PACES

JTORAT SANTÉ BORDEAUX

Préparation aux examens Médicaux et Paramédicaux











Médecine Pharmacie

Maïeutique

Odontologie Paramédicales

CORRECTION COLLE 5 - UE3A - Année 2020/2021

Date 23/11/2020 - Fait par le mercredivie, vos cinéphiles préférés

QCM 1 : AC → Star Wars

- A. VRAI, l'état liquide est un état condensé et désordonné : les molécules sont liées par des liaisons faibles de type Van der Waals et des liaisons hydrogènes. Elles peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres, mais elles ne sont pas indépendantes.
 - Une augmentation de chaleur s'accompagne d'un apport d'énergie qui va perturber/exciter les particules du liquide. L'apport énergétique va entraîner une augmentation des déplacements des particules ce qui concourt à une augmentation de l'état désordonné du liquide.
- B. FAUX, la maille élémentaire est une cellule élémentaire qui, lorsqu'elle se répète, entraîne la constitution d'un cristal. En fonction de l'organisation de cette maille, différents types de réseaux se créent. Un système cristallin (cubique, quadratique...) va avoir un ou plusieurs réseaux dérivés que l'on appelle réseaux de Bravais.
 - → On compte 14 réseaux de Bravais, répartis en 7 types de systèmes cristallins de base.
- C. VRAI, la loi des gaz parfaits énonce que PV = nRT.

Ici, on cherche une pression. On isole donc P dans la formule précédente: P = nRT/V.

Calculons la quantité de matière de butane contenue dans la bouteille de gaz :

n = m/M

Avec:

- La masse molaire de la molécule de butane est égale à la somme des masses molaires des atomes qui la constituent, soit :
 - $OM_{butane} = 10 \times M(H) + 4 \times M(C)$
 - \circ M_{butane} = 10 x 1 + 4 x 12
 - \circ M_{butane} = 10 + 48 = **58 g/mol.**
- La masse m = 13,050 kg = 13 050 g.
 - ATTENTION, les unités de la masse et de la masse molaire doivent correspondre, il faut donc tout mettre en grammes (on pouvait aussi tout convertir en kg et kg/mol).
 - \circ n = 13050/58
 - o n = 225 mol.
- On peut désormais calculer P :

Avant de se lancer dans le calcul, on n'oublie pas de tout convertir dans les unités du SI:

n = 225 mol

- T = 27°C = 300 K
- V = 30 L = 30.10⁻³ m³

$$\circ$$
 P = (225 x 8 x 300)/(30.10⁻³)

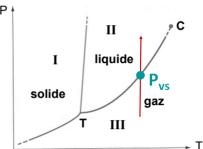
$$\circ$$
 P = $(225 \times 8 \times 3.10^2)/(3.10^{-2})$

$$\circ$$
 P = (225 x 8.10²)/10⁻²

- \circ P = 225 x 8.10⁴
- \circ P = 1800.10⁴
- \circ P = 18.10⁶ Pa
- \circ P = 180.10⁵ Pa 1 bar = 10⁵ Pa
- P = 180 bar
- D. FAUX, cf. item C.
- E. FAUX, la pression **P** exercée à l'intérieur de la bouteille <u>est supérieure</u> à la **P**_{vs}. Pour rappel, la pression de vapeur saturante est la pression à laquelle la phase gazeuse d'une substance est en équilibre avec sa phase liquide, à une température donnée dans un système fermé. Sur le diagramme de phase, à une température donnée, la pression de vapeur saturante se trouve sur la courbe de vaporisation.

Dans le cas de la bouteille de butane, à une même température, si on augmente la pression au delà de la pression de vapeur saturante, on dépasse la courbe de vaporisation. On se retrouve alors dans le domaine du liquide. Il n'y a plus d'équilibre entre phase gazeuse et phase liquide.

→ De ce fait, la phase **LIQUIDE** sera majoritaire.



$\underline{\text{QCM 2}}$: D \rightarrow Les murlocs dans le film World of Warcraft

- A. FAUX, lorsque l'on rajoute un soluté dans un corps pur, on observe un <u>abaissement</u> de la pression de vapeur saturante du solvant : c'est la <u>loi de la tonométrie</u>. La formule traduisant ce phénomène est : ΔP = P_{vs}.X_{soluté}.
 - On connaît la pression de vapeur saturante : P_{vs} = 1260 hPa
 - \rightarrow On cherche la fraction molaire du sel : $X_{sel} = n_{sel}/n_{tot} = n_{sel}/(n_{eau} + n_{sel})$
 - Calcul de la quantité de matière de sel :
 - \circ $n_{sel} = m_{sel}/M_{sel}$
 - \circ n_{sel} = 58/58
 - \circ $n_{sel} = 1 \text{ mol}$
 - Calcul de la quantité de matière d'eau :
 - \circ $n_{eau} = m_{eau}/M_{eau}$
 - \circ $n_{eau} = 1782/18$ car 1 mL = 1 g.
 - \circ $n_{eau} = 99 \text{ mol}$

NB: pour ce calcul, il suffit de remarquer qu'on a (1800 - 18)/18.

- Calcul de la fraction molaire du sel :
 - \circ X_{sel} = 1/(99 + 1)
 - \circ X_{sel} = 1/100
 - \circ $X_{sel} = 10^{-2}$.
- > On peut désormais calculer ΔP :
 - \circ $\Delta P = 1260.10^{-2}$
 - \circ $\Delta P = 12,6 hPa$
- B. FAUX, cf item A.
- C. FAUX, la pression de vapeur saturante après ajout de soluté se calcule en soustrayant <u>l'abaissement</u> relatif de tension de vapeur à la pression initiale :
 - \circ P = P_{vs} \triangle P
 - o P = 1260 12,6

- P = 1247,4 hPa.
- D. VRAI, afin de savoir comment l'eau va se déplacer d'un compartiment à l'autre, il faut connaître l'osmolarité des globules rouges (qui correspond à l'osmolarité intracellulaire) et celle de la solution, puis les comparer :
 - L'osmolarité du plasma est de 290 mOsm/L et celle du milieu intracellulaire également (valeur à connaître dans le cours sur la physiologie des compartiments liquidiens).
 - ightharpoonup L'osmolarité de la solution est : C_{osm} (solution) = i. $n_{soluté}/V_{solution}$

Avec:

- $V_{\text{solution}} = 1,782 \text{ L}.$
- i = 2 car, en solution dans l'eau, le NaCl se dissocie en deux espèces différentes (NaCl → Na⁺ + Cl⁻).
- n_{soluté} = 1 mol (calculé à l'item A).
- Calcul de la concentration osmolaire de la solution :
 - \circ C_{osm}(solution) = 1 x 2 /1,782
 - \circ C_{osm}(solution) = 2 /1,782
 - C_{osm}(solution) > 1 osm/L et est donc > 1000 mOsm/L

Notre solution est bien plus concentrée que le milieu intracellulaire des GR, **l'eau va donc se déplacer de manière à diluer la solution** (c'est le phénomène d'osmose). Dans notre situation, le milieu extracellulaire est hypertonique donc la cellule se vide. L'eau se déplace vers le milieu extracellulaire.

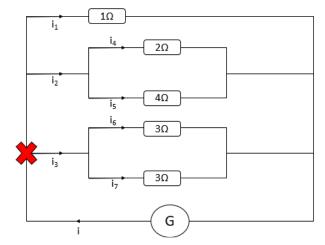
→ C'est la plasmolyse.

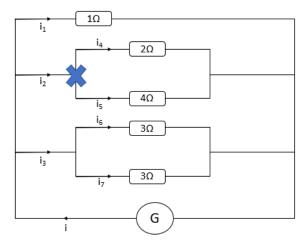
E. FAUX, cf. item D.

QCM 3 : ABD → Astérix et Obélix : mission Cléopâtre

A. VRAI, d'après la loi des nœuds : la somme des intensités des courants qui entrent est égale à la somme des intensités des courants qui sortent. En d'autres termes, l'intensité qui rentre en un point est égale à celle qui sort de ce point.

i représente l'intensité totale du circuit. Elle va dans le **sens horaire** (de la borne + à la borne - du générateur). Elle se partage en trois intensités i_1 , i_2 et i_3 .





Ainsi, au niveau de la croix rouge, on a i (l'intensité entrante) qui va être égale à $i_1 + i_2 + i_3$ (intensité sortante), d'où $i = i_1 + i_2 + i_3$.

De plus, au niveau de la croix bleue, on a i_2 (intensité entrante) qui va être égale à $i_4 + i_5$ (intensité sortante), d'où $i_2 = i_4 + i_5$.

En définitive, on a
$$i = i_1 + i_2 + i_3 = i_1 + (i_4 + i_5) + i_3$$
.

B. VRAI, les tensions parallèles sont égales : $U_4 = U_5$.

Reprenons la loi d'Ohm : U = R.I :

- $OU_4 = U_5$
- \circ R_{4.}i₄ = R₅.i₅

- \circ $i_4 = (R_5.i_5)/R_4$ $o i_4 = 4/2 \times i_5$
- \circ $i_4 = 2.i_5$
- C. FAUX, d'après la loi des nœuds, les intensités i_6 et i_7 sont égales à i_3 (cf item A).
 - ➤ Il nous faut donc trouver la valeur de la résistance équivalente à R₆ et R₇ qui est R₃.

R₆ et R₇ sont en dérivation, ainsi :

- \circ 1/R₃ = 1/R₆ + 1/R₇
- \circ 1/R₃ = 1/3 + 1/3
- \circ 1/R₃ = 2/3
- \circ R₃ = 3/2 = 1,5 Ω
- > Sur le même principe que pour l'item B :
 - \circ $U_1 = U_3$
 - \circ R₁.i₁ = R₃.i₃
 - \circ $i_1 = (R_3.i_3)/R_1$
 - \circ $i_1 = (3/2.i_3)/1$
 - \circ $i_1 = 3/2.i_3$

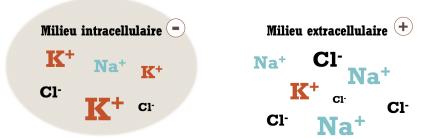
Comme $i_3 = i_6 + i_7$ alors $i_1 = 3/2$ $(i_6 + i_7)$.

- D. VRAI, comme vu dans l'item C, $i_1 = 3/2.i_3 \Leftrightarrow i_1 = 1.5.i_3 \Leftrightarrow i_1 > i_3$.
- E. FAUX, nous savons que $i_1 > i_3$.
 - ➤ Il nous faut donc trouver la valeur de la résistance équivalente à R₄ et R₅ qui est R₂. R₄ et R₅ sont en dérivation, ainsi :
 - \circ 1/R₂ = 1/R₄ + 1/R₅
 - \circ 1/R₂ = 1/2 + 1/4
 - \circ 1/R₂ = 2/4 + 1/4
 - \circ 1/R₂ = 3/4
 - \circ R₂ = 4/3 = 1,33 Ω
 - > Les calculs de résistance nous permettent de déduire directement les intensités. Afin de maintenir l'égalité ($U_1 = U_2 = U_3$), la résistance est inversement proportionnelle à l'intensité.
 - $R_1 = 1 \Omega$
 - $R_2 = 1.33 \Omega$
 - $R_3 = 1.5 \Omega$

Ainsi : $R_1 < R_2 < R_3$ donc $i_1 > i_2 > i_3$.

QCM 4 : AB → Les bronzés font du ski

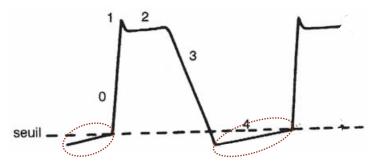
A. VRAI, le potentiel de membrane se calcule grâce à la formule : $V_m = V_{int} - V_{ext}$. Au repos, le potentiel intracellulaire est négatif et le potentiel extracellulaire est positif.



⇒ Par conséquent, le potentiel de repos de la cellule cardiaque est négatif.

Petit tips : la cellule est remplie de protéines permettant son bon fonctionnement (surtout les cellules musculaires) et les protéines sont des molécules chargées négativement !

