



PASS/LAS

Correction concours d'UE9 décembre 2020

Fait par tout l'amour de l'UE Jaune

IMPORTANT: cette correction n'est en aucun cas officielle. Elle peut donc comporter des erreurs, et c'est dans ce cas votre cours qui fait foi.

QCM 1 : ABCD

A. VRAI, nous avons à faire à des **équations dimensionnelles**. Avant toute chose, il est très important de connaître par cœur les dimensions des **différentes grandeurs fondamentales**.

Grandeurs fondamentales	Unité (SI)	Dimension
LONGEUR	Mètre (m)	[L]
MASSE	Kilogramme (kg)	[M]
TEMPS	Seconde (s)	[T]
COURANT ÉLECTRIQUE	Ampère (A)	[I]
TEMPÉRATURE	Kelvin (K)	[θ]
QUANTITÉ DE MATIÈRE	Moles (mol)	[N]
INTENSITÉ LUMINEUSE	Candela (Cd)	[J]

Il faut également savoir exprimer les différentes unités conformément au **Système International (SI)**. Pour retrouver la dimension d'une grandeur, il faut donc :

1. Reconnaître quelles **grandeurs fondamentales** composent la grandeur en question.
2. S'aider de l'**unité de la grandeur considérée dans le système international pour en déduire son équation aux dimensions**.

Dans l'item, on nous parle d'un volume V :

- L'**unité SI** du volume est le **m³** donc une (longueur)³.
- La dimension de la longueur est notée **[L]**.
- On a donc : **[V] = L³**.

B. VRAI, procédons de la même manière que pour l'item précédent. On cherche, ici, l'équation aux dimensions de l'énergie.

1. Pour reconnaître les grandeurs fondamentales composant l'énergie, utilisons une de ses formules :

$$E = m \cdot c^2$$

2. En décomposant chaque terme de la formule et en exprimant chaque terme par sa dimension, on a :
 - E l'énergie en Joules (J) dans le SI
 - m la masse en kg dans le SI : **[m] = M**
 - c la célérité en m.s⁻¹ dans le SI : **[c] = L.T⁻¹**

On en déduit donc l'équation aux dimension de l'énergie :

$$\rightarrow [E] = [m] \cdot [c]^2$$

$$\rightarrow [E] = M \cdot (L \cdot T^{-1})^2$$

$$\rightarrow [E] = ML^2T^{-2}$$

C. VRAI, nous cherchons, ici, à déterminer l'équation aux dimensions de la pression P.

3. Déterminons les grandeurs fondamentales composant la pression en utilisant une de ses formules :

$$P = F/S$$

4. En décomposant chaque terme de la formule et en exprimant chaque terme par sa dimension, on a :

- P la pression en Pascal dans le SI

- S la surface en m^2 dans le SI : $[S] = [m]^2 = L^2$

- F la force : $F = m \cdot a$

• m la masse en kg dans le SI : $[m] = M$

• a l'accélération en $m \cdot s^{-2}$ dans le SI : $[a] = L \cdot T^{-2}$

On en déduit donc l'équation aux dimensions de la force :

$$\rightarrow [F] = [m] \cdot [a]$$

$$\rightarrow [F] = M \cdot L \cdot T^{-2}$$

On en déduit finalement l'équation aux dimensions de la pression P :

$$\rightarrow [P] = [F]/[S]$$

$$\rightarrow [P] = (M \cdot L \cdot T^{-2}) / L^2$$

$$\rightarrow [P] = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$$

D. VRAI, nous cherchons, ici, à déterminer l'équation aux dimensions de la pression V.

1. Déterminons les grandeurs fondamentales composant la pression en utilisant une de ses formules :

$$V = d/T$$

2. En décomposant chaque terme de la formule et en exprimant chaque terme par sa dimension, on a :

- V la vitesse en $m \cdot s^{-1}$ dans le SI

- d la distance en m dans le SI : $[d] = L$

- T le temps en s dans le SI : $[T] = T$

On en déduit finalement l'équation aux dimensions de la vitesse :

$$\rightarrow [V] = [d]/[T]$$

$$\rightarrow [V] = L \cdot T^{-1}$$

E. FAUX, En effet, un travail est une énergie (s'exprimant donc en Joule dans le SI) et comme nous l'avons vu dans l'item B, l'équation aux dimensions de l'énergie est : ML^2T^{-2} .

QCM 2 : ACD

A. VRAI, ici, on nous demande de calculer $(\frac{\partial Q}{\partial P})_L$, c'est-à-dire la **dérivée partielle de Q** avec **P considérée**

comme variable et **L considérée comme constante**. De plus, d'après l'énoncé, A est une constante et R est considéré comme constant dans le cadre de l'exercice.

On peut écrire la formule de l'énoncé de la façon suivante :

$$Q = (A \cdot R^4 / L) \times P$$

• **Calcul de la dérivée partielle** $(\frac{\partial Q}{\partial P})_L$:

$$\circ (\frac{\partial Q}{\partial P})_L = ((A \cdot R^4 / L) \times P)'$$

On a ici une fonction de la forme $f = kx$.

Avec :

- $k = A \cdot R^4 / L = \text{constante}$

- x est la variable = P.

Ainsi, $f' = k$.

Finalement :

$$\circ (\frac{\partial Q}{\partial P})_L = A \cdot R^4 / L$$

B. FAUX, cette fois-ci, on nous demande de calculer $(\frac{\partial Q}{\partial L})_P$, c'est-à-dire la **dérivée partielle de Q** mais avec **L considérée comme variable** et **P considérée comme constante**. De plus, on a toujours A qui est une constante et R qui est considéré comme constant.

On peut écrire la formule de l'énoncé de la façon suivante :

$$Q = (A \cdot PR^4) / L$$

- **Calcul de la dérivée partielle** $(\frac{\partial Q}{\partial L})_P$:

- $(\frac{\partial Q}{\partial L})_P = ((A \cdot PR^4) / L)'$

On a ici une fonction de la forme **f = k.(1 / x)**.

Avec :

- k = A.PR⁴ = constante
- x est la variable = L.

Ainsi :

- f' = k.(1 / x)'
- f' = k.(- 1 / x²)
- **f' = - k / x².**

Finalement :

- $(\frac{\partial Q}{\partial L})_P = - A \cdot PR^4 / L^2$ → **Attention au signe !**

C. VRAI, cf item B.

D. VRAI, ici, on nous demande de calculer **dQ**, c'est-à-dire la **différentielle de Q**. La différentielle d'une fonction est obtenue à partir des dérivées partielles de cette fonction selon les différentes grandeurs. Dans le cadre de l'exercice, Q dépend de 2 variables :

- La **pression P**
- La **longueur de l'artère L**.

Ensuite, pour trouver la différentielle de Q, on **multiplie chaque dérivée partielle de Q** par la **différentielle de la variable associée**, puis on les additionne ensemble. On obtient alors une formule de la forme :

$$dQ = Q_P' dP + Q_L' dL$$

Avec :

- **dQ** : la différentielle de Q
- **Q_P'** : la dérivée partielle de Q par rapport à P = $(\frac{\partial Q}{\partial P})_L$ (cf item A)
- **dP** : la différentielle de P
- **Q_L'** : la dérivée partielle de Q par rapport à L = $(\frac{\partial Q}{\partial L})_P$ (cf item B)
- **dL** : la différentielle de L.

