

PREMIERE ANNEE DU PCEM
Faculté de Médecine de Grange Blanche
Année Universitaire 2005-2006

EXAMEN FINAL DE BIOPHYSIQUE
MAI 2006

Ce fascicule n'est pas à remettre. Il peut servir de brouillon.

Seule la feuille de réponse est remise à la fin de l'épreuve.

Durée de l'examen : 60 minutes
Nombre de questions : 30

Pour tous les QCM il faut cocher la ou les propositions justes.
ATTENTION : il peut y avoir zéro proposition juste.

Formulaire

Les formules et constantes suivantes pourraient être utilisées

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} \qquad \frac{N^+}{N^-} = e^{\frac{-\Delta E}{kT}} \qquad \omega = \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$

$$D.O. = \log\left(\frac{I_o}{I_t}\right) = \varepsilon CL \qquad \frac{dM_x}{dt} = -\frac{M_x}{T_2} \qquad \left\{ \frac{dM_z}{dt} = -\frac{M_z - M_0}{T_1} \right\}$$

$$\Delta H = \alpha \cdot \log(v_a / v_b)$$

$$Z = \left| \frac{F_y}{\partial f} \right| = \frac{T_0}{v} = \sqrt{T_0 \mu} \qquad Z = \frac{\rho}{\partial u} = \rho_0 V \qquad \frac{I_t}{I_o} = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2} \qquad \frac{I_r}{I_i} = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2$$

Convention RMN

Plan transversal y, y' et x, x' (x, x' = référence, axe de la bobine de RF) - Champ B_0 orienté selon z

Effet Döppler : v = célérité N = fréq, Apparente, Réelle $N_a = N_r \frac{v \pm V_o}{v \pm V_s}$

Noyaux	Spin	Abondance Naturelle %	Sensibilité Relative	Sensibilité Absolue	Fréquence aimant de 4,7 T (MHz)
^1H	1/2	99,98	1	1	200
^2H	1	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$9,65 \cdot 10^{-3}$	$1,45 \cdot 10^{-6}$	30,701
^{13}C	1/2	1,108	$1,59 \cdot 10^{-2}$	$1,76 \cdot 10^{-4}$	50,288
^{17}O	5/2	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$1,11 \cdot 10^{-5}$	27,105
^{23}Na	3/2	100	$9,25 \cdot 10^{-2}$	$9,25 \cdot 10^{-2}$	52,902
^{31}P	1/2	100	$6,63 \cdot 10^{-2}$	$6,63 \cdot 10^{-2}$	80,961

Faraday = 96500 C ; Charge de l'électron : $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C, Nombre d'Avogadro = $6 \cdot 10^{23}$;
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$; Vitesse du son dans l'air : 340 m.s^{-1} ; Cte de Planck = $6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s ;
 Cte de Boltzman = $1,38 \cdot 10^{-23}$ J.K⁻¹

	1,26	1,46	2	3	4	5	10	100	123	133	143
ln	0,23	0,38	0,69	1,1	1,39	1,6	2,3	4,6	4,8	4,9	4,96
log	0,1	0,16	0,3	0,48	0,6	0,7	1	2	2,09	2,1	2,16

Rayons X : $10^{-11} < \lambda < 10^{-8}$ m U.V. : $10^{-8} < \lambda < 4 \cdot 10^{-7}$ m Visible : $4 \cdot 10^{-7} < \lambda < 8 \cdot 10^{-7}$ m
 I.R. : $8 \cdot 10^{-7} < \lambda < 10^{-3}$ m R.F. : $10^{-3} \text{ m} < \lambda$ (Micro-ondes : $10^{-5} < \lambda < 1$ m)

Q 1 Les ondes

- A lors de sa propagation, une perturbation mécanique transporte de l'énergie
- B si la source de la perturbation est très éloignée, on peut considérer la surface d'onde comme plane
- C la vitesse de propagation de l'onde ne dépend pas de la source de l'onde
- D une onde mécanique n'a pas toujours besoin d'un support matériel pour se propager
- E une onde électromagnétique ne se propage que dans le vide

