

TUTORAT SANTÉ BORDEAUX

Préparation aux examens Médicaux et Paramédicaux



Médecine



Pharmacie



Maïeutique



Odontologie



Paramédicales

Kinésithérapie
Ergothérapie
Psychomotricité
Podologie

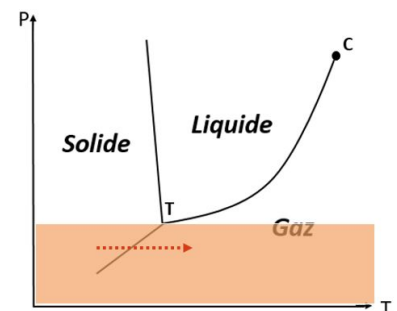
CORRECTION ED 4 - UE3A/UE9 - Année 2020/2021

Date Fait par le mercredi

QCM 1 : A

A. VRAI, il faut pouvoir répondre à ce genre d'items, **même si on ne vous donne pas de diagramme de phases**. Il faut savoir replacer les domaines d'existence de chaque état.

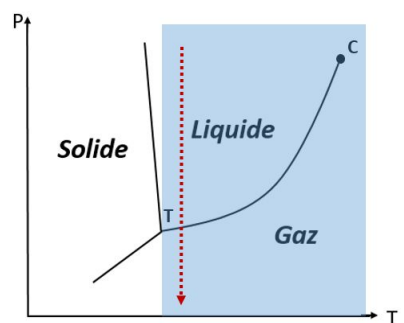
- Ici on se place dans le rectangle **coloré** (= à une **pression inférieure à celle du point triple**). Si on **augmente la température (chauffage) à pression constante (isobare)** en partant du domaine de l'**état solide**, on passe bien à l'**état gazeux** : c'est la **sublimation**.



NB : le diagramme de phases ci-contre est bien celui de l'eau, la pente de fusion est négative.

B. FAUX, on se place désormais dans le rectangle **bleu** (température supérieure à celle du point triple).

- La pente de fusion de l'eau est **négative**. À une température supérieure à celle du point triple, l'eau ne peut donc être qu'à l'état liquide et gazeux ! Par **décompression isotherme, à une température supérieure à celle du point triple**, on ne pourra donc **pas passer de l'état solide à l'état liquide**. Une fusion est par conséquent impossible à réaliser.



- On pourra en revanche passer de liquide à gaz et effectuer une **vaporisation** (à ne pas confondre avec l'évaporation qui se produit à toute température).

C. FAUX, attention c'est la définition de la **chaleur latente**.

- La **chaleur latente** est la chaleur absorbée ou produite **lors d'un changement d'état**.
- La **chaleur sensible** est la chaleur échangée **lors de la variation de température d'un corps** (si la température augmente = énergie **absorbée** ; si la température diminue = énergie **libérée** par le corps) **sans changement d'état** !

D. FAUX, tout d'abord, on note la formule nous permettant de calculer la chaleur sensible et on regarde les données dont on dispose :

- **$Q = m.c.(T_2 - T_1)$** avec **c** la chaleur massique (ou capacité thermique massique) en $J.kg^{-1}.K^{-1}$.

➤ On met nos données en **unités du SI** :

- $m = 200 \text{ g} = 0,2 = 2 \cdot 10^{-1} \text{ kg}$

- $c = 4186 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

- $\Delta T = T_2 - T_1 = 343 - 293 = 50 \text{ K}$ car $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$ donc $20^\circ = 273 + 20 \text{ K}$

NB : pour une différence de température, il est seulement important que vos **deux températures soient de même unité**. La différence de température entre deux Kelvins et deux degrés Celsius est la même. Il n'est donc pas nécessaire de faire la conversion de degrés Celsius vers Kelvin si toutes vos données sont en °C.

➤ On peut désormais passer au calcul.

○ $Q = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1)$

○ $Q = 2 \cdot 10^{-1} \times 4186 \times 5 \cdot 10^1$

○ $Q = 10 \times 4186 = 41860 \text{ J}$.

Attention à ne pas lire trop vite !

E. FAUX, comme $T_2 > T_1$, l'énergie est **absorbée** par le corps pour pouvoir augmenter sa température et non pas **libérée**.

Point culture G : à l'époque, on déposait des seaux d'eau liquide dans les chambres froides. La température de la chambre froide étant inférieure à la température de l'eau, cette dernière diminuait alors voire gelait. Cela permettait de libérer de la chaleur (sensible s'il n'y a pas changement d'état et latente si elle gelait) et éviter ainsi que les aliments de la chambre froide ne gèlent !

→ Quand on diminue la température d'un corps, la chaleur est donc libérée et non absorbée.

QCM 2 : C

A. FAUX, σ est l'**indice de réflexion des solutés** sur la membrane hémiperméable. Cela signifie que :

- Un constituant possédant un **indice de réflexion égal à 1** sera **totalelement réfléchi** par la membrane et **ne passera donc pas à travers**.
- Un constituant possédant un **indice de réflexion égal à 0** pourra **traverser** totalement la membrane.

→ **Ce dernier ne sera donc pas pris en compte dans le calcul de pression osmotique** puisqu'il est capable de traverser la membrane.

Dans l'énoncé, on nous indique que **si la masse volumique est inférieure à $1,5 \text{ g.cm}^{-3}$** , alors le soluté traverse la membrane. Or d'après les données, l'urée est en dessous de ce seuil ($1,2 \text{ g.cm}^{-3}$), elle pourra donc traverser la membrane : son indice de réflexion **est égal à 0**.

⇒ On en déduit par conséquent que le coefficient de réflexion du soluté sur la membrane (σ) **n'est pas égal à 1 pour tous les solutés**.

B. FAUX, commençons par trier les informations. Nous avons **3 solutés** dans la solution A créant ainsi une différence de concentration avec l'eau pure du compartiment B.

Dans notre cas de figure notre membrane hémiperméable n'est pas parfaite et **laisse passer les solutés ayant une masse volumique inférieure à $1,5 \text{ g.cm}^{-3}$** . L'urée, possédant une **masse volumique égale à $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$** , peut passer à travers la membrane et **ne participe donc pas à la pression osmotique**. Ainsi, on ne la prend pas en compte dans notre calcul.

La formule à utiliser est la **loi de Van't Hoff** (pression osmotique) :

$$\Pi = R \cdot T \cdot \Sigma C_{\text{osmolaire}} \text{ avec } R \text{ en } \text{J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} ; T \text{ en Kelvin} ; C_{\text{osmolaire}} \text{ en } \text{osmol.m}^{-3}.$$

➤ Commençons par calculer la **concentration molaire de KCl** :

$$C = n/V_{\text{solution}} = m/(M \cdot V_{\text{solution}})$$

On connaît :

- Le volume ajouté dans la solution : $V_{\text{KCL}} = 2 \text{ mL}$.
- La masse molaire : $M_{\text{KCl}} = 75 \text{ g.mol}^{-1}$
- La masse volumique : $\rho_{\text{KCL}} = 2,25 \text{ g.cm}^{-3}$.

→ La masse de KCL $m_{\text{KCL}} = \rho_{\text{KCL}} \times V_{\text{KCL}}$. Cependant, **attention**, le volume doit être en cm^3 pour ainsi obtenir des grammes. Sachant que $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$ et que $1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3$, on peut écrire :

$$2 \text{ mL} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \text{ cm}^3 = 2 \text{ cm}^3.$$

Ainsi : $m_{\text{KCL}} = 2,25 \times 2 = 4,5 \text{ g}.$

On peut désormais calculer la concentration molaire.

- $C_{\text{KCl}} = m / (M \cdot V_{\text{solution}})$

- $C_{\text{KCL}} = 4,5 / (75 \times 1)$

- $C_{\text{KCL}} = 6 \cdot 10^{-2}.$

On doit convertir en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ en sachant que $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$

- $C_{\text{KCl}} = 6 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3 = 6 \cdot 10^1 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$

➤ On peut maintenant calculer la **concentration osmolaire** de KCl :

En se dissociant dans l'eau, $\text{KCl} \rightarrow \text{K}^+ + \text{Cl}^- \Rightarrow i = 2$

- $C_{\text{osmolaire}} = i \times C_{\text{molaire}}$; i est le facteur de dissociation, il est donc égal à 2 ici.

- $C_{\text{osm (KCl)}} = 2 \times 6 \cdot 10^1 = 120 \text{ osmol} \cdot \text{m}^{-3}.$

➤ Maintenant on fait la même chose avec MgSO_4 , dont le volume est de 1 cL, la masse volumique de $3,6 \text{ g/cm}^3$ et la **masse molaire** de 120 g/mol : on calcule sa masse, sa C_{molaire} puis sa $C_{\text{osmolaire}}$.

- On calcule la masse avec un volume de 1 cL soit 10 cm^3 ($10^{-2} \text{ L} = 10^{-2} \text{ dm}^3 = 10 \text{ cm}^3$).

- $m_{\text{MgSO}_4} = \rho_{\text{MgSO}_4} \times V_{\text{MgSO}_4}$

- $m_{\text{MgSO}_4} = 3,6 \times 10$

- $m_{\text{MgSO}_4} = 36 \text{ g}.$

- On calcule la C_{molaire} .

- $C_{\text{MgSO}_4} = 36 / (120 \times 1)$

- $C_{\text{MgSO}_4} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L} = 3 \cdot 10^2 \text{ mol/m}^3.$

- On calcule la $C_{\text{osmolaire}}$.

En se dissociant dans l'eau, $\text{MgSO}_4 \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \Rightarrow i = 2$

- $C_{\text{osm (MgSO}_4)} = 2 \times 3 \cdot 10^2 = 600 \text{ osmol} \cdot \text{m}^{-3}.$

➤ On peut désormais calculer avec la **loi de Van't Hoff** : $\Pi = R \cdot T \cdot \Sigma C_{\text{osmolaire}}$. On connaît la constante des gaz parfaits R et la température (27°C) qu'on convertit en K : $273 + 27 = 300 \text{ K}$.

- $\Pi = 8 \times 300 \times (120 + 600)$

- $\Pi = 8 \times 3 \cdot 10^2 \times 72 \cdot 10^1$

- $\Pi = 24 \times 72 \times 10^3$

- $\Pi = 1728 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

- $\Pi = 1728 \text{ kPa}.$

C. VRAI, cf. item B.

D. FAUX, cf. item B. Vous trouvez cet item vrai si vous avez compté l'urée dans le calcul de pression.

E. FAUX, cf. item B.

QCM 3 : E

A. FAUX, pour bien comprendre cette notion, il faut savoir qu'un **courant électrique continu impacte les particules chargées qui l'entourent**. Plus on s'éloigne de ce courant électrique continu, plus cet impact sera faible. Par conséquent, **plus on s'éloigne du fil électrique, moins le champ magnétique qu'il induit sera élevé**.

- On peut également se référer à la formule du **fil rectiligne infini** : $B = (\mu_0 \cdot i) / (2 \cdot \pi \cdot a).$

- Selon la formule, B et a sont inversement proportionnels, ainsi **plus a est élevé, plus B est faible**.

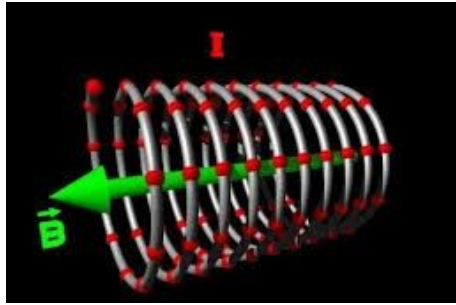
→ a étant le rayon (*donc la distance à laquelle on se trouve du fil électrique*) on en déduit que **plus on s'éloigne** (donc plus a augmente), **moins le champ magnétique est élevé**.

B. FAUX, c'est le **fil rectiligne infini** qui prend en compte π dans le calcul du champ magnétique qu'il provoque, car **un fil électrique rectiligne va provoquer un champ magnétique circulaire**, et π concerne les figures circulaires !

Au contraire, la **spire circulaire** va provoquer un **champ magnétique rectiligne** en son centre, il est donc inutile de prendre en compte π dans le calcul du champ magnétique.

→ La formule de la spire circulaire est : $B = \mu_0 \cdot i / 2a$.

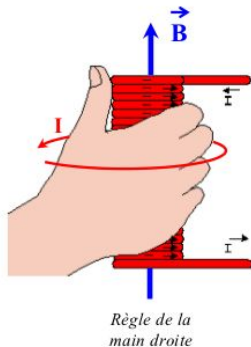
C. FAUX, en effet, le **solénoïde** nous permet d'avoir un **champ magnétique** dont le vecteur est **rectiligne** et situé au centre de **ce solénoïde** :



Pour visualiser, on voit que lorsque l'on utilise la **règle de la main droite** :

- Le courant est indiqué par le sens de rotation vers le bout des doigts.
- Ainsi, le pouce indique le sens et la direction portés par le vecteur champ magnétique.

D. FAUX, dans la formule du **solénoïde infini** on trouve bien n , cependant il représente le **nombre de spires par unité de longueur**, et non le nombre total de spires ! Le solénoïde étant infini, il n'est pas possible de compter le nombre de spires totales !



Attention à ne pas confondre avec la formule de la bobine toroïdale dans laquelle N représente le nombre total de spires.

→ La formule du solénoïde infini est : $B = \mu_0 \cdot n \cdot i$.

E. VRAI, le but de ce cours est que vous compreniez bien qu'un **courant électrique continu** est **indissociable** d'un **champ magnétique**. Ils sont bien **proportionnels** (vous pouvez le retrouver dans les différentes formules du cours) : plus le courant électrique augmente, plus le champ magnétique qu'il induit est fort.

QCM 4 : BD

A. FAUX, avant de faire n'importe quel calcul, on peut répondre à cet item par raisonnement. Une onde qui possède une **longueur d'onde supérieure au domaine du visible** appartient au champ des **infrarouges (IR)** et non des ultra violets.

B. VRAI, on cherche maintenant à savoir à quel **domaine** notre rayonnement appartient.

➤ Pour cela, on va utiliser $\lambda = cT$ avec c en m.s^{-1} et $T = 5 \cdot 10^{-12} \text{ s}$.

➤ On commence par convertir la vitesse en m.s^{-1} .

- $c = 108 \cdot 10^4 \text{ km/h}$
 $108 \cdot 10^4 \rightarrow 3600 \text{ secondes}$
 $c ? \rightarrow 1 \text{ seconde}$

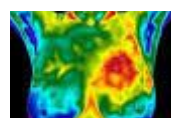
- $c = 108 \cdot 10^4 / 3600$
- $c = 3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^4 \text{ km/s}$
- $c = 3 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$

➤ On peut désormais calculer la longueur d'onde du rayonnement.

- $\lambda = cT$
- $\lambda = 5 \cdot 10^{-12} \times 3 \cdot 10^5$
- $\lambda = 15 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
- $\lambda = 1,5 \mu\text{m}$ $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$.

→ Cette onde entre donc dans le domaine des **infrarouges** ($\mu\text{m} < \lambda < \text{mm}$).

De plus, tout corps chaud (dont la température est donc supérieure au zéro absolu le 0 K) émet un rayonnement **infrarouge** qui sera détectable par une caméra thermique.