B. VRAI, les cellules du faisceau de His et du réseau de Purkinje possèdent un potentiel de repos instable. Si l'on regarde la représentation graphique de leur potentiel d'action, on s'aperçoit qu'il existe une pente de dépolarisation :



Le **potentiel d'action** peut donc se déclencher de manière **automatique**, <u>sans nécessiter de</u> stimulation au préalable.

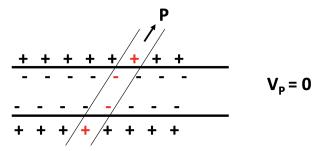
On retrouve cette caractéristique chez les cellules du nœud sinusal et du nœud atrio-ventriculaire. Cette pente de dépolarisation nous permet également de connaître la vitesse de dépolarisation de la cellule : en effet, plus cette pente est importante, plus la cellule se dépolarise spontanément rapidement. Par exemple, le nœud sinusal est celui qui se dépolarise le plus vite, il va donc imposer son rythme aux autres cellules.

À l'inverse, le potentiel d'action des **cellules myocardiques** n'apparaît que s'il y a **stimulation**. Leur <u>potentiel de repos est stable</u>.

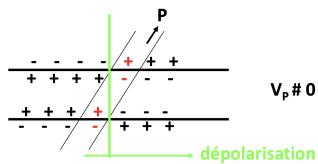
- C. FAUX, il existe en effet un retard physiologique de l'influx permettant la séparation dans le temps des contractions auriculaires et ventriculaires. Cependant, l'influx est ralenti au niveau du nœud atrio-ventriculaire, ou nœud d'Aschoff-Tawara.
 - Le nœud de Keith et Flack, aussi appelé nœud sinusal, est à l'origine de l'influx nerveux.

<u>Mnémo :</u> **Aschoff-Tawara** s'écrit en 2 mots et commence par un "A", tout comme **A**trio-ventriculaire.

D. FAUX, lorsque la répartition des charges le long de la fibre cardiaque est homogène, les moments dipolaires se compensent et le potentiel électrique V_p est nul. On observe donc une absence de signal à distance lorsque les cellules sont totalement dépolarisées (= actives) ainsi que lorsqu'elles sont totalement repolarisées (= au repos).



Un potentiel peut être mesuré à distance de la cellule cardiaque dans le cas où la répartition des charges le long de la fibre cardiaque est inhomogène. Il existe donc un signal lorsque la cellule cardiaque est en cours de dépolarisation ou en cours de repolarisation.



- E. FAUX, les dérivations précordiales permettent l'exploration du cœur dans le <u>plan horizontal</u>. Ce sont les dérivations des membres qui permettent d'explorer le cœur dans le <u>plan frontal</u>. <u>Pour rappel :</u> il existe au total 12 dérivations :
 - 6 dérivations périphériques au niveau des membres, dont 3 unipolaires et 3 bipolaires.
 - 6 dérivations précordiales qui sont toutes unipolaires.

QCM 5 : ABCD → Harry Potter et le prisonnier d'Azkaban

- A. VRAI, un **rythme normal** est défini par un rythme régulier à une fréquence comprise entre 60 et 100 battements par minute. Le rythme ici est à peu près régulier. Il nous faut cependant calculer la **fréquence** qui nous indiquera s'il y a effectivement un trouble du rythme. Ici, la vitesse de déroulement est standard donc **2,5 cm/s** et on compte 14 petits carreaux soit **14 mm** entre deux ondes de même nature.
 - Calcul de la fréquence :
 - \circ f = 1500 / d
 - o f = 1500 / 14
 - o f≈ 107 bpm.

NB : sans avoir besoin de calculer, on pouvait remarquer que 1500/14 > 1500/15. Or, 1500/15 = 100, ainsi le patient a forcément une fréquence supérieure à 100.

Une fréquence cardiaque normale étant comprise entre **60 et 100 bpm**, notre patient souffre ici d'un trouble de la fréquence, cette dernière étant trop rapide : on parle de **tachycardie**.

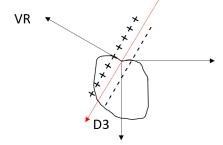
B. VRAI, il existe plusieurs troubles de la conduction, notamment les BAV (Bloc Atrio Ventriculaire) de degré 1, 2 et 3. lci on ne remarque pas d'onde P supplémentaire entre deux QRS, donc on élimine les BAV de degré 2 et 3.

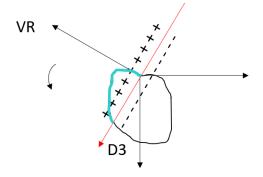
Par contre, on remarque que les segments PR (début de P - début de QRS) paraissent allongés. Lorsque l'on compte les carreaux, on obtient 7 (voire 8) petits carreaux entre le début de P et le début de QRS, on fait donc un produit en croix pour savoir à combien de temps cela correspond.

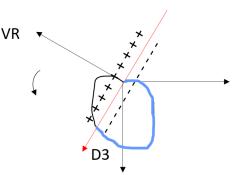
- \circ 25 mm \rightarrow 1 s
- la vitesse de déroulement étant de 2,5 cm/s
- \circ 7 mm \rightarrow ?
- \circ 7 / 25 = 0.28 s
- \circ PR = 0,28 s

On a donc bien un segment PR > 0,2 s ce qui est caractéristique d'un BAV de degré 1.

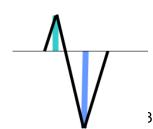
- C. VRAI, cf item A.
- D. VRAI, cf item B.
- E. FAUX, on va procéder à l'analyse du VCG selon la dérivation V_R:
 - On trace la perpendiculaire à V_R qui correspond à D₃ (en rouge) et on détermine les côtés positifs et négatifs.
 - On part du centre O puis on suit le VCG dans le sens anti horaire/trigonométrique jusqu'à croiser D₃. On obtient alors une première déflexion positive (trait le plus long tracé entre D₃ et le VCG, parallèlement à V_R)
 - On refait la même chose jusqu'à croiser D₃ de nouveau et cette fois-ci on obtient une plus grande déflexion négative.







Au final, on obtient le QRS suivant :



Le complexe QRS de l'ECG de l'exercice possédait une grande déflexion positive ce qui n'est pas le cas du QRS réalisé à partir de V_R.

QCM 6 : AE → OSS117, Rio ne répond plus

- A. VRAI, on sait que les particules sont chargées négativement donc elles se déplacent dans le sens des potentiels croissants (du - vers le +). Or, le vecteur vitesse, représentant le sens de déplacement de ces particules, se dirige de U_1 vers U_2 d'où $U_1 < U_2$.
- B. FAUX, le vecteur densité de courant \vec{l} est de même sens que le champ électrique, car $\vec{l} = \sigma \cdot \vec{E}$ avec σ > 0. Or, ici le vecteur vitesse v représente le sens de déplacement de particules chargées négativement (du - vers le +), qui est contraire au sens du vecteur champ électrique \vec{E} (du + vers le
- C. FAUX, après la seconde électrode, région du champ magnétique B, les particules adoptent une trajectoire circulaire uniforme. Leur direction initiale est alors déviée.
 - → Une charge q en mouvement à la vitesse v dans un champ magnétique uniforme est soumise à la force de Lorentz : $F = q v \wedge B$.

Il s'agit d'un produit vectoriel, dont les différents vecteurs peuvent être orientés grâce à la règle de la main droite :

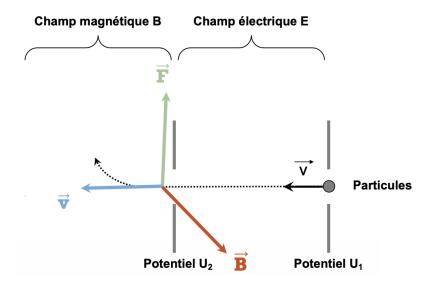
- Le pouce porte le vecteur force.



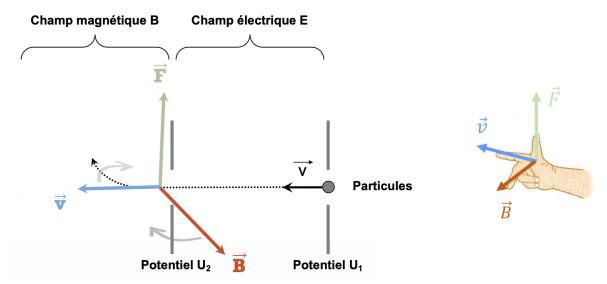
> Dans la situation étudiée :

autres.

- Les particules sont déviées vers le haut du schéma, la force est donc orientée vers le
- Le vecteur vitesse est orienté vers la gauche du schéma.

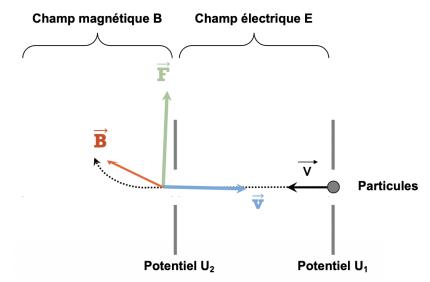


D'après la règle de la main droite, le champ magnétique se rapproche de nous. Mais attention, on considère des particules négatives. Il est donc nécessaire d'effectuer une rotation de 180° du vecteur vitesse pour le placer dans notre repère. Comme on connaît l'orientation du vecteur force, on effectue la rotation autour du pouce.

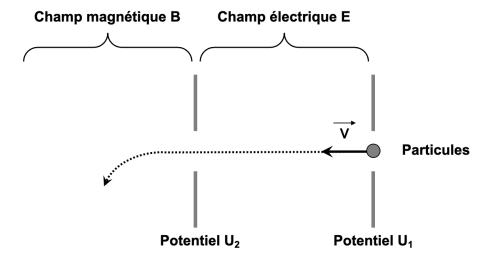


On a finalement un vecteur vitesse orienté vers la droite.

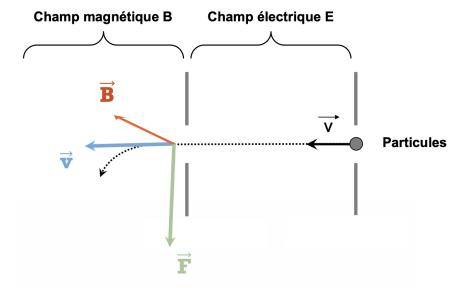
Par conséquent, le vecteur **champ magnétique** s'éloigne de vous (il sort derrière la feuille).



D. FAUX, si on voulait que les particules soient déviées vers le bas, alors on aurait ce type de schéma :

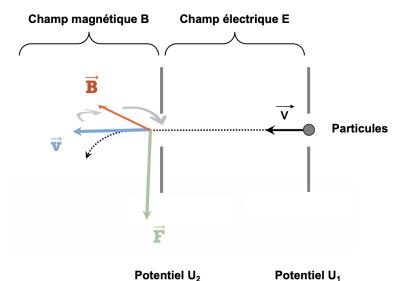


- Les particules sont déviées vers le bas du schéma, la force est donc orientée vers le bas.
- Le vecteur vitesse est orienté vers la gauche du schéma.



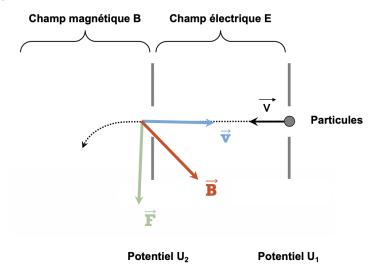
Potentiel U₂ Potentiel U₁

Mais <u>attention</u> une nouvelle fois, on considère des **particules négatives**. Il est donc nécessaire d'effectuer une **rotation de 180° du vecteur vitesse** pour le placer dans notre repère. Comme on connaît l'orientation du vecteur force, on effectue la <u>rotation autour du pouce</u>.



On a finalement un vecteur vitesse orienté vers la droite.

Le vecteur champ magnétique se rapproche de vous (il sort de la feuille vers vous).



E. VRAI, d'après la formule du rayon de Larmor, on peut écrire : v = (R.q.B)/m.On a :

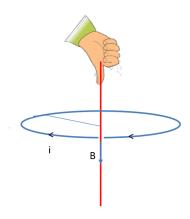
- On considère $R_A = R_B$.
- Les particules A et B sont soumises à un champ magnétique B de même intensité.
- $q_A/m_A > q_B/m_B$.
- ⇒ On peut alors dire que v_A > v_B.