Réponse
ABC

- A vrai, l'oscillation de la matière est propagée (l'énergie est transmise), mais pas la matière elle-même.
- B vrai (cours)
- C vrai : elle dépend uniquement du milieu de propagation
- D faux, c'est indispensable
- E faux, il faut simplement que le milieu soit transparent

Q 2 Fréquence et Energie d'une onde EM

Une onde électromagnétique a pour longueur d'onde 300 nm dans le vide. Les ordres de grandeur de la fréquence en Hz et de l'énergie en eV de cette onde sont respectivement :

- A 10^{17} et 7.10^{-19} B 10^{15} et 40 C 10^{15} et 4 D 10^{13} et 0,4 E 10^{13} et 3.10^{-3}

Réponse
C : $\nu = c / \lambda = 3.10^8 / 300.10^{-9} = 10^{15}$ Hz et $E(\text{eV}) \approx 12400 / \lambda (\text{Å}) = 12400 / 3000 \approx 4$ eV.

Q 3 Onde EM dans la matière – optique géométrique

Une onde électromagnétique passe de l'air (milieu 1) à un milieu 2 transparent d'indice $n \neq 1$. Les angles sont donnés par rapport à la normale à la surface de séparation.

- A la longueur d'onde est alors multipliée par n
- B la pulsation est inchangée
- C la vitesse de propagation est divisée par n
- D le sinus de l'angle indiquant la direction de propagation sera divisé par n
- E le coefficient de réflexion sera donné par $[(n - 1) / (n + 1)]^2$

Réponse
AC

- A est vrai, la seule résolution connue est celle d'un système à deux corps (1 noyau et 1 électron).
- B faux : multipliée par Z^2 mais C vrai (voir cours).
- D faux car c'est le quantique secondaire (ou azimutal) qui définit la forme de l'orbitale (s, p, d, f etc.)
- E faux : Z^* est utilisé pour les atomes poly-électroniques

Q 6 La Fluorescence

La fluorescence

- A est l'émission d'une onde électromagnétique quand une molécule transite depuis son niveau électronique fondamental vers un niveau excité
- B est dans le spectre visible pour une transition entre niveaux électroniques
- C pour exister, une absorption d'une onde électromagnétique préalable est indispensable
- D peut être d'une énergie supérieure à celle qui a permis le passage vers le niveau excité
- E est en général accompagnée par des émissions non-radiantes (non-radiatives)

Réponse
CE

- A faux : passage du niveau excité vers un niveau plus bas (électronique)
- B faux : la spectroscopie UV correspond également à ce type de transition
- C vrai (excitation préalable)
- D faux : elle est forcément inférieure ou égale
- E vrai (perte par vibrations etc.), d'où une énergie inférieure ...

Q 7 RMN et Relaxation

- A la relaxation longitudinale correspond au retour de l'aimantation le long de l'axe perpendiculaire au champ magnétique principal
- B la relaxation transversale est liée au phénomène de déphasage des spins
- C on utilise la technique de l'écho de spin pour compenser les inhomogénéités de B_0
- D pour mesurer la relaxation longitudinale, entre 2 mesures, il faut attendre un quasi retour à l'équilibre complet
- E la relaxation longitudinale est liée à l'interaction des spins entre eux

Réponse
BCD

- A faux : il s'agit du retour SUR l'axe des z
- B, C et D vrais (cours), E faux (spin-réseau)

Réponse
BCDE

En passant d'un milieu d'indice 1 à n , les longueurs d'onde et vitesse de propagation, qui ne dépendent que du milieu de propagation, sont divisées par n . La pulsation ne dépendant que de la source, reste inchangée. De plus la relation de Descartes nous donne $n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2$, soit ici $\sin\theta_1 = n \cdot \sin\theta_2$. On a donc bien $\sin\theta_2 = \sin\theta_1 / n$. Enfin E vrai (cours).