En remplaçant les termes que l'on connaît dans la formule, on obtient :

$$dQ = (\frac{\partial Q}{\partial P})_L dP + (\frac{\partial Q}{\partial L})_P dL$$

E. FAUX, pour résoudre cet item, on va utiliser la **méthode des dérivées logarithmiques**.

1. On isole la grandeur que l'on souhaite dériver :

On peut directement utiliser la formule de l'énoncé :

$$Q = A \cdot PR^4 / L$$

2. On introduit la fonction logarithme népérien :

$$\ln(Q) = \ln(A \cdot P R^4 / L)$$

3. On décompose la formule selon les propriétés de la fonction ln :

Ici, il fallait connaître ces 3 propriétés :

$$\ln(a \times b) = \ln(a) + \ln(b)$$

$$\ln(a / b) = \ln(a) - \ln(b)$$

$$\ln(a^x) = x \cdot \ln(a)$$

En appliquant ces propriétés, on obtient :

- $\ln(Q) = \ln(A) + \ln(P) + \ln(R^4) - \ln(L)$
- $\ln(Q) = \ln(A) + \ln(P) + 4 \cdot \ln(R) - \ln(L)$

4. On supprime les constantes :

Dans notre QCM, A est une constante et R est supposé constant.

En les supprimant, on obtient :

- $\ln(Q) = \ln(A) + \ln(P) + 4 \cdot \ln(R) - \ln(L)$
- $\ln(Q) = \ln(P) - \ln(L)$

Remarque : on pouvait déjà voir que, dans cet item, le signe entre les 2 termes n'est pas le bon.

5. On introduit les dérivées :

- $dQ/Q = dP/P - dL/L$
- $dQ = (dP/P - dL/L) \times Q$
- $dQ = Q \times dP/P - Q \times dL/L$
- $dQ = Q/P dP - Q/L dL$

Remarque : on peut utiliser la méthode des dérivées logarithmiques dans le calcul d'incertitudes notées Δx (avec x la grandeur étudiée). Or, **les incertitudes s'ajoutent**. Ainsi, on introduit une étape de plus : on remplace tous les "-" par des "+". Ici, il n'était pas question d'incertitude : on ne change pas le signe.

QCM 3 : BC

A. FAUX, La **fusion** désigne le passage de l'état **solide à l'état liquide**.

La **chaleur latente de fusion** correspond donc à l'énergie à apporter pour passer de l'état **solide à l'état liquide**.

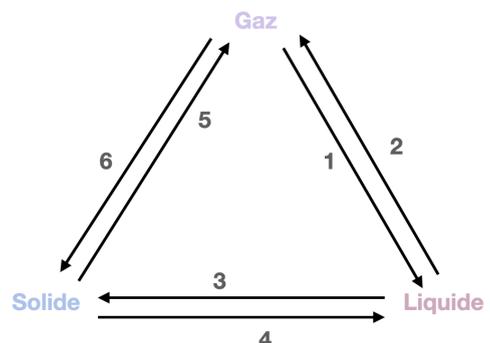
Pour rappel, on distingue :

- **Chaleur latente** = quantité de chaleur absorbée/produite **lors d'un changement d'état à T° et P constantes**.
- **Chaleur sensible** = quantité de chaleur échangée **sans changement d'état**.

B. VRAI, La sublimation désigne le passage de l'état **solide à l'état gazeux**.

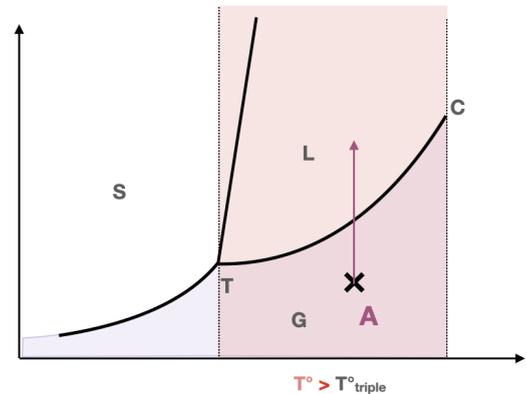
Rappel des différents changements d'états :

1. Liquéfaction
2. Vaporisation
3. Solidification
4. Fusion
5. Sublimation
6. Condensation = Déposition

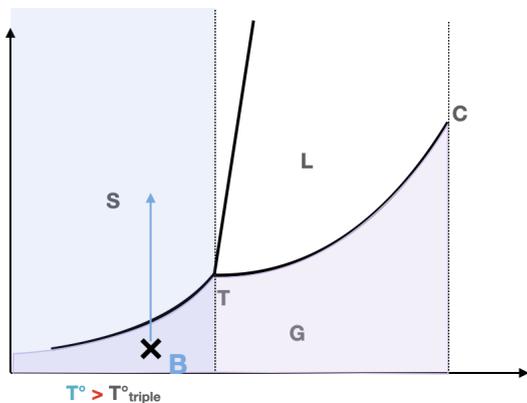


- C. VRAI, La **chaleur massique de l'eau** est très **élevée** : elle est *supérieure* à celle des autres liquides. On parle de **l'inertie calorifique de l'eau**.
 → Or, *plus* la chaleur massique d'un corps est grande, *plus* il est difficile de faire varier sa température.
 → Ainsi l'eau est un **très bon régulateur thermique**.
 À noter : Chez les êtres vivants homéothermes, l'eau contribue à garder leur **T° interne constante**.

- D. FAUX, D'après l'énoncé, on réalise une analyse **manométrique** (Pression qui varie à Température constante) :
 → On prend une $T^\circ > T^\circ_{\text{triple}}$
 → On place notre **gaz A** dans la partie "gaz" du diagramme.
Résultat : pour que A passe à l'état liquide, il faut **augmenter la pression** (= compression).
 L'item D est donc faux.



- E. FAUX, D'après l'énoncé, on réalise une analyse **manométrique** (Pression qui varie à Température constante) :
 → On prend une $T^\circ < T^\circ_{\text{triple}}$
 → On place notre **gaz B** dans la partie "gaz" du diagramme.
 → On **augmente** la pression
Résultat : B passe **directement** à l'état **solide** sans passer par l'état liquide.
 Autrement dit, avec une $T^\circ < T^\circ_{\text{triple}}$, il est **impossible de réaliser une liquéfaction** (gaz → liquide).
 L'item E est donc faux.



QCM 4 : CD

- A. FAUX, **l'hémolyse** signifie que la cellule **gonfle** puis finit par exploser, on peut donc assimiler cette situation à ce qu'il se passe en cas de **turgescence**, mais celle-ci est tellement importante que la cellule éclate. L'eau diffusant toujours du milieu **hypotonique vers le milieu hypertonique** il faut que le milieu **IC soit hypertonique** pour induire une entrée d'eau (hypotonique) dans la cellule tellement importante qu'elle produit une **hémolyse**.
 B. FAUX, pour répondre à ce QCM, il faut calculer la **concentration osmolaire de la solution en NaCl**.
 On connaît : - la **concentration massique en NaCl** de la solution = $c_m = 11,6 \text{ g/L}$
 - la **masse molaire du NaCl** : **58 g/mol**

- $c = c_m / M$
- $c = 11,6 / 58$
- $c = 116 \cdot 10^{-1} / 58$
- $c = 2 \times 58 \cdot 10^{-1} / 58$
- $c = 2 \cdot 10^{-1}$
- $c = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$
- **$c = 200 \text{ mmol.L}^{-1}$**

Puisque le NaCl dissout donne **2 particules** (Na^+ et Cl^-), l'osmolarité sera égale à la concentration molaire multipliée par 2 :

- $C_{\text{osm}} = c \cdot i$
- $C_{\text{osm}} = 200 \times 2$
- **$C_{\text{osm}} = 400 \text{ mosm.L}^{-1}$**

400 > 300 : la solution de NaCl est donc plus concentrée que le milieu IC. L'eau va donc quitter la cellule pour aller vers la solution afin de la diluer, on parlera donc de **plasmolyse** (et non pas d'hémolyse).