QCM 7 : ACE → Pirates des Caraïbes

A. VRAI, on cherche l'intensité du champ magnétique B au point M. Pour cela, on va utiliser la relation :

$$B(M) = (\mu_0 .i.sin^3(30^\circ)) / 2a$$

- > Attention à bien convertir les données :
 - l'intensité i = $100 \text{ mA} = 100.10^{-3} = 10^{-1} \text{ A}$
 - a est le rayon attention ! Il est donc égal à diamètre/2 = 6/2 = 3 cm = 3.10⁻² m.
- > On peut alors calculer.
 - $\begin{array}{ll} \circ & \mathsf{B}(\mathsf{M}) = (\mu_0 \,.i. \! \sin^3(30^\circ)) \, / \, 2a \\ \circ & \mathsf{B}(\mathsf{M}) = (4\pi \,.10^{-7} \, x \, 10^{-1} \, x \, 1/8) \, / \, (2 \, x \, 3.10^{-2}) \\ \circ & \mathsf{B}(\mathsf{M}) = (2\!\!\!-\! x \, 2 \, x \, 3\!\!\!-\! .10^{-7\cdot1}) \, / \, (2 \, x \, 3.10^{-2} \, x \, 2 \, x \, 4) \\ \circ & \mathsf{B}(\mathsf{M}) = (10^{-8} \,.10^2) \, / \, 4 \\ \circ & \mathsf{B}(\mathsf{M}) = 0.25 \, x \, 10^{-6} \, \mathsf{T} \end{array}$
- B. FAUX, cf. item A.
- C. VRAI, on sait que 1 T = 10^4 G (*dans une tesla, on met 4 gosses*). Ainsi, B(M) = $0.25.10^{-6}$ x 10^4 = 0.25 x 10^{-2} G = $2.5.10^{-3}$ G.
- D. FAUX. cf. item A
- E. VRAI, pour répondre à cet item, on va utiliser la règle de la main droite. Les doigts suivent les lignes du courant. Le pouce pointe alors la direction et le sens du champ magnétique.
 - → Le courant se déplace dans le sens des aiguilles d'une montre. Le champ magnétique se dirige donc vers le bas de la feuille/de l'écran.

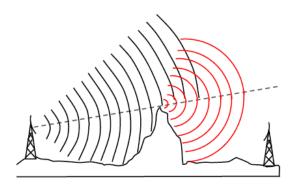


QCM 8 : BCDE → Star Wars 1 (La menace fantôme)

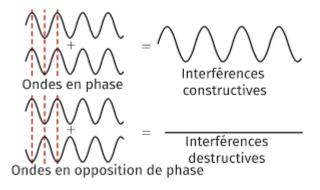
A. FAUX, pour calculer la taille de l'interfrange, il faut utiliser la formule : $\mathbf{i} = \lambda \cdot \mathbf{D}/\mathbf{a}$

- D correspond à la distance entre les fentes et l'écran, c'est à dire 2 m
- a correspond à la distance entre les deux fentes, c'est à dire 1 mm = 10⁻³ m
- λ correspond à la longueur d'onde du laser, pour la trouver, il faut se servir de son énergie. On sait que E_{laser} = 13,6 eV car elle est égale à l'énergie minimale d'ionisation. On ne vous donnait pas E(eV) = 1240/λ(nm) ↔ λ(nm) = 1240/E(eV) = 1240 /13,6 ≈ 91 nm = 91.10⁻⁹ m
- > Passons au calcul de i :
 - \circ i = 91.10⁻⁹.2/10⁻³
 - \circ i = 182.10⁻⁹/10⁻³
 - \circ i = 1.82.10⁻⁷/10⁻³

- \circ i = 1,82.10⁻⁴ m.
- B. VRAI. cf item A.
- C. VRAI, attention piège récurrent ! La diffraction est expliquée par l'optique ondulatoire. L'optique géométrique s'appuie sur le principe de Fermat (les rayons lumineux se propagent de manière rectiligne) ce qui n'est pas le cas lors d'une diffraction.
- D. VRAI, effectivement, lorsqu'une onde rencontre le sommet d'une montagne, le rayon est diffracté. Sa déviation permet aux ondes d'atteindre les vallées (entre les montagnes).



E. VRAI, deux ondes en opposition de phases s'annulent et forment donc des franges sombres. Deux ondes en phases, quant à elles, s'additionnent formant ainsi des franges brillantes.



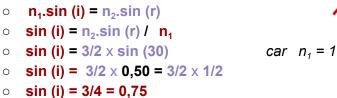
QCM 9 : AE → Retour vers le futur

- A. VRAI, la première chose à faire dans ce type d'exercice est de schématiser la situation afin de pouvoir trier les informations :
 - > Analyse des données et schéma.

o
$$r = 30^{\circ}$$

o $n_2 = 1,5 = 3/2$
o $n_1 = 1$
o $i = ?$

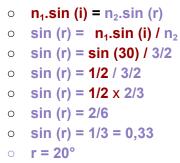
On veut calculer i, angle d'incidence du LASER sur la surface, ici la fenêtre. On va donc utiliser la loi de la réfraction.

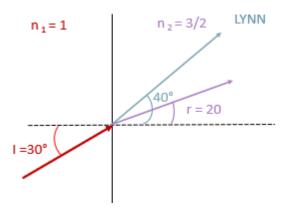


o i = 50 °

Mais attention, ce i correspond toujours à l'angle incident <u>par rapport à la normale</u>. Dans l'item, on vous demande i par rapport à la surface !

- ➤ Pour trouver cette valeur de i, il faut faire une soustraction puisque la normale équivaut à un angle de 90° avec la surface. On obtient :
 - i _{surface} = 90 i_{Normale}
 i _{surface} = 90 50
 i _{surface} = 40°
- B. FAUX, cf. item A. On trouvait VRAI à cet item si on considérait l'angle par rapport à la normale et non par rapport à la surface de la fenêtre.
- C. FAUX, ici on suit le même raisonnement que dans les items précédents, sauf que l'on cherche r, angle de réfraction et non i. L'angle d'incidence i nous est donné : i = 30°.
 - > Calcul de r





On trouve un angle r de 20°. Les yeux de Lynn se situent à 40° par rapport à la normale, ainsi, avec

une incidence de 30°, le rayon n'est pas assez réfracté pour atteindre Lynn.

D. FAUX, pour montrer si le rayon peut le rendre aveugle, il faut utiliser la formule suivante :

$$\begin{split} \frac{I_{r\acute{e}fl\acute{e}chie}}{I_{incident}} &= \left[\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right]^2 \\ I_{r\acute{e}fl\acute{e}chie}/I_{incident} &= \left[\left. \left(n_1 - n_2\right) / \left(n_1 + n_2\right) \right.\right]^2 \end{split}$$

 \rightarrow Dans les données, on donne l'intensité du rayon incident telle que $I_{incident} = 5$ Cd. On a aussi $n_1 = 1$ et $n_2 = 1,5$, on peut donc passer au calcul de l'intensité du rayon réfléchi, notée $I_{réfléchie}$.

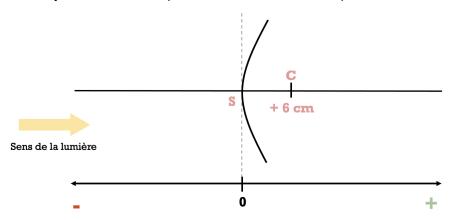
On trouve donc une intensité du rayon réfléchi inférieure à 1 Cd, c'est-à-dire au seuil de dangerosité pour l'œil.

- → Alexis n'a donc pas de risque de devenir aveugle.
- E. VRAI, c'est une des situations qu'il faut bien connaître. Si l'angle incident arrive parallèlement à la normale c'est-à-dire à 0° par rapport à la normale ou perpendiculairement (à 90°) à la vitre, le rayon incident n'est pas dévié en traversant la surface. On parle d'incidence normale.

QCM 10 : BCDE → Inception

A. FAUX, le rayon de courbure est représenté par la distance SC, c'est-à-dire la distance entre le sommet du miroir S et son centre de courbure C.

Dans le miroir considéré, SC = + 6 cm, le rayon de courbure est donc positif. Le centre de courbure C se situe après le sommet (dans le sens de la lumière).



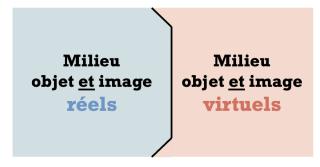
- ⇒ Ce miroir est donc convexe.
- B. VRAI, cf. item A.
- C. VRAI, il existe deux types de miroirs sphériques :

Les espaces virtuels se trouvent derrière le miroir.

- Les miroirs concaves qui sont convergents.
- Les miroirs convexes qui sont divergents.

Comme vu dans l'item A, le miroir est convexe, il est donc bien divergent.

D. VRAI, pour les miroirs sphériques, qu'ils soient concaves ou convexes, l'espace objet réel et l'espace image réelle se trouvent tous les deux devant le miroir.



E. VRAI, les foyers objet et image se trouvent respectivement au niveau du plan focal objet et du plan focal image. D'après les relations de conjugaison du miroir sphérique :

$$\overline{SF} = \overline{SF'} = \overline{SC/2}$$

En effet, dans un miroir sphérique, les deux foyers sont situés à égales distances de S et C. Les distances focales objet (\overline{SF}) et image (\overline{SF}') sont donc égales.

→ Les deux foyers, et ainsi les deux plans, sont bien confondus.

QCM 11 : $B \rightarrow Les$ gardiens de la galaxie

- A. FAUX, pour calculer la distance entre le sommet du miroir et l'image, on se sert de la formule suivante : $1/\overline{SA'} + 1/\overline{SA} = 2/\overline{SC}$.
 - ➤ On isole la distance recherchée, soit **SA'** : $1/\overline{SA'} = 2/\overline{SC} 1/\overline{SA}$
 - ➤ On a:
 - Le rayon de courbure : \overline{SC} = +6 cm.
 - La distance sommet-objet \rightarrow l'objet est placé devant le miroir (objet réel), donc sa distance par rapport au sommet est **négative** : $\overline{SA} = -3$ cm.
 - > On passe à l'application numérique :
 - \circ 1/ $\overline{SA'}$ = (2/6) (1/-3)
 - \circ 1/ $\overline{SA'}$ = (2/6) + (1/3) La soustraction d'une valeur négative revient à faire une addition.

- \circ 1/ $\overline{SA'}$ = 2/3
- $\circ \quad \overline{SA'} = 3/2$
- \circ SA' = 1.5 cm.

La distance entre le sommet du miroir et l'image est **positive** et égale à 1,5 cm. L'image se situe donc **derrière le miroir**.

- ⇒ L'image obtenue est virtuelle et située à 1,5 cm du sommet du miroir.
- B. VRAI, cf. item A.
- C. FAUX, pour savoir si l'image est droite ou renversée et si elle est plus grande ou plus petite par rapport à l'objet, il faut calculer le grandissement. On se sert de la formule suivante : $\gamma = -SA'/SA$.

$$α γ = - SA'/SA$$
 $α γ = - 1,5/- 3$
 $α γ = 1/2$
 $α γ = 0,5$

- Pour un grandissement dont la valeur absolue est inférieure à 1, l'image est plus petite que l'objet.
 - Pour un grandissement dont la valeur absolue est supérieure à 1, l'image est plus grande que l'objet.
- → Ici, le grandissement est inférieur à 1 (1/2), donc l'image sera deux fois plus petite que l'objet.
- Pour un grandissement positif, l'image sera droite, c'est-à-dire orientée dans le même sens que l'objet.
 - Pour un grandissement négatif, l'image sera renversée, c'est-à-dire dans le sens inverse de celui de l'objet.
- → Ici, le grandissement est supérieur à 0, donc l'image sera droite.
- ⇒ L'image est donc deux fois plus petite que l'objet et droite (orientée dans le même sens que l'objet).

	γ > 0 (image droite)	γ < 0 (image renversée)
γ >1 (image agrandie)	Droite et agrandie	Renversée et agrandie
γ <1 (image réduite)	Droite et réduite	Renversée et réduite

- D. FAUX, cf. item C.
- E. FAUX, cf. item C.