Q 4 Dualité onde-corpuscule

- A l'énergie d'un « grain de lumière » (photon) peut être donnée par le produit $\hbar\omega$
- B la quantité de mouvement d'un « grain de lumière » (photon) peut être donnée par le produit $\hbar k$
- C la longueur d'onde d'une particule de masse non nulle est proportionnelle à sa vitesse
- D on ne peut pas associer une longueur d'onde à toutes les particules
- E il est possible de mesurer simultanément de manière précise la vitesse et la position d'une particule microscopique

Réponse
AB

- A vrai : $E = h\nu = 2\pi\hbar \times \omega/2\pi = \hbar\omega$
- B vrai : $p = h / \lambda = 2\pi\hbar / \lambda = \hbar k$
- C faux : $\lambda = h / p = h / mv$
- D faux même si l'effet physique de l'onde associée est négligeable
(dualité onde-corpuscule : voir cours)
- E faux : c'est contraire au principe d'incertitude de Heisenberg

Q 5 Atomes hydrogénéoïdes

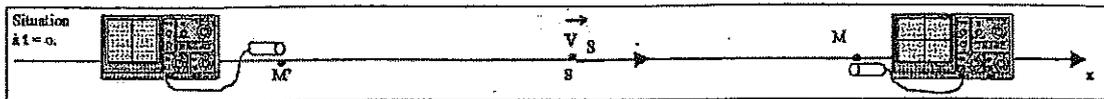
Considérant les atomes (ions) hydrogénéoïdes :

- A un atome hydrogénéoïde est l'association d'un noyau et d'un seul électron
- B l'énergie de l'orbitale atomique est la même que celle de l'hydrogène multipliée par le nombre de charge Z
- C la distance moyenne entre l'électron et le noyau est inversement proportionnelle à Z
- D la distance est proportionnelle à n^2 , n étant le nombre quantique principal définissant la forme de l'orbitale
- E lorsque le nombre de charge Z est grand, il faut le remplacer par le nombre de charge effectif Z^* déterminé par la règle de Slater

Questions groupées (Q 13 à Q 15)

Effet Doppler

Un solide S se déplace sur un rail rectiligne horizontal en émettant des signaux sonores. Deux microphones immobiles reliés à deux oscilloscopes enregistrent les ondes reçues en deux points M'(x = 0) et M (x = 70 m) situés de part et d'autre de S. La vitesse de propagation du son sera considérée égale à $v_{son} = 350 \text{ m.s}^{-1}$.



Le solide est animé d'un mouvement uniforme $V_S = 35 \text{ m.s}^{-1}$. A $t = 0$ ($x_S = 35 \text{ m}$), un signal sonore est émis. Le solide émet régulièrement 10 bips par seconde. La durée de chaque bip est négligeable devant la période d'émission.

Q 13 Bips Sonores et 1^{er} Temps de Propagation

Les temps t_1 et t_1' , en ms, où le premier bip émis par S sera entendu respectivement par M et M' sont respectivement

- A 50 et 100 B 50 et 50 C 100 et 120 D 120 et 120 E 100 et 100

Réponse

E : $t_1 = d / v_{\text{son}} = 35 / 350 = 0,1 \text{ s} = t_1'$.

Q 14 Second Bip Sonore

L'abscisse du point S lors de l'émission du second bip, ainsi que les temps t_2 et t_2' , en ms, où le second bip sera entendu respectivement par M et M' sont respectivement :

- A 3,5 ; 150 ; 250
 B 3,5 ; 190 ; 210
 C 3,5 ; 110 ; 290
 D 5 ; 140 ; 260
 E 5 ; 160 ; 170

Aucune bonne réponse

Ou B

Lors du second bip, 0,1 s s'est écoulée (10 bips / s). Ainsi le solide S a progressé de $\Delta x = 35 \times 0,1 = 3,5 \text{ m}$. L'abscisse du point B devient donc $35 + 3,5 = 38,5 \text{ m}$.

$$t_2 = 0,1 + (35 - 3,5) / 350 = 0,1 + 35/350 - 3,5/350 = 0,1 + 0,1 - 0,01 = 0,19 \text{ s.}$$

$$t_2' = 0,1 + (35 + 3,5) / 350 = 0,1 + 35/350 + 3,5/350 = 0,1 + 0,1 + 0,01 = 0,21 \text{ s.}$$