C. VRAI, pour répondre à ce QCM, on va procéder de la même manière que l'item précédent, en calculant la concentration osmolaire d'urée.

- $c = c_m/M$
- $c = 12 / 60$
- $c = 120 \cdot 10^{-1} / 60$
- $c = 2 \cdot 10^{-1}$
- $c = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$
- $c = 200 \text{ mmol.L}^{-1}$

Puisque l'urée est une espèce qui ne se dissout pas, $i = 1$ donc la concentration molaire = concentration osmolaire.

$$\rightarrow c_{\text{osm}} = c = 200 \text{ mosm.L}^{-1}$$

200 < 400, la solution d'urée est donc moins concentrée que le milieu IC. L'eau va donc passer de la solution d'urée au milieu IC et remplir la cellule, on parlera alors **d'hémolyse (= turgescence)**.

D. VRAI, on utilise ici la loi de la cryométrie pour trouver la concentration osmolaire en glucose. On nous dit dans l'énoncé que l'on utilise des solutions aqueuses donc on peut utiliser la constante cryoscopique de l'eau, $K_{\text{cong}} = 2 \text{ }^\circ\text{C.L/osm}$

[ATTENTION] : nous pensons qu'il y a une erreur dans le sujet au niveau de l'unité de cette constante. En effet, l'énoncé donne une constante cryoscopique en **degrés.osm⁻¹.L⁻¹** ce qui n'est pas compatible avec les unités données dans le diapo. En effet, dans ce dernier, la constante cryoscopique est donnée en **degrés . kg. osm⁻¹**, ce qui est cohérent avec les termes utilisés et que l'on retrouve en faisant une équation au dimension. De ce fait, dans la suite de la correction nous considérerons l'unité donnée en cours, soit des **degrés . kg. osm⁻¹**.

[ATTENTION n° 2] : l'utilisation du litre dans les unités de la constante cryoscopique est dû au fait que **1 L d'eau = 1 kg**. Donc on peut tout autant exprimer cette constante en **degrés.kg.osm⁻¹** qu'en **degrés.L.osm⁻¹**. Ainsi on pourra ici **directement calculer la concentration osmolaire en glucose** sans passer par la concentration osmolale, normalement utilisée dans cette formule de la loi de la cryométrie.

De plus, on sait que la température de congélation de la solution de glucose est de $-0,5^\circ\text{C}$ alors que celle de l'eau pure est de 0°C . On déduit donc que **$\Delta T = 0,5$** .

Récapitulons nos données :

- $\Delta T = 0,5$
- $K_{\text{cong}} = 2 \text{ }^\circ\text{C.L.osm}^{-1}$

Selon la loi de la cryométrie :

- $\Delta T = K_{\text{cong}} \times C_{\text{osm}}$
- $C_{\text{osm}} = \Delta T / K_{\text{cong}}$
- $C_{\text{osm}} = 0,5 / 2$
- $C_{\text{osm}} = 0,25 \text{ osm.L}^{-1}$
- $C_{\text{osm}} = 250 \text{ mosm.L}^{-1}$

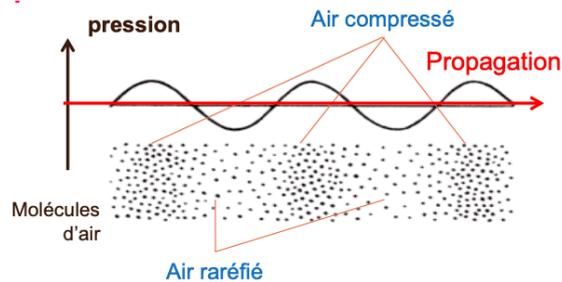
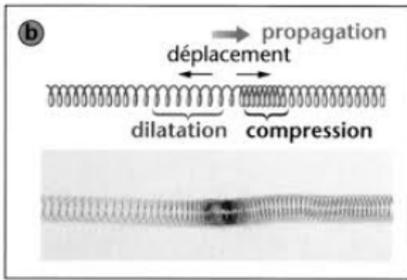
250 < 300, la solution de glucose est donc moins concentrée que le milieu IC. La cellule va donc se remplir, on parlera alors d'hémolyse (= turgescence).

E. FAUX, cf items C et D.

QCM 5 : AB

A. VRAI, Il s'agit de la définition du cours : une **onde** est une propagation dans un milieu infini d'une perturbation des caractéristiques du milieu. Cela correspond à un **déplacement d'énergie SANS déplacement de matière**.

B. VRAI, Une **onde acoustique** est une **onde longitudinale** : c'est un des exemples donnés dans le cours. En effet, le son est une **propagation de variation de pression**. On retrouve alors à l'image du ressort des **zones de dilatation** et de **compression de l'air**, soit des **zones d'air raréfié** et **d'air compacté**.



C. FAUX, il s'agit également d'une définition du cours : une onde acoustique (ou onde sonore) est une onde mécanique progressive se propageant dans un milieu matériel. Il s'agit d'une vibration des particules du milieu matériel (*c'est pour cela qu'aucun son n'est entendu dans l'espace : pas de milieu matériel (que du vide) = pas de son !*)

D. FAUX, D'après la définition d'une **onde électromagnétique**, le **champ magnétique** et le **champ électrique** sont **perpendiculaires entre eux** ET **perpendiculaires à la direction de propagation de cette onde**.

Rappel : la colinéarité définit deux vecteurs étant sur la même ligne : pas forcément de même longueur ni dans le même sens, mais forcément dans la même direction.

On sait que le **champ électrique** est **perpendiculaire** à la **direction de propagation d'une onde électromagnétique** : étant perpendiculaires, **ils ne sont pas colinéaires**.

E. FAUX, Il nous est demandé de calculer l'énergie **en électronvolts eV** associée à un rayonnement d'une **longueur d'onde de 100 nm**. **Faites attention à choisir la bonne formule**, il en existe **deux** mais **une seule** permet de calculer l'énergie d'une onde en eV : **$E = 1240 / \lambda$**

• **Calcul :**

- **$E = 1240 / \lambda$** *attention, ici λ est en nm !*
- $E = 1240 / 100$
- **$E = 12,4 \text{ eV}$**

L'énergie associée à une onde de longueur d'onde de 100 nm est de 12,4 eV.

QCM 6 : E

A. FAUX, **ATTENTION** item très fréquent ! L'aimantation nucléaire totale \vec{M} correspond au vecteur résultant de l'ensemble des moments magnétiques nucléaires $\vec{\mu}$.