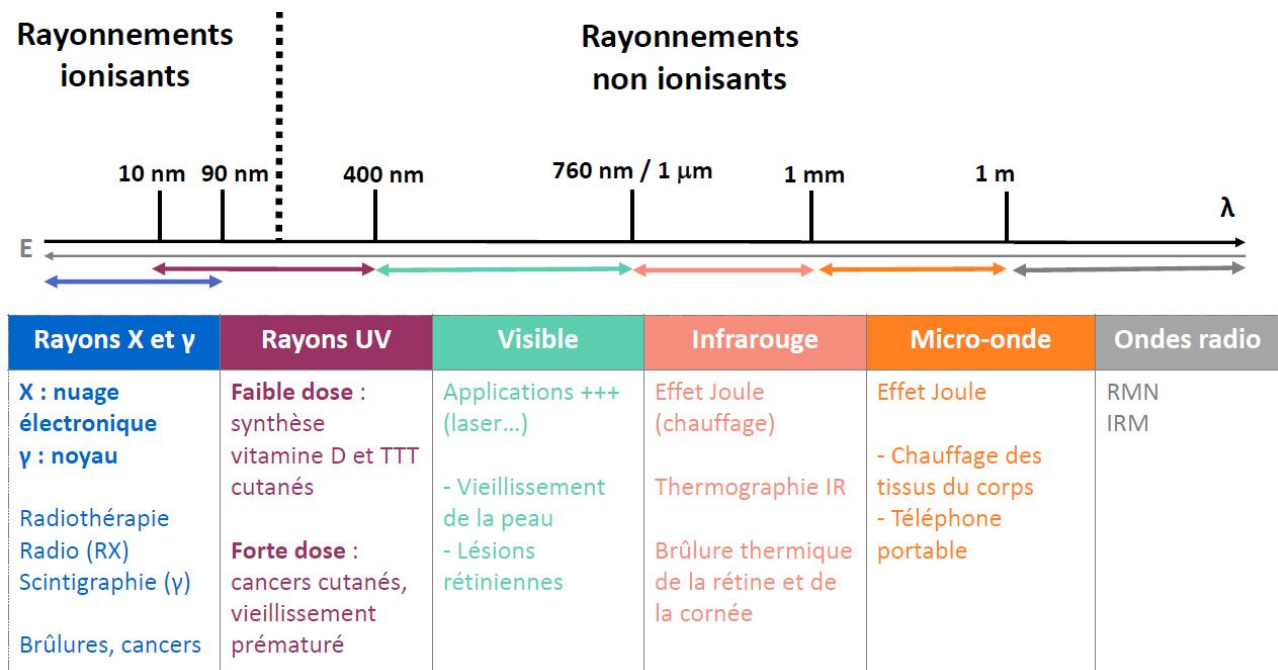
C. FAUX, les **infrarouges** ne permettent que de **détecter une augmentation thermique locale dans le cas des pathologies tumorales** (cf image à droite de thermographie IR signalant une probable tumeur du sein). Les IR ne sont pas cancérogènes ! Ce sont les **UV** qui peuvent induire des **cancers cutanés** en induisant des mutations de l'ADN.

D. VRAI, cf. item C.

E. FAUX, l'**IRM** utilise des **ondes radio** qui ont des longueurs d'onde de l'ordre du **mètre**.

→ C'est pour cela qu'on dit que l'IRM est une **technique non destructive**. La longueur d'onde des ondes radio est si élevée que l'énergie est, par conséquent, très faible (l'énergie est inversement proportionnelle à la longueur d'onde). Ce sont des rayonnements non ionisants.

Récap



QCM 5 : CDE

A. FAUX, tout d'abord on identifie ce que l'on cherche. Ici, on nous demande la distance séparant le mur et les fentes (D). Ainsi, on note la formule et on regarde les données dont on dispose :

- $i = \lambda D/a$ soit **$D = ia/\lambda$**
- On convertit les unités des données dans les unités du SI :
 - **i : longueur d'une interfrange** = 3 mm = **$3 \cdot 10^{-3}$ m**
 - **λ : longueur d'onde** = 500 nm = **$500 \cdot 10^{-9}$ m**
 - **a : distance entre les sources** = 5 mm = **$5 \cdot 10^{-3}$ m**
- Passons au **calcul de la distance D**.
 - $D = ia/\lambda$
 - $D = (3 \cdot 10^{-3} \times 5 \cdot 10^{-3}) / 500 \cdot 10^{-9}$
 - $D = (3 \times 5 \cdot 10^{-6}) / 5 \cdot 10^{-7}$
 - $D = 3 \times 10^{-6+7}$
 - **$D = 3 \cdot 10^1 = 30 \text{ m} = 3 \cdot 10^3 \text{ cm}$.**

B. FAUX, cf. item A.

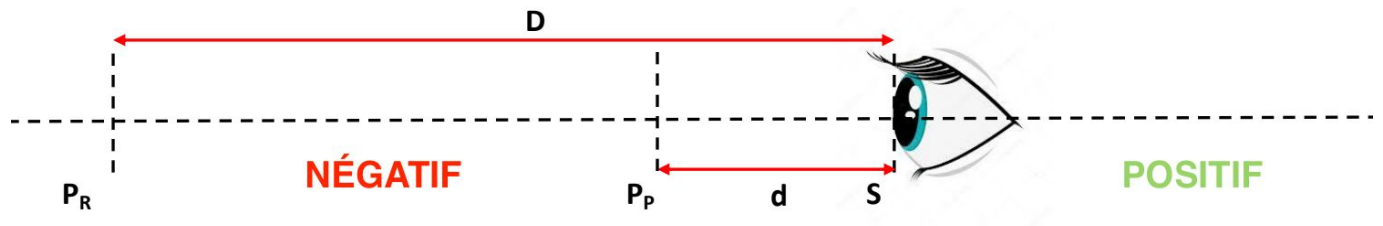
C. VRAI, cf. item A.

D. VRAI, on cherche à avoir une distance D plus petite. Dans notre formule **$D = ia/\lambda$** , **D et λ sont inversement proportionnels**. Il faut donc que Dams se munisse d'un **rayonnement avec une longueur d'onde supérieure**, ce qui permettrait de diminuer la distance D.

E. VRAI, toujours d'après la formule des interfranges, **$D = ia/\lambda$** , la distance entre les fentes a et D sont **proportionnels**. Ainsi, pour diminuer D, il faudrait également diminuer a, c'est à dire rapprocher les fentes l'une de l'autre.

QCM 6 : AE

- A. VRAI, pour un oeil **emmétrope** c'est-à-dire un oeil **normal**, les distances SP_R et SP_P sont **négatives**.
En effet, on part du principe que l'axe de vision de l'oeil est un axe gradué : le côté **positif** est **derrière** l'oeil tandis que le côté **négatif** se situe **devant**.



On définit aussi l'**amplitude d'accommodation** comme étant la différence de puissance entre un oeil non accommodé et le même oeil ayant une accommodation maximale :

$$AA = \frac{1}{SP_R} - \frac{1}{SP_P} = \frac{1}{D} - \frac{1}{d}$$

Dans le cas d'un oeil emmétrope, le **Punctum Remotum** est situé à l'**infini** donc $1/SP_R = 1/\infty \approx 0$. On est donc en mesure de pouvoir trouver le Punctum Proximum de cet oeil.

- **$AA = 1/SP_R - 1/SP_P$**
 - $AA = - 1/SP_P$
 - $SP_P = - 1/AA$
 - $SP_P = - 1/10$
 - $SP_P = - 0,1 \text{ m} = - 10 \text{ cm}$.
- B. FAUX, pour un oeil emmétrope, SP_P ne peut pas être positif (voir item A).
- C. FAUX, on sait que l'oeil est **hypermétrope** dans notre hypothèse : cela signifie donc que cet oeil n'est pas assez convergent ou alors trop court. Ainsi, le **Punctum Remotum** se trouve être **positif**. Plus il se situe loin et plus le degré d'amétropie diminue (ils sont inversement proportionnels).
- $D^\circ_{\text{amétropie}} = 1/SP_R$
 - $SP_R = 1/D^\circ_{\text{amétropie}}$
 - $SP_R = 1/2,5 = + 4/10 = + 0,4 \text{ m}$.
- D. FAUX, de la même manière que pour l'item B, même si l'oeil est hypermétrope, le **Punctum Proximum** est **négatif**. Par contre, le Punctum Remotum est positif. Nous avons précédemment trouvé SP_R qui vaut **+ 0,4 m** et l'amplitude d'accommodation **AA** est de **10 δ**. Nous sommes donc en mesure de trouver SPP :
- **$AA = 1/SP_R - 1/SP_P$**
 - $- 1/SP_P = AA - 1/SP_R$
 - $- 1/SP_P = 10 - 2,5$ $1/SP_R$ est égale au $D^\circ_{\text{amétropie}}$ on peut donc écrire directement $2,5 \delta$!
 - $1/SP_P = - 7,5$
- **Attention, nous avons trouvé $1/SP_P$ pour l'instant !! Ne vous arrêtez pas là dans les calculs !**
 - $SP_P = -1/7,5 \approx - 0,13 \text{ m} \approx - 13 \text{ cm}$.
On trouve l'item vrai si on ne fait pas la dernière étape du calcul ($- 7,5 \text{ m}$).
- E. VRAI, cf. item D.

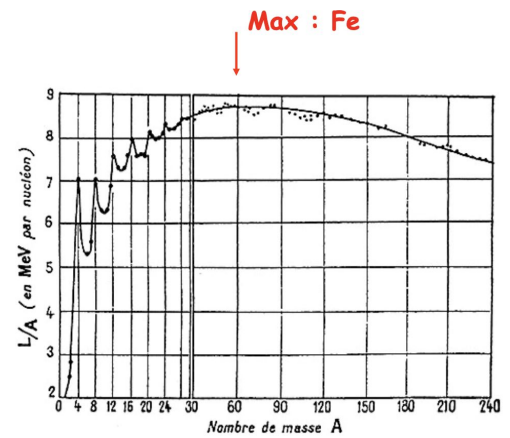
QCM 7 : BCE

A. FAUX, pour répondre aux 3 premiers items, il faut comprendre la courbe suivante :

Elle représente l'énergie de liaison E_L par nucléon (en ordonnée) en fonction du nombre de masse A (en abscisse).

→ On considère que pour un **noyau stable**, le rapport E_L/A est compris entre 7,5 et 9. Plus le noyau est stable, plus ce rapport augmente.

→ L'élément le plus stable correspond à l'isotope le plus abondant du Fer (le Fer 56).



Les noyaux cherchent à évoluer vers une plus grande stabilité :

→ Les **éléments légers** ($A < A_{\text{Fe}}$) gagnent en stabilité par **fusion** (la masse du noyau fusionné est inférieure à la somme des masses des 2 petits noyaux de départ).

→ Les **éléments lourds** ($A > A_{\text{Fe}}$) gagnent en stabilité par **fission** (la somme des masses des 2 noyaux issus de la fission est inférieure à la masse du noyau lourd de départ).

On considère le nombre de masse A du Fer = 56 et le nombre de masse A du **Soufre** = 32

⇒ $A_{\text{Soufre}} < A_{\text{Fe}}$ donc le noyau de Soufre se stabilise par **fusion** (et non pas par fission).

B. VRAI, on considère le nombre de masse A du **Silicium** = 28.

⇒ $A_{\text{Silicium}} < A_{\text{Fe}}$ donc le noyau de Silicium se stabilise bien par **fusion**.

C. VRAI, on considère le nombre de masse A du **Californium** = 254.

⇒ $A_{\text{Californium}} > A_{\text{Fe}}$ donc le noyau de Californium se stabilise bien par **fission**.

D. FAUX, l'énergie de liaison est donnée par la formule $E_L = \Delta m \cdot c^2$.

➤ **Calcul du défaut de masse Δm :**

$$\Delta m = Z \times m_p + (A - Z) \times m_n - M_x$$

/!\ Avec M_x la masse nucléaire de l'atome considéré.

On a :

- $A = 98$ nucléons.
- $Z = 43$ protons ⇔ on est donc en présence de 43 électrons afin de respecter l'électroneutralité des atomes (cf classification périodique des éléments en annexe).
- $N = A - Z = 98 - 43 = 55$ neutrons.
- La masse atomique du Technétium : $m_{\text{Tc}} = 98 \text{ u}$.

$$\text{Or, } m_{\text{Tc}} = M_{\text{Tc}} + Zm_e \Leftrightarrow M_{\text{Tc}} = m_{\text{Tc}} - Zm_e.$$

Passons au calcul :

- $\Delta m = Z \times m_p + (A - Z) \times m_n - (m_{\text{Tc}} - Zm_e)$
- $\Delta m = Z \times m_p + N \times m_n - (m_{\text{Tc}} - Zm_e)$
- $\Delta m = 43 \times 1,01 + 55 \times 1,01 - (98 - (43 \times 0,0005))$
- $\Delta m = 98 \times 1,01 - 98 + 0,0215$
- $\Delta m = 98,98 - 98 + 0,0215$
- $\Delta m = 1,0015 \text{ u}$.

➤ **Calcul de l'énergie de liaison E_L :**

- $E_L = \Delta m \cdot c^2$
- $E_L = 1,0015 \times 1000$ pour les calculs, on utilise l'approximation $c^2 = 1000$.
- $E_L = 1001,5 \text{ MeV}$.

Si vous avez trouvé 980 MeV, c'est que vous avez utilisé la masse atomique et non pas la masse nucléaire.

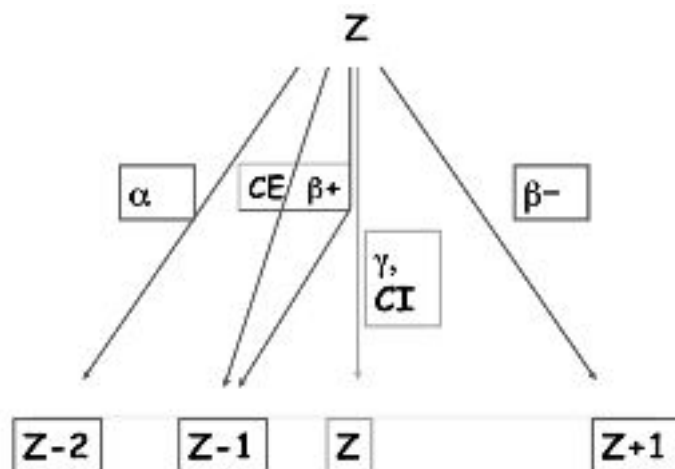
Lorsqu'on calcule le rapport E_L/A avec cette énergie on trouve un résultat aux alentours de 10, or la courbe de stabilité montre que l'énergie de liaison du technétium est censée être entre 8 et 9. Cette

différence est due aux arrondis des masses du proton, du neutron, de l'électron, de la masse atomique du technétium, etc.

- E. VRAI, cf item D. Attention dans les calculs, il est important de savoir à quoi correspond chaque terme. Dans le calcul du défaut de masse, **Mx** correspond bien à la **masse nucléaire** !

QCM 8 : ABCDE

- A. VRAI, la direction des flèches sur les schémas de désintégration indique la **variation du numéro atomique Z** (si on gagne ou perd des protons). Si la flèche se dirige à gauche, Z a diminué et si elle se dirige à droite, Z augmente.



Ici, on est dans le cas d'une **transition**, c'est à dire que seul le niveau énergétique est modifié, l'élément chimique quant à lui reste le même. Ainsi, l'élément C a autant de protons et de **neutrons** que le cuivre 64.

- B. VRAI, on voit que pour l'élément C, **Z a augmenté** : on se retrouve donc face à une **désintégration de type β^-** où un neutron se transforme en proton avec émission d'un β^- . On a donc un nouveau proton, **$Z_Y = Z_{Cu} + 1 = 30$** , soit le numéro atomique du **zinc Zn**. **N'oubliez pas d'utiliser la classification périodique en fin de sujet !!**
- C. VRAI, pour passer du Cuivre à l'élément A, on peut faire **une désintégration β^+** . Lors de cette désintégration, un proton se transforme en neutron avec émission d'un positon pour équilibrer les charges. On a donc **$Z_B = Z_{Cu} - 1 = 28$** : la flèche est donc dirigée vers la gauche sur le schéma de désintégration et ici on forme du **Nickel**. Cependant l'émission d'un positon ne **change rien au nombre de masse de l'atome père**. En effet, le proton est devenue neutron, il y a donc toujours le même nombre de nucléons. De ce fait, on peut déduire que le **cuivre et le Nickel ont le même nombre de masse A, c'est à dire qu'ils sont isobares**.
- D. VRAI, la flèche 2 représente **une émission β^+** qui est possible seulement si la **différence de masse des atomes > 1,022 MeV**. Ce type de désintégration est le seul qui **NE PEUT PAS se dérouler naturellement**, il a lieu artificiellement.
- E. VRAI, faites très attention pour les émissions **β^+** , il faut TOUJOURS vérifier les conditions, c'est à dire si **la différence de masse des atomes > 1,022 MeV**.