Q 15 Sirène et Effet Doppler

On recommence l'expérience précédente en remplaçant les bips sonores par une sirène émettant une onde sonore sinusoïdale (phase nulle à l'origine) de fréquence N et

d'intensité sonore constante. Les fréquences apparentes perçues en N_M et $N_{M'}$ pourront respectivement s'exprimer par :

A $N \frac{v_{son} - V_S}{v_{son} + V_S}$ et $N \frac{v_{son} + V_S}{v_{son} - V_S}$

B $N \frac{v_{son} - V_S}{v_{son} - V_S}$ et $N \frac{v_{son} + V_S}{v_{son} + V_S}$

C $N \frac{v_{son} + V_S}{v_{son}}$ et $N \frac{v_{son} - V_S}{v_{son}}$

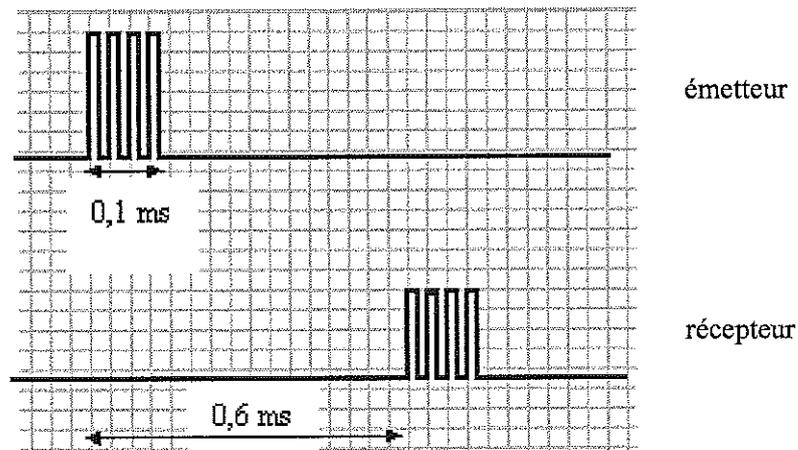
D $N \frac{v_{son} - V_S}{v_{son}}$ et $N \frac{v_{son} + V_S}{v_{son}}$

E $N \frac{v_{son}}{v_{son} + V_S}$ et $N \frac{v_{son}}{v_{son} - V_S}$

Aucune bonne réponse. On rappelle la relation générale : $N_a = N \frac{v_{son} \pm V_S}{v_{son} \mp V_S}$. Seule la source est en mouvement, il n'y aura donc que v_{son} au numérateur. Seul E répond pour l'instant à ce critère. Ensuite puisque la source se rapproche pour M, la fréquence est plus aiguë (plus grande) : il faut une différence au dénominateur (et donc une addition pour M').

Q 19 Célérité dans un liquide

Un émetteur et un récepteur d'ultrasons (US) sont fixés sur deux couvercles vissés aux deux extrémités d'un tube étanche rempli d'un liquide inconnu. La distance "émetteur-récepteur" vaut $d = 80$ cm. On visualise à l'aide d'un oscilloscope les tensions émises et reçues, comme le montre la figure suivante :



- A la période des ultrasons vaut $25 \mu\text{s}$
- B la fréquence des ultrasons est égale à $4\,000$ Hz
- C la vitesse de propagation des US dans ce liquide est de $1500 \pm 50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- D on remplace ce liquide par de l'air. Le décalage Δt observé sera de l'ordre de $1,2$ ms
- E on remplace ce liquide par de l'air. Le décalage Δt observé sera de l'ordre de $1,8$ ms