- En absence d'un **champ magnétique extérieur B_0** , les moments magnétiques nucléaires sont orientés dans des **directions et des sens complètement aléatoires**. Dans ce cas, la résultante, l'**aimantation nucléaire totale** est nulle.
- À l'équilibre, en présence d'un **champ magnétique extérieur B_0** (et seulement s'il y a ce champ magnétique extérieur), la majorité de moments magnétiques nucléaires ont une orientation qui se rapproche de celle de B_0 et donc l'**aimantation nucléaire totale** s'oriente dans la **même direction** et le **même sens** que B_0 .

B. FAUX, Pour que le **champ radiofréquence B_1** induise un phénomène de résonance, il faut absolument respecter les deux conditions suivantes :

- **La fréquence du champ radiofréquence ν_1** doit être **égale à ν_0** (fréquence de Larmor)
- **L'énergie apportée par l'onde radiofréquence** doit être **égale à ΔE , la différence énergétique existant entre les deux niveaux de spin (up et down)**.

C. FAUX, **ATTENTION** à ne pas confondre les temps T_1 et T_2 lors de la relaxation (après arrêt de l'excitation par le champ radiofréquence B_1) :

- Le **temps T_1** correspond à la **relaxation longitudinale** : on assiste à une **augmentation de l'aimantation longitudinale**.
- Le **temps T_2** correspond à la **relaxation transversale** : on assiste à une **diminution de l'aimantation transversale**

[Moyen mnémo] : L-ongitudinale puis T-ransversale → L avant T dans l'alphabet

D. FAUX, Pour calculer le **rapport gyromagnétique γ spécifique du noyau d'hydrogène**, on va se servir de la formule de la **fréquence de Larmor** :

$$\nu_0 = \gamma \cdot B_0 / 2\pi$$

Avec :

- ν_0 la fréquence de Larmor du noyau en Hertz (= s⁻¹) dans le SI
- B_0 le champ magnétique extérieur en Tesla dans le SI
- γ le rapport gyromagnétique du noyau considéré

On isole γ dans la formule ce qui donne :

$$\rightarrow \gamma = (\nu_0 \times 2\pi) / B_0$$

$$\rightarrow \gamma = (80 \times 10^6 \times 2 \times 3,14) / 3,14$$

!! Ici on doit convertir **80 MHz** en **Hz** ce qui donne **80 Htz = 80.10⁶ Hz** (1 Mega = 10⁶)

$$\rightarrow \gamma = 80 \times 10^6 \times 2$$

$$\rightarrow \gamma = 160.10^6 \text{ Hz.T}^{-1}$$

Le rapport gyromagnétique de l'hydrogène vaut donc **160.10⁶ Hz.T⁻¹**.

E. VRAI, cf item D.

QCM 7 : BCDE

A. FAUX, il faut savoir que le **blanc** est la **somme de toutes les couleurs du spectre**, d'où son nom de spectre de la lumière blanche. Ainsi, une feuille de papier va être perçue blanche par un observateur car elle **absorbe toutes les couleurs du spectre**.

B. VRAI, l'**indice de réfraction** est une grandeur **sans dimension** caractéristique d'un milieu, décrivant le comportement de la lumière dans le milieu.

Il dépend de la **longueur d'onde** de mesure mais aussi des **caractéristiques de l'environnement** : notamment la **température** mais aussi la pression, la densité..

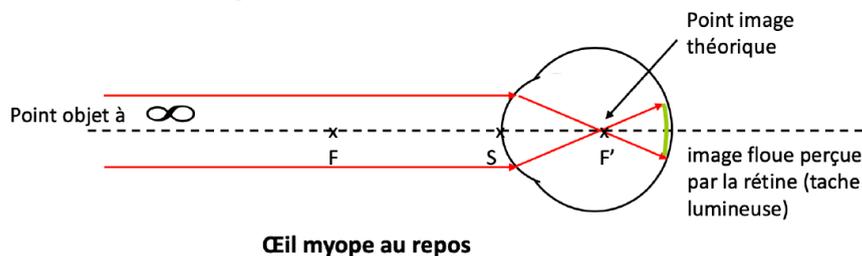
Pour être plus précis, l'indice de réfraction **diminue** avec **l'augmentation de la température**.

→ En effet, l'augmentation de la température augmente le volume du liquide ou du gaz à pression constante. Il y a donc moins de molécules par unité de volume : la valeur de l'indice de réfraction diminue.

C. VRAI, la **myopie** est une **amétropie sphérique** (défaut de la vision) où l'œil est **trop convergent**

→ l'image se forme en **avant** de la rétine (voit mal de loin).

Pour corriger la myopie, il faut donc utiliser une **lentille divergente** (qui possède des bords épais) comme par exemple les **lentilles bi-concave ou plan concave**.

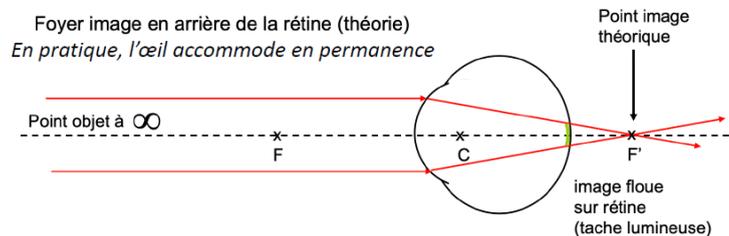


Œil myope au repos

D. VRAI, l'**hypermétropie** est une **amétropie sphérique** (défaut de la vision) l'œil n'est **pas assez convergent**

→ l'image se forme en **arrière** de la rétine (voit mal de près).

Pour corriger l'hypermétropie, il faut donc utiliser une **lentille convergente** (qui possède des bords minces) comme par exemple les **lentilles biconvexe ou plan-convexe**.



Œil hypermétrope au repos (théorie)

E. VRAI, le **laser à milieu solide Nd : YAG** possède comme milieu amplificateur le cristal dopé aux terres rares, sa source d'excitation est la lampe flash ou diode laser et son fonctionnement est **soit en mode continu, soit en mode impulsif**.

QCM 8 : D

A. FAUX, La **presbytie** est une **perte d'accommodation** due au vieillissement de l'œil.

→ Un sujet est presbyte lorsque son amplitude d'accommodation est **inférieure à 4 δ** (et non 6 δ).

Pour rappel, l'**amplitude d'accommodation** désigne la **différence de puissance** entre un œil **non accommodé** et le même œil ayant une **accommodation maximale**.

La formule pour la calculer est :

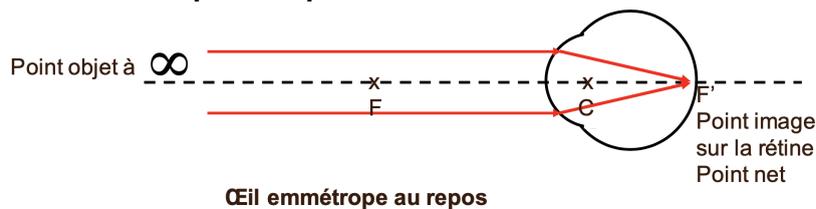
$$AA = 1/SP_R - 1/SP_P$$

Avec :

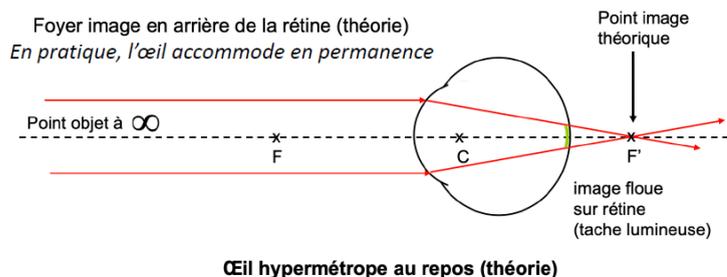
- **AA** = Amplitude d'accommodation en **dioptrie**
- **SP_R** = distance Sommet-Punctum **Remotum** en **m**
- **SP_P** = distance Sommet-Punctum **Proximum** en **m**

B. FAUX, Un patient atteint d'**hypermétropie** possède un œil **pas assez convergent** ou **trop court**. Ainsi l'image d'un objet situé à l'infini se forme en **arrière** de la rétine (foyer image situé en arrière).

