

DEVOIR SURVEILLE N°5
PHYSIQUE-CHIMIE

Première Scientifique
DURÉE DE L'ÉPREUVE : 1h30

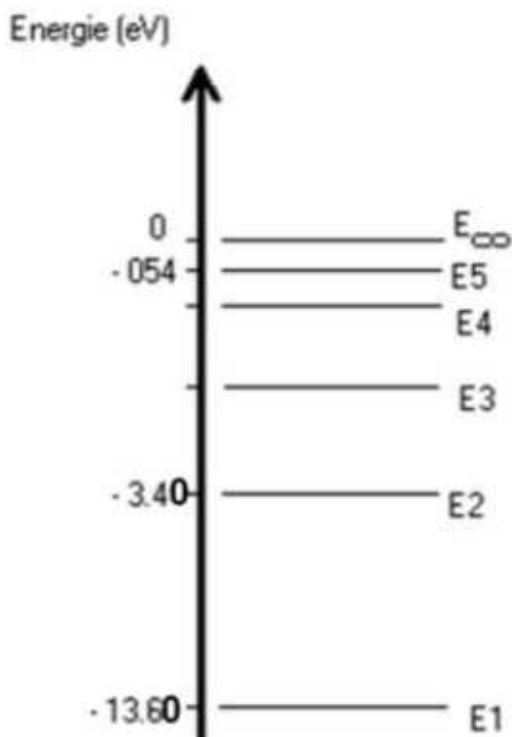
L'usage d'une calculatrice EST autorisé
Le sujet doit être rendu avec la copie

Exercice 1 Diagramme énergétique

Le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène est présenté ci-après.

Données : $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

- 1) Indiquez l'énergie de l'atome dans son état fondamental.
Quelle est la caractéristique de l'atome dans cet état ?
- 2) Exprimez et calculez en eV l'énergie à fournir à l'atome d'hydrogène placé dans son état fondamental pour l'ioniser.
- 3) L'atome d'hydrogène passe de l'état E_5 à E_2 .
 - a. Quel terme qualifie l'état de l'atome dont le niveau d'énergie est en E_5 ou E_2 ?
 - b. Indiquez par une flèche orientée la transition sur le diagramme.
 - c. Expliquez ce que devient l'énergie échangée lors de cette transition.
 - d. Exprimez et calculez en eV et en J la variation d'énergie correspondant à cette transition.
 - e. Quelle est la valeur de l'énergie du photon associé ?
 - f. Exprimez et calculez la longueur d'onde correspondant à ce photon.
 - g. Nommez le type de spectre formé par l'ensemble des différents photons émis par l'atome d'hydrogène et décrivez-le.
- 4) Lorsqu'il est dans son état fondamental, l'atome d'hydrogène est capable d'absorber un photon de longueur d'onde 97,3 nm. Il passe alors dans l'état d'énergie E_4 . Exprimez et calculez la valeur de l'énergie correspondant à E_4 . (2)



Exercice 2 Les examens médicaux

La physique et la chimie au service du sport

La physique et la chimie semblent aujourd'hui avoir pris une place de choix dans la santé et l'entraînement des sportifs mais aussi dans la course à la performance. Le problème propose de réaliser un bilan non complet de l'apport de la physique et la chimie dans la préparation d'un sportif de haut niveau.

Dans le cadre d'un diagnostic médical, un sportif peut être amené à effectuer des examens dans le cadre de l'imagerie médicale. On se propose dans cette partie d'étudier et de comparer deux techniques : le scanner et l'IRM (imagerie par résonance magnétique).

Les ondes électromagnétiques dans les deux techniques d'imagerie médicale : scanner et IRM

Données :

On rappelle que l'énergie E en joules (J) transportée par un photon est donnée par l'expression :

$$E = h \times \frac{c}{\lambda}$$

avec :

$h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s (constante de Planck)

λ : longueur d'onde en m

$c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹

On peut exprimer cette énergie en électronvolts ; 1 eV = $1,6 \times 10^{-19}$ J

On rappelle que l'intensité B du champ magnétique en teslas (T) à l'intérieur d'un solénoïde supposé infiniment long est donnée par l'expression :

