

PREMIERE ANNEE DU PCEM  
Faculté de Médecine de Grange Blanche  
Année Universitaire 2006-2007

EXAMEN FINAL DE BIOPHYSIQUE  
MAI 2007

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.

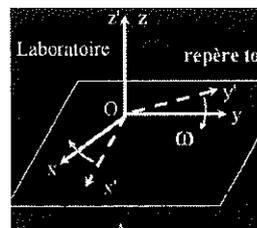
Durée de l'examen : 60 minutes  
Nombre de questions : 30

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

$$\frac{N^+}{N^-} = e^{\frac{-\Delta E}{kT}} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{\mu}} \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{dM_z}{dt} &= -\frac{M_z - M_0}{T_1} \\ \frac{dM_x}{dt} &= -\frac{M_x}{T_2} \end{aligned} \right.$$



$$D.O. = \log \left( \frac{I_o}{I_t} \right) = \epsilon CL$$

### Conventions

RMN plan transversal  $y, y'$  et  $x, x'$  ( $x, x'$  = référence, axe de la bobine de RF) - Champ  $B_0$  orienté selon  $z$   
 Optique axe orienté de moins 'infini à plus l'infini dans le sens de la marche des rayons lumineux

Effet Döppler :  $v$  = célérité  $N$  = fréq. (a)pparente, (r)éelle  $N_a = N_r \frac{v \pm V_o}{v \pm V_s}$   
 $V$  = vitesse (o)bjet, (s)ource

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

$$S = 10 \cdot \log_{10} (I/I_0) \text{ en dB SL } I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$$

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

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 :  $340 \text{ m.s}^{-1}$  ; Cte de Planck =  $6,6 \cdot 10^{-34}$  J.s ;  
 Cte de Boltzman =  $1,38 \cdot 10^{-23}$  J.K<sup>-1</sup> ; Indices de réfraction : air  $n=1,0$  ; eau  $n=1,333$

	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

Noyaux	Spin	Abondance Naturelle %	Sensibilité Relative	Sensibilité Absolue	Fréquence aimant de 4,7 T (MHz)
<sup>1</sup> H	1/2	99,98	1	1	200
<sup>2</sup> H	1	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$9,65 \cdot 10^{-3}$	$1,45 \cdot 10^{-6}$	30,701
<sup>13</sup> C	1/2	1,108	$1,59 \cdot 10^{-2}$	$1,76 \cdot 10^{-4}$	50,288

### 1. (\*) Ondes

- A une onde acoustique est une onde longitudinale
- B une onde électromagnétique est une onde transverse
- C une onde ne transporte pas de matière
- D toutes les ondes électromagnétiques sont linéairement polarisées
- E l'équation d'une onde est toujours une sinusoïde

#### 1 Réponse

A, B, C

A,B,C vrai (cours)

D faux, Des ondes em sont polarisées elliptiquement

E faux, une onde est une grandeur qui se propage donc pas forcément périodique et encore moins sinusoïdale

### 2. (\*) Le champ électrique d'une onde électromagnétique se propageant dans le vide a l'expression suivante : $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t + kx)\vec{u}_z$ avec $\omega = 3,14 \cdot 10^8 \text{ rad.s}^{-1}$ .

- A il s'agit d'une onde progressive
- B la fréquence de l'onde est  $10^8 \text{ Hz}$
- C la longueur d'onde est 6 m
- D le champ magnétique est orienté suivant  $\vec{u}_x$
- E l'amplitude du champ magnétique est  $B_0 = E_0/c$

#### 2 Réponse

C, E

A faux, les signes des termes  $kx$  et de  $\omega t$  sont égaux donc il s'agit d'une onde régressive  
En fait dans le corrigé du concours j'ai neutralisé cet item bien que le cours soit très explicite à ce sujet. En physique on regroupe facilement les ondes progressives (+ et -) pour les différencier des ondes stationnaires et je pense que nous avons d'autres moyens de discriminer les étudiants que sur cet item

B faux,  $f = \omega / 2\pi = 0,5 \cdot 10^8 \text{ Hz}$

C vrai :  $\lambda = v/f = 3 \cdot 10^8 / 0,5 \cdot 10^8 = 6 \text{ m}$

D faux, B est orienté suivant  $\vec{u}_y$  car (k,E,B) forme un trièdre direct

E vrai (cours)

### 3. (\*) Ondes électromagnétiques

- A la fréquence des ondes électromagnétiques dépend du milieu dans lequel elles se propagent
- B la longueur d'onde  $\lambda$  des ondes électromagnétiques dépend du milieu dans lequel elles se propagent
- C dans l'air, la vitesse des ondes électromagnétiques est  $3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$

D dans l'eau, la vitesse des ondes électromagnétiques est  $4 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$   
E  $\lambda = 0,9 \mu\text{m}$  correspond à une longueur d'onde dans l'infrarouge

### 3 Réponse B,C,E

A faux mais B vrai car  $\lambda = c/nf$  et n dépend du milieu (cours)  
C vrai,  $v = c/n = c/1.0$   
D faux,  $v = c/n = c/1.333 < c$   
E vrai (cours)

