

## Cinématique du point.

### *Petites questions :*

- 1) Quel est le signe de la composante tangentielle de l'accélération d'une voiture qui freine en se déplaçant sur une trajectoire circulaire?
- 2) Montrez à l'aide d'un dessin que la variation du vecteur vitesse d'un objet en mouvement circulaire uniforme pointe vers le centre du cercle.
- 3) Quel est le rapport entre les vitesses linéaires de deux points d'un disque tournant si le rayon de la trajectoire du premier point est la moitié du rayon du deuxième point?
- 4) Comment varie la force centripète si la vitesse angulaire est doublée et le rayon de la trajectoire réduit de moitié? Justifier.
- 5) L'accélération  $\vec{a}$  d'un mobile est constante et parallèle à l'axe Ox de l'espace à trois dimensions ; sa norme vaut  $1 \text{ m/s}^2$ .  
Inventer des conditions initiales pour que le mouvement soit rectiligne et que le mobile rebrousse chemin.  
Représenter les graphiques de la coordonnée  $v_x$  de la vitesse et de l'abscisse  $x$  de la position en fonction du temps.

### *Vrai ou faux? Motivez vos réponses. Redressez si possible.*

- 1) Une particule qui se déplace avec une vitesse dont la norme est constante ne peut pas être accélérée.
- 2) Une voiture qui roule en marche arrière a une vitesse négative.
- 3) Un mouvement lors duquel le vecteur vitesse et le vecteur accélération sont constants est impossible.
- 4) Dans le cas d'un mouvement circulaire, le vecteur accélération  $\vec{a}$  est toujours dirigé vers le centre du cercle décrit.
- 5) Dans un mouvement uniforme, le vecteur accélération est toujours nul.
- 6) Dans un mouvement circulaire uniforme, le vecteur accélération est constant.
- 7) Si le centre d'inertie d'un solide est animé d'un mouvement circulaire uniforme, alors sa vitesse est constante et son vecteur accélération est nul.
- 8) Dans un mouvement circulaire, le vecteur accélération tangentielle  $\vec{a}_T$  peut être dirigé en sens inverse du mouvement.

## Mouvement dans un champ de pesanteur

### *Petites questions :*

- 1) Comment varie la forme de la trajectoire suivie par un mobile dans le champ de pesanteur en fonction de l'angle de tir  $\theta$  ? On néglige l'influence de l'air.
- 2) Comment les frottements de l'air influent-ils sur la forme de la trajectoire d'un projectile lancé sous un angle de tir  $\theta$  aigu?
- 3) On laisse tomber une balle de fusil au moment où on tire une autre balle à l'horizontale à l'aide du fusil. La balle qu'on a simplement laissée tomber touchera-t-elle le sol avant l'autre, en même temps que l'autre ou après l'autre?
- 4) Pour quelle raison la trajectoire d'un projectile tiré obliquement se situe-t-elle dans un plan vertical ?
- 5) Un corps glisse sans frottement sur une table horizontale. Il atteint le bord de la table en un point O, puis le sol au point d'impact I. Prédire, sans faire des calculs numériques, comment est modifiée de I par rapport à O, et la vitesse du corps en I, si l'on reproduisait cette expérience sur la Lune. ( $g_{\text{Lune}} < g_{\text{Terre}}$ )

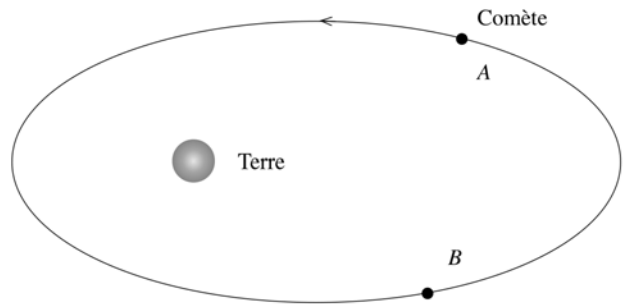
### *Vrai ou faux? Motivez vos réponses. Redressez si possible.*