QCM 12 : ACD → Interstellar

- A. VRAI, en effet, ce sont les 3 caractéristiques d'un LASER. Le caractère directionnel vient de la forme des miroirs de la cavité de résonance permettant une concentration spatiale. La cohérence est permise grâce à la distance entre les deux miroirs. Enfin, le caractère monochromatique est possible grâce à l'émission stimulée qui produit des photons de même fréquence.
- B. FAUX, attention, un LASER utilise le procédé de l'émission **STIMULÉE** et non spontanée. Le reste de la phrase est vrai.
- C. VRAI, la loi de Boltzmann permet de déterminer un rapport entre le nombre d'atomes énergétiquement excités et le nombre d'atomes stables. Plus ce rapport sera élevé, plus l'inversion de population sera importante (donc plus il y aura d'atomes excités).
- D. VRAI, les ondes réfléchies par les miroirs à l'intérieur de la cavité optique doivent être cohérentes. Cela veut dire que les interférences doivent être constructives (et non destructives) afin de garantir une intensité maximale du LASER.
 - Pour cela, la longueur L de la cavité optique doit être calculée précisément grâce à la relation suivante : $2L = k \lambda$ où k est un multiple entier. La longueur de la cavité est donc proportionnelle à la longueur d'onde.

- → Cette conception de la cavité optique permet bien une intensité maximale.
- E. FAUX, un LASER à gaz utilise un pompage <u>électrique</u>. L'énergie fournie provient, dans ce cas-là, de décharges électriques.

QCM 13 : CDE → Sissi l'impératrice

- A. FAUX, des **isobares** sont des éléments qui ont le **même** A (nombre de masse ou nombre de nucléons). Le Carbone C (14; 6) a un nombre de masse de 14 et l'Oxygène O (16; 8) de 16. Cependant, ils sont isotones, ayant tous les deux 8 neutrons.
 - NB : n'oubliez pas de vous référer au tableau périodique présent en fin de sujet.
- B. FAUX, des isotones sont des éléments qui ont le même N (nombre de neutrons).
 - > N = A Z car A est le nombre de nucléons et Z le nombre de protons.
 - ➤ Or, le nickel Ni(58 ; 28) possède (58 28) = 30 neutrons et le nickel Ni(59 ; 28) en a 31. Cependant, ils sont isotopes, ayant tous les deux 28 protons.
- C. VRAI, des isotopes sont le même élément, ayant le même numéro atomique Z mais un nombre de neutrons (et donc de nucléons A) différent. L'Hydrogène a un proton (c'est son unique nucléon), le Deutérium est un Hydrogène avec un neutron en plus et le Tritium a deux neutrons en plus de l'Hydrogène. Ils sont bien isotopes car ils possèdent tous un seul proton.
- D. VRAI, des isotones sont des éléments qui ont le même N (nombre de neutrons),
 - \rightarrow N = A Z.
 - ➤ Le Tritium (isotope de l'Hydrogène) a deux neutrons, tout comme l'Hélium (4 2).
- E. VRAI, des isobares sont des éléments qui ont le même A (nombre de masse ou nombre de nucléons). Si le Néon a un nombre de masse égal à 20 et qu'il perd un neutron, il se retrouve avec A = 19.
 - → II est donc **isobare** du Fluor 19.

QCM 14 : BD → Le père Noël est une ordure (un classique)

A. FAUX, le défaut de masse se détermine grâce à la relation suivante :

- \circ $\Delta m = [(A-Z) \times m(neutron) + Z \times m(proton)] M(Br)$
- \circ $\Delta m = (45 \times 1,01 + 35 \times 1,01) 79,904$
- \circ $\Delta m = (45,45 + 35,35) 79,904$
- \circ $\Delta m = 80,80 79,904$
- \circ $\Delta m = 0.896 u$
- B. VRAI, cf. item A.
- C. FAUX, d'après l'item A, on sait que $\Delta m = 0.896$ u.
 - De plus, 1 u = 1000 MeV.
 - \circ E_L = 0,896 x 1000
 - \circ E_L = 896 MeV.
- D. VRAI, cf. item C.
- E. FAUX, l'énergie de liaison par nucléon s'obtient en divisant l'énergie de liaison par le nombre de nucléons (= A, le nombre de masse).
 - Donc, E₁/A= 896/80 = 11,2 MeV.

NB : en temps normal, l'énergie de liaison ne dépasse pas 9 et est maximale pour le ⁵⁶Fe. Elle est ici supérieure car nous avons utilisé des approximations pour la masse des protons et des neutrons.

QCM 15 : C → RRRrrr!!!

A. FAUX,

- > Commençons par analyser les données.
 - \rightarrow On connaît la masse atomique du Xénon 131 et on sait qu'il est produit par une **désintégration** β ⁻ suivie d'une émission γ . On cherche la masse atomique du noyau père : l'lode 131.
 - → On utilise donc la formule :

$$E_{\text{libérée}} = dm \times c^2 = (M_X - M_Y) \times c^2$$

avec:

- E_{libérée} en MeV
- La différence de masse dm en u
- La masse atomique du noyau père M_x en u
- La masse atomique du noyau fils My en u
- → II faut penser à convertir les keV des données en MeV.

La désintégration n'est pas pure, elle est suivie d'une émission γ. On peut donc écrire :

$$E_{libérée} = E_{\beta-max} + E_{\gamma}$$

- → Attention, la désintégration n'est pas pure, il faut bien utiliser l'énergie totale pour le calcul.

 Faites toujours très attention à vérifier si votre désintégration est <u>pure ou suivie d'une transition</u> énergétique!
 - \rightarrow On considère la désintégration majoritaire, c'est à dire la **désintégration** $\beta_{(1)}^{\cdot}$ (qui se produit dans 89,9% des cas) suivie de l'émission γ_1 (qui se produit dans 81,7% des cas).

NB : en prenant la désintégration minoritaire ça fonctionne aussi.

On a:

- M_X la masse atomique du noyau père : M_{I-131}
- M_Y la masse atomique du noyau fils : M_{Xe-131} = 130,905082 u
- $E_{max}(\beta_{(1)}) = 606,3 \text{ keV}$
- $E(\gamma_1) = 364,489 \text{ keV}$
- 1 u ≈ 1000 MeV
- Calculons l'énergie libérée lors de la transformation de l'Iode 131 en Xénon 131 stable :

 - $\circ \quad \mathsf{E}_{\mathsf{lib\acute{e}r\acute{e}e}} = \mathsf{E}_{\mathsf{max}}(\beta^{\mathsf{T}}_{(1)}) + \mathsf{E}(\gamma_1)$
 - \circ E_{libérée} = 606,3 + 364,489
 - E_{libérée} = 970,789 keV
 - o E_{libérée} = 970,789.10⁻³ MeV
- On peut désormais passer au calcul de la masse atomique de l'Iode 131 :
 - \circ E_{libérée} = dm x c²
 - \circ $\mathsf{E}_{\mathsf{lib\acute{e}r\acute{e}e}} = (M_{\mathsf{l-131}} M_{\mathsf{Xe-131}}) \times \mathsf{C}^2$
 - \circ $E_{libérée}/c^2 = M_{l-131} M_{Xe-131}$
 - \circ $M_{1-131} = E_{libérée}/c^2 + M_{Xe-131}$

 - \circ $M_{I-131} = 970,789.10^{-6} + 130,905 082$
 - \circ $M_{1-131} = 0,000 970 789 + 130,905 082$
 - \circ $M_{1-131} = 130,906 052 789$
 - \circ $M_{1-131} \approx 130,906 053 u$

Si vous avez coché cet item, c'est que vous n'avez pas pensé à convertir les keV en MeV.

- B. FAUX, cf item A. Si vous aviez coché cet item, c'est que vous n'avez pas pensé à convertir les keV en MeV ET que vous avez utilisé seulement l'énergie de la désintégration $\beta^{-}_{(1)}$.
- C. VRAI, cf item A.
- D. FAUX, cf item A. Si vous avez coché cet item, c'est que vous avez utilisé seulement l'énergie de la désintégration $\beta^{-}_{(1)}$ et non pas la totale.
- E. FAUX, cf item A. Si vous avez coché cet item, c'est que vous avez utilisé seulement l'énergie de l'émission $\gamma_{(1)}$ et non pas la totale.

QCM 16 : BC → Usual suspects (old but gold)

A. FAUX, lorsqu'un **noyau est excité**, **deux mécanismes** lui permettent de passer à un niveau de moindre énergie ou de retourner à l'état fondamental :

- ightharpoonup l'émission de rayonnements γ : désexcitation du noyau après une réaction α , β ⁺, β ⁻, ou capture électronique.
- ➤ la conversion interne : surplus d'énergie transféré à un électron d'une couche K, qui est alors éjecté.

L'item est donc faux car le **transfert d'énergie nucléaire** au cours de la conversion interne se fait vers **un électron d'une couche interne (couche K).**

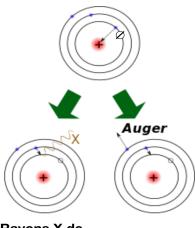
<u>Moyen Mnémo</u>: conversion <u>interne</u> \rightarrow transfert d'énergie vers un électron d'une couche <u>interne</u>, proche du noyau. Le noyau transmet son énergie à un électron qui sera proche de lui, il n'ira pas plus loin que la couche interne.

- B. VRAI, la capture électronique se produit pour les noyaux excédentaires en protons. Elle consiste en la capture, par le noyau, d'un électron d'une couche profonde (K ou L): A_ZX + 0.1e = A_{Z-1}Y + 0.1e = A_{Z-1}Y + 0.1e à la capture de l'électron, il y a une place vacante au sein du cortège électronique. La conversion interne (cf correction item précédent) en éjectant un électron, aboutit également à l'apparition d'une place vacante.
- C. VRAI, suite à la capture électronique, le réarrangement du cortège électronique se fait soit par :
 - > Effet Auger
 - Émission de rayonnement X de fluorescence

Au cours de l'émission de rayonnements X de fluorescence, un électron d'une couche plus externe comble la place vacante (suite à la CE) et se rapproche du noyau. La couche interne étant de plus basse énergie, l'électron porte une énergie excédentaire qui se traduira par l'émission d'une énergie de fluorescence. Ce rayonnement se retrouve alors sous la forme d'un spectre de raies.

ightarrow L'identification de rayonnements de fluorescence permet bien la détection de capture électronique.

Place vacante suite à la CE



Rayons X de fluorescence

Effet Auger

- D. FAUX, lors de l'effet Auger, un électron se déplace pour occuper la place vacante en couche interne. Provenant d'une couche plus externe, il porte une énergie excédentaire. Cette énergie est transférée à un électron d'une couche périphérique, qui est ensuite éjecté : c'est l'électron Auger. Ce dernier n'est donc pas voisin du noyau.
- E. FAUX, suite à l'effet Auger, l'atome est ionisé car l'électron Auger est éjecté de l'atome. On perd ainsi une charge négative ce qui aboutit à la formation d'un cation. Par ailleurs, le photon X de fluorescence pourra ioniser d'autres atomes.