Ni	28
Cu	29
Zn	30

- **Calculons la différence de masse entre le noyau de cuivre (noyau père) et le noyau de nickel (noyau fils)**
 - $dm = (m_{Cu} - m_{Ni})$
 - $dm = (63,93 - 63,928)$
 - $dm = 0,002 \text{ u} \rightarrow 2 \text{ MeV}$ en équivalent énergétique.
 - **$dm > 1,022 \text{ MeV}$** donc la désintégration **β^+** est possible.
- **Calculons l'énergie libérée par la désintégration**
 - $E = dm \times c^2$
 - $E = (m_{Cu} - m_{Ni} - 2m_e) \times 1000$ si on prend m en u et E en MeV

Dans le cas de la désintégration β^+ , il ne faut pas oublier de soustraire les deux électrons !!

- $E = (63,93 - 63,928 - 2 \times 0,0005) \times 1000$
- $E = (63,93 - (63,928 + 0,001)) \times 1000$
- $E = (63,93 - 63,929) \times 1000$
- $E = 0,001 \times 1000$
- **$E = 1 \text{ MeV} = 1000 \text{ keV}$**

→ Faites bien attention aux conversions des unités et à ne pas confondre les formules entre elles !

QCM 9 : AD

A. VRAI, le plus simple à faire pour résoudre ce QCM est de raisonner à partir du papier semi log. On cherche à connaître la masse de Cobalt qu'il reste dans le corps d'Emma à $t = 5,5 \text{ T}$. On sait qu'à $t = 0$, il y a $8 \cdot 10^3$ noyaux dans le verre d'Emma (NB : pensez à regarder le papier semi-log en fonction des besoins !).

Nous savons qu'à chaque période écoulée le nombre de noyaux est divisé par deux.

- Ainsi, au bout d'une période, donc 1 T , le nombre de noyaux sera de $8 \cdot 10^3 / 2$ soit $4 \cdot 10^3$ noyaux.
- Au bout de 2 T , il y aura donc $4 \cdot 10^3 / 2$ (ou $8 \cdot 10^3 / 4$) soit $2 \cdot 10^3$ noyaux.
- $3 \text{ T} = 10^3$ noyaux restants.
- $4 \text{ T} = 5 \cdot 10^2 = 500$ noyaux restants.
- $5 \text{ T} = 250$ noyaux restants.
- $6 \text{ T} = 125$ noyaux restants.

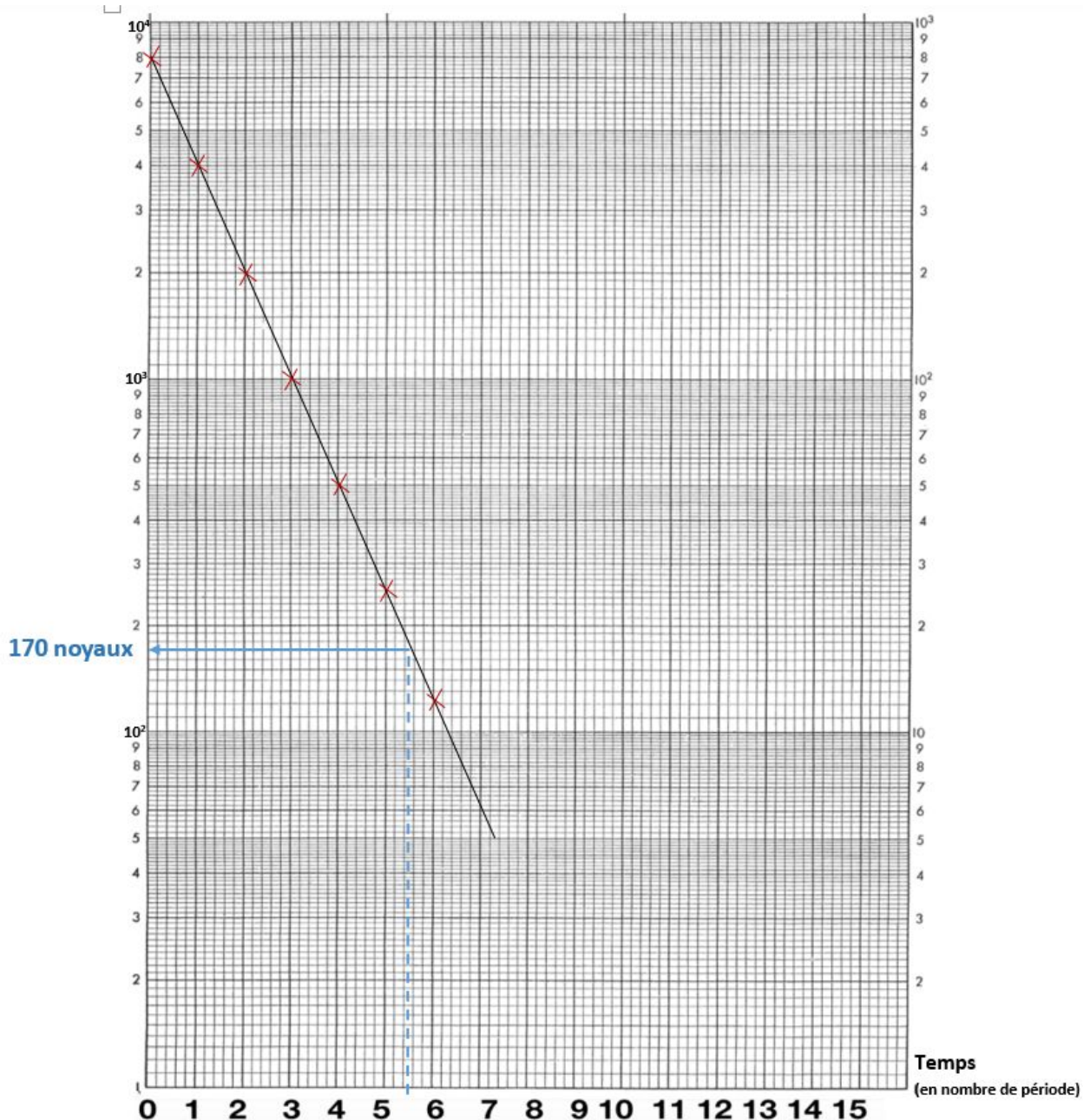
On peut reporter chacun de ces points sur le papier semi-log (la période en abscisses et le nombre de noyaux en ordonnées) et ainsi tracer la droite liant le nombre de périodes et le nombre de noyaux N.

➤ Cependant, nous n'avons besoin de calculer qu'un seul autre point afin de tracer la droite (cela permet de gagner du temps, plutôt que de calculer de nombreux points !). Afin de limiter les incertitudes liées à des imprécisions de tracé, on calcule une période assez élevée, supérieure à la période recherchée (ici $T = 5,5$). Calculer 6 T paraît appropriée.

On peut retrouver facilement le nombre de noyaux N à partir du nombre initial N_0 grâce à :

- $N = N_0 / 2^n$ où n est le nombre de période.
- $N = 8 \cdot 10^3 / 2^6$
- $N = 2^3 \cdot 10^3 / 2^6$
- $N = 10^3 / 2^3$
- $N = 1000 / 8$
- **$N = 125$.**

En reportant ces deux données (le nombre de noyaux initial à $t = 0$ et le nombre de noyaux à $t = 6 \text{ T}$) sur un papier semi-log, et en traçant la droite reliant ces deux points, on trouve le nombre de noyaux encore présents dans le corps d'Emma à $t = 5,5 \text{ T}$.



On utilise ensuite la formule suivante, afin de trouver la masse de Cobalt :

➤ $m/N = M/\mathcal{N}$ avec :

- m : la masse de la source en g ;
- N : le nombre de noyaux ;
- M : la masse molaire du Cobalt en g/mol (on prend le nombre de masse par approximation quand on ne connaît pas la masse molaire) ;
- $\mathcal{N}$: le nombre d'Avogadro ;

D'après le tracé sur le papier semi-log, on trouve à $t = 5,5 T$ environ 170 noyaux.

➤ Ainsi, $m = N \times M / \mathcal{N}$

- $m = 170 \times 60 / 6.10^{23}$
- $m = 170 \times \cancel{60} / \cancel{6}.10^{23}$
- $m = 1,7.10^3 / 10^{23}$
- **$m = 1,7.10^{-20} \text{ g.}$**

Au moment où Emma arrive aux urgences, il reste ainsi **$1,7.10^{-20} \text{ g}$** de noyaux de Cobalt dans son corps.

On rappelle :



Ainsi,

- $1,7 \cdot 10^{-20} \text{ g}$
- $1,7 \cdot 10^{-20} \cdot 10^{12}$ car $1 \text{ g} = 10^{12} \text{ pg}$ (et donc $1 \text{ pg} = 10^{-12} \text{ g}$)
- **$1,7 \cdot 10^{-8} \text{ pg}$.**

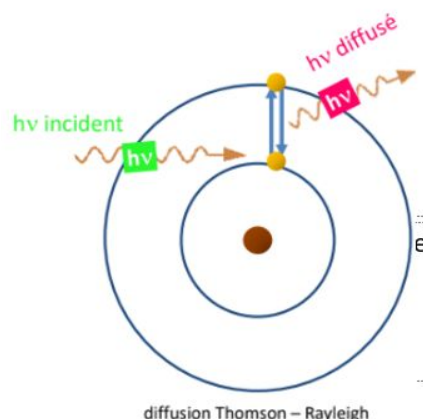
- B. FAUX, $1,7 \cdot 10^{-20} \text{ g} = 1,7 \cdot 10^{-20} \cdot 10^9 = \mathbf{1,7 \cdot 10^{-11} \text{ ng}}$.
- C. FAUX, $1,7 \cdot 10^{-20} \text{ g} = 1,7 \cdot 10^{-20} \cdot 10^{-3} = \mathbf{1,7 \cdot 10^{-23} \text{ kg}}$.
- D. VRAI, $1,7 \cdot 10^{-20} \text{ g} = 1,7 \cdot 10^{-20} \cdot 10^6 = \mathbf{1,7 \cdot 10^{-14} \mu\text{g}}$.
- E. FAUX, voir corrections items précédents.

QCM 10 : AC

- A. VRAI, les **rayons X** sont produits suite à des **réactions avec le nuage électronique** et nous permettent d'obtenir des images par transmission. On les utilise bien en mammographie (notamment dans le cadre du dépistage du cancer du sein), lors de scanners (ou tomodensitomètre), de radiologie standard, d'angiographie et angiotomographie.
- B. FAUX, ici ce sont les **rayons γ** qui sont utilisés. Ces derniers sont issus de réactions nucléaires (**réaction avec le noyau**) : ils sont donc utilisés en médecine nucléaire, notamment pour la scintigraphie.
- C. VRAI, les rayons **X** et **γ** sont 2 types de rayonnements ionisants, ils ont donc tous deux l'énergie nécessaire pour détruire des cellules. C'est la caractéristique que l'on recherche en radiothérapie, pour détruire des cellules cancéreuses par exemple.
- D. FAUX, les photons **X** et **γ** font partie des rayonnements électromagnétiques, qui n'ont **ni charge, ni masse**. Ces rayonnements sont donc non chargés.
- E. FAUX, les **protons** sont effectivement des **particules lourdes** (au même titre que les fragments de fission ou les particules α). Les **électrons** sont quant à eux des **particules légères**. Cependant, les protons comme les électrons sont bien des **particules chargées**.

QCM 11 : AE

- A. VRAI, en effet la **diffusion simple**, autrement appelée effet **Thomson-Rayleigh**, entraîne **l'émission d'un photon** lors de l'interaction du **photon incident** avec le cortège électronique. → Ce photon diffusé aura une **direction aléatoire** générant ainsi un flou en imagerie médicale et tout particulièrement en mammographie (où l'énergie utilisée est d'environ 30 keV et se trouve donc dans le domaine de prédominance de la diffusion simple).

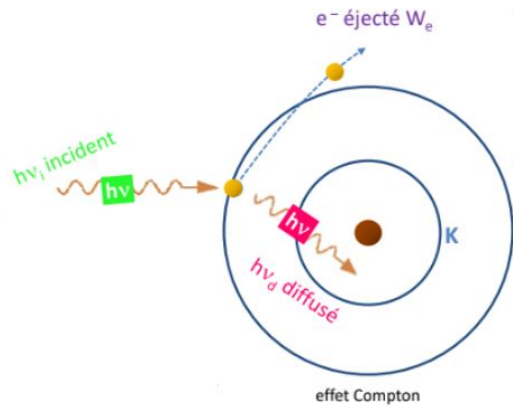


B. FAUX, pour rappel on trouve dans le cours deux types de diffusions :

- La **diffusion simple** : prédominante pour des photons incidents ayant une énergie inférieure à 45 keV. Le mécanisme qui en découle est une émission d'un nouveau photon de même énergie dans une direction aléatoire.
- La **diffusion Compton** : prédominante pour une énergie supérieure à 45 keV. La résultante est l'éjection d'un électron et la diffusion d'un photon de moindre énergie.

→ Il faut faire attention aux **unités** ! L'énergie des photons est en **keV** et non en kJ !

Pour rappel, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \Leftrightarrow 45 \text{ kJ} = 2,8125 \cdot 10^{23} \text{ eV}$.



C. FAUX, comme rappelé dans l'item A, **la diffusion simple** permet la diffusion dans une direction aléatoire d'un photon de même énergie que le photon incident.

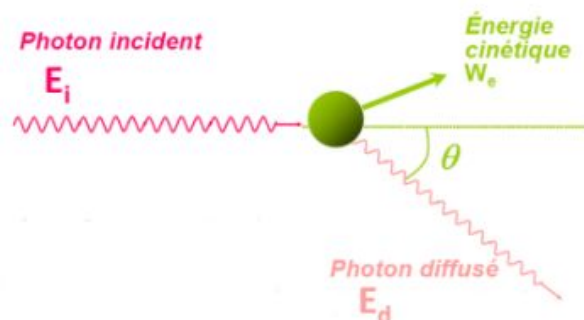
→ Elle ne permet **pas l'éjection d'un électron** car l'énergie portée par le photon incident est trop faible. L'électron passe seulement dans un état **excité** avant de revenir dans son **état fondamental** après émission d'un nouveau photon.

D. FAUX, la formule est correcte, cependant il s'agit de **l'énergie cinétique de l'électron éjecté**. En effet, il faut savoir à quoi correspondent les lettres dans cette formule.

- W_e est l'énergie de l'électron éjecté
- E_i c'est l'énergie du photon incident
- E_d correspond à l'énergie du photon diffusé
- W_k est l'énergie de liaison de l'électron au cortège électronique.

L'énergie du photon incident se répartit alors entre le photon diffusé et l'électron éjecté. Attention à ne pas oublier que l'électron est éjecté et qu'une partie de l'énergie a donc été utilisée pour l'arracher de son orbitale atomique (énergie étant l'énergie de liaison de l'électron).

➤ On obtient donc : $W_e = E_i - E_d - W_k$.



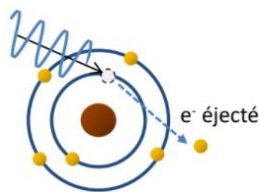
Quant à l'énergie cinétique du photon diffusé : $E_d = E_i - W_e - W_k$.