- **Oeil emmétrope au repos :**



- **Oeil hypermétrope au repos :**



En cas d'hypermétropie, le **punctum remotum** ne se situe pas en avant de la rétine mais en **arrière**. **L'item B est donc faux.**

Remarque : pas besoin de calculer **SP_R** pour ce QCM.

C. FAUX, On procède par étapes :

- **Calcul de SP_R :**

→ On sait que : **D°** (degré d'amétropie) = **1δ**

→ Or d'après le cours : **D° = 1/SP_R**

→ On en déduit : $1/SP_R = 1\delta \Leftrightarrow SP_R = 1m$

Le punctum remotum se situe à **1 mètre** en **arrière** de la rétine.

Remarque : la valeur est positive, donc le SP_R se situe derrière la rétine, confirmant la réponse à l'item B.

- **Calcul de AA (amplitude d'accommodation) :**

→ On sait que : SP_R = **1 m** et SP_P = **-0,5 m**

→ Or d'après le cours : **AA = 1/SP_R - 1/SP_P** cf item A

→ On en déduit :

- **AA = 1/1 - 1/(-0,5)**

- **AA = 1 - 1/(-1/2)**

- **AA = 1 - (-2)** car diviser par -1/2 c'est multiplier par son inverse i.e -2

- **AA = 1+2**

- **AA = 3 δ**

Un sujet hypermétrope de degré d'amétropie **1 δ** et dont le punctum proximum est de **-0,5 m** a une amplitude d'accommodation de **3 δ**.

Attention au signe : AA = **+ 3 δ**

- D. VRAI, Un sujet est presbyte lorsque son amplitude d'accommodation est **inférieure à 4 δ**.
Puisque le sujet possède une AA = 3 δ < 4 δ alors il est **presbyte** en plus d'être **hypermétrope**.
- E. FAUX, cf item D

QCM 9 : ACDE

Pour ce QCM, il n'était pas nécessaire de tracer le système optique. On peut néanmoins réunir les informations de l'énoncé et faire quelques conclusions :

- On a un dioptre sphérique avec des foyers réels.
- $\overline{SC} = -1 \text{ m}$, $-1 < 0$: donc le dioptre est concave.
- $\overline{SA} = -5 \text{ m}$
- Indices de réfractions $n_1 = 1,5$ et $n_2 = 1$; C se trouve dans le milieu n_1 qui est **le plus réfringent**, le dioptre est donc **convergent**.
- Avec un dioptre convergent, des foyers réels et $n_1 > n_2$; on aura $\overline{SF} < 0$ et $\overline{SF}' > 0$

- A. VRAI, on cherche à calculer \overline{SF}' . Je dispose de \overline{SC} , de n_1 et de n_2 : on peut trouver \overline{SF}' à partir de la formule de la **vergence V** :

$$V = -\frac{n_1}{\overline{SF}} = \frac{n_2}{\overline{SF}'} = \frac{n_2 - n_1}{\overline{SC}}$$

• **Calcul :**

- $n_2 / \overline{SF}' = (n_2 - n_1) / \overline{SC}$
- $\overline{SF}' / n_2 = \overline{SC} / (n_2 - n_1)$
- $\overline{SF}' = (\overline{SC} \cdot n_2) / (n_2 - n_1)$
- $\overline{SF}' = ((-1) \times 1) / (1 - 1,5)$
- $\overline{SF}' = (-1) / (-0,5)$
- $\overline{SF}' = 1 / 0,5$
- $\overline{SF}' = 1 \times 2$ *diviser par 1/2 revient à multiplier par 2*
- $\overline{SF}' = +2 \text{ m}$

- B. FAUX, cf item A. On trouve $\overline{SF}' = +2 \text{ m}$. De plus, si on se rappelait des conditions de base avec un dioptre convergent, des foyers réels et $n_1 > n_2$, on savait que $\overline{SF}' > 0$ **donc que cet item était automatiquement faux**.
- C. VRAI, On réutilise la formule de la vergence.
Afin d'éviter toute erreur, il est plutôt conseillé d'utiliser $(n_2 - n_1) / \overline{SC}$ plutôt que n_2 / \overline{SF}' . Même si c'est tentant puisqu'on vient de calculer \overline{SF}' , vous n'êtes pas à l'abri d'une erreur de calcul qui pourrait fausser le reste de vos réponses.

• **Calcul :**

- $V = (n_2 - n_1) / \overline{SC}$
- $V = (1 - 1,5) / (-1)$
- $V = (-0,5) / (-1)$
- $V = 0,5 / 1$
- $V = +0,5 \text{ m}^{-1}$ ou $+0,5 \delta$

- D. VRAI, Pour les items D et E, on cherche à calculer le grandissement à partir de la formule (avec \overline{AB} l'objet et $\overline{A'B'}$ l'image) :

$$\frac{n_1}{\overline{SA}} - \frac{n_2}{\overline{SA}'} = \frac{n_1 - n_2}{\overline{SC}}$$

→ On connaît \overline{SA} mais on ne connaît pas $\overline{SA'}$: on utilise la **formule de conjugaison** pour le retrouver :

• **Calcul 1 : $\overline{SA'}$**

$$\begin{aligned} &\rightarrow (n_1 / \overline{SA}) - (n_2 / \overline{SA'}) = (n_1 - n_2) / \overline{SC} \\ &\rightarrow -(n_2 / \overline{SA'}) = ((n_1 - n_2) / \overline{SC}) - (n_1 / \overline{SA}) \\ &\rightarrow n_2 / \overline{SA'} = (n_1 / \overline{SA}) - ((n_1 - n_2) / \overline{SC}) \\ &\rightarrow 1 / \overline{SA'} = (1,5 / (-5)) - ((1,5-1) / -1) \quad \text{avec } n_2 = 1 \\ &\rightarrow 1 / \overline{SA'} = - (1,5 / 5) - (- 0,5/1) \\ &\rightarrow 1 / \overline{SA'} = - (3 / 10) + 0,5 \\ &\rightarrow 1 / \overline{SA'} = - 0,3 + 0,5 \\ &\rightarrow 1 / \overline{SA'} = 0,2 \\ &\rightarrow 1 / \overline{SA'} = 2 / 10 \\ &\rightarrow \overline{SA'} = 10 / 2 \\ &\rightarrow \overline{SA'} = + 5 \text{ m} \end{aligned}$$

• **Calcul 2 : Grandissement**

$$\begin{aligned} &\rightarrow \gamma = \overline{A'B'} / \overline{AB} = n_1 \overline{SA'} / n_2 \overline{SA} \\ &\rightarrow \gamma = 1,5 \times 5 / 1 \times (-5) \\ &\rightarrow \gamma = 1,5 / -1 \\ &\rightarrow \gamma = - 1,5 \end{aligned}$$

L'item nous demandait si l'image était 1,5 fois plus grande que l'objet. On définit plusieurs caractéristiques par rapport à l'agrandissement :

- Si $|\gamma| > 1$ l'image est **plus grande**
- Si $\gamma > 0$ l'image est **droite**
- Si $\gamma < 0$ l'image est **renversée**

On trouve $\gamma = - 1,5$, soit $|\gamma| = 1,5$ et $1,5 > 1$.

