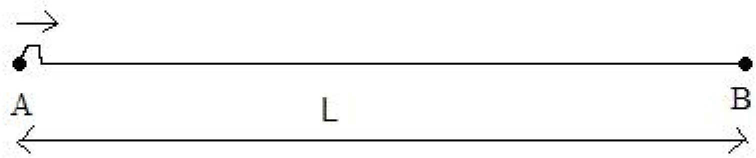
A. PHYSIQUE :

Les calculatrices sont autorisées.
Les exercices I, II et III sont indépendants.

Exercice I - Etude d'une corde

L'objectif de cet exercice est d'étudier la propagation d'une onde mécanique le long d'une corde dans le cas de deux régimes : l'onde progressive et l'onde sinusoïdale. On notera A et B les deux extrémités de la corde. On négligera les réflexions en A et en B.
Les parties 1 et 2 de l'exercice sont indépendantes.



Partie 1 - Propagation d'une impulsion

Un opérateur imprime à la corde une excitation au point A. On installe un capteur de position au point B.
Données numériques :
Tension de la corde : $T = 2,0N$
Masse de la corde : $\mu = 100g$
Longueur de la corde : $L = AB = 5,0m$

1. L'onde étudiée est-elle transversale ou longitudinale ? Pécisez s'il s'agit d'une onde à une ou à deux dimensions.
2. Comment varie le temps de parcours ΔT_{AB} de l'onde entre les points A et B en fonction :
   – de l'amplitude de la perturbation initiale ?
   – de l'élasticité de la corde ?

3. Par une analyse dimensionnelle, indiquez quelle est la seule expression possible de la vitesse de propagation de l'onde le long de la corde parmi les quatre formules suivantes :
   $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, $v = \sqrt{\frac{\mu}{T}}$, $v = \frac{T}{\mu}$ ou $v = \frac{\mu}{T}$
4. *Application numérique :* Calculez v et ΔT_{AB}.
5. Une autre perturbation strictement équivalente à celle précédemment étudiée est imprimée de façon simultannée en B. Elle se propage de B vers A.
   Quelle est l'influence de cette perturbation retrograde sur ΔT_{AB} ?

Partie 2 - Régime sinusoïdal

On installe maintenant un vibreur qui imprime à la corde un mouvement sinusoïdal en A de fréquence f.

1. Rappelez la signification physique de la période temporelle et de la période spatiale. Vous pouvez vous appuyer sur des schémas.
2. *Application numérique :* Calculez ces deux périodes en tenant compte des données ci-dessous.
   Données numériques :
   Fréquence du vibreur : $f = 50,0Hz$
   Vitesse de propagation de l'onde : $v = 10,0ms^{-1}$

Exercice II - Deux méthodes de datation par radioactivité

L'objectif de cet exercice est de voir comment le phénomène de la radioactivité peut-être utilisé pour la datation.
Les parties 1 et 2 de l'exercice sont indépendantes.

Partie 1 - Datation au carbone 14

Dans cette première partie, on tente de déterminer l'âge d'un guerrier de l'âge de pierre récemment découvert dans la glace par un touriste allemand qui avait décidé de faire une randonnée dans le Tyrol italien.
On notera $N_{^{14}C}(t)$ le nombre d'atomes de carbone 14 au temps t, $\lambda_{^{14}C}$ la constante radioactive du carbone 14 et $N_0 = N_{^{14}C}(0)$.

1. Rappelez le principe de la datation au carbone 14.
2. Etablissez l'équation différentielle à laquelle obéït $N_{^{14}C}(t)$. On notera $\lambda_{^{14}C}$ la constante radioactive du carbone 14.

3. La loi de décroissance du ^{14}C est de la forme $N_{^{14}C} = Ae^{kt} + B$.
   - Déterminez physiquement le signe de k.
   - Déterminez A et B.
   - Déterminez l'expression de k.
4. On note $r(t) = \frac{N_{^{14}C}(t)}{N_{^{12}C}(t)}$ le rapport avec le nombre d'atomes de ^{14}C et le nombre d'atomes de ^{12}C au temps t. Expérimentalement, on mesure que r(t) est deux fois moins important dans la dépouille du guerrier que dans l'atmosphère. Sachant que $\lambda_{^{14}C} = 3,83.10^{-12}s^{-1}$, déterminez l'âge du guerrier.

