour un cancer de la thyroïde ($\rho = 1 \text{ g/cm}^3$) avec de l'iode 131 (émetteur β^- , $E_{\beta\text{max}} = 606 \text{ keV}$) dont l'activité dans la thyroïde à t_0 est de $A = 1000 \text{ MBq}$:

Données : Energie moyenne d'ionisation de la thyroïde = 32 eV

- A. Les particules bêta moins d'énergie 242,4 keV seront les plus fréquentes.
- B. Le parcours moyen des particules bêta moins dans la thyroïde sera d'environ 1mm.
- C. Le parcours maximal des particules bêta moins émises dans la thyroïde sera d'environ 4,5 m.
- D. A l'instant t_0 le nombre totale d'ionisations dans la thyroïde est d'environ $631 \cdot 10^7$ ionisations par seconde.
- E. A l'instant t_0 le transfert d'énergie linéique pour l'activité utilisée est de $202 \cdot 10^{13} \text{ eV} \cdot \text{cm}^{-1}$.

QCM 30 corrigé disponible

Un photon de 200 keV produit un effet photoélectrique sur un électron de la couche

K (énergie de liaison = 50 keV) d'un atome d'Arsenic $^{75}_{33}\text{As}$:

- A. le photon diffusé emporte une énergie variable entre 0 et presque 200 keV.
- B. le photoélectron arraché est émis avec une énergie cinétique de 200 keV.
- C. le photoélectron émis va interagir avec d'autres électrons du milieu.
- D. le photoélectron arraché peut aussi s'appeler l'électron Auger.
- E. à l'issue de cet effet photoélectrique on est en présence de $^{68}_{32}\text{Ge}$.

QCM 31 corrigé disponible

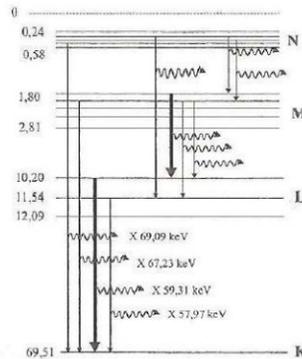
Soit un faisceau de photons monoénergétiques de 200 keV d'énergie, dirigé vers une porte blindée constituée d'un panneau de bois de 4 cm d'épaisseur (CDA de ce bois = 4 cm), recouvert d'une feuille de plomb de 0,5 cm d'épaisseur (CDA du plomb = 0,1 cm) :

- A. La porte arrête 63 photons sur 64.
- B. Ces photons interagissent principalement par effet photoélectrique et effet Compton.
- C. Derrière cette porte blindée on ne détecte que des photons transmis de 200 keV.
- D. Il y a une plus forte proportion d'effets photoélectriques dans le plomb que dans le bois.
- E. L'atténuation d'un faisceau de photons de 400 keV par cette porte, serait 2 fois moins importante.

QCM 32 corrigé disponible

Si l'on considère un tube à rayons X dont la cible est en Tungstène (W) et dont la valeur de la haute tension d'alimentation est fixée à 50 kVolts, il apparaît, concernant le spectre de distribution en énergie des rayons X émis que :

Données : Schéma ci-contre représentant la structure électronique du Tungstène (W) et les transitions autorisées. Les énergies de liaison sont en KeV.



- A. Il s'agit d'un spectre de type continu.
- B. L'énergie maximale des rayons X émis est égale à 50 eV.
- C. Les photons X d'énergie 50 keV sont les plus nombreux.
- D. Théoriquement, peuvent se superposer au spectre continu les raies caractéristiques de la série K du W.
- E. Théoriquement, peuvent se superposer au spectre continu les raies caractéristiques de la série L du W.

QCM 33 corrigé disponible

A propos de l'utilisation des rayons X en médecine :

- A. Chez l'adulte, dans le cas d'explorations radiologiques de tissus « peu denses », il est possible d'utiliser des rayons X de 50 keV environ d'énergie maximale.
- B. On peut utiliser des rayons X de 50 keV pour réaliser une radiographie osseuse chez l'adulte.
- C. On peut utiliser des rayons X de 50 keV en radiothérapie externe.
- D. En imagerie conventionnelle radiologique, il faut toujours procéder au filtrage du faisceau de rayons X à l'aide d'écrans métalliques appropriés.
- E. Dans un tube à rayon X de type Coolidge, il faut augmenter la tension accélératrice pour augmenter la dureté des rayons X produits.

QCM 34 corrigé disponible

Soit un médicament radiopharmaceutique contenant du Lutétium-177 (émetteur bêta moins ; $E_{\beta^- \text{max}} = 150 \text{ keV}$ et émetteur gamma 200 keV) utilisé pour traiter le cancer de la prostate ($\rho = 1 \text{ g.cm}^{-3}$).

- A. Le parcours moyen dans la prostate, des électrons les plus énergétiques émis par le Lutétium-177, sera de 0,075 cm.
- B. Le parcours maximum dans la prostate, des électrons les plus énergétiques émis par le Lutétium-177, sera de 0,075 cm.
- C. Les photons gamma émis par le Lutétium-177 peuvent interagir avec la matière par effet de matérialisation.
- D. Les photons gamma émis par le Lutétium-177 peuvent interagir avec la matière par effet Compton.
- E. Lors de l'effet Compton, la totalité de l'énergie du photon gamma sera transférée à un électron de l'atome de matière.

QCM 35 corrigé disponible

Lors des interactions de rayonnements X ou gamma à usage diagnostique (énergie comprise entre 50 et 600 keV) avec la matière vivante :

- A. L'effet photoélectrique est le plus probable.
- B. L'effet Compton est le plus probable.
- C. L'effet de matérialisation est impossible.
- D. Le parcours d'un photon X de 600 keV dans la matière vivante est de 0,3 cm.
- E. Ces photons X ou gamma sont dits « indirectement ionisants » et ont une interaction aléatoire avec la matière.