- 1) Dans le champ de pesanteur, l'accélération du centre d'inertie d'un solide ne dépend pas de la masse de ce solide.
- 2) Le mouvement d'un projectile se déplaçant dans un champ de pesanteur dépend de sa masse.
- 3) Dans le cas du mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur terrestre, il existe des points de la trajectoire pour lesquels le vecteur vitesse est perpendiculaire au vecteur accélération.
- 4) Pour un même vecteur vitesse initiale  $\vec{v}_0$ , un projectile va d'autant plus loin que l'angle que fait  $\vec{v}_0$  avec l'horizontale est faible.
- 5) La nature de la trajectoire d'une particule soumise à une force  $\vec{F}$  constante dépend des conditions initiales.
- 6) Si une particule soumise à une force  $\vec{F}$  constante est initialement immobile, sa trajectoire est une droite.

## Gravitation et satellites

### Petites questions :

- 1) Le champ de gravitation créé par une masse peut-il être uniforme? Justifier.
- 2) Deux satellites tournant sur des orbites circulaires de rayons différents sont alignés à la date  $t$  avec le centre de la Terre. Le resteront-ils au cours de leur mouvement ultérieur ? Expliquez !
- 3) Que faut-il changer pour faire varier la vitesse d'un satellite en orbite circulaire autour de la Terre? Justifier.
- 4) Deux satellites  $A$  et  $B$  sont en orbite circulaire autour de la Terre. Les deux satellites ont le même sens de rotation que la Terre. La masse  $m_A$  du satellite  $A$  est le double de la masse  $m_B$  du satellite  $B$ . Est-ce que les deux satellites risquent d'entrer en collision. Justifier.
- 5) Deux satellites  $A$  et  $B$  sont en orbite circulaire autour de la Terre. La vitesse de  $A$  est supérieure à celle de  $B$ . Est-ce que l'altitude de  $A$  est supérieure à celle de  $B$ , l'altitude de  $B$  est supérieure à celle de  $A$  ou les deux peuvent avoir même altitude? Justifier.
- 6) La figure montre la trajectoire d'une comète autour de la Terre. Le mouvement est dans le sens indiqué par la flèche. Représenter en  $A$  et en  $B$  le vecteur champ de gravitation ainsi que ses composantes tangentielle et normale. Que peut-on en déduire quant à l'évolution de la valeur de la vitesse de la comète sur sa trajectoire?
- 7) Pourquoi ne peut-il y avoir de satellite géostationnaire au-dessus de la ville d'Esch/Alzette ? Expliquez !
- 8) Champ de gravitation de la Lune. Comment varierait l'intensité  $G$  du champ de gravitation de la Lune en un point situé à la distance  $r$  du centre de la Lune ( $r >$  rayon de la Lune), si la Lune s'écroulait en elle-même, c.-à-d., si son rayon diminuait à masse constante ? Justifier la réponse !
- 9) Masse d'une planète. Pour déterminer la masse d'une planète en mouvement quasi-circulaire autour du Soleil, il faut :
  - a) Mesurer le rayon de son orbite et sa période de révolution.
  - b) Etudier le mouvement de ses satellites si elle en possède.
  - c) Etudier l'effet de sa présence sur le mouvement d'une sonde spatiale voyageant à proximité, si la planète ne possède pas de satellite.



Examiner les 3 affirmations. En déduire si elles sont vraies ou fausses. Justifier la réponse !

**Vrai ou faux? Motivez vos réponses. Redressez si possible.**

1. Deux planètes ayant même champ de gravitation à leur surface ont même masse.
2. Il se peut que la vitesse d'un satellite ne soit pas constante.
3. Un satellite en orbite circulaire autour de la Terre est soumis à une force constante.
4. Dans le référentiel géocentrique, tous les points de la surface terrestre ont une vitesse nulle.
5. Dans un satellite géostationnaire, un fil à plomb s'oriente en direction du centre de la Terre.