Soit : $\overline{A'B'} / \overline{AB} = - 1,5$ ou $\overline{A'B'} = - 1,5 \overline{AB}$.

L'image est bien **1,5 fois plus grande** que l'objet (et elle sera renversée).

E. VRAI, a partir du résultat obtenu dans le dernier item, on trouve :

- $|\overline{A'B'} / \overline{AB}| = 1,5$ soit $|\overline{AB}| = |\overline{A'B'}| / 1,5$
- $1,5 = 3/2$ et diviser par $3/2$ revient à multiplier par $2/3$
 - $\overline{AB} = \overline{A'B'} \times 2/3$ ($2/3 \simeq 0,66$)
 - $\overline{A'B'} \times 0,66$
 - $\overline{AB} = \overline{A'B'} \times 0,66$

L'objet est donc **0,66 fois** plus grand que l'image. **ATTENTION !** 0,66 fois plus grand revient à dire que l'objet est plus petit que l'image !

QCM 10 : ABD

A. VRAI, une réaction nucléaire est une réaction au cours de laquelle on a, à l'état initial, un **noyau père** qui **donne**, à l'état final, un **noyau fils**. Selon les **lois de conservation des réactions nucléaires** :

- Le nombre de protons total est conservé : $\sum Z_{\text{initial}} = \sum Z_{\text{final}}$
- Le nombre de masse est conservé : $\sum A_{\text{initial}} = \sum A_{\text{final}}$
- L'**énergie totale** est **conservée**
- La somme des masses des noyaux n'est pas conservée : il existe une **différence de masse** entre le noyau père et le noyau fils.

Selon le type de réaction, on peut observer :

- Une **réaction isobArique** : le noyau père et le noyaux fils ont le **même nombre de nucléons A**, ce sont des **isobares**.
→ C'est le cas de l'émission β^- , de l'émission β^+ et de la capture électronique.
- Une **réaction isotoNique** : le noyau père et le noyaux fils ont le **même nombre de neutrons N**, ce sont des **isotones**.

- Une **réaction isotopique** : le noyau père et le noyaux fils ont le **même nombre de protons Z**, ce sont des **isotopes** et ils ont le même nom chimique.

Regardons l'équation générale d'une émission β^+ :



L'émission β^+ concerne les **noyaux instables excédentaires en protons**. Afin de tendre vers une plus grande stabilité, le noyau père doit **réduire** son nombre de protons. Or, on sait qu'au sein du noyau, les protons peuvent se changer en neutrons. Ainsi, à l'issue d'une émission β^+ , **un proton est converti en neutron**. Afin de respecter les lois de conservation, une **particule β^+** est émise.

La particule β^+ ne constitue pas le noyau, donc **A = 0**. Elle possède une charge = + 1, donc **Z = + 1**.

Appliquons les lois de conservation :

- **Z_{initial} = Z_{final}**
 - $Z_{\text{père}} = Z_{\text{fils}} + Z_{\beta^+}$
 - $Z_{\text{fils}} = Z_{\text{père}} - Z_{\beta^+}$
 - **Z_{fils} = Z_{père} - 1.**
- **A_{initial} = A_{final}**
 - $A_{\text{père}} = A_{\text{fils}} + A_{\beta^+}$
 - $A_{\text{père}} = A_{\text{fils}} + 0$
 - **A_{père} = A_{fils} :** par définition, le noyau père et le noyau fils sont **isobares**.

On sait que **A = Z + N**, ainsi, comme **A_{père} = A_{fils}** et que **Z_{fils} = Z_{père} - 1**, on en déduit que **N_{fils} = N_{père} + 1**. À l'état final, le noyau a perdu un proton et gagné un neutron : cela permet de bien se rendre compte qu'un proton a été converti en neutron.

→ On peut finalement en conclure que l'**émission β^+** est une **réaction isobarique**.

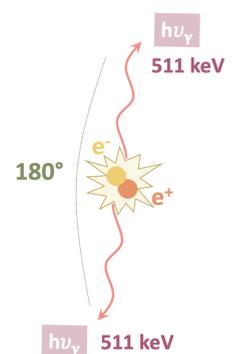
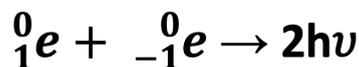
- B. VRAI, cf item A. Le noyau est constitué de nucléons : les protons et les neutrons. Lorsqu'un noyau est instable par excès de protons, l'émission β^+ permet de rééquilibrer le nombre de protons par rapport aux nombres de neutrons afin de stabiliser le noyau.

Mnémono : l'émission bêta **P**lus concerne les noyaux excédentaires en **P**rotons.

Remarque : cette émission **n'existe pas naturellement** contrairement à la β^- .

- C. FAUX, attention à **bien lire les items** ! La valeur numérique est la bonne mais il s'agit de la **mauvaise unité**.

Suite à une émission β^+ , la **particule β^+** peut **réagir** avec une **particule β^-** au **repos**, induisant la production de **2 photons γ** de **511 keV**, émis à **180°**. C'est la réaction d'**annihilation**.



- D. VRAI, la **désexcitation** est une **transition énergétique** qui ne concerne qu'**un seul noyau** (ici, on ne parle pas de noyau père et de noyau fils, puisque cela reste le même noyau). Elle correspond au **passage d'un niveau d'énergie élevé à un niveau d'énergie plus bas**, ce qui permet de stabiliser le noyau. Toute désintégration (α , β^+ , β^- et capture électronique) peut être suivie d'une désexcitation.

Celle-ci peut se faire de différentes manières :

- Par **émission γ** : le **surplus d'énergie nucléaire** est libéré sous forme d'un **photon γ** .
- Par **conversion interne** : le **surplus d'énergie nucléaire** est **transféré** directement à un **électron du cortège électronique** (généralement, il s'agit d'un électron d'une **couche interne**). Si l'énergie transmise est suffisante (supérieure à l'énergie de liaison de l'électron au cortège), alors l'électron peut être éjecté. Cela peut induire l'émission d'un **électron Auger** ou de **photons X de fluorescence** suite au réarrangement du cortège électronique visant à combler la place vacante.

E. FAUX, le spectre d'émission β^+ est un **spectre continu**.

En effet, lors d'une émission β^+ , la **particule β^+** s'accompagne de l'émission **neutrino ν** (*astroparticule non chargée, elle n'interagit pratiquement pas avec la matière*). D'après les lois de conservation des réactions nucléaires, **l'énergie totale est conservée**.

Dans le cas de l'émission β^+ , entre l'état initial (X) et l'état final (Y + β^+ + ν), **l'énergie libérée se partage** entre **E_ν** et **E_{β^+}** .

Ainsi, on observera sur le spectre une répartition aléatoire de l'énergie entre ν et β^+ . Cela se traduit par un spectre continu qui s'étend :

- de **$E_{\beta^+} = 0$** (cas où le neutrino ν emporte avec lui toute l'énergie libérée)
- jusqu'à **$E_{\beta^+} = \max$** (cas où la particule β^+ emporte avec elle toute l'énergie libérée).