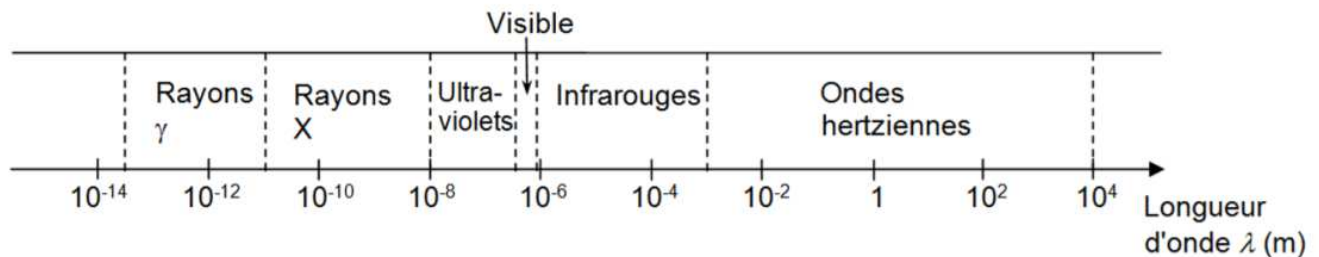
$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times n \times I$$

avec :

n : nombre de spires par mètre du solénoïde

I : intensité du courant électrique en A

DR1 : Domaines du spectre des ondes électromagnétiques



1. À quel domaine de fréquence correspond le rayonnement électromagnétique utilisé par un scanner ?
2. La fréquence des ondes utilisées lors d'un examen réalisé avec un scanner est $f_1 = 5,0 \times 10^9$ GHz. Calculer la longueur d'onde λ_1 correspondante.
3. Identifier le domaine d'onde électromagnétique correspond cette longueur d'onde (se servir du document DR1).
4. Quelle est la valeur de la longueur d'onde λ_2 de l'onde correspondant à une IRM utilisant un champ magnétique de 3,0 T ?
5. En déduire le nom du domaine du spectre auquel appartient cette onde (se servir du document DR1).
6. Calculer puis comparer les énergies E_1 et E_2 des photons correspondants aux rayonnements de longueur d'onde λ_1 et λ_2 . On exprimera ces énergies en électronvolts.
7. En utilisant le document 4-A, comparer la dangerosité des rayonnements utilisés dans le scanner et dans l'IRM.

Document 2-A : Deux technologies différentes d'imagerie médicale IRM et scanner

Le scanner repose sur le même principe que la radiologie, c'est-à-dire utilisation d'une source de rayons X et d'un détecteur de part et d'autre du corps étudié. Il permet d'obtenir **des images 3D** grâce à une rotation simultanée de la source émettrice de rayons X et du détecteur autour du corps. Les données obtenues sont traitées par informatique pour donner des images reconstruites en trois dimensions.

L'imagerie par résonance magnétique (I.R.M.) repose sur les propriétés magnétiques des molécules d'eau qui composent à plus de 80 % le corps humain. Les molécules d'eau, plus précisément ses atomes d'hydrogène, possèdent un "moment magnétique", ou spin, qui agit comme un aimant. L'appareil IRM consiste à créer un champ magnétique puissant B_0 (1,5 à 3 T) grâce à une bobine. Le patient est placé au centre de ce champ magnétique, et toutes les molécules d'eau présentes dans le corps vont s'orienter suivant B_0 . Une antenne placée sur la partie du corps étudiée va permettre d'émettre et de réceptionner certaines fréquences issues des molécules. Celles-ci sont ensuite traitées comme des signaux électriques et analysées par des logiciels. Le signal diffère selon que les tissus observés contiennent plus ou moins d'eau.

Dans les deux cas le patient est installé dans un tunnel mais celui de l'IRM est beaucoup plus long, pouvant entraîner une gêne chez les patients claustrophobes. La durée de l'examen est également plus longue en IRM (environ 30 minutes), qu'en scanner (autour de 5-10 minutes).

De plus l'IRM nécessite autour du patient un matériel (tube de perfusion, respirateur ...) insensible au champ magnétique. Cela explique que le scanner soit systématiquement préféré à l'IRM dans certaines situations : urgence en dehors de l'imagerie du cerveau ou patients de réanimation.