**Questions à choix multiple**

- 1) La force d'interaction gravitationnelle qui s'exerce sur un corps entre la Terre et le Soleil :
  - a) diminue à mesure que l'on s'éloigne du centre de la Terre ;
  - b) ne s'annule jamais ;
  - c) peut s'annuler en un point de l'espace ;
  - d) est maximale à la surface du Soleil.
- 2) Les lois de Kepler :
  - a) ne sont valables que pour les planètes ; on ne peut pas les appliquer aux satellites artificiels ;
  - b) sont toujours valables si le mouvement est circulaire et uniforme ;
  - c) sont applicables au mouvement des électrons autour de l'atome ;
  - d) découlent du fait qu'un corps est soumis à une force centrale.
- 3) Les satellites géostationnaires :
  - a) peuvent se trouver à la verticale de Luxembourg ville ;
  - b) ont une vitesse uniforme dont l'expression est donnée par  $v = \sqrt{\frac{GM}{r^2}}$  ;
  - c) ont une période de révolution égale à un jour sidéral soit 86 164 s ;
  - d) possèdent une vitesse d'environ 3,1 m/s.

## Particule dans le champ électrique

### *Petites questions :*

- 1) Quels sont les principaux effets d'un champ électrique sur une particule chargée ?
- 2) Expliquez la notion d'*électronvolt* ! Pourquoi utilise-t-on l'*électronvolt* pour évaluer les énergies ou les travaux lorsqu'il s'agit de particules ?
- 3) Un « canon à charges » permet d'accélérer des charges électriques entre deux points A et B à l'aide d'une tension  $U_{AB}$ . Un faisceau de charges, comprenant des protons p et des particules  $\alpha$ , arrive en A avec une vitesse négligeable. Calculer la valeur numérique du rapport  $v_B(p)/v_B(\alpha)$  des vitesses des particules au point B.

### *Vrai ou faux? Motivez vos réponses. Redressez si possible.*

1. La trajectoire d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme est toujours parabolique.
2. Dans le cas du mouvement quelconque d'un électron dans un champ électrostatique uniforme, il existe des points de la trajectoire pour lesquels le vecteur vitesse est perpendiculaire au vecteur accélération.
3. Dans un champ électrique uniforme, le sens du vecteur accélération d'une particule chargée dépend de la masse de cette particule.
4. Un électron dont le vecteur vitesse a même direction et même sens que le champ électrique subit une accélération.
5. Le mouvement d'un projectile chargé se déplaçant dans un champ électrostatique uniforme dépend de sa masse.
6. Le mouvement d'un projectile sans charge se déplaçant dans un champ électrostatique uniforme dépend de sa masse.

## Particule dans le champ magnétique

### *Petites questions :*

- 1) Quel est l'effet d'un champ magnétique parallèle au vecteur vitesse des particules chargées? Justifier.
- 2) Peut-on détecter deux types de particules dont la masse et la charge de la première sont le double la masse et de la charge de la seconde à l'aide d'un spectrographe de masse? Justifier.
- 3) Dans un cyclotron, comment faut-il modifier la vitesse d'un électron entre les deux dés si l'on veut multiplier le rayon par 1,2? Justifier.
- 4) Comment faut-il modifier le champ magnétique pour maintenir le rayon de courbure de la trajectoire d'une particule chargée constant si la vitesse de la particule a doublée? Justifier.
- 5) On accélère un deutéron (la charge est identique à celle du proton; la masse est le double de celle du proton) et un proton à la même vitesse  $v$  par des champs électriques
  - a) Quel est le rapport des deux champs électriques ?
  - b) Quelles seront les vitesses à la sortie d'une région où un champ électrique perpendiculaire au mouvement et un champ magnétique se compensent? Justifier.