Remarque : l'émission β^- donne, elle aussi, naissance à un spectre continu. L'énergie libérée se partage alors entre l'antineutrino $\bar{\nu}$ et la particule β^- .

QCM 11 : AC

A. VRAI, dans la **capture électronique** (et l'émission Bêta +) il y a **production d'une particule avec Z = 1**. Donc le Z du Béryllium (4) va **diminuer** de 1 : cela forme donc du Lithium (Z=3).

B. FAUX, cf item A.

C. VRAI, après une capture électronique le cortège électronique peut se réarranger par **effet Auger**, ou par émission d'un **photon de fluorescence**.

D. FAUX, les **rayons gamma** sont d'origine **nucléaire**, quand il y a interaction entre le rayonnement ou la particule incident et le **noyau de l'atome cible**. Au contraire, les **rayons X** sont bien produits à la suite d'interactions avec le **cortège électronique**.

E. FAUX, sur cette représentation de la capture électronique on voit bien qu'aucun positon n'est émis lors de la réaction. En effet, lors de la **capture électronique**, c'est un **électron du cortège qui est piégé par le noyau**, diminuant ainsi d'une unité la valeur de Z, et aboutissant à l'émission invisible d'un neutrino (comme le montre le schéma ci-dessous). Cependant, il ne faut pas confondre avec le mode de désintégration **bêta +**, lors duquel un positon est émis par le noyau afin de se décharger en proton (il n'y a pas de phénomène de capture dans la désintégration bêta +).



QCM 12 : CE

A. FAUX, on précise dans l'énoncé que le **Béryllium-7** se transforme lors d'une **capture électronique**.

Pour pouvoir résoudre l'item il faut connaître la formule permettant de calculer l'énergie libérée lors d'une CE (capture électronique) :

$$\rightarrow E_{\text{libérée}} = \Delta m \times 1000 = (M_{\text{père}} - M_{\text{fils}}) \cdot c^2$$

- On donne donc dans l'énoncé la masse atomique du noyau père et la masse atomique du noyau formé (noyau fils)

$$\rightarrow E_{\text{libérée}} = (7,0167 - 7,016) \cdot c^2$$

$$\rightarrow E_{\text{libérée}} = 7 \cdot 10^{-4} \cdot 10^3$$

- On rappelle que l'équivalent énergétique de 1u est de 1000 MeV donc c'est pour cela que $c^2 = 1000$

$$\rightarrow E_{\text{libérée}} = 7 \cdot 10^{-1} = 0,7 \text{ MeV}$$

B. FAUX, voir correction item A.

C. VRAI, voir correction item A.

D. FAUX, on rappelle que :

→ La **capture électronique** se produit pour des noyaux instables **excédentaires en protons** : au cours de la réaction, le proton sera transformé en neutron.

→ L'**émission β^+** fonctionne sur le même principe. Elle se produit pour des noyaux instables **excédentaires en protons** : au cours de la réaction, le proton sera transformé en neutron.

Ainsi, on pourrait penser que si le Béryllium-7 peut se transformer par **CE**, il pourrait également se transformer par **émission β^+** .

Attention, ce n'est pas toujours le cas, il y a une **certaine condition à respecter pour cela** :

→ l'**émission β^+** peut se produire **UNIQUEMENT** si $M_{\text{père}} - M_{\text{fils}} > 1,022 \text{ Mev}$

Or, dans l'item A on a calculé cette valeur et on a trouvé **0,7 Mev**.

→ **0,7 Mev < 1,022 Mev** donc dans ce cas précis, seulement **la transformation par CE sera possible pour le Béryllium-7**.

E. VRAI, voir correction item D.

QCM 13 : D

A. FAUX, dans l'énoncé, il nous est donné la **période T du Césium-137**.

L'activité d'une source s'exprime en **Becquerel**. 1 Bq correspond à une désintégration par seconde.

La période(T) correspond au temps nécessaire pour que l'activité de la source soit diminuée d'un **facteur 2**.

- Au bout d'**1 période**, l'activité de départ A_0 est divisée par 2^1 . On a donc $A_1 = A_0 / 2$
- Au bout de **2 périodes** l'activité A_1 est à nouveau divisée par 2: $A_2 = A_1 / 2 = A_0 / 2^2$, donc A_0 est divisée par 4.
- On remarque donc que l'on a $A_x = A_0 / 2^x$ avec $x = t$ (temps) / T (durée d'une période), soit $x =$ le **nombre de périodes écoulées**.

Ici, on connaît la période du Césium-137 qui est de **30 ans**. On souhaite savoir au bout de combien de temps la source sera atténuée d'un facteur 1000.

On pose donc $A_x = A_0 / 2^x$ soit $A_x = A_0 / 1000$ (car on veut atténuer **A_0 1000 fois**)

- Ainsi on cherche $2^x = 1000 \Rightarrow x = 10$ car $2^{10} \approx 1000$

Remarque: Vous devez connaître ou savoir calculer :

$2^1 = 2$	$2^6 = 64$
$2^2 = 4$	$2^7 = 128$
$2^3 = 8$	$2^8 = 256$
$2^4 = 16$	$2^9 = 512$
$2^5 = 32$	$2^{10} = 1024$ -> 1000

On en déduit qu'il faudra **10 périodes** pour que l'atténuation soit de **1000**.

- $t = 10 \times 30 = 300$ ans

Il faudra donc **300 ans**.

- B. FAUX, voir item A.
C. FAUX, voir item A.
D. VRAI, voir item A.
E. FAUX, voir item A.

QCM 14 : CE

A. FAUX, On commence par relever les données de notre énoncé. On a :

- la **période T** : **$T = 6h$**
- l'**activité** à **$t = 3T = 18h$** : **$A_{t=3T} = 30 \cdot 10^6$ Bq**

[Rappel définition] : la période est le temps au bout duquel l'activité a **diminué de moitié** (divisé par 2). Autrement dit, au bout de **n périodes**, l'activité sera **divisée par 2^n** .

On cherche l'activité du Technétium-99m à **$t = 1T = 6h$** donc au bout d'une seule période :

- D'après notre définition, l'activité à 18h soit **au bout de 3 périodes** a été divisée par **2^3** .
On a donc : $A_{t=3T} = A_0 / 2^3$.
On en déduit donc à **$t = 0$** :
 - $A_0 = A_{t=3T} \times 2^3$
 - $A_0 = 30 \cdot 10^6 \times 8$
 - $A_0 = 240 \cdot 10^6$ Bq
- À **$t = 6h = 1T$** , on a donc :
 - $A_{t=T} = A_0 / 2^1$
 - $A_{t=T} = (240 \cdot 10^6) / 2$
 - **$A_{t=T} = 120 \cdot 10^6$ Bq**
 - **$A_{t=T} = 120$ MBq**

Autre méthode

- Lorsque l'on cherche l'**activité à $t = 6h$** , on sait que cette activité est **supérieure** à l'activité à **$t = 18h$** . De plus, à **$t = 6h$** , on est à : $18 - 2T = 18 - 2 \times 6 = 18 - 12 = 6$ h. À 6h, on remonte donc à **2 périodes en arrière** par rapport à 18h.

On multiplie donc l'activité à $t = 18\text{h}$ seulement par 2^2 .