QCM 17 : BD → La cité de la peur

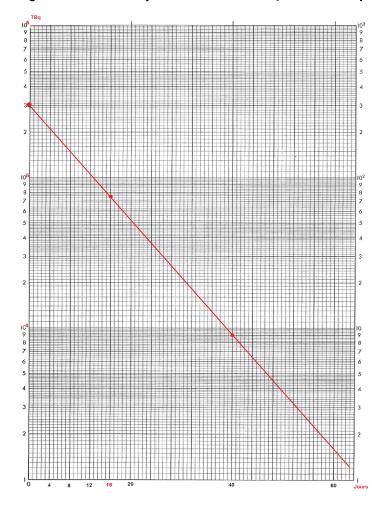
- A. FAUX, il y a deux façons de répondre à ce QCM : les calculs et le papier semi-log (à ne pas négliger !). On cherche ici une activité passée.
 - ightharpoonup Les calculs: on sait que à t = 16 jours, $A = 75.10^{15}$ Bq. On remarque alors que t = 2T (16 = 2 x 8 jours).

```
\circ A = A<sub>0</sub> / 2<sup>2</sup>

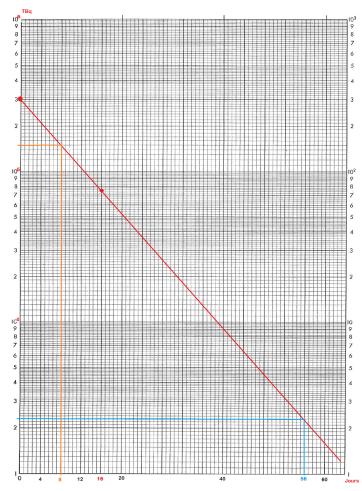
\circ A<sub>0</sub> = A x 4

\circ A<sub>0</sub> = 75.10<sup>15</sup> x 4 = 300.10<sup>15</sup> Bq = 3.10<sup>5</sup> TBq car 1 TBq = 10<sup>12</sup> Bq.
```

- ➤ <u>Le papier semi-log</u> : il est très utile soit pour vous **épargner des calculs compliqués**, soit pour **vérifier vos calculs** car il est simple d'utilisation et rapide. Dans notre cas, **on change les échelles** comme cela nous arrange :
- → 1 carreau en abscisse = 4 jours. On commence en ordonnée à 10³ TBq (tous les 10 carreaux, on augmente d'une puissance de 10).
- → On a deux valeurs à placer 9.10³ TBq à 40 jours et 75.10³ TBq à 16 jours. Ensuite, on relie ces deux points et on regarde l'activité au jour 0. On trouve A₀ = 3.10⁵ TBq.



- B. VRAI, cf. item A.
- C. FAUX, cf. item A.
- D. VRAI, pour cet item, le papier semi-log était extrêmement pratique car on pouvait trouver le résultat très rapidement.



A t = 56 jours on lit sur le papier semi-log : environ $2,3.10^3$ TBq.

Pour les calculs c'était plus compliqué, il fallait se rendre compte que **56 jours était un multiple de 7 périodes** (7 x 8) et bien connaître ses puissances de deux (ou pouvoir les retrouver en calculant).

- \circ **A = A₀ / 2⁷**
- \circ A = 3.10⁵ / 128
- A = 2343,75 TBq soit environ

2,3.10³ TBq.

NB:

- On pouvait aussi utiliser l'activité à 16 jours (75.10¹⁵ Bq) et la diviser par 2⁵ (56 16 = 40 jours soit 5 périodes)
- Ou encore utiliser l'activité à 40 jours (9.10³) et la diviser par 2² (56 40 = 16 jours soit 2 périodes). Ce dernier calcul était le plus simple (il semble plus simple de diviser par 4 que par 32 ou 128).
- E. FAUX, cf. item D.

QCM 18 : $C \rightarrow Invictus$

A. FAUX, on est face à un cas de dilution radioisotopique comprenant 4 composantes :

- Le volume contaminé initialement : V₁ = 2,5 L.
- La concentration C₁ en lode 131 dans le volume contaminé V₁. On connaît la masse m en lode qui est de 2,62 g et on connaît sa masse molaire M de 131 g/mol (la masse atomique est environ égale à la masse molaire !).
- Le volume d'eau total : V₂ = 10⁴ m³.
- La concentration C₂ en lode 131 après dilution dans le volume total V₂, que l'on recherche.
- > Pour résoudre notre problème, on utilise la relation suivante:

$$C_1.V_1 = C_2.V_2$$

Afin de se faciliter la tâche, on pouvait remarquer que $\mathbf{C} \times \mathbf{V} = \mathbf{n}$. Ainsi :

 $\begin{array}{ll} \circ & \mathbf{n_1} = \mathbf{C_2.V_2} \\ \circ & \mathbf{C_2} = \mathbf{n_1 / V_2} \\ \circ & \mathbf{C_2} = \mathbf{m / (M \times V_2)} \\ \circ & \mathbf{C_2} = \mathbf{2.62 / (131 \times 10^4)} \\ \circ & \mathbf{C_2} = \mathbf{2 \times 131.10^{-2} / 131.10^4} \\ \circ & \mathbf{C_2} = \mathbf{2.10^{-6} \ mol.m^{-3}} \end{array}$

Les unités sont des mol. m⁻³ car on a utilisé le volume en m³!

Vous pouviez calculer la concentration C_1 et la multiplier ensuite par V_1 et vous retrouviez le même résultat (mais c'était plus long).

On cherchait ici le <u>résultat en M</u> (mol/L).

- $C_2 = 2.10^{-6} \text{ mol.m}^{-3} = 2.10^{-6}.10^{-3} \text{ M} = 2.10^{-9} \text{ M}.$
- \underline{NB} : vous trouvez cet item VRAI si vous avez calculer C_1 et avez oublié de multiplier ensuite par V_1 et que vous n'avez pas converti en M.
- B. FAUX. cf. item A.
- C. VRAI, cf. item A.
- D. FAUX, cf. item A. On trouvait cet item VRAI si on avait divisé par V_1 et non V_2 et que l'on s'était trompé dans les conversions en M.
- E. FAUX, cf. item A.

QCM 19 : BCDE → Harry Potter et le Prince de Sang Mêlé (HP ma vie walou)

A. FAUX, le Carbone-14 est effectivement un radioélément naturel (car présent dans la nature sans nécessité d'action humaine) induit (car sa production nécessite la présence d'une particule extérieure pour être initiée). Par contre, c'est une réaction de type (n, p)! En effet, l'Azote-14 capte un neutron pour former le Carbone-14 et un proton.

$${}^{14}_{7}N \quad + \left(\begin{smallmatrix} 1 \\ 0 \\ \end{smallmatrix}\right) \quad \longrightarrow \quad {}^{14}_{6}C \quad + \left(\begin{smallmatrix} 1 \\ 1 \\ \end{smallmatrix}\right)$$

- B. VRAI, différentes conditions sont nécessaires pour utiliser la datation au Carbone-14 :
 - ☐ Il y a nécessité d'avoir un être ayant été vivant (il n'est donc pas question de pierres ou minéraux en tout genre) ;
 - □ Cet être vivant doit être **décédé**. Le CO₂ peut être composé de Carbone-12 mais aussi de Carbone-14 (CO₂ radioactif). Par conséquent, lorsqu'un organisme est vivant, il métabolise du Carbone-14. Pour étudier la proportion de Carbone-14 qui décroît (par rapport au Carbone-12 qui reste stable), le nombre de noyaux de Carbone-14 de base doit être fixe et ainsi, l'organisme ne doit réaliser aucun échange.
 - ☐ L'ancienneté du décès ne doit pas dépasser 75 000 ans. Au-delà, le Carbone-14 ne peut être détecté avec les techniques actuelles.
- C. VRAI, les isotopes de cyclotron sont produits à partir d'accélérateurs de particules chargées c'est-à-dire d'électrons, protons ou encore de particules alpha.
- D. VRAI, la fusion est encore un phénomène que l'on cherche à réaliser, ce n'est <u>pas abouti</u> pour l'instant. On cherche à fusionner deux isotopes de l'hydrogène : du deutérium et du tritium. La fusion de ces deux noyaux permet alors de former de l'hélium et libère une grande quantité d'énergie propre (sans déchets radioactifs). De nombreux projets comme le <u>projet ITER</u> (International Thermonuclear Experimental Reactor) ont pour vocation d'arriver un jour à faire une fusion nucléaire.
- E. VRAI, si la fission n'est pas maîtrisée, on se retrouve avec un phénomène exponentiel où l'énergie libérée devient très importante, risquant ainsi l'explosion du réacteur. C'est pour cela que les neutrons rapides générés par la fission sont ralentis via un modulateur et que l'on retrouve des absorbeurs de neutrons afin de contrôler la réaction.

$\underline{\text{QCM 20}}$: ABDE \rightarrow Le monde de Némo

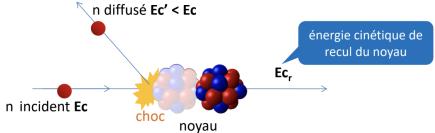
- A. VRAI, il existe **4 classes de neutrons** : les neutrons **lents** (ou **thermiques**), **intermédiaires**, **rapides** et de **haute énergie**.
 - Les neutrons ayant une énergie < 10 keV interagissent avec les noyaux par capture.
 - → C'est le cas des neutrons lents (ou thermiques) et des neutrons intermédiaires avec une faible énergie.
 - Les neutrons ayant une énergie > 10 keV réagissent avec les noyaux par diffusion.
 - → C'est le cas des neutrons intermédiaires, rapides et de haute énergie.

Neutrons	Énergie	Types d'interaction	
Lents ou thermiques	E < 0,1 keV	Capture	
Intermédiaires	0,1 keV < E < 20 keV	E < 10 keV	
Rapides	20 keV < E < 10 Mev	Diffusion E > 10 keV	
Haute énergie	E > 10 MeV		

B. VRAI, la diffusion <u>élastique</u> est possible pour les neutrons rapides et donc très pénétrants.

NB : la probabilité de choc entre un neutron et le noyau est faible (mais elle reste plus élevée qu'entre les électrons et le neutron).

Lors de son interaction avec la matière, le neutron transfère une partie de son énergie cinétique au noyau.

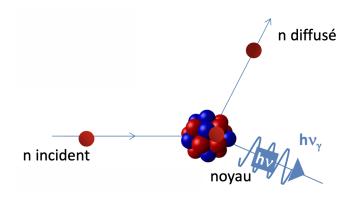


Suite à ce transfert d'énergie, le noyau recule et le neutron est dévié avec une énergie cinétique inférieure à celle du neutron incident.

Le choc du neutron sur le noyau entraîne un mouvement du noyau, qui devient potentiellement ionisant (ionisations indirectes pouvant être dangereuses).

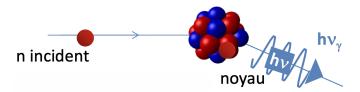
Attention, ce type d'interaction n'entraîne pas l'émission d'un photon γ !

C. FAUX, la diffusion <u>inélastique</u> est possible pour les **neutrons rapides**. Le neutron incident est capturé par le noyau. Le noyau, excité, émet ensuite un neutron et un photon \underline{y} ionisant.



D. VRAI, les captures de neutron ne sont possibles que pour les neutrons lents.

NB : neutrons thermiques est un synonyme de neutrons lents ! Lors d'une capture <u>radiative</u>, le neutron lent incident est capturé par le noyau qui devient alors excité. Le noyau revient à l'état stable en émettant un photon γ .



E. VRAI, la capture non radiative d'un neutron par le noyau est possible pour les neutrons lents.

La capture du neutron entraîne la formation d'un **isotope instable**. Le noyau émet ensuite une **particule** β pour revenir à l'état stable. Il s'agit d'un processus de production de radioéléments

émetteurs β⁻.

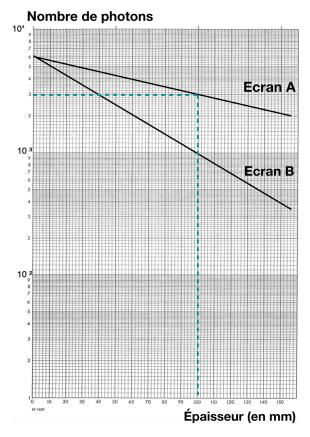
Dans la capture non radiative, le noyau peut aussi se stabiliser par **fission**.