### *Vrai ou faux? Motivez vos réponses. Redressez si possible.*

1. Dans un champ magnétique uniforme, la trajectoire d'un électron est toujours circulaire.
2. Lorsqu'on double la vitesse d'injection d'électrons dans une région où règne un champ magnétique uniforme  $\vec{B} \perp \vec{v}$ , la période du mouvement double aussi.
3. Le mouvement d'un projectile chargé se déplaçant dans un champ magnétique uniforme dépend de sa masse.
4. La force magnétique ne peut jamais modifier l'énergie cinétique d'une particule chargée.
5. Si, dans un filtre de vitesse, les particules de vitesse  $v_0$  ne sont pas déviées, alors les particules de vitesse  $v > v_0$  seront déviées dans le sens de la force magnétique.

## Oscillations mécaniques.

### *Petites questions :*

1. La force de rappel exercée par un ressort :
  - a) n'existe que si une extrémité du ressort est tirée ou comprimée par l'intermédiaire d'une force ;
  - b) est dirigée suivant l'axe du ressort ;
  - c) a une valeur qui est proportionnelle à l'allongement, ou au raccourcissement du ressort.
2. Un ressort est comprimé de 1 cm par rapport à sa position de repos par une force de valeur 2 N. Sa constante de raideur est égale à :
  - a)  $2 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$
  - b)  $2 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-1}$
  - c) 200 N/m
3. On dit qu'un oscillateur est amorti si :
  - a) sa période est imposée par un exciteur ;
  - b) son amplitude décroît en raison des frottements ;
  - c) son amplitude augmente jusqu'à la rupture.
4. On ne néglige pas les frottements de l'oscillateur mécanique :
  - a) Quelle est l'influence des frottements sur l'énergie mécanique totale?
  - b) En déduire leur influence sur l'amplitude.
  - c) Qu'advient-il de la période ?
5. L'équation horaire  $x = A \cdot [\sin(\omega t) + \cos(\omega t)]$  peut-elle représenter les oscillations d'amplitude  $A$  et de pulsation  $\omega$  d'un pendule élastique horizontal ? Justifiez votre réponse !

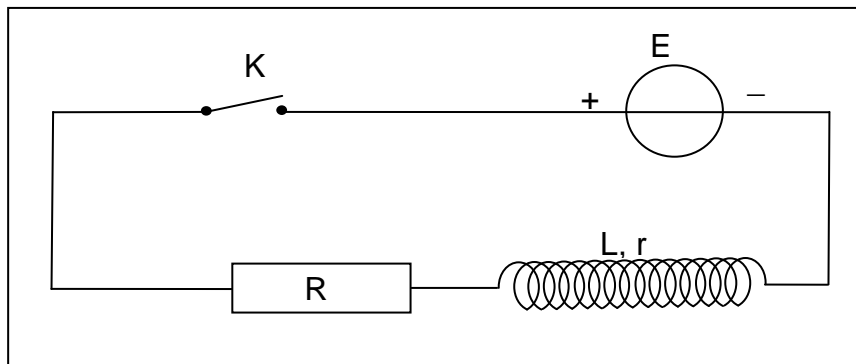
### *Vrai ou faux? Motivez vos réponses. Redressez si possible.*

1. Si deux sources vibrent avec la même fréquence, on dit qu'elles sont cohérentes.
2. Dans une onde stationnaire, il existe des instants pour lesquels tous les points sont au repos.
3. Dans une onde stationnaire, deux ventres voisins vibrent en phase.
4. La superposition de deux ondes de même nature engendre des interférences.