Réponse

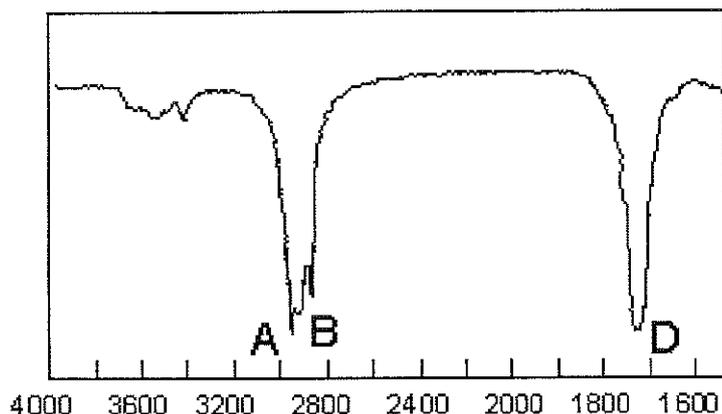
A

A vrai et B faux : en $0,1$ ms, il y a 4 périodes. Une période correspond donc à $1 \cdot 10^{-4} / 4 \text{ s} = 25 \mu\text{s}$. La fréquence est donc $N = 1 / T = 40\,000$ Hz (à $4\,000$ Hz ce n'est plus un US).

C faux : l'US a mis $0,6$ ms pour parcourir la distance d . Donc $v = 0,8 / 0,6 \cdot 10^{-3} = 4/3 \cdot 10^3 \approx 1333 \text{ m/s}$. Enfin D et E faux : $\Delta t = d / v \approx 0,8 / 340 = 2,35$ ms.

Q 20 Spectre d'absorption IR

On donne le spectre infrarouge d'une molécule inconnue :



On donne les nombres d'onde de vibrations (élongations), en cm^{-1} , pour les liaisons suivantes :

($\text{C}_{\text{sp}3} - \text{H}$) :	2850 – 2950 (bande assez intense)
($\text{C}_{\text{sp}2} - \text{H}$) :	3000 – 3100 (bande assez intense)
($\text{C} = \text{C}$) :	1640 – 1680 (bande assez faible)
($\text{C} \equiv \text{C}$) :	2100 – 2250 (bande variable)
($\text{O} - \text{H}$) :	3200 – 3600 (bande intense et large)
($\text{C} = \text{O}$) :	1650 – 1750 (bande intense)

Quelle est la seule molécule pouvant correspondre à ce spectre ?

- A $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$
- B $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- C $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- D $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$
- E $\text{CH}_2 = \text{O}$

Réponse

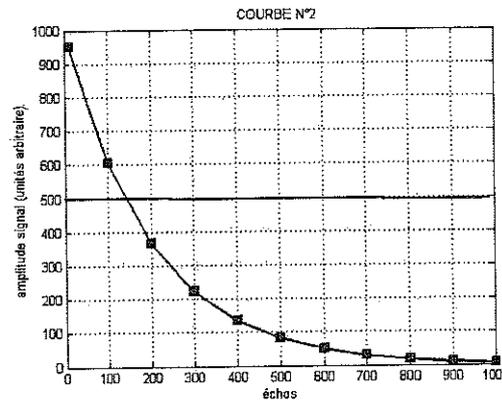
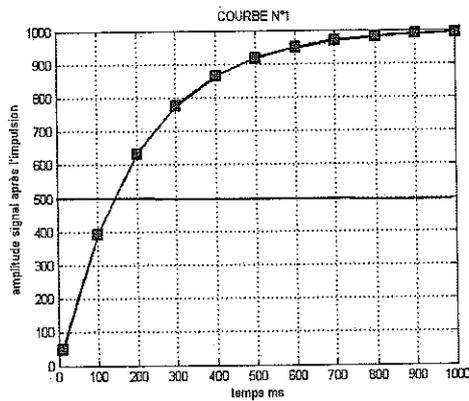
B : seul le pentan-2-one peut correspondre (il s'agit de son spectre d'absorption). En effet la bande d'absorption intense aux environs de 1730 cm^{-1} (pic D) est très évocatrice du groupement $\text{C}=\text{O}$ (ici une cétone), et donc C faux (pas de double liaison CO pour le propane, en tous cas rien ne pourrait correspondre au pic D). Le pic A-B correspond à une liaison $\text{C}_{\text{sp}3} - \text{H}$ typique.

Le butanol (ici butan-1-ol) et l'éthanol sont également très vite éliminés (A et D faux) :

visiblement pas de bande d'absorption intense entre 3200 et 3600 cm^{-1} typique de la fonction alcool. Rien ne correspond non plus au pic D pour ces deux molécules. Enfin le formol est également éliminé (E faux) car le spectre ne montre pas de liaison type $C_{sp^2}\text{-H}$, et la molécule ne possède pas de liaison $C_{sp^3}\text{-H}$.