Récap

Atténuation d'un faisceau de neutrons					
Neutrons lents		Neutrons rapides			
Capture radiative	Capture non radiative	Diffusion élastique	Diffusion inélastique		
Capture du neutron par le noyau	Capture du neutron par le noyau	Transfert de l'énergie cinétique du neutron au noyau sous forme d'énergie cinétique	Neutron capturé par le noyau puis relâché noyau état excité		
Le noyau se stabilise par <u>émission</u> γ	Le noyau se stabilise par <u>émission</u> β ou fission		Le noyau se stabilise par <u>émission</u> γ		

QCM 21 : ACE → Le Dîner de cons

- A. VRAI, le **coefficient d'atténuation linéique** caractérise **l'atténuation** d'un faisceau de photons en fonction du milieu traversé. **Son unité est le m**⁻¹.
 - On cherche ici à connaître μ_{écran A}. À l'aide du papier semi-log, on déduit la CDA de l'écran A. On rappelle que la CDA (Couche de Demi-Atténuation) représente l'épaisseur nécessaire pour diminuer de moitié le flux de photons incidents.
 - Le flux incident est composé de 6 x 10³ soit 6 000 photons. La CDA représente ainsi l'épaisseur d'écran A nécessaire pour absorber 3 000 photons.
 - On se positionne sur l'axe des ordonnées au point correspondant à 3000 photons puis on trace l'horizontale jusqu'à croiser la droite d'atténuation de l'écran A. En reportant sur l'axe des abscisses, on obtient CDA écran A = 100 mm soit 10 cm.
 - ➤ Le coefficient d'atténuation linéique est lié à la CDA par la formule suivante :
 - μ = ln 2 / CDA.
 - \bullet $\mu = 0.7 / 10.$
 - $\mu = 7.10^{-2} \text{ cm}^{-1}$.
 - $\mu = 70.10^{-3} \text{ cm}^{-1}$.

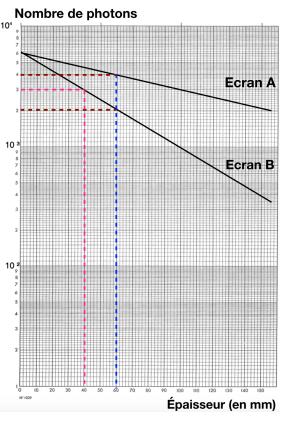


- B. FAUX, on raisonne de la même façon que pour l'item précédent avec l'écran B cette fois-ci. Sur le graphique, on lit *(pointillés roses)* : **CDA**_{écran B} = **4 cm**. Ainsi, on a :
 - $\mu = 0.7 / 4$.
 - $\mu = 0.7 \times 0.25$.
 - $\mu = 0.175 \text{ cm}^{-1}$.
 - $\mu = 175 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1} \text{ (et non m}^{-1}\text{)}$
- C. VRAI, le facteur d'atténuation (FA) est donné par la formule suivante : $N_0/N = 2^{x/CDA}$, avec
 - N₀ le nombre initial de photons.
 - N le nombre de photons transmis.
 - x l'épaisseur de l'écran.
 - CDA, la couche de demi atténuation de l'écran en question.
 - ➤ Une épaisseur d'écran A de 6 cm laisse passer 4 000 photons (on se place à 6 cm sur l'axe des abscisses [pointillés bleus] et on reporte cette donnée sur l'axe des ordonnées).

Ainsi,
$$FA_{\text{écran A}} = 6000 / 4000 = 1,5$$
.

Un écran B de même épaisseur (6 cm) transmet 2 000 photons.

Ainsi
$$FA_{\text{écran B}} = 6000 / 2000 = 3$$
.



Le facteur d'atténuation de l'écran A est donc 2 fois plus faible que celui de l'écran B pour une même épaisseur.

- D. FAUX, on cherche à connaître le nombre de photons transmis par un écran B d'épaisseur 16 cm. On utilise la formule suivante donnant le nombre de photons transmis :
 - $\bullet \quad N = N_0 / 2^{x/CDA}$
 - N = 6 000 / 2^{16/4}
 - $N = 6000 / 2^4$
 - N = 6000 / 16
 - $N = 3 \times 2 \times 1000 / 8 \times 2$
 - $N = 3 \times 0.125 \times 1000$
 - N = 375 photons < 400 photons.

NB : on pouvait répondre plus rapidement en remarquant qu'à 15 cm (là où s'arrête la courbe), à peu près 400 photons sont transmis. Ainsi, pour une épaisseur plus importante, il y aura forcément moins de 400 photons transmis (on peut le déduire par lecture graphique).

- E. VRAI, on cherche à connaître l'épaisseur d'écran A nécessaire pour atténuer le même nombre de photons qu'un écran B d'épaisseur 16 cm. On sait que pour 16 cm, le facteur d'atténuation de l'écran B vaut 16 (2x/CDA = 24 = 16). Comme on veut la même atténuation pour l'écran A, on peut écrire :
 - FA _{écran A} = 16
 - $2^{x/CDA} = 16 = 2^4$
 - x / CDA_{écran A} = 4
 - x = 4 x CDA_{écran A}
 - $x = 4 \times 10 = 40 \text{ cm}$
 - L'épaisseur d'écran A nécessaire pour transmettre 375 photons est de 40 cm (4 CDA). On retrouve bien : x écran B x 2,5 = x écran A ⇔ 16 x 2,5 = 40. L'item est donc juste.

NB: on pouvait raisonner autrement en remarquant que $CDA_A/CDA_B = 10/4 = 2,5$. De ce fait, pour une même atténuation, l'épaisseur de l'écran A est 2,5 fois plus grande que celle de l'écran B.

QCM 22: CE → Shrek

- A. FAUX, on sait qu'après la traversée des deux écrans A et B, le flux incident de photons subit une atténuation d'un facteur 32 (2⁵). On peut dire que :
 - $FA_{total} = FA_{ecran A} \times FA_{ecran B}$
 - $2^{x/CDA}$ total = $2^{x/CDA}$ (écran A) x $2^{x/CDA}$ (écran B)

Le produit de deux puissances du même nombre est une puissance de ce nombre. Pour multiplier deux puissances du même nombre, on ajoute les exposants.

PRODUIT DE PUISSANCES: $a^m \times a^n = a^{m+n}$

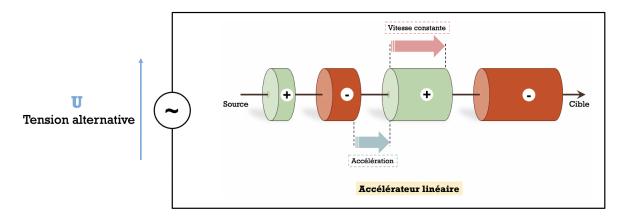
- $2^5 = 2^{x/CDA}$ (écran A) x $2^{x/CDA}$ (écran B)
- 5 = (x/CDA)_{écran A} + (x/CDA)_{écran B}

L'item A propose $x_B = 12$ cm et $x_A = 30$ cm. On rappelle que CDA_{écran A} = 10 cm et CDA _{écran B} = 4 cm.

- 12/4 + 30/10 = 3 + 3 = 6 ≠ 5. L'item est faux, les épaisseurs sont données pour une atténuation d'un facteur **64** (2⁶) : chaque écran représentait 3 CDA.
- B. FAUX, l'item B propose : $x_B = 8$ cm / $x_A = 20$ cm. $8/4 + 20/10 = 2 + 2 = 4 \neq 5$. L'item est faux, les épaisseurs sont données pour une atténuation d'un facteur **16** (2⁴).
- C. VRAI, l'item C propose : $x_B = 10$ cm / $x_A = 25$ cm. 10/4 + 25/10 = 2.5 + 2.5 = 5. L'item est juste, l'atténuation est bien de 32 (2⁵).
- D. FAUX, l'item D propose : x_A = 6 cm / x_B = 35 cm. 6/10 + 35/4. Or, 35/4 > 5. L'item est faux. Attention, à ne pas confondre les écrans et leur CDA.
- E. VRAI, l'item E propose : $x_B = 14$ cm / $x_A = 15$ cm. 14/4 + 15/10 = 7/2 + 1,5 = 3,5 + 1,5 = 5. L'item est juste, l'atténuation est bien de 32 (2⁵).

QCM 23 : BD → L'âge de glace 4 https://www.youtube.com/watch?v=E600dodCw8A

A. FAUX, l'accélérateur linéaire est bien formé d'électrodes consécutives. Cependant, les différences de potentiel sont appliquées entre ces électrodes. À l'intérieur de l'électrode, la vitesse reste constante.



Principe de l'accélérateur linéaire :

- → Une **source initiale** <u>produit des électrons</u> qui seront ensuite <u>accélérés entre chaque</u> <u>électrode</u> grâce à l'application d'une <u>différence de potentiel</u>. Cette tension est <u>alternative</u> et permet aux <u>électrodes</u> positives de <u>devenir négatives</u>, et inversement, à chaque cycle. Les électrons seront alors <u>attirés à l'avant</u> par une électrode positive et, <u>à l'arrière</u>, <u>repoussés</u> par une électrode <u>négative</u>.
- → Progressivement, **leur vitesse va augmenter**. À la sortie de l'électrode positive, l'électron se trouve face à une électrode négative. Mais la tension alternative permet la transition pour <u>toujours avoir une électrode positive à l'avant et une électrode négative à l'arrière de l'électron</u>.

- → Cependant, la durée d'un cycle reste constante, et le temps passé à l'intérieur d'une électrode doit toujours être le même. Comme la vitesse est constante à l'intérieur de l'électrode, il est nécessaire d'augmenter leur longueur (t = d/v ⇔ pour que t reste constant, il faut que d augmente proportionnellement à v). Ainsi, la longueur des électrodes augmente le long de l'accélérateur.
- → Finalement, l'accélération des électrons leur permet d'acquérir une énergie très élevée (supérieure au MeV) entraînant la production de rayons X hautement énergétiques lors de l'arrivée du faisceau sur la cible.
- B. VRAI, les rayons X sont produits par **accélération d'un faisceau initial d'électrons**. Ce faisceau est envoyé sur une cible, avec laquelle il va interagir pour produire des rayons X. Il existe différents dispositifs dont :
 - Le tube de Coolidge
 - L'accélérateur linéaire
 - L'accélérateur circulaire : le **cyclotron**
- C. FAUX, l'adjonction d'un produit de contraste radio-opaque n'est nécessaire que pour les tissus mous, non observables en radiographie simple. On distingue parmi ces structures molles : les muscles, les tendons, le cerveau et les organes abdominaux. Elles ne pourront être observées qu'en radiographie de contraste.

Les poumons, quant à eux, sont bien observables en radiographie simple, bien qu'ils aient une densité très faible. En effet, ils atténuent très peu, voire pas du tout, les photons incidents. Beaucoup de photons seront alors transmis et les poumons vont apparaître noirs (clarté) sur l'image radiologique.

- D. VRAI, en imagerie, le coefficient linéique d'atténuation dépend de 2 facteurs :
 - L'énergie des photons : plus l'énergie des photons est grande, plus l'atténuation est faible.
 - La **nature des tissus** : les os sont très absorbants alors que les poumons le sont très peu.
- E. FAUX, il faut bien distinguer "clarté" et "opacité" sur le négatif de l'organe!

La clarté désigne une zone où beaucoup de photons sont transmis. Elle est caractéristique des tissus peu absorbants, qui apparaissent foncés sur le cliché radiologique.

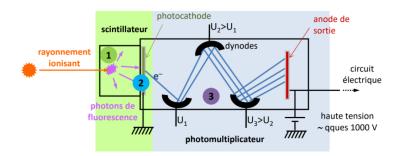
C'est notamment le cas des poumons, ou des organes creux remplis d'air.

L'opacité désigne une zone où peu de photons sont transmis. Elle est caractéristique des tissus très absorbants, qui apparaissent de couleur clair sur le cliché radiologique.

C'est notamment le cas des os ou du cartilage.

QCM 24 : CDE → Dirty dancing

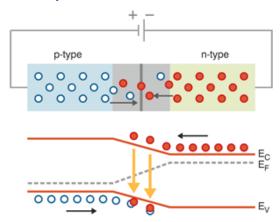
- A. FAUX, un détecteur à scintillation est effectivement formé de ces deux éléments mais l'ordre cité est incorrect :
 - En premier temps, il y a un **scintillateur** qui est le "véritable détecteur" dans lequel le rayonnement incident va exciter des atomes qui vont émettre **des photons de plus faible énergie** en retournant à leur état fondamental. Ces photons vont ensuite atteindre une **photocathode** et, par **effet photoélectrique**, être convertis en signal électrique.
 - Puis, on trouve un photomultiplicateur. Ce dernier est un amplificateur permettant la multiplication du nombre d'électrons grâce à une accélération couplée à de nombreuses ionisations en chaînes.