## Oscillations électriques :

### Petites questions :

- Sur un même diagramme, dessiner en rouge la tension aux bornes du condensateur et en bleu l'intensité du courant traversant un circuit LC.
- Expliquer qualitativement (sans utiliser de formule) pourquoi des oscillations électriques s'établissent dans un circuit, comprenant, en série, une bobine, un condensateur chargé et un interrupteur ouvert, à partir du moment où on ferme cet interrupteur.
- Une bobine de résistance nulle est traversée par un courant  $i(t)$  variable.  
La tension à ses bornes est : a)  $u_B = Li$                       b)  $u_B = \frac{1}{2}Li^2$   
c)  $u_B = L \frac{di}{dt}$
- Une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$  est parcourue par un courant  $i$ . La tension à ses bornes est : a)  $u_B = ri + L \frac{di}{dt}$                       b)  $u_B = r \frac{di}{dt} + Li$   
c)  $u_B = ri + Li^2$
- L'énergie d'une bobine d'inductance  $L$  parcourue par un courant  $i$  est :  
a)  $E = \frac{1}{2}Li$                       b)  $E = \frac{1}{2}Li^2$                       c)  $E = \frac{1}{2}L^2$   
 $i$
- Une bobine de résistance  $r = 8 \Omega$  et d'inductance  $L = 450 \text{ mH}$  est traversée par un courant d'intensité  $i = 2,5 \text{ A}$ . La tension  $u_B$  à ses bornes vaut :  
a)  $21,1 \text{ V}$                       b)  $20 \text{ V}$                       c)  $1,1 \text{ V}$
- Dans le circuit ci-dessous, on a :  $E = 12,0 \text{ V}$ ,  $R = 120 \Omega$ ,  $r = 20 \Omega$  et  $L =$

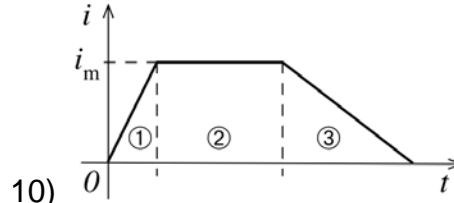


60 mH

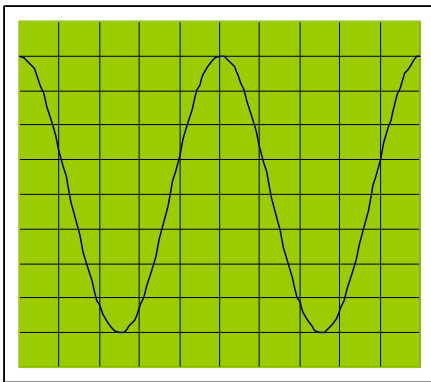
- A la fermeture de l'interrupteur K, l'intensité  $i$  est :
- $0,100 \text{ A}$
  - $0 \text{ A}$
  - $85,7 \text{ mA}$
- 8) En considérant le même circuit, l'intensité au bout d'un temps très long tend vers :
- $85,7 \text{ mA}$
  - $200 \text{ A}$
  - $11,7 \text{ A}$



- 9) Une bobine est parcourue par le courant représenté sur la figure ci-dessous. Comparer le signe et la valeur absolue de la tension aux bornes de la bobine pendant les phases 1 à 3. Est-ce que la tension varie lorsqu'on fait varier la valeur de  $i_m$  ? Pendant quelle phase la bobine se comporte-t-elle comme un générateur ?



- 10) 11) Vrai ou faux ? Une bobine ne peut emmagasiner de l'énergie magnétique que si l'intensité du courant qui la traverse est variable.



- 12) Un condensateur de capacité  $C = 5 \mu\text{F}$  est branché en série avec un solénoïde d'inductance  $L$  et de résistance ohmique négligeable. Un dispositif approprié permet d'observer la tension  $u$  aux bornes du condensateur à l'oscillographe.

- a) Comment évoluerait l'oscillogramme, si on introduisait un noyau de fer dans la bobine ? Motivez !  
 b) Qu'est-ce qui changerait, si la résistance n'était pas négligeable ? Motivez !

## Ondes

### *Petites questions :*

1. On utilise le dispositif de l'expérience de Melde et on quadruple la force de tension. Comment évolue le nombre de nœuds. Justifier.
2. Comment doit-on modifier la tension d'une corde pour que la célérité du signal soit divisée par deux, trois, quatre et cinq?
3. Vrai ou faux? Lorsqu'une onde se propage sur une corde, chaque point de la corde se déplace avec la célérité de l'onde.
4. Citez 3 moyens d'augmenter la fréquence (la hauteur de son) d'une corde de guitare et justifiez à l'aide de la théorie.
5. Voici l'équation numérique d'une onde :  $y(x,t) = Y\sin(5x + \alpha)\cos(6t + \beta)$   
 $Y$ ,  $\alpha$  et  $\beta$  sont des constantes. S'agit-il d'une onde progressive ou d'une onde stationnaire ? Justifier la réponse !
6. Expliquez pourquoi Young a dû avoir recours à une double fente pour démontrer la nature ondulatoire de la lumière. Précisez ce qui, dans cette expérience démontre que la lumière est une onde.