E. VRAI, lorsqu'un photon **possède suffisamment d'énergie** lors de sa rencontre avec un atome, il peut permettre l'éjection d'un **électron** par transmission d'énergie. **C'est l'effet ionisant**. Dans ce cas, on a perdu un électron, l'atome est alors chargé positivement : c'est un **cation**.

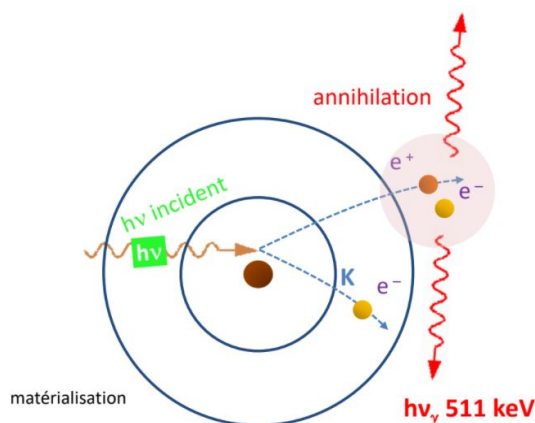
QCM 12 : BD

- A. FAUX, **attention**, l'effet **photoélectrique** se caractérise par la perte d'un électron de la couche **interne**. En effet, la perte d' e^- des couches **extérieures** correspond à l'effet **Compton**.

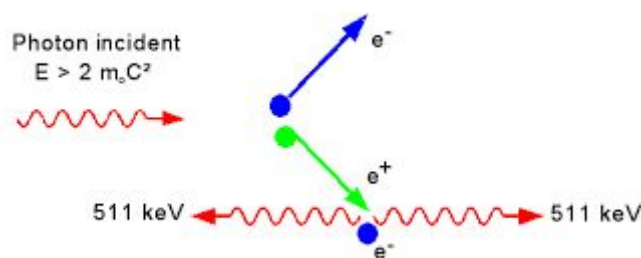
Moyen mnémotechnique : Compton est une ville en banlieue de Los Angeles. Elle est donc à l'**extérieur** de L.A.



- B. VRAI, la **matérialisation** est une **transformation d'énergie en masse** ("rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme" Lavoisier <3). L'énergie apportée va être convertie en masse (un électron et un positon) au voisinage du noyau. Cette conversion est possible grâce à la relation masse-énergie **$E = m \cdot c^2$** .

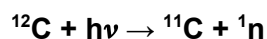


- C. FAUX, en effet, l'**annihilation** a lieu lors de la **collision d'un positon et d'un électron**. Cette collision va générer de l'énergie qui va être portée par **deux photons**. Cependant, ces deux photons auront la **même direction** mais seront **de sens opposé** : ils sont dits "**en coïncidence**".



- D. VRAI, l'effet **photonucléaire** survient lorsqu'un photon est absorbé par un **noyau**. Le noyau se retrouve donc excité et se désexcite en **éjectant un neutron**. À l'intérieur du noyau, les interactions entre nucléons sont très importantes. Il va falloir apporter **beaucoup d'énergie** pour extraire ce neutron du noyau (cela concerne donc majoritairement les rayonnement de plus de 10 MeV).
- E. FAUX, comme dit précédemment, l'effet **photonucléaire** permet d'**extraire un neutron** du noyau et non un proton. Cela lui permet de revenir à la stabilité par désintégration et ainsi diminuer son énergie. On obtient alors des **isotopes** du noyau initial.

→ La réaction s'écrit donc :



QCM 13 : ACE

- A. VRAI, en effet, après son éjection, l'électron laisse une place vacante sur une couche interne du cortège électronique. L'atome étant plus stable lorsque les couches internes sont toutes occupées par des électrons, ces derniers vont chercher à combler le vide. Il va donc y avoir des **réarrangements**, que sont l'effet Auger et l'émission de photon de fluorescence.

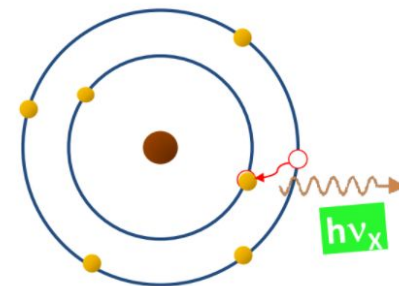
De plus, un électron éjecté est une **particule chargée en mouvement** susceptible d'entrer en interactions avec les atomes environnant et de provoquer une nouvelle ionisation.

→ L'éjection d'un électron est donc une **source potentielle d'ionisation secondaire** par ses interactions avec les atomes alentours.

B. FAUX, le départ de l'électron peut effectivement provoquer l'**émission d'un photon de fluorescence**.

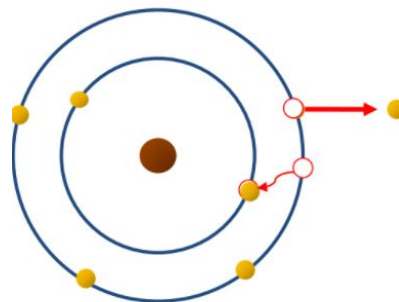
Rappel : l'électron se situe dans une **couche interne (plus stable et moins énergétique)**, son départ va provoquer le changement de couche d'un électron d'une **couche plus externe (moins stable et plus énergétique)** vers la place libre dans la couche interne.

- L'électron va passer d'une couche externe moins stable à une couche interne plus stable, il aura donc besoin de moins d'énergie, il va en **libérer**. Cette libération peut se faire sous la forme d'un **photon de fluorescence**. Néanmoins, si cette libération se fait sous cette forme, **on ne parle pas d'effet Auger**.



émission photons fluorescence X

- Lors de l'**effet Auger**, la libération de l'énergie excédentaire va se faire par **transfert de cette énergie à un autre électron de la couche externe**. Si cette énergie est supérieure à l'énergie de liaison de l'électron qui la reçoit ($E_{\text{Absorbée}} > E_{\text{Liaison}}$), il est alors éjecté de l'atome : c'est l'effet Auger. Cette électron éjecté pourra aller ioniser d'autres atomes à son tour.



effet Auger

C. VRAI, en effet, la condition pour qu'il se produise un effet Auger, c'est qu'un électron de la **couche interne** soit éjecté. Il faut qu'il y ait une place libre pour l'un des électrons de la **couche externe**.

→ **Un électron de la couche interne est bien éjecté lors de l'effet photoélectrique.**

Ensuite, l'effet Auger qui en découle va provoquer l'éjection d'un deuxième électron, situé cette fois dans la **couche externe** (cf. item B).

→ **Un électron de la couche externe est bien éjecté lors de l'effet Auger.**

⇒ Un électron de la couche externe et un électron de la couche interne ont bien été éjectés lors de ces deux phénomènes.

D. FAUX, l'émission d'un photon X de fluorescence se fait lorsque l'électron **libère son énergie excédentaire** (cf. item B). Le passage d'une **couche interne (moins énergétique)** à une **couche externe (plus énergétique)** **n'entraîne pas de libération d'énergie, elle en nécessite**.

E. VRAI, en effet, l'effet Auger est prédominant dans le domaine biologique (cf. diapo 17).

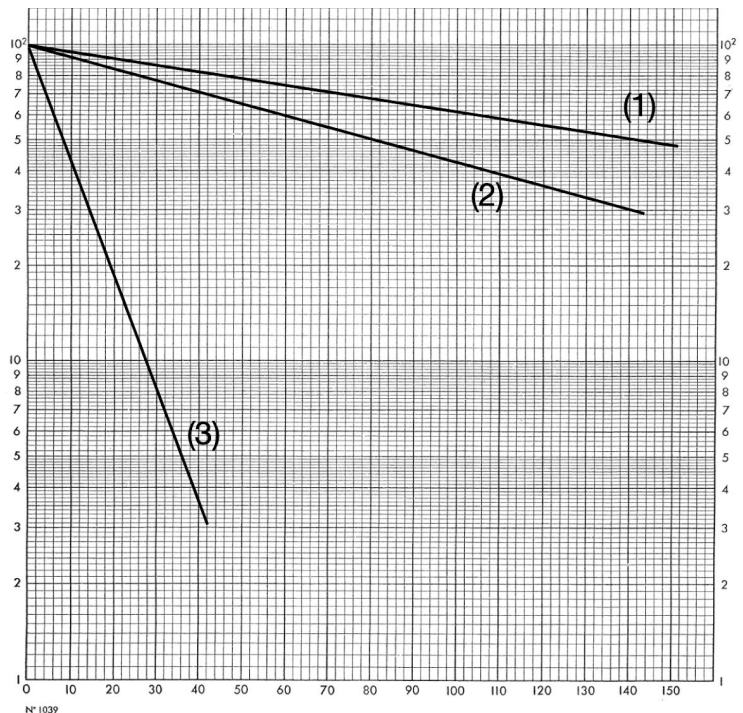
Petit tips : Je me disais que seules les lucioles et les poissons des abysses (#la boule de lumière fluorescente qui attire les proies) savent faire de la fluorescence, donc tous les autres êtres vivants font l'effet Auger → il est prédominant dans le domaine biologique.

QCM 14 : BCD

A. FAUX, dans cet exercice, on étudie la différence d'atténuation d'un flux de photons à travers différents matériaux : l'eau, le béton et le plomb. Ce sont des matériaux ayant un Z (numéro atomique) différent. Or, **plus le Z d'un matériau est élevé, plus il atténue le faisceau de photons donc plus la droite a une pente importante**. On va ainsi chercher à classer ces matériaux les uns par rapport aux autres pour pouvoir associer un matériau à une droite d'atténuation.

- On sait que $Z_{\text{eau}} < Z_{\text{béton}}$ donc l'atténuation du faisceau par l'eau est moins importante que l'atténuation par le béton : $\mu_{\text{eau}} < \mu_{\text{béton}}$.
- Dans l'énoncé, on nous dit que : $\mu_{\text{plomb}} > \mu_{\text{béton}}$. μ est le **coefficient linéique d'atténuation**, c'est la pente de notre droite d'atténuation. Donc, cela signifie que la pente de la droite d'atténuation du flux traversant le plomb est plus importante qu'à travers le béton. On peut donc en déduire que le plomb atténue davantage le faisceau que le béton.
- On a alors : $\mu_{\text{eau}} < \mu_{\text{béton}} < \mu_{\text{plomb}}$.

- La droite (1) correspond à l'atténuation par l'eau.
- La droite (2) correspond à l'atténuation par le béton.
- La droite (3) correspond à l'atténuation par le plomb.



B. VRAI, cf. item A.

C. VRAI, en effet, l'énergie du faisceau influe sur son atténuation. Plus l'énergie du faisceau incident est élevée, plus il faudra de matériau pour l'atténuer. Autrement dit pour la même épaisseur de matériau traversée, l'atténuation serait moindre. **Ainsi, si l'énergie du faisceau était plus élevée, la pente de la droite d'atténuation (3) aurait été plus faible.**

D. VRAI, on la calcule comme ceci : **$CDA = \ln 2 / \mu$** (formule à connaître ++++). Cela nous permet de classer les matériaux en fonction de leur capacité d'atténuation.

E. FAUX, c'est l'inverse. Plus la CDA est élevée, plus la droite d'atténuation a une pente faible (CDA et μ sont deux grandeurs **inversement proportionnelles**). On remarque que la droite (1) a une pente plus faible que la droite (2) donc $CDA(1) > CDA(2)$.

On peut également répondre en regardant le papier semi-log. En effet, la CDA est l'épaisseur nécessaire pour atténuer la moitié du flux de photons incidents, ainsi on peut regarder directement sur le papier l'épaisseur des 2 CDA et les comparer.

On a un flux de 10^2 photons initialement, alors $10^2 / 2 = 5 \cdot 10^1$ photons. On place alors un repère à la graduation de $5 \cdot 10^1$ photons et on regarde les épaisseurs associées.

Cela nous donne une CDA de l'eau aux alentours de 140 (on n'a pas l'unité en abscisse) et une CDA du béton aux alentours de 80. Donc, $140 > 80 \Rightarrow CDA(\text{eau}) > CDA(\text{béton})$.

NB : les valeurs sont non représentatives car il n'y a pas d'unités sur les axes de graduation.

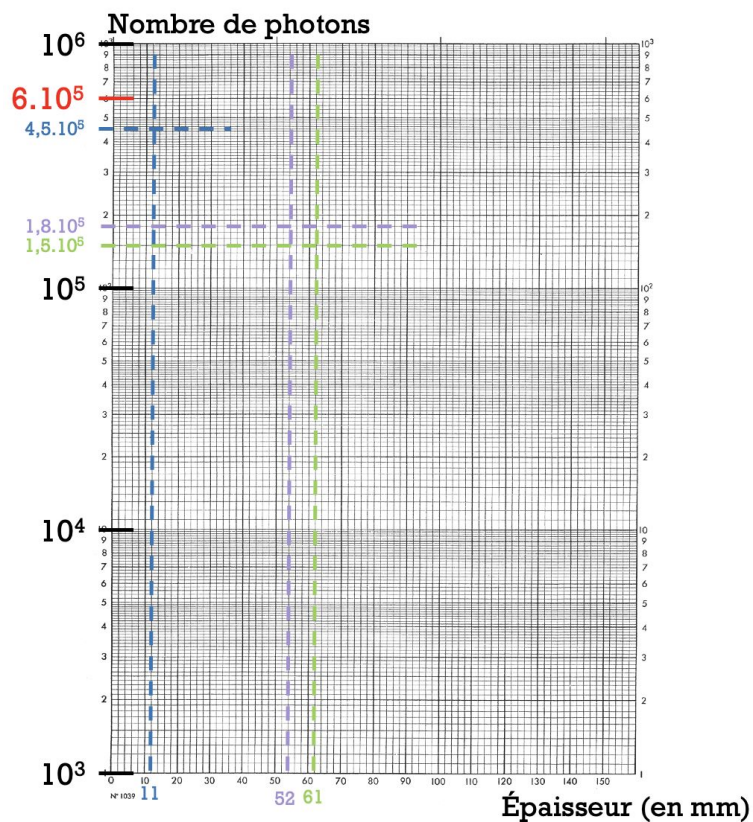
QCM 15 : BD

A. FAUX, tout d'abord, il faut **tracer la droite** représentant la situation grâce au papier semi-logarithmique (donné en annexe).

➤ On cherche le **nombre de photons transmis dans chacune des situations**.

Épaisseur du mur de briques (en mm)	11	52	61
Atténuation du faisceau de photons (en %)	25	70	75
Photons transmis (en %)	75	30	25
Nombre de photons transmis	$(75 \times 6.10^5)/100 = 4,5.10^5$	$(30 \times 6.10^5)/100 = 1,8.10^5$	$(25 \times 6.10^5)/100 = 1,5.10^5$

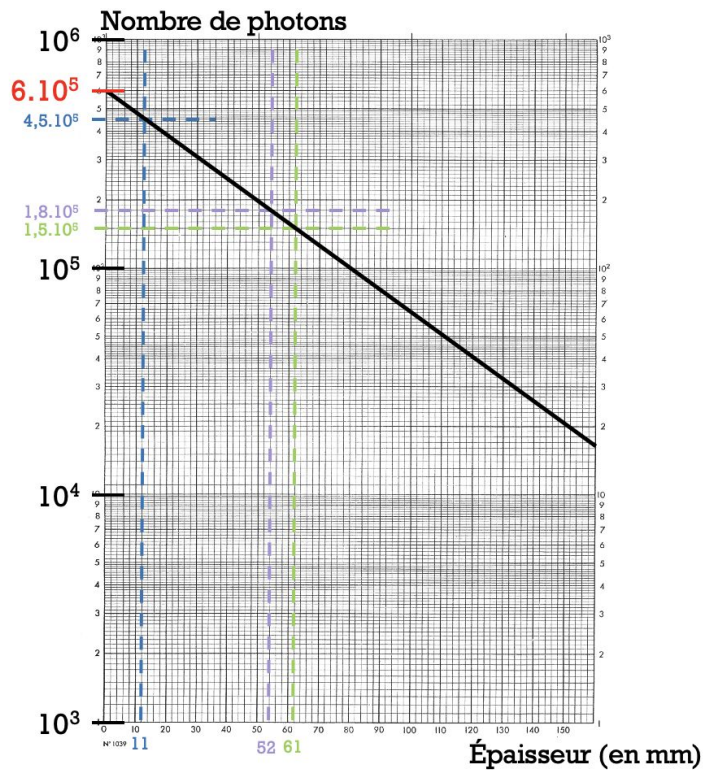
➤ On place sur le papier semi-logarithmique les données que l'on connaît : on représente le **nombre de photons transmis (en ordonnée)** en fonction de **l'épaisseur du mur (en abscisse)**.