B. FAUX, dans ce type de scintillateur dit organique, le rayonnement β est d'abord absorbé par le solvant : les molécules vont passer à l'état excité. Cette énergie est ensuite transférée au soluté qui va, à son tour, être excité et c'est la désexcitation de ces molécules du soluté qui provoque l'émission de photons lumineux.

Rappel : ce type de scintillateur est plutôt utilisé pour la détection des émissions β peu énergétiques.

- C. VRAI, les scintillateurs minéraux permettent la conversion d'un rayonnement très énergétique ionisant (absorbé par le cristal) en un rayonnement de plus faible énergie. Ces derniers peuvent servir à la détermination de l'activité d'émetteur γ in vitro ou dans une région localisée comme la thyroïde par exemple.
- D. VRAI, la jonction PN correspond à la mise en contact d'un matériau dopé N (produit des électrons) et d'un matériau dopé P (forme les trous). Cette jonction va former une zone de déplétion où va se produire la recombinaison entre électrons et trous. Ce déplacement de charges crée alors un courant et donc un champ électrique.



E. VRAI, les rayonnements cosmiques, la radioactivité naturelle ou encore l'agitation thermique sont des basses fréquences mesurées en l'absence de source radioactive : c'est ce que l'on appelle le bruit de fond du détecteur noté BF. La valeur du BF va varier en fonction du détecteur et du rayonnement détecté.

QCM 25 : BCDE → Intouchables

A. FAUX, la dose absorbée est le rapport de la quantité d'énergie déposée par le rayonnement par unité de masse, elle prend donc en compte uniquement l'énergie et la masse.

$$D = dE_a/dm$$

Cette grandeur permet de quantifier l'interaction d'un rayonnement avec la matière et s'exprime en **Gray** (1 Gy = 1 J/kg).

- B. VRAI, cf. item A.
- C. VRAI, la dose équivalente H correspond à la dose absorbée D multipliée par le facteur de pondération du rayonnement \mathbf{W}_{R} .

$$H = D \times W_{R}$$

Cette grandeur permet de comparer l'effet biologique d'une même dose délivrée par des rayonnements de nature différente et s'exprime en **Sievert** (Sv).

Elle correspond donc à une dose absorbée, mais cette fois-ci en prenant en compte la nuisance du rayonnement.

D. VRAI, c'est d'ailleurs toute l'utilité de cette grandeur dosimétrique : le facteur de pondération tissulaire W_T utilisé pour calculer la dose efficace E permet de connaître le risque pour un tissu en particulier lors d'une exposition globale.

$$E = W_T \times H_T$$

Le facteur de pondération tissulaire prend donc en compte la radiosensibilité d'un tissu à une exposition, et permet de calculer le risque pour ce tissu.

La dose efficace est une grandeur qui reflète les risques tardifs d'induction de cancer et de conséquences génétiques dues à une irradiation. Ces risques sont variables en fonction de la nature du ou des tissus considérés. Elle traduit donc une irradiation locale en termes d'exposition globale (c'est-à-dire du corps entier). Elle s'exprime en Sievert (Sv).

E. VRAI, la formule de la dose efficace correspond à :

$$E = W_T.H_T \leftrightarrow H_T = E/W_T$$

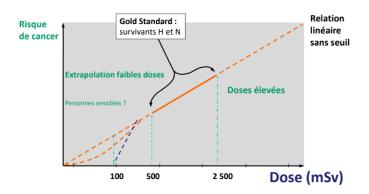
avec H_T la dose équivalente, E la dose efficace et W_T le facteur de pondération tissulaire. Ainsi, on voit bien que H et W_T sont inversement proportionnels.

QCM 26 : BDE \rightarrow Forrest Gump

- A. FAUX, c'est l'inhibition d'un anti-oncogène qui peut initier le processus de cancérogenèse. En effet, si on empêche ce type de protéine de fonctionner correctement, on va l'empêcher de jouer son rôle qui est justement de bloquer les processus potentiellement cancérogènes. Une autre manière d'activer les processus cancérogènes est d'activer un proto-oncogène, qui va, au contraire, favoriser la multiplication cellulaire.
- B. VRAI, la mort cellulaire par mitose correspond à une perte des capacités de prolifération. A chaque tentative de mitose, processus qui permet le renouvellement du tissu par division cellulaire, une partie des divisions n'a pas lieu, ce qui induit in fine l'extinction de la lignée cellulaire et donc la mort de l'organe.
 - → De ce fait, les tissus à renouvellement rapide c'est-à-dire à forte activité mitotique sont plus rapidement touchés par ce type de mort cellulaire induites par les rayons.
- C. FAUX, au contraire, l'oxygène est un radiosensibilisateur, c'est-à-dire qu'il amplifie les effets des rayons car il fragilise les cellules en augmentant leur radiosensibilité. De ce fait, les cellules <u>hypoxiques</u>, c'est-à-dire qui manquent d'O₂, vont être plus résistantes aux rayons.

C'est pour cela que l'on cherche à réoxygéner les tumeurs afin d'augmenter leur sensibilité à la radiothérapie.

- D. VRAI, en effet, la radio cancérogenèse dépend de plusieurs facteurs et notamment de 3 étapes:
 - l'initiation via une mutation génétique (souvent plusieurs)
 - la promotion de la prolifération des cellules initiées
 - la progression qui correspond à la prolifération sans stimulation. A ce stade, les cellules acquièrent leur caractère malin, on observe la formation de clones et de métastases (migration vers la périphéries des cellules malignes).
- E. VRAI, en effet, il existe toujours des risques suite à l'utilisation de rayonnements ionisants (d'où l'intérêt de la radioprotection). Il est établi que ce risque augmente avec la dose reçue. Cependant, des questions se posent encore quant aux faibles doses (et donc un risque quasiment inexistant en deçà d'un certain seuil) et un potentiel effet des antécédents des patients par exemple.
 - → On retiendra néanmoins le modèle d'une relation linéaire sans seuil.



QCM 27 : D → Seigneur des anneaux 1, Gandalf qui se bat contre le Balrog

A. FAUX, afin de calculer la DL₅₀ des rayonnements β^{-} , il faut poser l'équation suivante : DL₅₀ = D₀.In(2)

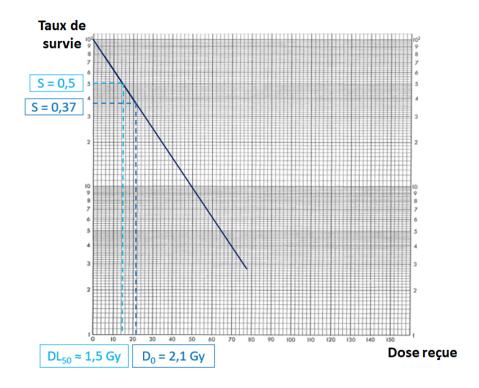
- \circ DL₅₀(β -) = 2,1 x 0,7
- \circ DL₅₀(β ⁻) = 1,47 Gy

Attention à bien multiplier par 0,7 et non diviser!

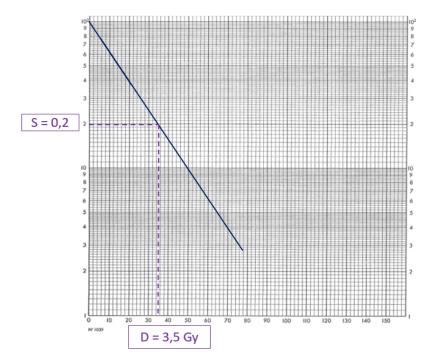
NB : la dose nécessaire pour avoir une survie de 50% (donc une mortalité de 50%) est forcément plus faible que la dose nécessaire pour avoir une survie de 37% (et donc une mortalité de 63%).

- B. FAUX, afin de calculer la dose pour laquelle la survie est égale à 0,02, il faut tracer la représentation graphique de notre situation grâce au papier semi-logarithmique :
 - On connaît la D₀ et on vient de calculer la DL₅₀: on dispose donc de 2 points qui vont nous permettre de tracer la droite représentant le taux de survie des cellules en fonction de la dose reçue en rayonnements β⁻.

<u>NB</u>: connaître les deux doses n'étaient pas nécessaires. Si vous n'aviez pas trouvé la DL_{50} dans l'item A, vous pouviez quand même tracer la courbe. En connaissant D_0 et en sachant que pour une dose égale à 0, le taux de survie est de 1 (soit 100%), on pouvait relier ces deux points et déduire les taux de survie en fonction des doses (et déduire aussi la DL_{50} par lecture graphique dans l'item A).



On se place à une dose D = 3,5 Gy



On s'aperçoit que **pour une dose de 3,5 Gy, on a une survie cellulaire de 0,2** et non 0,02. La survie est donc de **20%** à **3,5 Gy**.

- → Attention à l'échelle du papier semi-log.
- C. FAUX, afin de connaître la DL_{50} des rayonnements α , il fallait se servir de l'efficacité biologique relative qui est égale à 3.
 - EBR = $D_i/D_i = 3$
 - D_i correspond à la dose absorbée du rayonnement de référence : rayonnements β⁻.
 - D_i correspond à la dose absorbée du rayonnement étudié : rayonnements α.
 - → Les deux doses ont le <u>même effet</u> (= même taux de survie) sur la population cellulaire.
 - Calcul de la D₀ des rayonnements α :

 - $O D_0(\alpha) = D_0(\beta^-)/3$
 - $O_0(\alpha) = 2.1/3$
 - $O D_0(\alpha) = 0.7 Gy$
 - ➤ Une fois la D₀ trouvée, on pouvait trouver sa DL₅₀ en posant le calcul suivant :
 - $\circ \quad \mathbf{DL}_{50}(\alpha) = \mathbf{D}_{0}(\alpha) \times \ln(2)$
 - \circ **DL**₅₀(α) = **0**,**7** x 0,**7**
 - \circ DL₅₀(α) = 0,49 Gy

On trouvait 4,41 si on avait calculé en plaçant le rayonnement de référence en dénominateur : $D(\alpha)/D(\beta^{-})$.

D. VRAI, on observe que la $D_0(\alpha)$ est inférieure à la $D_0(\beta^2)$.

Il faut donc une dose moins importante de rayonnements α pour obtenir la même survie cellulaire (et donc mortalité) que celle obtenue pour des rayonnements β .

 \rightarrow Les rayonnements α sont plus nuisibles que les β .

On en déduit donc que pour une même dose, les cellules soumises aux rayonnements β survivront plus que celles soumises aux rayonnements α .

E. FAUX, cf. item D.

QCM 28 : ABDE → OSS 117, le Caire nid d'espions

- A. VRAI, en effet, les **effets déterministes** sont dus à des doses élevées qui auront pour conséquence de tuer les cellules touchées. Cette mort cellulaire causera des lésions tissulaires qui pourront être réparées ou non, par un repeuplement cellulaire.
- B. VRAI, dans le cas des effets déterministes, on observe bien une relation dose-effet.

Plus la dose sera importante, plus les effets seront importants.

- C. FAUX, les effets stochastiques sont à la fois dus à des doses faibles mais aussi à des doses importantes. En effet, les effets stochastiques causeront des dommages génétiques en modifiant l'ADN des cellules.
 - <u>NB</u> : Il n'y a **pas de dose seuil** au-delà de laquelle les effets apparaissent toujours. On parle ici de probabilité d'apparition en fonction de la dose.

Toute dose peut entraîner des effets.

- D. VRAI, comme vu item C, les effets stochastiques sont observés lors de mutations génétiques causées par les doses reçues.
- E. VRAI, c'est l'une des caractéristiques des effets stochastiques, à l'inverse des effets déterministes qui surviennent à court et moyen terme. De plus, une atteinte des cellules germinales pourrait avoir des effets sur la descendance (non prouvées pour l'instant) et donc à très long terme.

QCM 29 : BC → La folie des grandeurs

- A. FAUX, rappelons les différentes phases du syndrome d'irradiation aiguë :
 - La phase prodromique précoce.
 - > La phase de latence.
 - > La phase d'état critique.
 - > La mort/ convalescence, avec ± séquelles.

Les temps des différentes phases varient en effet en fonction de la dose reçue. Plus la dose est élevée, plus la phase prodromique est longue et plus la phase de latence est courte.