*Les affirmations suivantes concernent-elles des ondes progressives, des ondes stationnaires ou les deux (on se bornera au cas des ondes à une dimension) ?*

*Commentez-les !*

- a) Chaque point du milieu répète le mouvement de la source avec un décalage dans le temps.
- b) Tous les points n'ont pas même amplitude ; certains vibrent avec une amplitude maximale, d'autres restent immobiles.
- c) Deux points séparés d'une demi-longueur d'onde vibrent en opposition de phase.
- d) Aucun point ne peut avoir une amplitude supérieure à celle de la source.

## Relativité

### Petites questions :

1. Si un atome d'hydrogène, se déplaçant à très grande vitesse par rapport à la Terre, se désexcite, alors, dans le référentiel terrestre, les photons émis dans le sens du déplacement de l'atome ont une plus grande vitesse que ceux émis dans le sens opposé.
2. Vrai ou faux? Dans une situation donnée, le temps propre et la longueur propre sont toujours mesurés dans le même référentiel. Justifier
3. Que deviendrait l'écoulement du temps si on pouvait voyager à la vitesse de la lumière? Justifier.
4. Vrai ou faux? Si dans un référentiel l'événement *A* a lieu avant l'événement *B*, alors *A* a lieu avant *B* dans tout autre référentiel.
5. L'humanité vient de commencer le 3<sup>e</sup> millénaire. Des stations spatiales ont été installées dans notre galaxie et les astronautes voyagent à des vitesses qui approchent la vitesse de la lumière. Commenter les affirmations suivantes :
  - a) Julie ne veut pas voyager à une vitesse qui est proche de la vitesse de la lumière. Elle prétend que, d'après la théorie de la relativité, une masse en mouvement augmente et qu'elle ne supporte pas cet effet désagréable.
  - b) Deux stations spatiales sont distantes de 4 années-lumière. L'astronaute Chris prétend qu'il peut faire le voyage en 3 années sans dépasser la vitesse de la lumière.
  - c) Afin que les astronautes puissent mesurer leurs vitesses, des stations spatiales équidistantes de  $1,08 \cdot 10^9$  km ont été installées. L'astronaute Chris mesure un temps de 10 min pour passer de l'une vers l'autre. Ensuite il prétend de voyager à la vitesse de
 
$$v = \frac{1,08 \cdot 10^9 \text{ km}}{10 \cdot 60 \text{ s}} = 1,8 \cdot 10^6 \frac{\text{km}}{\text{s}}.$$
6. Les astronautes A, B, C se suivent à distance égale, l'astronaute C se trouvant au milieu. Leurs chronomètres sont synchronisés. A un moment convenu (p. ex. midi pile), l'astronaute C émet deux signaux lumineux. Les astronautes B et A, qui sont au repos dans leur référentiel, reçoivent leur signal au même instant. Les deux événements <<A reçoit le signal>> et << B reçoit le signal>> sont donc simultanés dans le **référentiel des astronautes**.



Les deux événements ne sont pas simultanés dans le référentiel des stations spatiales (qui sont aussi équipées de chronomètres synchronisés). Donc l'observateur qui lit le chronomètre de A au moment de l'arrivée du signal en A lit un autre temps que l'observateur qui lit le chronomètre de B à l'arrivée du signal en B.

## Effet photoélectrique

### Petites questions :

Voici 3 affirmations concernant l'effet photoélectrique ; ces affirmations peuvent être exactes, partiellement exactes ou fausses. Dans chaque cas, confirmer ou infirmer ces affirmations en justifiant très soigneusement la réponse par application des lois qui régissent les phénomènes.