➤ **On trace la droite** passant par tous les points que l'on vient de placer : c'est la représentation graphique de l'atténuation du faisceau de photons par le mur de briques.

NB : 2 points suffisent pour tracer la droite. Choisissez les points qui permettent d'avoir un maximum de précision sur le tracé, c'est à dire prendre des points plutôt éloignés l'un de l'autre et qui tombent sur une graduation du graphique si possible. Ici, l'idéal est de prendre les point suivants :

- épaisseur = 0 mm / $N = 6.10^5$ photons
- épaisseur = 52 mm / $N = 1,8.10^5$ photons.

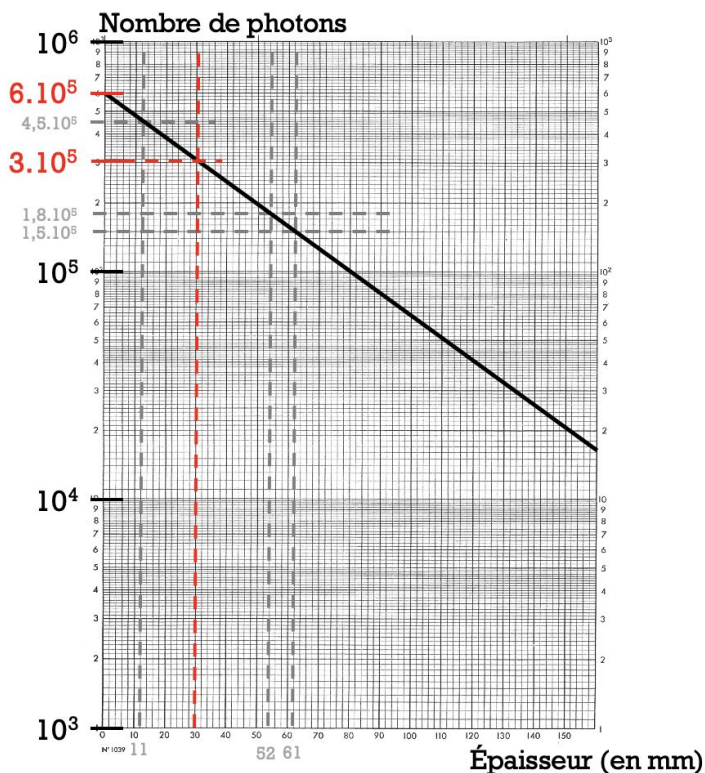


- On sait que la **CDA** (Couche de Demi-Atténuation) représente l'épaisseur nécessaire pour atténuer la moitié du flux de photons incidents.

On calcule le nombre de photons transmis à la CDA :

- $N = N_0/2$
- $N = 6.10^5/2$
- **$N = 3.10^5$**

- Par **lecture graphique**, on détermine l'épaisseur associée à un faisceau de 3.10^5 photons.



→ On trouve alors une **CDA = 30 mm = 3 cm**.

Rappel : N'oubliez pas que dans ce type de QCM avec le papier semi-logarithmique, vous pouvez choisir votre propre échelle tant qu'elle est cohérente avec les données ! Donc faites bien attention à regarder ce que l'on vous demande pour ne pas perdre du temps et avoir à replacer tous vos points !

B. VRAI, cf. item A.

C. FAUX, cf. item A.

D. VRAI, pour répondre à cet item, il faut d'abord calculer le nombre de photons que représentent 10% du faisceau initial : $(10 \times N_0)/100$

- $N = (10 \times 6.10^5)/100$
- $N = 6.10^6/10^2$
- **$N = 6.10^4$ photons.**

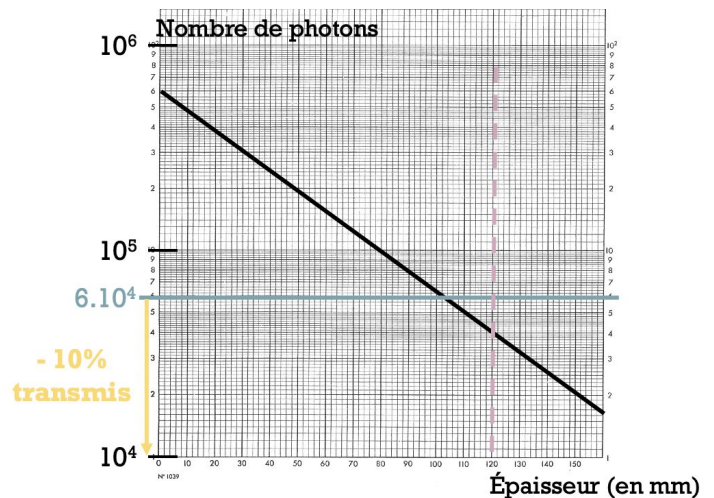
→ On place sur le graphique un seuil à **6.10^4 photons** : en dessous de ce seuil, moins de 10% du faisceau incident est transmis.

→ On se place à une épaisseur de **11 cm = 110 mm** et on regarde où l'on se situe par rapport à ce seuil.

→ On se trouve en dessous du seuil : moins de 10% du faisceau initial est transmis pour une épaisseur de 11 cm.

⇒ Plus de 90% du faisceau initial est absorbé pour une épaisseur de 11 cm.

E. FAUX, cf item D.



QCM 16 : BE

A. FAUX, la CDA peut se calculer ainsi : **$CDA = \ln(2)/\mu$** .

Pour pouvoir calculer, il nous faut tout d'abord trouver le **coefficient linéique d'atténuation μ** . Le tableau de l'énoncé donne la correspondance entre l'énergie du faisceau incident et μ . Dans ce cas-ci, le faisceau de photons possède une énergie de 0,5 MeV ce qui correspond à **$\mu = 1,8 \text{ cm}^{-1}$** .

On va donc pouvoir calculer la valeur de la couche de demi-atténuation (il s'agit de l'épaisseur nécessaire pour réduire de moitié le flux de photons).

- $CDA = \ln 2/\mu$
- $CDA = 0,7/1,8$
- $CDA = 7/18$
- **$CDA \approx 0,4 \text{ cm}$.**

B. VRAI, cf. item A.

C. FAUX, pour répondre à cet item, il faut calculer le facteur d'atténuation :

➤ Le facteur d'atténuation est donné par : **$N_0/N = 2^{x/CDA}$**

- $x = 12 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm}$;
- $CDA = 0,4 \text{ cm}$.
 - $2^{x/CDA}$
 - $2^{1,2/0,4}$
 - **$2^3 = 8$**

➤ Le nombre de photons est donc divisé par un **facteur 8** et non 2.

→ Vous devez savoir calculer rapidement le nombre de CDA présent dans un écran pour vous faciliter la vie et gagner du temps. Ici, 1,2 cm est égal à 3 fois 0,4 cm. Ainsi, on se retrouve avec **3 CDA** : le faisceau est donc divisé par 2^3 soit 8.

NB : on aurait pu **répondre sans calcul** : le nombre de photons est divisé par 2 lorsqu'il traverse une CDA. Ici on sait que la CDA est de 0,4 cm. Or la plaque de plomb a une épaisseur de 1,2 cm donc bien plus élevée que la CDA ! Le nombre de photons est divisé par davantage que 2.

D. FAUX, on a **$N = N_0 / 2^{x/CDA}$** avec $N_0 = 3,2.10^{12}$ photons et $x / CDA = 3$ (cf. item C).

- $N = 3,2.10^{12} / 2^3$
- $N = 32.10^{11} / 8$
- **$N = 4.10^{11}$ photons.**

- On a donc, après passage au travers de l'écran, 4.10^{11} photons **présents** dans le faisceau. La plaque aura donc **retenu 28.10^{11} photons** ($32 - 4$). **Attention à ne pas répondre trop vite !!**
- Cependant, on aurait pu répondre à cet exercice par raisonnement sans faire aucun calcul. Si l'épaisseur de l'écran est supérieure à la CDA (épaisseur qui va retenir 50% des photons), on aura un faisceau après le passage de l'écran qui sera inférieur à la moitié du faisceau initial.
Le faisceau initial est de 32.10^{11} . La moitié est donc de 16.10^{11} .
→ L'écran retiendra donc plus de la moitié des photons soit plus de 16.10^{11} .
Or, **$4.10^{11} < 16.10^{11}$** , l'item est donc faux.

E. VRAI, on connaît le nombre de photons transmis après passage de l'écran : $N = 4.10^{11}$ photons.

On peut alors faire un produit en croix :

$$100\% \leftrightarrow 32.10^{11} \text{ photons}$$

$$y \leftrightarrow 4.10^{11}$$

- $y = 100 \times 4.10^{11} / 32.10^{11}$
- $y = 100/8$
- **$y = 12,5\%$**

Après le passage de l'écran, il reste 12,5% des photons. L'écran a donc **retenu/absorbé 87,5%** des photons du faisceau.

QCM 17 : BDE

A. FAUX, pour répondre à cet item, il faut calculer **N le nombre de photons qui composent le flux après avoir été atténué par l'écran de plomb**. Or, ici, on ne connaît pas la CDA, il va donc falloir procéder par étape :

➤ Calcul de la CDA :

- $CDA = \ln(2) / \mu_{\text{plomb}}$
- $CDA = 0,7 / 233$
- $CDA = 7/233 \times 10^{-1}$
- **$CDA = 3.10^{-3} \text{ m} = 3 \text{ mm}$.**

➤ Calcul du facteur d'atténuation :

- $x = 15 \text{ mm}$ et **$CDA = 3 \text{ mm}$**
- $x/CDA = 15/3$
- $x/CDA = 5$
- Le facteur d'atténuation est égale à **$2^{x/CDA}$ soit $2^5 = 32$.**

➤ Calcul de N, nombre de photons restant après atténuation par l'écran :

- $N = N_0 / 2^{x/CDA}$
- **$N = 64.10^3 / 32$**
- **$N = 2.10^3 = 2000 \text{ photons}$.**

B. VRAI, cf. item A.

C. FAUX, cf. item A..

D. VRAI, dans cette deuxième partie de l'énoncé, on nous donne le nombre de photons qui atteignent Loris alors qu'il est situé **derrière un deuxième écran, placé à la suite du premier**.

- Pour calculer le facteur d'atténuation du second écran, il faut faire **le rapport entre le nombre de photons incident N_0 et le nombre final qui en ressort ($N = 125$)**.

! ATTENTION ! ici N_0 correspond au nombre de photons qui émergent **du premier écran** (soit **$N_0 = 2000 \text{ photons}$**) et **non pas celui du flux initial !!!**

On va donc noter N_0 le nombre de photons qui arrivent sur le deuxième écran.

- **$N_0' / N = 2000/125$**
- **$N_0' / N = 16$**

Donc le facteur d'atténuation du second écran est égal à 16.

L'atténuation totale du faisceau de photon est donc de $32 \times 16 = 512$.

E. VRAI, une épaisseur de 24 mm atténue les photons d'un facteur 16 (cf. item D).

Ainsi $2^n = 16$ où n est le rapport entre l'épaisseur x parcourue, sur la CDA de l'écran en question, $n = x/\text{CDA}$.

$$\rightarrow 2^4 = 16$$

Le faisceau a donc traversé **4 CDA**. L'écran étant épais de 24 mm, la **CDA** est de $24/4 = 6 \text{ mm}$.

Autrement dit, $x/\text{CDA} = 4$ soit $\text{CDA} = x/4 \Rightarrow \text{CDA} = 24/4 = 6 \text{ mm}$.

NB : on a donc ici 5 CDA puis 4 CDA traversées, ainsi on peut retrouver une nouvelle fois le facteur d'atténuation totale : $2^{4+5} = 2^9 = 512$.

QCM 18 : BDE

A. FAUX, on connaît **3 principaux phénomènes d'atténuation** : par **effet Compton**, par **effet photoélectrique** ou par **matérialisation**.

Il faut connaître leurs domaines de prédominance pour savoir lequel sera majoritaire dans quel cas.

L'effet **PE** est prépondérant pour :

- > **un milieu dense (Z élevé)**
- > **un photon de faible énergie (10 à 50 keV)**

Dans notre situation, on nous parle de poumons et de graisse, qui sont des tissus **peu denses** (à l'inverse de l'**os** par exemple).

Donc l'**effet photoélectrique** ne sera pas prédominant en présence de tissus peu denses.

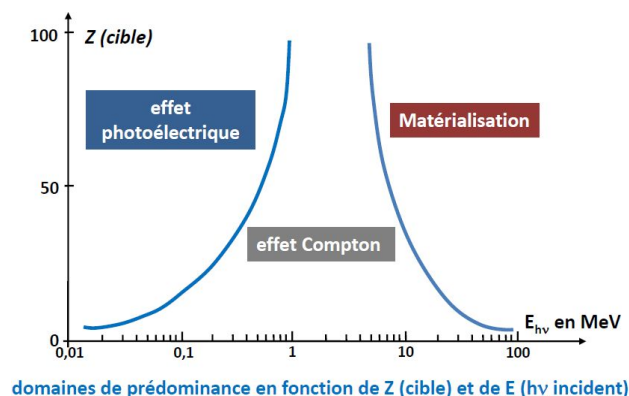
B. VRAI, les différentes notations sont à connaître :

- **Coefficient d'atténuation par effet Compton** : σ .
- **Coefficient d'atténuation par effet PE** : τ .
- **Coefficient d'atténuation par matérialisation** : π .

C. FAUX, le coefficient d'atténuation de la matérialisation augmente avec le numéro atomique Z du milieu. C'est le coefficient d'atténuation de la diffusion Compton qui est indépendant du milieu (et donc de Z).

D. VRAI, en effet c'est bien l'effet **PE** qui sera prédominant.

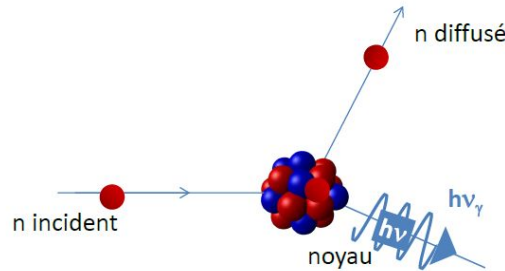
- En 1, on a donc l'**effet PE**. Le domaine de prédominance concerne les **photons de faibles énergies** et une prédominance pour les **densités élevées**.
- En 2, c'est l'**effet Compton**. Il se produit avec une énergie supérieure à l'effet PE et est **indépendant du milieu**, donc de la densité (Z). La prédominance **décroît lentement lorsque l'énergie du photon incident augmente**.
- En 3 : c'est la **matérialisation ou création de paires**. Sa prédominance croît approximativement avec le **numéro atomique Z** de la cible et ne peut s'effectuer que si l'énergie portée par le photon est **supérieure à 1,022 MeV**. Elle est donc prédominante lorsqu'on a une **énergie importante**.



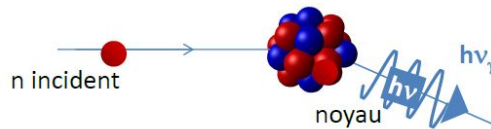
E. VRAI, c'est bien la matérialisation ou création de paires (cf item D).