Enoncé commun Q 21 et Q 22

Soit deux expériences RMN théoriques par lesquelles on étudie la relaxation des protons d'une région d'intérêt du cerveau humain 'in vivo' par:



Q 21 Spin Echos (SE)

Soit une séquence de 1000 spin échos (SE) séparés de $0,2\text{ ms}$ (figure N°2)

- A on peut mesurer le temps de relaxation transversal ou longitudinal selon l'axe du champ de RF utilisé
- B la courbe est typique d'une relaxation transversale
- C cette séquence SE s'écrit (en ms) $90^\circ_x - (0,2 - 180^\circ_y - 0,2 - \text{Acq.})$
- D T_2 vaut entre 100 et 130 ms
- E la relaxation transversale est fortement dépendante du champ magnétique principal

Réponse
B

A est farfelu. C est faux car τ vaut $0,1\text{ ms}$ (c'est le TE qui vaut $0,2\text{ ms}$). D est faux : la valeur immédiatement lisible sans calculs est de 200 échos = 40 ms (valeur de l'amplitude de l'écho à $1/e$ soit ici à $370 \rightarrow t = 200$ échos). E est faux aussi, les interactions spin-spin

sont, contrairement aux interactions spin-réseau, très peu dépendantes du champ B_0 (cours).

Q 22 Temps T_1

Plusieurs acquisitions sont espacées de 10 s chacune (= TR, ici $> 5T_1$). Pour chacune on mesure l'amplitude du signal d'induction libre (précession libre) après un délai variable (figure N°1).

- A la courbe est un tracé typique d'une mesure de relaxation longitudinale
- B la séquence utilisée s'écrit (en ms) : $(180^\circ_x - t_f - 90^\circ_x - \text{Acq.} - 10000)_{11}$
- C le temps de relaxation mesuré vaut entre 100 et 130 ms
- D dans la séquence T_1 l'impulsion RF de lecture est à la fréquence de Larmor
- E le temps de relaxation T_1 est toujours inférieur au temps de relaxation T_2

Réponse

AD

- A est vrai sauf que c'est une séquence de saturation-récupération qui est montrée
- B faux parce qu'une séquence de saturation-récupération comprend une 90° sur x' et pas une 180° (inversion)
- C faux c'est 200 ms, sans avoir besoin de faire de calcul. $M_z(T_1) = M_0(1 - 0,37) = 0,63 M_0$ soit ici l'abscisse de 630, c'est-à-dire 200 ms.
- D vrai : en RMN toutes les impulsions RF sont à la fréquence de Larmor
- E non, ils sont parfois égaux sinon c'est toujours le contraire : $T_1 \geq T_2$

Q 23 Lentille mince

Soit une lentille mince sphérique en verre de vergence D dans l'air. On place un objet quelconque à une distance p (en valeur algébrique) en avant de cette lentille. On pourra calculer le grandissement de l'image par :

- A $1 - pD$ B $1 - D/p$ C $pD + 1$ D $1 / (p - D)$ E $1 / (pD + 1)$

Réponse

E

$1/p' - 1/p = D$, donc en multipliant par p , on obtient $p/p' = 1 + pD$. Or $\gamma = p'/p$, soit :

$$\gamma = 1 / (1 + pD)$$

Q 24 Œil réduit à un dioptre

Les caractéristiques d'un œil emmétrope au repos (considéré stigmatique) réduit à un dioptre sont : $n_1 = 1$ (air) ; $n_2 = 1,336$ et vergence $D = 60 \delta$.