• **Calcul de l'activité du Technétium-99m à $t = T$:**

- $A_{t=T} = A_{t=3T} \times 2^2$
- $A_{t=T} = 30 \cdot 10^6 \times 4$
- $A_{t=T} = 4 \times 3 \cdot 10^7$
- $A_{t=T} = 12 \cdot 10^7 \text{ Bq}$
- $A_{t=T} = 120 \cdot 10^6 \text{ Bq}$
- $A_{t=T} = 120 \text{ MBq}$

L'activité de la fiole de Technétium-99m à 6h le même jour était de $120 \cdot 10^6 \text{ Bq}$.

B. FAUX, cf item A

C. VRAI, cf item A

D. FAUX, cf item A

E. VRAI, cf item A. **ATTENTION aux unités** : il faut chercher toutes les solutions avec les bonnes unités.

Puisque $1 \text{ Méga} = 10^6$, alors $A_{t=T} = 120 \cdot 10^6 \text{ Bq} = 120 \text{ MBq}$.

QCM 15 : BCE

A. FAUX, l'**effet Compton** concerne l'**atténuation d'un faisceau de photons** ! Attention à bien lire les items. La diffusion Compton est un phénomène prédominant pour les photons dont l'**énergie** est **supérieure à 45 keV**. Le **photon incident** va **interagir avec le cortège électronique** des atomes composant le milieu traversé.

B. VRAI, dans l'effet Compton, un **électron** d'une couche externe du cortège va **absorber, partiellement, l'énergie du photon incident**. Si l'**énergie du photon incident** est **supérieure** à l'**énergie de liaison de l'électron** à sa couche électronique, alors l'**électron** est **éjecté**. Le **reste de l'énergie** sera alors émise sous forme d'un photon, dans une direction déviée par rapport au photon incident : c'est le **photon dévié**. Ainsi, l'**énergie du photon incident** est **uniquement** répartie entre l'**électron éjecté** et le **photon diffusé**.

C. VRAI, l'**énergie de l'électron éjecté provient** de l'énergie du **photon incident** (elle en dépend donc). Effectivement, plus l'énergie du photon incident est élevée, plus la fraction d'énergie transférée à l'électron est grande.

De plus, l'énergie cinétique de l'électron est donnée par la formule :

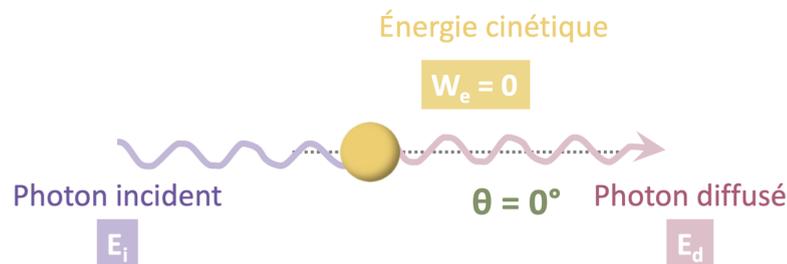
$$W_e = E_i - E_d - W_K$$

Avec :

- W_e : l'énergie cinétique de l'électron éjecté
- E_i : l'énergie du photon incident
- E_d : l'énergie du photon diffusé
- W_K : l'énergie de liaison de l'électron.

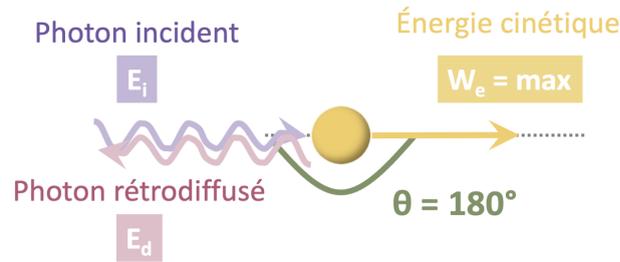
D. FAUX, l'énergie de l'électron éjecté peut prendre une multitude de valeurs comprises entre 2 **cas limites** :

- Dans le cas d'un **choc tangentiel**, il n'y a pas d'électron éjecté ($W_e = 0$, l'**énergie de l'électron** est **minimale**).



→ Le photon incident traverse le cortège électronique des atomes du milieu sans être perturbé. L'**énergie du photon diffusé** est **maximale** : elle est égale à l'énergie du photon incident ($E_d = E_i$).

- Dans le cas d'un **choc frontal**, l'**énergie de l'électron** éjecté est **maximale**. Elle est donc **supérieure à l'énergie du photon rétrodiffusé**.



→ Lorsqu'il interagit avec le cortège électronique, le photon incident est diffusé selon un angle de 180° (diffusé dans le sens inverse) : il est **rétrodiffusé**. L'énergie du photon diffusé est **minimale**.

L'énergie du photon incident "se partage" entre l'électron éjecté (qui absorbe une grande partie de l'énergie du photon incident, d'où son énergie maximale), et le photon rétrodiffusé (qui absorbe la petite quantité d'énergie qu'il reste du photon incident, d'où son énergie minimale).

E. VRAI, la **radiographie** est une technique d'imagerie par transmission, elle repose sur l'**interaction des rayons X avec la matière**. Cette interaction des photons avec la matière permet la formation de l'image radiante : le faisceau incident est **atténué par les tissus** de l'organisme.

Parmi les interactions participant à l'atténuation du faisceau de photons des rayons X, on retrouve notamment :

- La diffusion élastique
- L'absorption photoélectrique
- La **diffusion Compton**
- L'**absorption par matérialisation**.

Remarque : en imagerie médicale, les rayons X utilisés ont une énergie comprise dans les domaines de prédominance de l'absorption photoélectrique et de la diffusion Compton. Ainsi, ces 2 phénomènes seront prépondérants en radiologie.

QCM 16 : BCE

A. FAUX, On nous dit dans l'énoncé qu'un faisceau de photons traverse un écran métallique, et que celui-ci ne laisse passer que 12,5% du faisceau.

→ 12,5% des photons équivaut à $100 / 8 = 100 / 2^3$

→ avec la formule du **Coefficient d'Atténuation CDA** : $N = N_0 / 2^{x/CDA}$ où x = l'épaisseur de l'écran :

- ◆ pour 12,5 % des photons : $12,5 = 100 / 8 = 100 / 2^3$
- ◆ $2^{x/CDA} = 2^3$
- ◆ soit x / CDA = 3
- ◆ **x = 3 CDA**

Cet écran a donc une épaisseur égale à 3 fois sa CDA pour ces photons.

B. VRAI, cf item A.

C. VRAI, Avec la formule du **facteur d'atténuation d'un écran = $2^{x/CDA}$** ; on sait que notre écran a un facteur d'atténuation de $= 2^3 = 8$.

Lorsqu'on combine deux écrans, leurs facteurs d'atténuation vont se **multiplier** : on se retrouve donc avec un **facteur d'atténuation global pour deux écrans de $8^2 = 64$** . Pour deux écrans identiques, on aura bien un facteur d'atténuation supérieur à 50.

D. FAUX, les deux écrans laissent passer **$1 / (\text{facteur d'atténuation global}) = 1/64$** du faisceau. Pour transmettre moins de 1% du faisceau, c'est-à-dire $1/100$, il faudrait un facteur d'atténuation supérieur à **100**.

E. VRAI, le facteur d'atténuation de **4** écrans identiques $= 8^4 = 64^2 = 4096$, soit un **facteur d'atténuation global bien supérieur à 1000**.