QCM 19 : B

- A. FAUX, en effet, les neutrons vont très **peu interagir avec les électrons** du cortège. En effet, les électrons sont petits et les neutrons n'étant **pas chargés** (donc pas d'interactions électrostatiques entre les deux particules), la probabilité que les deux se rencontrent est très faible. Il y aura donc beaucoup plus d'interactions **directement avec le noyau** (qui lui est plus gros).
- B. VRAI, ce sont les neutrons rapides et de haute énergie. **Ils sont trop rapides pour être capturés par le noyau**, ils sont donc **diffusés**. Les neutrons d'énergie < 10 keV sont eux capturés.
- C. FAUX, nous sommes ici dans le cas d'une **diffusion** inélastique, c'est donc le cas pour un neutron **rapide** : les neutrons **rapides** sont **diffusés** et les neutrons **lents** sont **capturés**. Le reste est vrai.



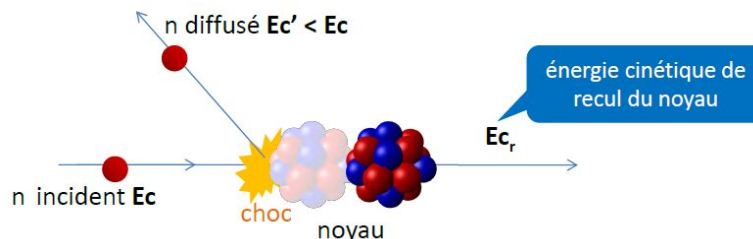
- D. FAUX, lors d'une capture **radiative**, comme son nom l'indique, c'est l'émission d'une **radiation** qui stabilise le noyau excité : c'est à dire un **photon** !



Le noyau se stabilise par **émission β** ou par **fission** lors d'une capture **non radiative**.

- E. FAUX, **attention**, une diffusion **élastique** est un **mouvement de noyau** (donc de charge) provoqué par un **choc avec un neutron** : tout mouvement de charge peut être dangereux en réalisant des ionisations secondaires.

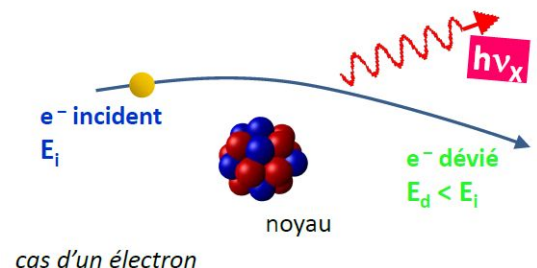
De plus, après une diffusion élastique, le neutron est diffusé avec une énergie cinétique moins importante qu'au départ. Il va pouvoir réaliser d'autres interactions avec l'environnement (par exemple, produire des rayonnements ou provoquer une fission s'il est capté).



QCM 20 : BCDE

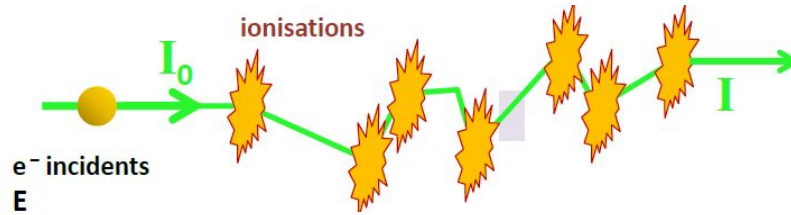
- A. FAUX, l'électron va interagir avec les protons du noyau, **ce qui va l'attirer et le ralentir**. Les protons sont chargés positivement et les électrons négativement, **ils s'attirent !**

Ce ralentissement, qui est une **perte d'énergie cinétique**, se traduit par l'émission de rayons X d'énergie E_p égale à la perte d'énergie cinétique de l'électron : $E_p = E_i - E_d$. Cette production de rayons X se fait par émission d'un **rayonnement de freinage, aussi appelé rayonnement de Bremsstrahlung**.



- B. VRAI, en effet, **l'électron va changer de trajectoire à chacune de ses interactions**. Il va être attiré par les noyaux des atomes qui l'entourent, **il va donc ralentir et transmettre une partie de son**

énergie cinétique à chacune des interactions (cet échange d'énergie se mesure grâce au **Transfert Linéique d'Énergie ou TLE ou TEL**). Son parcours peut donc être assimilé à un ensemble de lignes brisées.



C. VRAI, la **longueur de pénétration, ou portée**, correspond à la **distance maximale parcourue** dans la direction du flux incident (*on peut l'assimiler à une ligne droite tendue entre le point de départ et le point d'arrivée de l'électron*). ,

Le **parcours**, quant à lui, correspond à la **trajectoire**, soit la **distance totale parcourue**.

En sachant qu'un **électron va faire plusieurs détours car il n'avance pas en ligne droite**, la **distance totale parcourue sera plus élevée que la longueur de pénétration**.

D. VRAI, en effet, les particules libèrent de l'énergie autour d'elles à chaque interaction. Le TLE correspond à un rapport : énergie libérée/distance parcourue. **Lorsque la vitesse est basse, la distance parcourue est extrêmement faible, le rapport devient donc de plus en plus élevé.**

→ La particule ralentit, donc en fin de parcours, les probabilités d'interactions augmentent.

Petit tips : Imaginez que la particule est une bombe qui explose à intervalle régulier, cette bombe vous fera beaucoup moins de dégâts si elle passe seulement au dessus de vous sans s'arrêter plutôt que si elle s'arrête à côté de vous et continue d'exploser régulièrement.

E. VRAI, il faut connaître la formule de portée d'un électron dans l'eau : **$L(\text{cm}) = E(\text{MeV})/2$** .

- $E = 2 \cdot 10^9 \text{ eV}$ (1 giga = 10^9) $\leftrightarrow E = 2 \cdot 10^3 \cdot 10^6 \text{ eV} = 2 \cdot 10^3 \text{ MeV}$.

○ $L = 2 \cdot 10^3 / 2$

○ $L = 10^3 = \mathbf{1\,000\,cm}$ $1\,cm = 10^{-2}\,m$

○ $\mathbf{L(m) = 10^3 \cdot 10^{-2} = 10\,m}$.

QCM 21 : AD

A. VRAI, effectivement, les **rayons X** tout comme les rayons gamma et certains rayonnement UV sont des **rayonnement ionisants** car leur énergie est **supérieure à 13,6 eV** (à savoir +++++).

B. FAUX, attention à ne pas confondre l'origine du rayonnement de freinage et celle du rayonnement caractéristique:

- le rayonnement de **freinage** est issu de l'interaction entre l'électron et le **noyau**.
- le rayonnement **caractéristique** est issu de l'interaction entre l'électron et le **cortège électronique**.

C. FAUX, lorsque l'électron arrive au voisinage du **noyau**, sa trajectoire se retrouve incurvée (notamment via les interactions électrostatiques du noyau chargé + et de l'électron chargé -). Ainsi, on dit que l'électron subit une **accélération centripète** : sa composante normale augmente (il est attiré par le noyau) mais sa **vitesse diminue** (car sa trajectoire est modifiée).

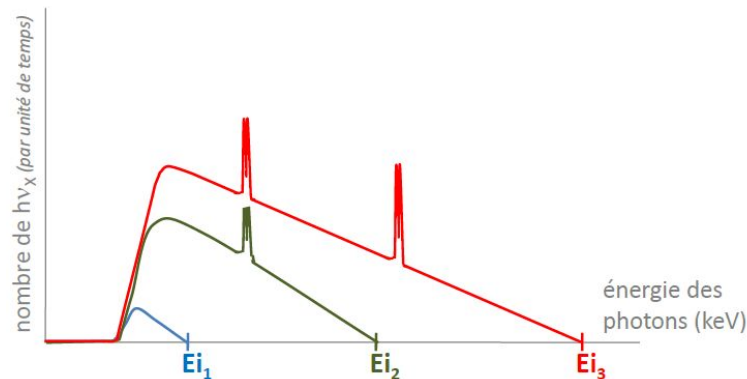
On a donc une perte d'énergie cinétique qui se matérialise par l'émission d'un **photon X**. Les photons γ sont émis par le noyau. Ici, même s'il y a interaction avec le noyau, c'est bien la perte d'énergie **de l'électron** qui est à l'origine de ce rayonnement X !

D. VRAI, c'est la **condition** pour que l'électron situé sur son orbite puisse être éjecté. Suffisamment d'énergie doit être fournie pour pouvoir arracher l'électron de son orbitale. Cela entraîne donc une vacance, c'est-à-dire un trou, dans l'une des couches électroniques internes : l'atome est *ionisé* et *instable*. **Un électron d'une couche périphérique** vient alors combler cette vacance. Mais comme il passe à une orbite de moindre énergie, il libère une partie de son énergie sous forme de photon X ou **rayonnement caractéristique**.

E. FAUX, c'est l'inverse :

- Dans le rayonnement de freinage, le photon X peut avoir une énergie comprise entre 0 et E_i en fonction de la distance noyau-électron : on a ainsi un **spectre continu**.
- Dans le rayonnement caractéristique, l'émission du photon X est fonction de la transition entre 2 couches électroniques. La différence d'énergie entre 2 couches électroniques données est fixe : l'énergie du photon X ne peut prendre que des **valeurs ponctuelles**. On obtient donc un **spectre de raies**.

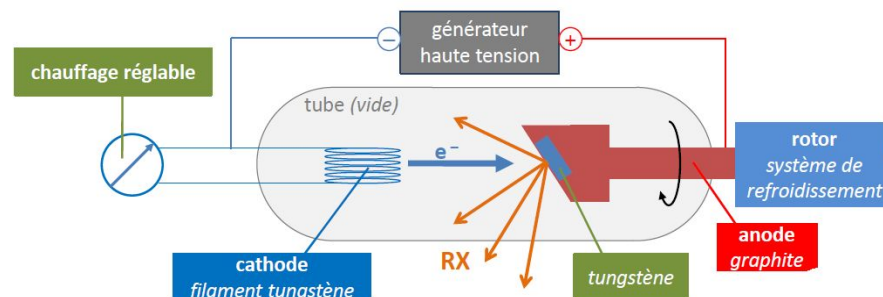
NB : En pratique, on peut avoir à la fois des rayonnements de freinage et caractéristiques : c'est un *pseudo-continuum*. Par conséquent, on a un spectre continu, contenant des raies sous forme de pic dans la courbe.



QCM 22 : BCDE

A. FAUX, pour produire des rayons X dans un système de générateur de hautes tensions, les électrons se déplacent de **la cathode vers l'anode**. En effet, la **cathode** chargée **négativement** est le point de **départ** des électrons qui vont être attirés par leur cible : **l'anode chargée positivement**.

NB : il ne faut pas confondre avec la chimie et notamment la pile où la cathode est positive et l'anode négative.



De plus, si on parle d'effet thermique, la cathode est du côté où l'on retrouve le chauffage produisant les électrons par effet **photoélectrique**. À l'inverse, l'anode possède un système de **refroidissement** (rotor).

Moyen mnémo : cible a le même nombre de lettres qu'anode !

- B. VRAI, en effet pour pouvoir produire des électrons, le **tube de Coolidge** utilise **l'effet thermoélectrique**. Comme son nom l'indique, l'effet thermo (chaleur) électrique (électrons) est à la base de ce dispositif expérimental. On chauffe un filament en tungstène à de très hautes températures permettant ainsi d'éjecter des électrons.
- C. VRAI, on retrouve au niveau de la cathode du tube de Coolidge des **filaments de tungstène**. Le point de fusion de ce matériau est très élevé ce qui rend le tungstène particulièrement adéquat dans un contexte de **très hautes températures**.
- D. VRAI, l'**accélérateur linéaire** est un autre dispositif de **production des rayons X**. Il se compose de plusieurs électrodes qui vont avoir des tailles différentes. Nous avons d'un côté une source qui va produire des électrons qui vont avoir une certaine vitesse. Les électrodes sont chargées soit **positivement** soit **négativement** grâce à une **tension alternative**.

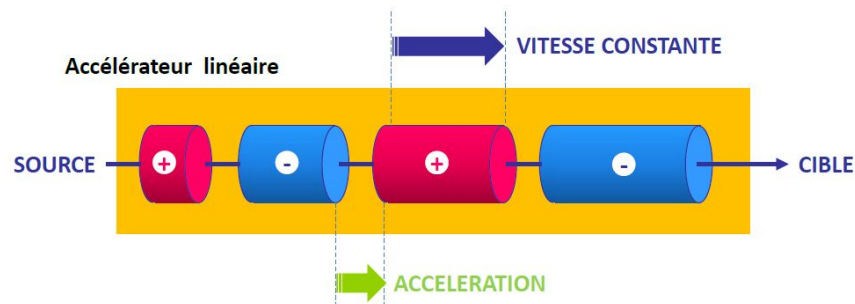
La tension étant alternative, les électrodes positives deviennent négatives et inversement à chaque cycle.

Entre chaque électrode, on va avoir **une accélération** des électrons (les électrons seront attirés par les électrodes positives et repoussés par les électrodes négatives). La vitesse des électrons va donc augmenter. En sortant d'une électrode positive, l'électron se retrouvera face à une électrode négative.

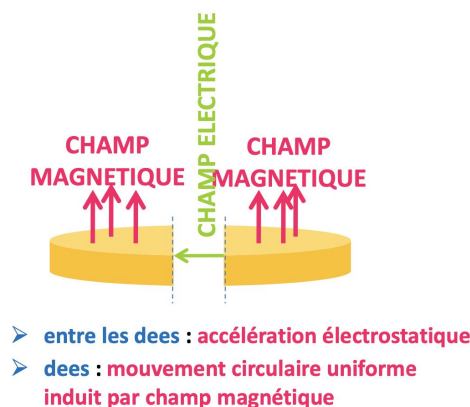
C'est à ce moment là que l'utilité de la tension alternative se révèle ! L'électrode face à l'électron va alors devenir positive et celle derrière lui sera négative. Il sera alors **attiré par l'avant et repoussé par l'arrière permettant ainsi son accélération**.

Cependant, la tension restant la même (un cycle dure toujours le même temps), une électrode reste positive un **temps défini** avant de devenir négative et inversement. Le temps à l'intérieur d'une électrode doit donc toujours être le même (NB : la vitesse est constante dans les électrodes). Or, si la vitesse augmente, la distance doit également augmenter ($t = d/v$). On doit donc **augmenter la taille des électrodes** en fonction de la vitesse acquise. L'électrode la plus grande sera celle la plus éloignée de la source.

L'accélération des électrons leur permet d'acquérir une énergie importante permettant ensuite la production de **photons X de hautes énergies** en arrivant sur la cible.

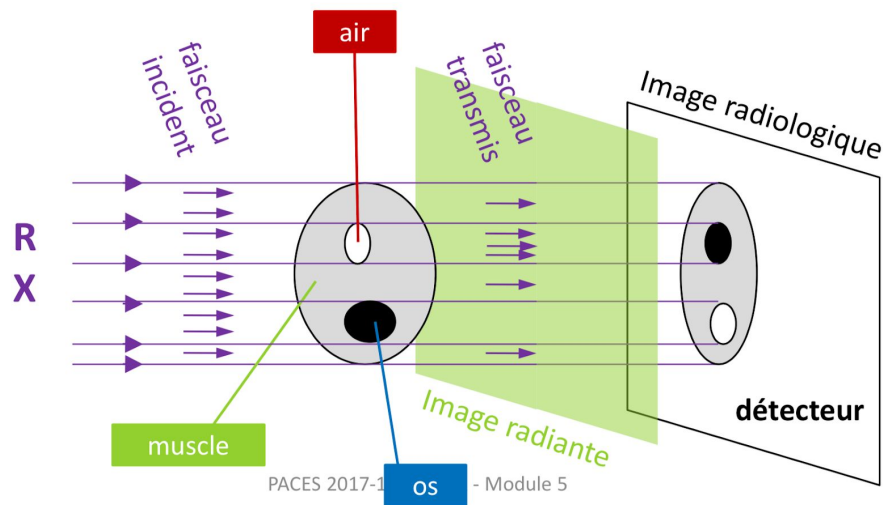


- E. VRAI, le **cyclotron** est un **accélérateur circulaire**. Il est constitué de deux dees, soit deux électrodes métalliques creuses en forme de D (demi disque), entre lesquelles on va avoir un **courant électrique**. À tout champ électrique est associé un champ magnétique, c'est pour cela qu'à l'intérieur des dees on retrouve un **champ magnétique**. A chaque fois que notre particule passera entre les dees, on aura une **accélération électrostatique** induite par le champ électrique. Plus notre particule sera **accélérée**, plus **le rayon** au sein du cyclotron **augmente** (d'après la formule du rayon de Larmor : $R = mv/qB$, R et v sont proportionnels).