On prendra la position de la cornée comme origine pour les distances algébriques (sommet du dioptre S). Toutes les questions se réfèrent à l'œil au repos

- A le rayon de courbure de ce dioptre vaut environ + 11,2 mm
- B le rayon de courbure de ce dioptre vaut environ + 5,5 mm
- C la position de la rétine sera comprise entre 25 et 30 mm derrière S
- D tous les rayons lumineux passant sur l'axe optique à une distance $d = -16,7$ mm seront horizontaux (parallèles à l'axe optique) après avoir franchi le dioptre
- E tous les rayons lumineux passant par S ne sont pas déviés

Réponse

BD

A faux et B vrai : $D = (n_2 - n_1) / R$, soit $R = 0,336 / 60 = 0,0112 / 2 \approx 0,0056 = 5,6$ mm

C faux : $D = n_2 / f$, soit $f = 1,336 / 60 \approx +22,3$ mm (cours)

D vrai : tous les rayons passant par F sont // (cours) et $D = -n_1 / f$, soit :

$$f = -1 / 60 \approx -16,7$$
 mm

E faux (farfelu, ce n'est pas le centre optique)

Q 25 RMN du proton ^1H

- A la RMN du proton a peu d'applications médicales mais reste un très bon exemple pédagogique du fait des caractéristiques du noyau d'hydrogène et de ses applications en chimie
- B la RMN du proton permet de dénombrer des protons présents dans un échantillon
- C le temps de relaxation transversal apparent porte ce nom parce qu'il est indépendant des propriétés du milieu exploré
- D les spins nucléaires s'orientent dans le champ magnétique principal uniquement sous l'influence de l'onde de radio-fréquence à la fréquence de Larmor

E le temps de relaxation longitudinal correspond approximativement au temps de retour de l'aimantation macroscopique de l'échantillon à sa valeur de repos après une impulsion de 180° sur x'

Réponse
B

A est faux bien sûr, il suffit de se rappeler de l'IRM. B est vrai car le signal est directement proportionnel au nombre de noyaux présents, ceci écrit, ce n'est pas la densité de protons qui explique le contraste naturel des images IRM mais les différences entre les temps de relaxation locaux dans les tissus. C est faux car si le temps de relaxation apparent est en grande partie lié aux inhomogénéités de champ, il comprend également les phénomènes de relaxation transversale vraie : on l'exprime plus formellement par :

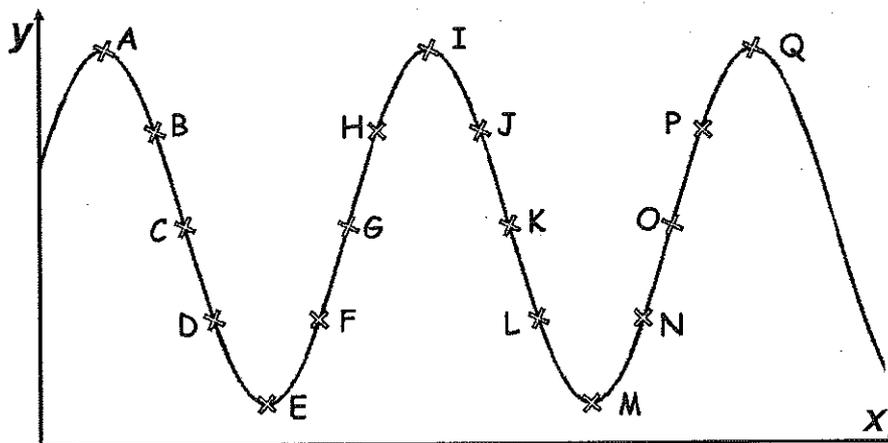
$$1/T_2^* = 1/T_2\text{vrai} + 1/T_2\text{inhomogénéité de champ.}$$

L'erreur est fréquente car la présentation classique de la RMN veut que l'on traite la relaxation apparente d'abord en insistant sur les déphasages dus à l'inhomogénéité de B_0 puis la relaxation T_2 vraie qui est effectivement étudiée quand on s'est affranchi des inhomogénéités par des impulsions refocalisantes.

D est faux : ils s'orientent en présence du champ magnétique principal (pas besoin de RF). Enfin E est faux car le temps de relaxation T_1 est une constante de temps. Après T_1 on arrive qu'à $(1-2\exp(-1)) = 26\%$ de sa valeur de repos.

Q 26 Propagation le long d'une corde

Une onde sinusoïdale se propage le long d'une corde infinie (axe Ox). Une portion de la corde est photographiée à un instant t (ci-dessous). Les points A à Q sont des points de la corde.