Partie 2 - Age de la Terre

L'objectif de cette partie est de déterminer une estimation de l'âge de la Terre en utilisant la radioactivité naturelle des minerais.

A - Processus

Le noyau d'uranium 238, naturellement radioactif, se transforme en un noyau de plomb 206, stable, par une série de désintégrations successives. On ne tiendra pas compte des éventuelles émissions γ.

1. *1ère étape*
   Dans la 1ère étape, $^{238}_{92}U$ se transforme en Th (thorium) en suivant le mécanisme de la radioactivité α.
   Ecrivez l'équation de la réaction nucléaire en précisant les règles utilisées.
2. *2ème étape*
   Dans la 2ème étape, Th se transforme en $^{234}_{91}Pa$ (protactinium).
   Ecrivez l'équation de la réaction nucléaire et précisez de quel type de radioactivité il s'agit.
3. *Processus global*
   L'équation globale du processus de transformation d'un noyau d'uranium 238 en un noyau de plomb 206 est $^{238}_{92}U \rightarrow ^{206}_{82}Pb + 8\,^{4}_{2}He + 6e^{-}$
   Déterminez, en le justifiant, les nombres de désintégration α et β^{-} de ce proessus.

B - Application à la datation

On étudie une roche qui est supposée avoir approximativement l'âge de la Terre. On suppose que l'élément ^{206}Pb est absent du minerai à $t = 0$: cet élément ne se forme donc que par désintégration de l'élément ^{238}U. On fera l'approximation de supposer que tous les atomes ^{238}U désintégrés existent

maintenant sous la forme d'atomes ^{206}Pb (on néglige donc tous les états intermédiaires).
On notera respectivement $N_U(t)$ et $N_{Pb}(t)$ les nombres d'atomes de ^{238}U et de ^{206}Pb à l'instant t dans le minerai. On notera de même λ_U la constante radioactive de ^{238}U et $N_0 = N_U(0)$.

1. Rappelez la loi de désintégration de ^{238}U en fonction de N_0, de λ_U et de t.
2. Rappelez la signification et l'expression littérale du temps de demi-vie $t_{\frac{1}{2}}$.
   Déterminez λ_U sachant que $t_{\frac{1}{2}}(^{238}U) = 5.10^9 annes$.
3. Exprimez $N_{Pb}(t)$ en fonction de N_0 et de λ_U.
4. Exprimez $r(t) = \frac{N_{Pb}(t)}{N_U(t)}$ en fonction de λ_U et de t.
5. D'aprés une mesure expérimentale, $r(t) = 0,52$. En déduire une approximation de l'âge de la Terre.
6. Le précédent résultat vous paraît-il sur-estimé/sous-estimé ? Pourquoi ?

Exercice IV - Etude d'un condensateur (à la maison)

Un condensateur initialement déchargé (à $t_0 = 0$) est relié à un générateur parfait de courant. Ce dernier fournit un courant électrique d'intensité I constante au cours du temps.
Données numériques :
Intensité délivrée par le générateur : $I = 0,60\mu A$
Capacité du condensateur : $C = 0,50\mu F$
Charge élémentaire : $e = 1,6.10^{-19}C$
Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,023.10^{23}mol^{-1}$

1. Décrivez brièvement ce qui se passe lorsque l'on allume le générateur.
   On se place maintenant et jusqu'à la fin de l'exercice au temps $t_1 = 3,5s$.
2. Calculez la charge sortie du générateur entre t_0 et t_1.
3. Déterminez le nombre d'électrons sortis du générateur entre t_0 et t_1.
4. On note $u_C(t)$ la tension du condensateur au temps t en convention récepteur. Faites un schéma du montage en y faisant figurer les bornes positives et négatives du générateur, le sens du courant, $u_C(t)$ et les polarités des armatures du condensateur.
5. Déterminez les charges des deux armatures du condensateur.
6. Calculez $u_C(t_1)$