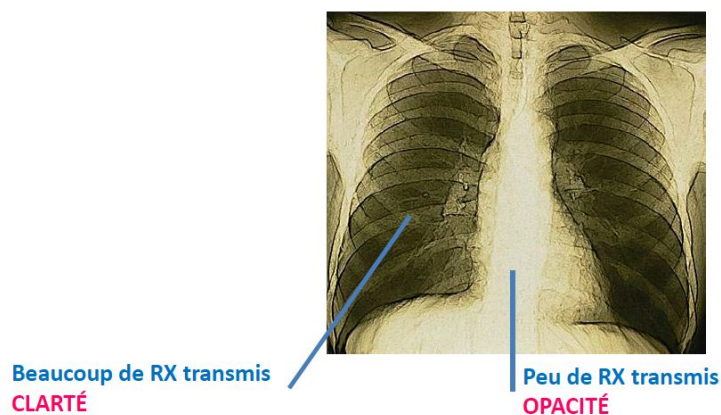


QCM 23 : AC

- A. VRAI, l'**image radiante** est formée par les **différences d'atténuation** du faisceau de **rayons X** lorsqu'il traverse les **différents tissus** du corps humain (muscles, os etc). Il s'agit du principe même de l'imagerie. Cette **atténuation différentielle** traduit les **effets physiques** des interactions des **rayons X** avec la matière. Attention, l'**image radiante** obtenue est **invisible** à l'oeil nu (piège fréquent !)

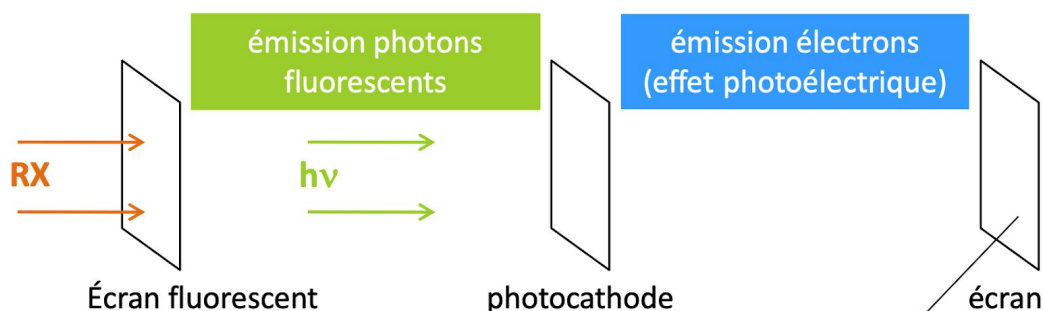


- B. FAUX, c'est **l'image radiante** qui est située entre le **patient** et le **détecteur**. L'image radiologique est formée grâce au recueil des rayons X au niveau du détecteur.
- C. VRAI, seule **l'image radiologique** est **interprétable** cliniquement. Celle-ci est révélée par un détecteur recevant les rayons X à partir de **l'image radiante** et transformée en une **image lumineuse visible** par l'observateur. *Rappel : l'image radiante est invisible à l'oeil nu.*
- D. FAUX, les **os** qui sont des tissus **très absorbants**, apparaissent **opaques** sur le cliché radiographique, au contraire des **poumons** qui apparaissent **clairs**. On rappelle que **la clarté** désigne une zone où **beaucoup** de photons sont **transmis** (ex : les poumons), les organes y apparaissent **foncés**. **L'opacité** désigne, quant à elle, une zone où **peu de photons** sont transmis (ex : les os), les organes y apparaissent **blancs**.
- **Attention à ne pas confondre les deux**, même si les poumons sont de couleurs foncées, on dit qu'ils sont **clairs** sur le cliché radiographique.



- E. FAUX, sur une **radiographie simple**, les structures molles (muscles, tendons, cerveaux, organes abdominaux) ne peuvent pas être explorées. Cette analyse est par contre possible après adjonction d'un **produit de contraste radio-opaque** : on parle de **radiographie de contraste**.

QCM 24 : ABDE



- A. VRAI, le but de l'amplificateur de brillance (ou de luminance) est d'augmenter la luminosité et la précision des images radiologiques. Il est notamment utilisé en **radiologie interventionnelle**. Il est composé de plusieurs écrans successifs :
- Un écran **fluorescent** qui convertit les rayons X en **photons fluorescents**.
 - Une **photocathode** qui convertit les photons fluorescents en **électrons par effet photoélectrique**.
 - Un **écran secondaire** qui recueille les électrons et les convertit en **photons lumineux**.
- B. VRAI, voici l'ordre des différents rayons que l'on obtient via l'amplificateur de brillance :
- RX ⇒ photons fluorescents ⇒ électrons ⇒ photons lumineux**
- C. FAUX, cf. item C.
- D. VRAI, les électrons sont accélérés par une tension (= différence de potentiel) les faisant gagner en énergie. De plus, l'écran secondaire est bien plus petit que le premier écran. Les électrons sont alors focalisés sur une plus petite surface et convertis en photons lumineux sur un écran secondaire **tout en conservant l'image**.
- E. VRAI, l'objectif majeur de cet outil est d'**augmenter la luminosité** pour obtenir une image exploitable permettant ainsi de diminuer le temps d'exposition du patient.

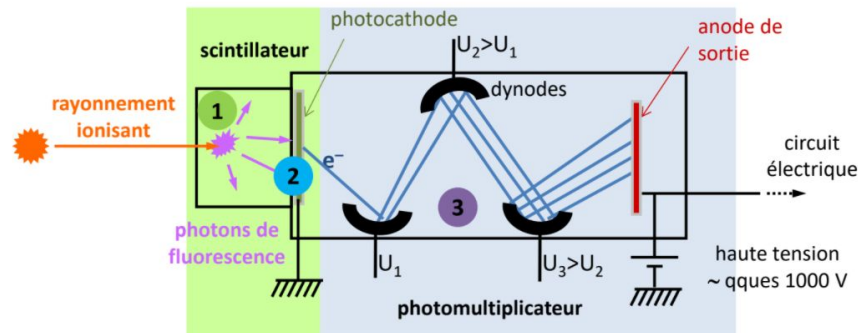
QCM 25 : ABCD

- A. VRAI, c'est l'utilité même d'un détecteur, à savoir : « est-ce qu'il y a eu des interactions rayonnements-matière, interactions matière/matière... » (phénomène) ? Et si oui combien ?
- Le détecteur a donc un **but qualitatif** : **déceler la présence** d'un phénomène.
 - Il peut éventuellement avoir un **but quantitatif** : **mesurer** ce phénomène.
- B. VRAI, les **spectromètres** permettent bien de mesurer l'énergie des particules. Si on cherche simplement à afficher un flux de particules, on utilisera un **compteur**. Pour afficher une dose absorbée, on utilise un **dosimètre**, mais si l'on cherche à afficher le débit de dose absorbée on peut éventuellement utiliser un **débitmètre**.
- C. VRAI, **pour rappel** :
- L'**efficacité de détection** correspond au rapport du **nombre de particules détectées** (nombre d'ionisations générées par le rayonnement incident) **sur le nombre de particules reçues** par le détecteur. Elle dépend de la nature et de l'énergie du rayonnement.
 - Le **temps mort** correspond au **plus petit intervalle de temps entre deux informations successives** pour que **chacune d'entre elles soit prise en compte** par le détecteur.
 - Le **mouvement propre** correspond au **taux de comptage** enregistré **en l'absence de toute source** de rayonnement.
 - Les **caractéristiques géométriques** définissent la **forme** du détecteur, l'importance de sa **surface sensible** et sa **directivité**.
- D. VRAI, c'est ce qui va faire l'**efficacité d'un détecteur**. En effet, si ce dernier reçoit une particule mais ne la détecte pas (ne la prend pas en compte dans le comptage), on aura moins d'informations recueillies et les résultats seront moins fiables.
- E. FAUX, il s'agit de la définition du **bruit de fond** (particules détectées mais non émises par la source de rayonnement considérée). Le **mouvement propre** correspond au taux de comptage enregistré en l'absence totale de toute source de rayonnement (cf. item C).

QCM 26 : ABCE

- A. VRAI, lors d'une émulsion photographique, on retrouve une suspension de **grains de bromure d'argent cristallisés, d'ions Ag⁺ interstitiels et d'impuretés S⁻** dans de la gélatine.
- Pour votre compréhension (le processus détaillé n'est plus au programme) : le rayonnement ionisant produit des électrons en les arrachant au S⁻. Sur leur chemin, ces électrons rencontrent les ions Ag⁺ de la gélatine et les réduisent en germes d'argent métallique. Ces derniers peuvent alors être repérés dans la gélatine.*

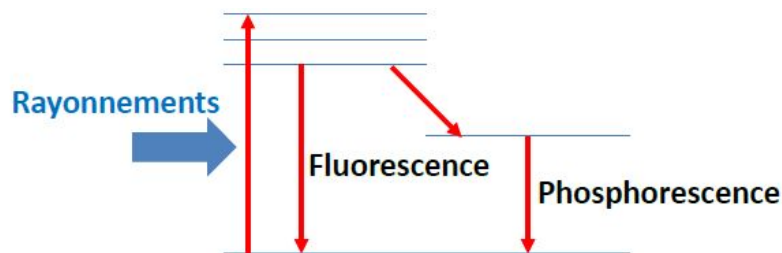
B. VRAI, la **photocathode** reçoit les photons fluorescents et phosphorescents issus du scintillateur et forme donc des électrons dans le photomultiplicateur **par effet photoélectrique**.



- 1 scintillation : **rayonnements ionisants** excitent atomes du matériau qui se désexcitent en émettant des **photons de scintillations**
- 2 effet photoélectrique : un photon arrache un e^- de la photocathode
- 3 multiplication des électrons puis recueil du signal électrique

C. VRAI, en effet, le **scintillateur** reçoit les rayonnements ionisants à étudier et **les transforme en photons d'énergie moindre** (fluorescents) par excitation puis désexcitation des molécules du scintillateur.

→ Il existe une différence entre les photons de fluorescence et les photons de phosphorescence. La production d'un photon de **phosphorescence** se fait en **deux étapes** (*moyen mnémo : c'est plus long, c'est donc phOphorescent*). Il existe une première désexcitation sans production de rayonnement. De ce niveau d'énergie inférieure, on passe alors au niveau d'énergie fondamentale en produisant cette fois un photon de phosphorescence.



D. FAUX, les électrons sont **multipliés et accélérés par une différence de potentiel** dans le photomultiplicateur par interaction avec les dynodes.

E. VRAI, cf. item D.

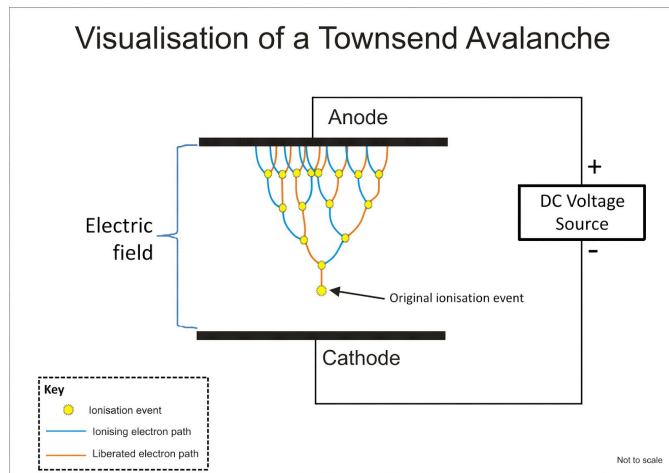
QCM 27 : ACE

- A. VRAI, lors de **l'ionisation secondaire**, c'est l'électron primaire, issu de l'ionisation primaire produite par la source radioactive, qui ionise les molécules du gaz. Dans les détecteurs à ionisations gaz, on préfère utiliser **des gaz à faible affinité pour les électrons**, ainsi ils ne vont pas les capter mais au contraire **émettre à leur tour un nouvel électron dit électron secondaire**. De ce fait on se retrouve avec un ion qui a perdu une charge négative via l'électron : il est donc **chargé positivement**. On se retrouve alors avec deux électrons émis (électron primaire et un électron secondaire) : $e^- + A \rightarrow A^+ + e^- + e^-$. $A^+(*)$ signifiant que l'ion est chargé positivement et est excité.
- B. FAUX, **c'est le recueil des électrons**, qui sont des particules légères chargées, **au niveau des électrodes (de l'anode) qui permet de créer le signal** par mesure du courant électrique correspondant. C'est pour cette raison que l'on préfère utiliser des gaz rares à faible affinité électronique car sinon on forme des ions négatifs excités lourds compliqués à exploiter.
- C. VRAI, cette avalanche correspond à **l'enchaînement de nombreuses ionisations secondaires les unes à la suite des autres** ce qui permet d'amplifier le signal collecté à l'anode.

Dans la zone 3, ce phénomène n'est pas encore trop important (contrairement à la zone 5), on parle d'un fonctionnement en mode **compteur proportionnel**. On collecte N électrons au niveau de l'anode. N est proportionnel au nombre d'ionisation primaire K et au nombre n d'électrons formés

pour une ionisation primaire. N augmente lorsque la tension et l'énergie des particules ionisantes augmentent.

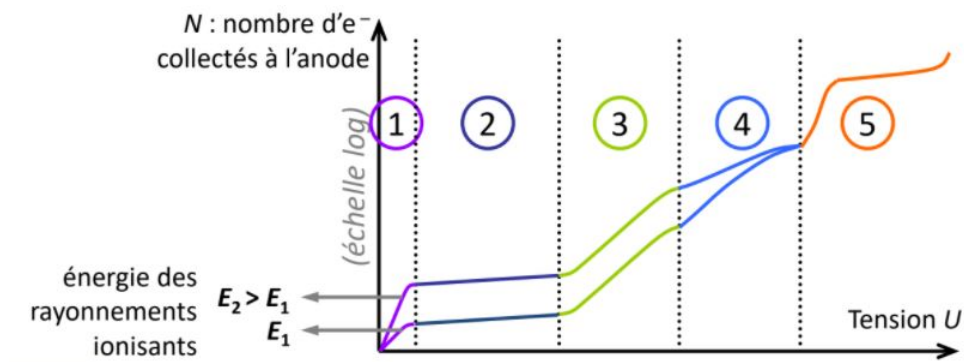
$$N = Kn$$



- D. FAUX, au contraire le compteur Geiger-Müller a un énorme inconvénient : il possède un **temps mort trop important**, c'est-à-dire que le **temps** après chaque événement pendant lequel le système n'est pas en mesure d'enregistrer un autre événement est trop long (environ 100 μ s). De ce fait, il devient **inutilisable pour des taux de comptage trop élevés** car il ne pourra pas détecter toutes les impulsions qui seront envoyées.
- E. VRAI, en fonction de la tension, les phénomènes d'ionisations secondaires vont s'amplifier. Chaque régime de fonctionnement dépend des phénomènes se déroulant dans le compteur. Il est très important de connaître l'ordre et le nom de chacun des régimes de fonctionnement.