- A la longueur AQ reste constante, quel que soit le temps t où est prise la photographie
- B le segment DL peut être utilisé pour calculer la période de l'onde

- C les points C, G, K et O oscillent en phase
- D les points J et N vibrent en opposition de phase
- E les points A et B oscillent en quadrature de phase

Réponse
AD

A est vrai, l'onde ne transporte pas de matière. Toutes les longueurs restent constantes. La longueur DL correspond à la longueur d'onde (période spatiale et pas temporelle), donc B faux.

C faux : C et G en opposition de phase ($CG = DL/2 = \lambda/2$). C et K oscillent en phase, G et O également, mais pas les 4 ensembles.

D vrai. On voit facilement que I et M sont en opposition de phase, or la même distance sépare J de I que N de M.

Enfin E est faux : A et C vibrent en quadrature de phase, pas A et B ($AB \neq \lambda/8$).

Q 27 Equation d'une onde EM

Une onde plane électromagnétique se propage dans le vide. On utilise un système cartésien Oxyz de vecteurs unitaires \vec{u}_x , \vec{u}_y et \vec{u}_z . Le champ électrique au point $\vec{r}(x,y,z)$ à l'instant t est donné par (S.I.) : $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - 12,6x)\vec{u}_z$.

A la direction de propagation est l'axe Oz

B à l'origine du temps et de l'espace, le champ \vec{B} est opposé à \vec{u}_y

C la longueur d'onde vaut environ 2 m

D l'énergie d'un photon associé à cette onde est de l'ordre de $4 \cdot 10^{-25}$ J

E il s'agit d'une onde de radiofréquence

Réponse
BDE

A faux : c'est l'axe Ox (E dépend de la distance x !).

B vrai (faire le schéma avec le trièdre (E,B,x) direct).

C faux : $\lambda = 2\pi/12,6 \approx 6,3 / 12,6 = 0,5$ m.

D vrai : $E = hc / \lambda \approx 6,6 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8 / 0,5 = 6,6 \cdot 10^{-34} \times 6 \cdot 10^8 = 3,96 \cdot 10^{-25}$ J

E vrai (cours et formulaire).

Q 28 Somme d'Intensités Sonores

Deux engins séparés de 10 m de distance produisent des sons d'intensités différentes. Ces deux intensités deviennent identiques et égales à 60 dB si les distances respectives aux engins sont de 1 m et 2 m.

Quelle est l'intensité sonore résultante, en dB SL, au milieu des deux engins si ceux-ci fonctionnent simultanément ?

A 40 B 43 C 47 D 53 E 57

Réponse

D

60 dB correspondent à une puissance surfacique moyenne absolue de 10^{-6} W/m^2 .

A 5 mètres de chaque engin, ces puissances deviennent :

$P_1 = 10^{-6} / 25 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2$ et $P_2 = 10^{-6} \times 4 / 25 = 16 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2$. La somme des deux nous donne donc :

$P = 2 \cdot 10^{-7} \text{ W/m}^2$, soit $I = 10 \log 2 + 10 \log(10^{-7}/10^{-12}) = 3 + 50 = 53 \text{ dB}$

Q 29 Correction

Soit un œil dont la formule de correction est :

sphérique - 1 δ

cylindrique d'axe à 90 ° (axe vertical) + 3 δ

A il s'agit d'un œil astigmat hyperopique composé

B la formule de correction : sphérique + 2 δ et cylindrique à 0 ° - 3 δ est équivalente

C sans correction la focale horizontale est en avant de la rétine

D avec un verre sphérique de - 1 δ , l'œil devient astigmat hyperopique simple

E l'astigmatisme est dit inverse

Réponse

BCD

A faux : il est mixte : la focale verticale est en arrière de la rétine et la focale horizontale est en avant de la rétine (donc C vrai).

B vrai (chemin inverse).

D vrai : avec ce verre, on ramène la focale horizontale sur la rétine. La focale verticale reste en arrière (elle a même reculé avec ce verre)

E faux : conforme à la règle = méridien vertical le plus convergent, la focale horizontale doit être la plus en avant, ce qui est le cas ici.