Source : <http://www.cea.fr/comprendre/Pages/sante-sciences-du-vivant/essentiel-sur-imagerie-medicale.aspx>

Document 3-A : Sources de champ magnétique dans les appareils d'I.R.M.

Pour produire un champ magnétique de grande intensité, on utilise des électroaimants supraconducteurs constitués d'un alliage niobium-titane permettant ainsi une consommation de puissance électrique très faible. Les supraconducteurs sont refroidis par de l'hélium liquide qui maintient une température de 4 K. Les conducteurs ont alors une résistance nulle qui permet de faire circuler un courant de grande intensité (de 30 à quelques centaines d'ampères) sans perte d'énergie par effet Joule.

Document 4-A : Spécificité des ondes électromagnétiques

Un rayonnement est dit ionisant lorsqu'il est susceptible de transformer une entité chimique (atomes ou molécules) en ion.

Effet du rayonnement	Rayonnement non ionisant	Rayonnement ionisant
Ordre de grandeur de l'énergie en eV	De 10^{-30} eV à 10 eV	De 10 eV à 10^7 eV

Exercice 3 Conversion d'unités, chiffres significatifs

Compléter le tableau suivant

1,5 μg	g	mg
22 nm	m	dm

Exercice I : Indiquer le nombre de chiffres significatifs dans les mesures suivantes :

Données	10 000 m	520 mg	0,0052 L	40,240 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	3 atomes	21,56 Hz
CS						

Faire les calculs, et noter les résultats avec un nombre de chiffres significatifs (CS) adapté

Calcul	Résultat
$26,2 \times 5894 =$	
$5,01 \times 2,0 =$	

CORRECTION DEVOIR SURVEILLE N°5 PREMIERE S
PHYSIQUE-CHIMIE

Exercice 1 Diagramme énergétique

1) L'énergie de l'atome dans son état fondamental vaut $-13,6$ eV. Cet état correspond au niveau de plus basse énergie de l'atome, c'est-à-dire à **son état le plus stable**.

2) $\Delta E_{\text{ion}} = E_f - E_i = E_{\infty} - E_1 = 0 - (-13,60) = 13,60$ eV (

Il faut fournir 13,6 eV pour ioniser l'atome d'hydrogène.

3) L'atome d'hydrogène passe de l'état E_5 à E_2 .

a. E_5 ou E_2 sont des niveaux d'énergie dans lesquels **l'atome est excité**.

b. Flèche orientée de E_5 à E_2 .

c. L'énergie est libérée sous la **forme d'un photon à l'origine d'une radiation lumineuse**.

d. $\Delta E = E_f - E_i = E_2 - E_5 = -3,40 - (-13,60) = 10,20$ eV = $10,20 \times 1,60 \cdot 10^{-19} = 1,632 \cdot 10^{-18}$ J

e. Énergie du photon : $E = |\Delta E| = 1,632 \cdot 10^{-18}$ J

f. $\lambda = hc / E = (3,0 \cdot 10^8 \times 6,62 \cdot 10^{-34}) / (1,632 \cdot 10^{-18}) = 1,23 \cdot 10^{-7}$ m

g. On obtient un spectre d'émission constitué par un fond noir présentant des raies colorées.

4) $\lambda' = 97,3$ nm = $97,3 \cdot 10^{-9}$ m

Cette absorption est celle d'un photon d'énergie $E' = hc / \lambda'$ et correspond à la transition

$$\Delta E' = E_f - E_i = E_4 - E_1$$

$E' = \Delta E'$ d'où $hc / \lambda' = E_4 - E_1$ et donc

$$E_4 = hc / \lambda' + E_1 = (3,0 \cdot 10^8 \times 6,62 \cdot 10^{-34}) / (97,3 \cdot 10^{-9}) + (-13,60) = -8,4 \cdot 10^{-1} \text{ eV}$$

Exercice 2 Les examens médicaux

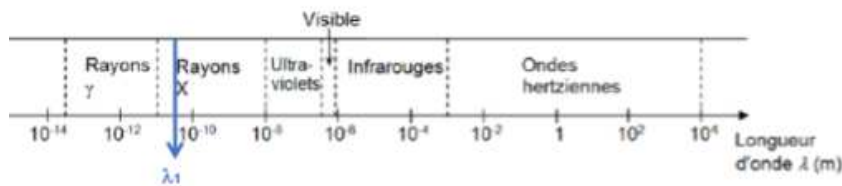
1. À quel domaine de fréquence correspond le rayonnement électromagnétique utilisé par un scanner ?