B. VRAI, au cours de la deuxième phase (phase de latence), on n'observe plus aucun symptôme. Les lésions cellulaires sont produites mais la manifestation clinique est retardée. Cette phase est d'autant plus courte et tardive que la dose d'irradiation est élevée.

NB : elle est plus tardive car la phase prodromique dure plus longtemps.

- C. VRAI, la phase d'état critique existe uniquement pour des doses supérieures à 1 Gy. Avant cela, il peut y avoir une phase précoce, mais sans phase critique.
- D. FAUX, la symptomatologie de la **troisième phase dépend de la dose reçue**. Plus cette dernière est importante, plus les symptômes seront graves. Par ordre croissant d'irradiation, on observe :
 - 1. Le syndrome hématopoïétique (2-6 Gy).
 - 2. Le syndrome gastro-intestinal (6-10Gy).
 - 3. Le syndrome neuro-vasculaire (> 10 Gy).
- E. FAUX, la **Dose Létale 50 (DL50)** est la dose dont la **probabilité de survie est de 50%**, en l'absence de traitement. Pour une **dose d'irradiation globale aiguë**, elle est voisine **de 4,5 Gy**.

QCM 30 : AE → Astérix et Obélix : mission Cléopâtre

A. VRAI, dans le corps humain, un élément radioactif est soumis à deux périodes différentes :

- la période physique qui lui est propre et correspond à sa désintégration.
- la période biologique liée à son élimination par l'organisme.
- → La période effective permet de prendre en compte ces deux périodes.

La période effective T_e de notre élément se calcule ainsi :

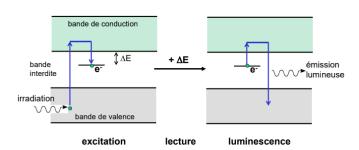
- $> 1/T_{bio} + 1/T_{ph} = 1/T_{e}$
- ➤ La période biologique T_{bio} est donnée : **80 jours.**
- ➤ La période de désintégration T_{ph} est donnée aussi : 8 jours.
 - $1/T_e = 1/80 + 1/8$
 - \bullet 1 / T_e = 1/80 + 10/80
 - $1/T_e = 11/80 \approx 10/80$ (approximation dans les données)
 - Soit T_e = 80/10 = 8 jours.

Après 8 jours, l'activité dans le corps est diminuée de moitié (soit 50%).

lci, on veut savoir au bout de combien de temps l'activité est diminuée de 25%. C'est-à-dire le temps au bout duquel l'activité correspond à 75% de l'activité initiale.

Ainsi, au bout d'une demi-période, l'activité sera de 75% : 8 jours / 2 = 4 jours.

- B. FAUX, cf. item A.
- C. FAUX, cf. item A. Attention, une diminution de 25% ne signifie pas qu'il reste 25% de l'activité initiale mais bien qu'on en a perdu 25% !
- D. FAUX, cf. item A.
- E. VRAI, le principe des détecteurs à luminescence stimulée retardée est le suivant : suite à l'action d'un rayonnement ionisant, un électron passe de la bande de valence à la bande de conduction puis est piégé dans la bande interdite (gap). La lecture se fait par ajout d'énergie provenant d'un chauffage (détecteur thermoluminescent) ou d'une impulsion IR (détecteur à stimulation optique). Ayant absorbés l'énergie, les électrons passent alors de la bande interdite, où ils étaient "coincés", à la bande de conduction. Par la suite, ils se désexcitent et retournent à la bande de valence.
 - → Cela se caractérise par l'émission d'un rayonnement de luminescence, permettant ainsi de désexciter les atomes.



QCM 31 : AB → Moi, moche et méchant

<u>Point important pour ce genre de QCM</u>: bien garder en tête que le débit de dose absorbé en un point est proportionnel à <u>l'inverse du carré</u> de la distance entre ce point et la source.

- Si la distance est divisée par x, le débit de dose sera multiplié par x² → d.x²
- Si la distance est multipliée par x, le débit de dose sera divisé par x² → d/x²
- A. VRAI, si Juliette reste à 2 m de la source émettrice de photons X durant 1 minute, la dose délivrée est de 100 mGy. Si elle reste à cette distance durant 3 minutes, la dose délivrée sera donc :
 - > D = 100 mGy x 3 soit 300 mGy.

Ainsi, lorsqu'on <u>augmente</u> le temps d'exposition, la dose délivrée augmente <u>proportionnellement</u> (l'inverse est vrai également).

B. VRAI, lorsque notre étudiante se rapproche de la source émettrice, la dose délivrée augmente. Lorsque l'on divise la distance qui la sépare de la source par 2, on multiplie la dose délivrée par 2² donc par 4.

$$\rightarrow$$
 D = 100 x 4 = 400 mGy

On remarque aussi que le temps d'exposition est toujours de <u>1 minute</u> donc il n'y aura pas de calculs supplémentaires à effectuer.

- C. FAUX, cf. item B. Attention, lorsque la distance est divisée par 2, la dose délivrée est multipliée par 2 <u>AU CARRÉ</u> donc par 4.
- D. FAUX, procédons par étapes:
 - On divise la distance Juliette-source par 4 (on passe de 2 m à 50 cm soit 0,5 m).
 - Donc, on va multiplier la dose délivrée par 4².
 - ➤ On a ainsi, une dose délivrée de 100 x 16 = 1 600 mGy soit 1,6 Gy en 1 minute.

Attention, le temps d'exposition n'est plus de 1 minute mais de 30 secondes. La dose délivrée est donc <u>réduite</u> comparée à celle que l'on aurait reçue en 1 minute : elle est <u>divisée par 2</u>.

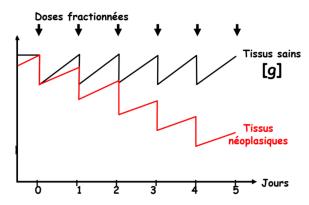
$$\rightarrow$$
 D = 1,6 / 2 = 0,8 Gy = 800 mGy

E. FAUX, une plaque d'1 cm d'épaisseur de **plexiglas** est adaptée pour arrêter les rayons β d'une énergie inférieure à 2 MeV. Pour atténuer un faisceau de **photons** X (ou même de photons

gamma), on utilisera préférentiellement une feuille/plaque de plomb ou tout autre matériau ayant un Z élevé.

QCM 32 : AC → Avatar

A. VRAI, le but du fractionnement est de **préserver au maximum les cellules saines** tout en détruisant les cellules cancéreuses. On vient ainsi davantage <u>cibler</u> notre traitement en favorisant la survie du tissu sain et des cellules normales : l'activité enzymatique de restauration de l'ADN se met ainsi en place lors des périodes sans irradiation pour régénérer le tissu. Les cellules cancéreuses, quant à elle, réparent mal et vont davantage mourir (==> fractionnement). Par ailleurs, grâce à l'homéostasie, la vitesse de multiplication des cellules normales évolue pour répondre aux besoins de prolifération contrairement à celle des cellules cancéreuses, insensibles à l'homéostasie (==> étalement).



- B. FAUX, le fractionnement est basé sur la règle des 5R
 - Réparation des cellules saines.
 - Redistribution dans le cycle : les cellules sont davantage radiosensibles en phases G2 et M du cycle cellulaire.
 - Ré-oxygénation des cellules tumorales hypoxiques : les cellules hypoxiques sont davantage résistantes au rayonnement.
 - Repopulation cellulaire.
 - Radiosensibilité intrinsèque liée au rapport α/\Box : plus le rapport est faible, plus les cellules sont sensibles au fractionnement.
- C. VRAI, cf. items A et B. Le fractionnement laisse le temps nécessaire aux cellules saines pour se réparer.
- D. FAUX, en irradiation unique, la dose délivrée au patient est limitée, de par les dégâts que l'on peut infliger au tissu (liés aux effets déterministes). L'avantage que confère le fractionnement est que l'on peut délivrer une plus grande dose au patient mais de manière étalée dans le temps. Ainsi, on peut arriver à une dose délivrée de 50 Gy au total pour une tumeur au niveau du sein (cela n'étant pas concevable si l'on parlait d'une dose unique).
- E. FAUX, le fractionnement n'est malheureusement pas une solution miracle pour le traitement de tous les cancers. Elle est difficile à mettre en œuvre pour les cancers de la sphère ORL notamment.

Quand on prend l'exemple du cancer de la prostate par exemple, on voit aussi que la piste d'un hypofractionnement serait peut être davantage prometteuse.

QCM 33 : CD → Brice de Nice

- A. FAUX, le MRP est couplé à un ligand/vecteur spécifique des récepteurs présents sur les cellules tumorales. Il ne se fixe donc pas aléatoirement. Dire qu'il présente des risques est vrai car on peut potentiellement trouver des récepteurs sur des cellules saines, analogues à ceux présents sur des cellules tumorales. Cependant il est faux de dire qu'il se fixe souvent sur des régions non spécifiques.
 - → Les MRP sont utilisés pour le diagnostic, la thérapie ou les deux : on parlera alors de MRP "théranostic".
- B. FAUX, il faut bien comprendre que les MRP sont utilisés pour des cas spécifiques. On n'utilisera pas les mêmes médicaments radio-pharmaceutiques si l'on fait du diagnostic ou de la thérapie. De

plus, en fonction de la maladie que l'on cherche à diagnostiquer/traiter, le choix changera également.

Les **vecteurs** associés à ces MRP permettent un fin ciblage des zones à atteindre. Pour certains atomes radioactifs, comme l'Iode, la concentration de l'élément dans un tissu spécifique se fait naturellement sans aide de vecteurs (la thyroïde pour l'Iode par exemple). Le MRP peut être ingéré ou administré directement dans la circulation sanguine.

C. VRAI, les vecteurs sont des molécules marquées qui sont généralement des **peptides**, **anticorps ou antigènes**.

Par exemple, les peptides sont utilisés dans le traitement des tumeurs neuro-endocrines. En effet, ce sont des analogues de récepteurs de la somatostatine. Ils vont se fixer sur ce récepteur en particulier et grâce à leur radiomarquage, on va pouvoir les utiliser pour du diagnostic ou de la thérapie.

D. VRAI, en effet, l'Iode 131 se fixe naturellement au niveau de la thyroïde et se désintègre par émission β et γ.

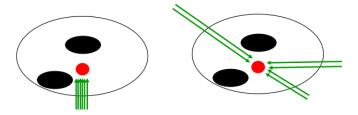
La scintigraphie détecte les rayons γ sortant du corps. Elle se fait entre 3 et 5 jours après la prise du traitement.

E. FAUX, le ²²³RaAlpharadin utilise comme vecteur le radium (analogue au calcium), qui a une affinité pour l'os en remodelage et les métastases osseuses.
L'émission alpha permet d'obtenir des lésions très localisées. Ce sont des lésions double brin de l'ADN des cellules lésées, se traduisant par un effet anti-tumoral important. En revanche, on observe une faible atteinte des tissus adjacents, le trajet de la particule alpha étant très court (2 à

QCM 34 : ABCDE → La cité de la peur

10 cellules).

A. VRAI, en effet la combinaison géométrique de faisceaux permet d'être plus précis et de limiter l'atteinte des tissus sains. Sur le schéma ci-dessous, l'orientation différente des faisceaux (à droite) permet de mieux cibler la tumeur tout en épargnant les cellules non cancéreuses.



- B. VRAI, la zone irradiée est toujours plus grande que la zone tumorale, pour être sûr de bien irradier toutes les cellules tumorales. Bien évidemment, le but étant que les cellules saines soient le moins touchées possible.
- C. VRAI, la synchronisation respiratoire est une technique assez récente permettant une grande précision. Lors du cycle respiratoire, le corps du patient bouge légèrement. Cette technique permet de réaliser l'irradiation au même moment du cycle afin d'irradier très précisément toujours le même endroit.
- D. VRAI, il existe des **réactions aiguës générales** (vomissement, fatigue, nausées...) et **cutanéo-muqueuses** (érythème, alopécie...). Ces réactions sont fréquentes, précoces et réversibles. Cependant, au-delà de 6 mois, les réactions sont irréversibles.
- E. VRAI, ils sont très rares mais les **cancers radio-induits** restent une possible réaction à la radiothérapie externe.