NB : la zone 1 (zone de recombinaison) et la zone 4 (compteur semi-proportionnel) ne sont pas utilisables.

Petit à petit, **le nombre de particules formées à l'anode va devenir trop important** et les résultats seront inexploitable : au delà de la zone 5 : la décharge électrique s'auto-entretient **jusqu'à atteindre la tension U disruptive** (étincelle).

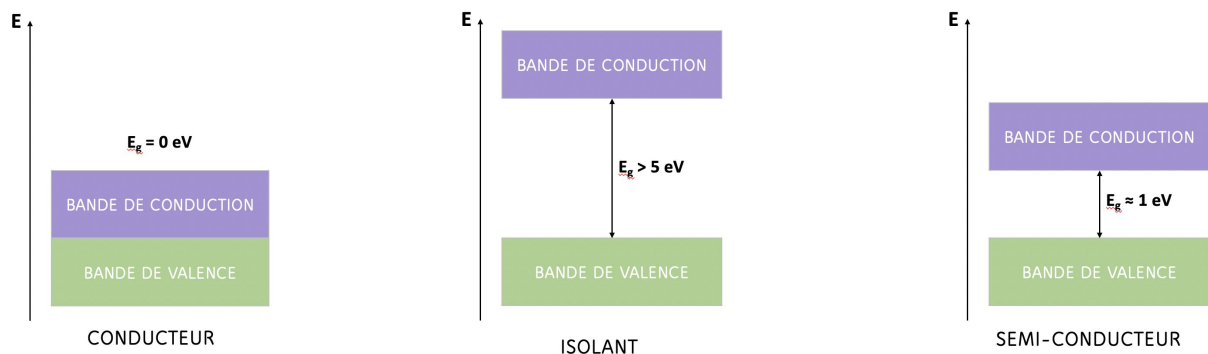


QCM 28 : CD

- A. FAUX, le **Silicium (S)** et le **Germanium (G)** sont des éléments **tétravalents** : ils peuvent former jusqu'à **quatre liaisons avec des atomes voisins** (ils ont 4 électrons sur leur couche de valence = orbitale électronique la plus externe). Ils possèdent tous deux une **conductivité électrique intermédiaire** entre isolant et conducteur (métal). Cette propriété fait d'eux des **semi-conducteurs intrinsèques**.
- B. FAUX, la **bande interdite** (aussi appelée "gap") est l'espace dans lequel un porteur de charge ne peut pas se trouver. Dans le cas d'un semi-conducteur, elle est **plus petite** que celle d'un isolant, mais aussi plus grande que celle d'un conducteur.
- En effet, cette bande représente l'**énergie séparant la bande de conduction et la bande de valence** :
- Pour un **métal conducteur**, la bande interdite **n'existe pas** : les électrons peuvent circuler dans la couche de conduction.

→ Pour un **isolant**, la bande interdite a une **énergie supérieure à 5 eV** : les électrons ne peuvent pas traverser cette bande interdite.

→ Pour un **semi-conducteur**, la bande interdite a une **énergie de l'ordre de 1 eV** : les électrons peuvent atteindre la bande de conduction s'ils reçoivent suffisamment d'énergie.



Le matériau devient alors conducteur avec 2 porteurs de courant : l'électron et la lacune électronique (trou).

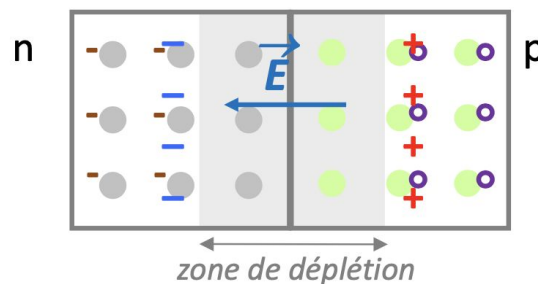
C. VRAI, le principe de **semi-conducteur dopé** repose sur la présence d'impuretés, ce qui modifie le nombre de porteurs de charges. Dans un **dopage de type p**, on introduit des **impuretés trivalentes** (c'est à dire qu'elles possèdent 3 électrons sur leur couche de valence) ce qui entraîne un **excès de lacunes électroniques** (trous) : le matériau est **pauvre** en électrons. Il porte donc des charges positives.

Pour rappel : le **dopage de type n** correspond à un excès d'électrons (la charge est donc **négative**), le semi-conducteur est constitué d'**impuretés pentavalentes** (possédant donc 5 électrons sur la couche de valence).

Moyen mnémo : pour ne pas se tromper, on peut se dire qu'on ne peut pas mettre 2 "p" ensemble (semi-conducteur dopé p et pentavalent).

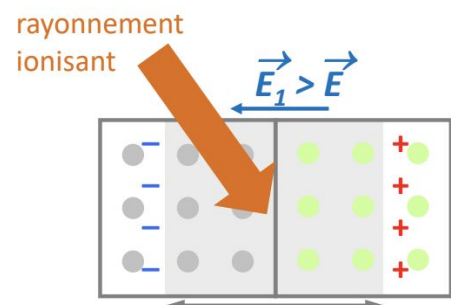
D. VRAI, c'est le principe même de la jonction PN. La **jonction PN** s'obtient par la **mise en contact de 2 semi-conducteurs dopés** : un dopé **p** et un dopé **n**. Ainsi, une **zone de déplétion** se forme, c'est à dire une zone dans laquelle il va se produire une **recombinaison entre électrons** (issus du dopage n) **et trous** (issus du dopage p). Les électrons se déplacent donc vers les charges positives, le dopé p.

→ Un déplacement de charges crée un courant et donc un **champ électrique** en sens inverse du déplacement des électrons.



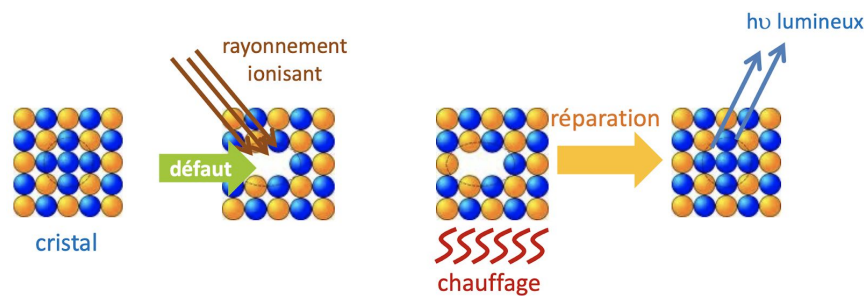
Les détecteurs à semi-conducteur sont utilisés dans les différents domaines où l'on a affaire à des rayonnements ionisants (*couramment : en industrie nucléaire et radioprotection, en physique des particules, en spectrométrie de fluorescence X et en cristallographie*).

L'action d'une particule ionisante a un effet similaire à l'application d'une polarisation. Elles **favorisent les recombinaisons de paires trous-électrons**, ainsi que l'agrandissement de la zone de déplétion. La charge est alors déplacée et on peut mesurer la **variation de différence de potentiel** liée à la variation du champ électrique.



E. FAUX, le principe des **détecteurs thermoluminescents** repose sur :

- 1) **L'irradiation** du cristal par un rayonnement ionisant, provoquant des **défauts** cristallins.
- 2) Le **chauffage du cristal**, permettant la réparation des défauts avec une émission de **photons proportionnelle à l'énergie du rayonnement ionisant**.



→ Ce principe est notamment appliqué pour le comptage en **dosimétrie**.

QCM 29 : AD

A. VRAI, une des fonctions d'un **détecteur** est de **compter** le nombre d'**impulsions reçues** depuis la source **par unité de temps**. C'est le **dénombrement** ou **taux de comptage** qui s'exprime en **ips** (impulsion par seconde) ou **cps** (coup par seconde).

B. FAUX, c'est l'inverse! Le **rendement d'un détecteur** correspond au rapport entre le **nombre d'impulsions comptées** sur le **nombre de particules émises par la source sous de 2π** . Il est donc inférieur à 1 (il est plus fréquemment donné en pourcentage donc inférieur à 100%). **Toutes** les particules ou rayonnements **émis** par la source **n'arrivent pas** jusqu'au détecteur ; certains rayonnements sont absorbés en cours de trajet ou diffusent dans l'espace. **La distance entre la source et le détecteur** ainsi que **la surface de la source** et le **support sur lequel se trouve la source** sont autant de **facteurs qui influencent le rendement du détecteur**.

→ Le rendement permet de quantifier la différence entre la mesure faite par le détecteur et la mesure absolue (celle que le détecteur devrait mesurer s'il comptait parfaitement).

C. FAUX, le **taux de comptage** d'un détecteur correspond au **nombre de particules reçues par seconde**, il s'exprime en **ips** (impulsions par seconde) ou en **cps** (coups par seconde). Sa formule est la suivante : **$n(t) = C(t) + BF = e \times A(t) \times G + BF$**

➤ BF, le bruit de fond, est ici négligé.

➤ **e** correspond à **l'efficacité de comptage ou au rendement**. C'est la probabilité qu'une particule entrant dans le détecteur soit détectée. D'après l'énoncé **e = 5%**.

➤ **G est le facteur géométrique**, donné par la formule : **$G = \text{surface du détecteur} / 4\pi R^2$** .

- **R est la distance entre la source et le détecteur**, ici $R = 10 \text{ cm}$ ce qui donnera $R^2 = 100 \text{ cm}^2$.

- **La surface du détecteur** est de $6,28 \text{ cm}^2$.

NB : on peut laisser les deux en cm^2 car les unités s'annulent par la suite.

Ainsi :

- $G = (6,28) / (4 \times 3,14 \times 100)$
- $G = (3,14 \times 2) / (4 \times 3,14 \times 100)$
- $G = (3,14 \times 2) / (4 \times 3,14 \times 100)$
- $G = 2 / 400$
- **$G = 1 / 200$**

➤ **A(t)** est **l'activité de la source** ; elle représente le **nombre de particules émises par unité de temps** et s'exprime en Becquerel ($1 \text{ Bq} = 1 \text{ désintégration par seconde}$) ou particule par seconde. **Attention à ne pas confondre avec le nombre de particules comptées par seconde (taux de comptage) !** La source émet **360 000 photons par minute soit $360\,000 / 60 = 6\,000$ photons par seconde**.

➤ Ainsi,

- $n(t) = e \times A(t) \times G$
- $n(t) = 0,05 \times 6000 / 200$

- $n(t) = 5 \cdot 10^{-2} \times 6 \cdot 10^2 \cdot 10^1 / 2 \cdot 10^2$
- $n(t) = 5 \cdot 10^{-2} \times 2 \times 3 \cdot 10^1 / 2$
- $n(t) = 15 \cdot 10^{-1}$
- **$n(t) = 1,5 \text{ cps.}$**

On obtient 90 en oubliant de convertir l'activité de la source en Becquerel (c'est à dire en photons par **seconde**).

D. VRAI, voir correction item D.

E. FAUX, on obtient cet item lorsque l'on calcule avec un rendement égal à 5 et non 0,05.

QCM 30 : AD

A. VRAI, il faut bien connaître les unités des trois systèmes pour répondre à cet item. Le système CGS correspond bien à "centimètre-gramme-seconde".

système	unités fondamentales			unités dérivées	
LMT	longueur [L]	masse [M]	temps [T]	force	travail
MKS	mètre	kilogramme	seconde	newton	joule
CGS	centimètre	gramme	seconde	dyne	erg
MTS	mètre	tonne	seconde	sthène	kilojoule

B. FAUX, le système MKS correspond à des "mètre-kilogramme-seconde" (cf. item A).

Petit tips : les 3 lettres de chaque système correspondent aux premières lettres des unités, avec pour ordre "longueur-masse-temps" (c'est dans l'ordre alphabétique L, M, T). En retenant cela, vous ne vous faites pas avoir sur ce genre d'item.

C. FAUX, pour cet item, il faut connaître les unités des 3 systèmes et l'équation aux dimensions de la force, c'est à dire :

- **Système MKS** : "mètre-kilogramme-seconde" avec pour unité de la force le **newton**
- **Système CGS** : "centimètre-gramme-seconde" avec pour unité de la force le **dyne**
- **Système MTS** : "mètre-tonne-seconde" avec pour unité de la force le **sthène**
- Équation aux dimensions de la force : **M.L.T⁻²**

Pour passer de **sthène** à **newton**, on passe de **MTS** à **MKS** :

$$(M_{\text{MTS}} \cdot L_{\text{MTS}} \cdot T_{\text{MTS}}^{-2}) / (M_{\text{MKS}} \cdot L_{\text{MKS}} \cdot T_{\text{MKS}}^{-2})$$

- On sait que $T_{\text{MTS}} = T_{\text{MKS}}$ (l'unité est la **seconde** dans les deux cas) et que $L_{\text{MTS}} = L_{\text{MKS}}$ (l'unité est le **mètre** dans les deux cas)

$$\rightarrow (M_{\text{MTS}} \cdot L_{\text{MTS}} \cdot T_{\text{MTS}}^{-2}) / (M_{\text{MKS}} \cdot L_{\text{MKS}} \cdot T_{\text{MKS}}^{-2}) = M_{\text{MTS}} / M_{\text{MKS}}$$

- On sait également que $M_{\text{MTS}} = M_{\text{MKS}} \times 10^3$ car **1 tonne = 10³ kg**.

$$\rightarrow \text{Ainsi } M_{\text{MTS}} = M_{\text{MKS}} \times 10^3 \Leftrightarrow M_{\text{MTS}} / M_{\text{MKS}} = M_{\text{MKS}} \times 10^3 / M_{\text{MKS}} = 10^3.$$

- Le rapport MTS/MKS = 10³ donc 1 sthène = 10³ newton.

⇒ Un sthène équivaut à 10³ newton, et non 10⁻³.

D. VRAI, on utilise la même technique que pour l'item C sauf que :

Pour passer de **sthène** à **dyne**, on passe de **MTS** à **CGS** : $(M_{\text{MTS}} \cdot L_{\text{MTS}} \cdot T_{\text{MTS}}^{-2}) / (M_{\text{CGS}} \cdot L_{\text{CGS}} \cdot T_{\text{CGS}}^{-2})$

- On sait que $T_{\text{MTS}} = T_{\text{CGS}}$ (l'unité est la **seconde** dans les deux cas)

$$\rightarrow (M_{\text{MTS}} \cdot L_{\text{MTS}} \cdot T_{\text{MTS}}^{-2}) / (M_{\text{CGS}} \cdot L_{\text{CGS}} \cdot T_{\text{CGS}}^{-2}) = (M_{\text{MTS}} \cdot L_{\text{MTS}}) / (M_{\text{CGS}} \cdot L_{\text{CGS}})$$

- On sait que $M_{\text{MTS}} = M_{\text{CGS}} \times 10^6$ car **1 tonne = 10⁶ g**.

- On sait que $L_{\text{MTS}} = L_{\text{CGS}} \times 10^2$ car **1 m = 10² cm**.

$$\rightarrow \text{Ainsi } M_{\text{MTS}} = M_{\text{CGS}} \times 10^6 \text{ et } L_{\text{MTS}} = L_{\text{CGS}} \times 10^2 \Leftrightarrow (M_{\text{MTS}} \cdot L_{\text{MTS}}) / (M_{\text{CGS}} \cdot L_{\text{CGS}}) = (M_{\text{CGS}} \times 10^6 \cdot L_{\text{CGS}} \times 10^2) / (M_{\text{CGS}} \cdot L_{\text{CGS}}) = 10^6 \times 10^2 = 10^8.$$

- Le rapport MTS/CGS = 10⁸ donc 1 sthène = 10⁸ dyne.

⇒ Un sthène équivaut à 10⁸ dyne.

E. FAUX, c'est une unité du système CGS, caractérisant le travail d'une force, il faut bien apprendre le tableau diapo 7 (cf. item A).