D'après le document 2-A, le scanner utilise des rayons X.

2. La fréquence des ondes utilisées lors d'un examen réalisé avec un scanner est $\nu_1 = 5,0 \times 10^9$ GHz. Calculer la longueur d'onde λ_1 correspondante.

$$\text{On a : } \nu_1 = 5,0 \times 10^9 \text{ GHz} = 5,0 \cdot 10^{18} \text{ Hz donc } \lambda_1 = \frac{c}{\nu_1} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{5,0 \cdot 10^{18}} = 6,00 \cdot 10^{-11} \text{ m.}$$

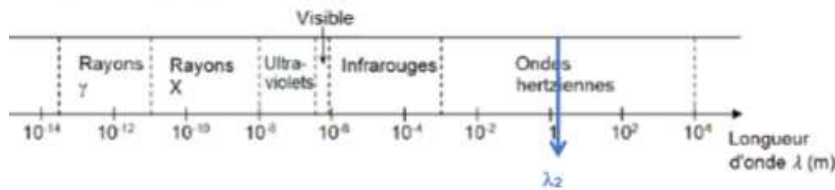
3. Reporter la valeur de la longueur d'onde λ_1 sur le spectre des ondes électromagnétiques du **document réponse DR1**.



4. Quelle est la valeur de la longueur d'onde λ_2 de l'onde correspondant à une IRM utilisant un champ magnétique de 3,0 T ?

D'après le document 1-A, $\lambda_2 = 2,3$ m

5. Reporter la valeur de la longueur d'onde λ_2 sur le spectre des ondes électromagnétiques du **document réponse DR1**. En déduire le nom du domaine du spectre auquel appartient cette onde.



Ces ondes sont des ondes hertziennes.

6. Calculer puis comparer les énergies E_1 et E_2 des photons correspondants aux rayonnements de longueur d'onde λ_1 et λ_2 . On exprimera ces énergies en électronvolts.

$$E_1 = h \times \frac{c}{\lambda_1} = 6,63 \cdot 10^{-34} \times \frac{3,00 \cdot 10^8}{6,00 \cdot 10^{-11}} = 3,32 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

$$\text{Donc } E_1 = \frac{3,32 \cdot 10^{-15}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,072 \cdot 10^4 \text{ eV} \approx 2,1 \cdot 10^4 \text{ eV} \quad (2 \text{ chiffres significatifs})$$

$$E_2 = h \times \frac{c}{\lambda_2} = 6,63 \cdot 10^{-34} \times \frac{3,00 \cdot 10^8}{2,3} = 8,4 \cdot 10^{-26} \text{ J}$$

$$\text{Donc } E_2 = \frac{8,4 \cdot 10^{-26}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 5,25 \cdot 10^{-7} \text{ eV} \approx 5,2 \cdot 10^{-7} \text{ eV} \quad (2 \text{ chiffres significatifs})$$

7. En utilisant le **document 4-A**, comparer la dangerosité des rayonnements utilisés dans le scanner et dans l'IRM.

Le rayonnement utilisé par le scanner a une énergie supérieure à 10 eV, il est donc ionisant alors que celui utilisé dans l'IRM ne l'est pas. Ce dernier est donc moins dangereux.

Exercice 3 Conversion d'unités, chiffres significatifs

1,5 μg	$1,5 \times 10^{-6}$ g	$1,5 \times 10^{-3}$ mg
22 nm	$22 \times 10^{-9} = 2,2 \times 10^{-8}$ m	$2,2 \times 10^{-1}$ dm

Exercice I : Indiquer le nombre de chiffres significatifs dans les mesures suivantes :

Données	10 000 m	520 mg	0,0052 L	40,240 g.L ⁻¹	3 atomes	21,56 Hz	00897 N	0,010 mol
CS	5	3	2	5	infini	4	3	2

Exercice II : Faire les calculs, et noter les résultats avec un nombre de chiffres significatifs (CS) adapté

Calcul	Résultat
26,2 x 5894 =	$1,54 \times 10^5$
5,01 x 2,0 =	$1,0 \times 10^1$ ou 10