On éclaire la cathode d'une cellule photoélectrique avec une radiation monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 589 \text{ nm}$ . Cette cathode est recouverte de l'un des métaux figurant dans le tableau des données ci-joint.

Métaux	Symbole	Travail de sortie $W_s(\text{eV})$
Nickel	Ni	5,01
Fer	Fe	4,68
Zinc	Zn	3,60
Potassium	K	2,26
Strontium	Sr	2,06
Césium	Cs	1,90

1<sup>re</sup> affirmation : On peut extraire des électrons

seulement dans le cas où la cathode est recouverte de Zn, K, Sr ou Cs.

2<sup>e</sup> affirmation : L'énergie cinétique maximale des électrons à la sortie de la cathode est la plus grande quand celle-ci est recouverte de Cs.

3<sup>e</sup> affirmation : Pour augmenter cette énergie maximale des électrons à la sortie de la cathode, on peut :

- augmenter la longueur d'onde de la radiation utilisée ;
- augmenter la puissance lumineuse reçue par la cathode.

### Vrai ou faux? Motivez vos réponses. Redressez si possible.

En rapprochant la source de lumière de la plaque métallique on augmente l'énergie cinétique des électrons émis par effet photoélectrique.

## Atome de Bohr

### Vrai ou faux? Motivez vos réponses. Redressez si possible.

Dans le modèle de Bohr, plus l'électron est proche du noyau, plus l'énergie de l'atome d'hydrogène est petite.

## Physique nucléaire

### Petites questions :

- 1) a) Les noyaux caractérisés par  ${}^{14}_6\text{X}$  et  ${}^{12}_6\text{X}$  appartiennent-ils au même élément chimique ? Comment les nomme-t-on ?  
b) Lequel de ces deux noyaux présente a priori une instabilité ? Justifier.
- 2) Les noyaux caractérisés par  ${}^{14}_6\text{X}$  et  ${}^{14}_7\text{X}$  appartiennent-ils au même élément chimique ? Justifier.  
Le noyau caractérisé par  ${}^{14}_7\text{X}$  est-il stable ? A quel élément chimique appartient-il ?
- 3) A l'instant  $t = 0$ , on considère un échantillon radioactif contenant  $N_0$  noyaux et de demi-vie de 5 ans. Donner (sans calcul) le nombre de noyaux radioactifs restants au bout de 30 ans.
- 4) Equilibrer l'équation de la réaction nucléaire en précisant les lois utilisées :  

$${}^2\text{H} + {}^3\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + b.$$
Préciser la nature de la particule b.
- 5) Equilibrer l'équation suivante :  

$${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}_{38}\text{X} + {}^{140}\text{Xe} + 2{}^1_0\text{n}.$$
Quel élément représente X ?

### Chaque série de propositions contient une seule proposition vraie. Justifier les réponses !

- 1) L'activité d'un échantillon radioactif :
  - est proportionnelle à sa demi-vie,
  - est proportionnelle à sa masse,
  - décroît proportionnellement au temps.
- 2) La masse  $m_X$  du noyau d'un nucléide  ${}^A_Z\text{X}$  est :
  - $< Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n$ ,
  - $> Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n$ ,
  - $= Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n$ .
- 3) Une réaction de fission est une réaction nucléaire provoquée qui conduit :
  - à un noyau plus lourd,
  - à 2 noyaux dont l'énergie de liaison par nucléon est plus grande que celle du noyau initial,
  - à 2 noyaux dont l'énergie de liaison par nucléon est plus petite que celle du noyau initial.

### Vrai ou faux? Motivez vos réponses. Redressez si possible.

1. Vrai ou faux? Lors d'une désintégration  $\beta^+$ , le neutrino garantit la conservation du nombre de charge.
2. Vrai ou faux? La probabilité de désintégration pendant une durée donnée est proportionnelle au nombre de noyaux présents.