### 4. (\*) Résonance magnétique nucléaire (RMN)

A le phénomène de RMN (par exemple  $^1\text{H}$ ) requiert l'application d'un champ magnétique artificiel intense  
B en RMN  $^1\text{H}$  la différence de population des niveaux d'énergie permis est directement proportionnelle à l'intensité du champ de radiofréquence  $B_1$   
C la RMN est une spectroscopie d'émission induite  
D obtenir un signal de RMN suppose que l'on ait au préalable excité le système avec une impulsion (ou une combinaison d'impulsions) de  $90^\circ$  et/ou de  $180^\circ$  sur x ou y  
E dans les conditions d'homogénéité idéale du champ magnétique principal ( $B_0$ ) les spins nucléaires précessent tous à la fréquence de Larmor avant toute émission de radiofréquence

### 4 Réponse C, E

A est faux, il suffit d'avoir un champ magnétique, le champ terrestre peut faire l'affaire mais le signal que l'on peut en attendre sera évidemment très faible  
B est faux, elle dépend de  $B_0$  et sa variation faible du fait de  $B_1$  ne joue que sur la différence (au maximum une inversion de la différence de population)  
C est vrai (cours) c'est important  
D est faux on peut obtenir un signal avec une impulsion d'un angle de bascule quelconque, en imagerie médicale on utilise fréquemment de très petits angles ( $5^\circ$ )  
E vrai, dans le modèle classique que nous en avons bien entendu. C'est le couplage entre le moment nucléaire et le champ qui en rend compte.

### 5. (\*) La relaxation

A les phénomènes de relaxation correspondent à un retour à l'équilibre des spins nucléaires à leur état d'avant l'application du champ magnétique principal  $B_0$   
B les phénomènes de relaxation sont modélisés par deux exponentielles décroissantes dont l'une caractérise le retour à l'équilibre énergétique et l'autre des phénomènes de déphasage des moments nucléaires

- C la relaxation apparente se différencie de la relaxation vraie par le fait qu'elle obéit à un mécanisme déterministe alors que l'autre est gouvernée par les lois du hasard (stochastique)  
 D dans une première approche la relaxation longitudinale peut se décrire comme étant dépendantes de l'existence, dans le milieu, d'ondes à la fréquence de Larmor  
 E le signal de RMN qui est en détecté est à la fréquence de Larmor

### 5 Réponse

B, C, D, E

A est faux car il faut qu'il y ait au préalable excitation par une onde de radiofréquence  
 Le reste c'est du cours mais attention E est un peu subtile : le signal émis est bien à la fréquence de résonance mais le signal enregistré lui est à une fréquence plus faible après soustraction de la fréquence de résonance (échantillonnage après)

**6. (\*) On considère un son pur à une pulsation  $\omega=1000 \text{ rad.s}^{-1}$  qui se propage dans l'air chaud ( $\rho_0=1,0 \text{ kg/m}^3$ ) avec une amplitude d'élongation  $u_0=3 \mu\text{m}$ .**

- A l'amplitude de pression est égale à  $1020 \text{ Pa}$   
 B la vitesse du son dépend de sa fréquence  
 C la vitesse du son dans un gaz parfait augmente si la masse volumique diminue  
 D les ondes de pression et d'élongation sont déphasées en valeur absolue de  $\pi/2$   
 E dans des milieux solides, le son peut se propager plus rapidement que dans l'air

### 6 Réponse

C,D,E

- A faux  $Pa=u_0 \rho_0 \omega V=3 \cdot 10^{-6} \times 10^3 \times 1 \times 340 = 1,02 \text{ Pa}$   
 B faux, V est indépendant de la fréquence (milieu non dispersif)  
 C vrai,  $v=(\chi \rho_0)^{-1/2}$   
 D, E vrai (cours)

**9. (\*) Un milieu 1 d'indice  $n_1=1,5$  est en contact par une surface plane avec un milieu 2 d'indice  $n_2=1$ . Un rayon lumineux faisant un angle d'incidence de  $60^\circ$  avec la normale au plan passe du milieu 1 au milieu 2. Quel est l'angle de réfraction de ce rayon dans le milieu 2 ?**

- A  $90^\circ$                       B  $60^\circ$                       C aucun                      D  $30^\circ$                       E  $45^\circ$

### 9 Réponse

C

Si le rayon existait, on aurait  $\sin(i_2)=n_1 \sin(i_1)/n_2 \approx 1.3$  : cette équation n'a donc pas de solution.

## 10. (\*) Vision

- A pour un œil emmétrope au repos, le Punctum Remotum est l'image d'un point situé à moins l'infini
- B pour un œil emmétrope au repos, le Punctum Remotum se trouve à moins l'infini
- C pour un œil emmétrope au repos, l'image du Punctum Remotum se trouve sur le plan de la rétine
- D lorsqu'un œil emmétrope accommode au maximum, le Punctum Remotum est à une distance finie de l'œil
- E pour un œil hypermétrope (hyperope) au repos, le Punctum Remotum se trouve à moins l'infini

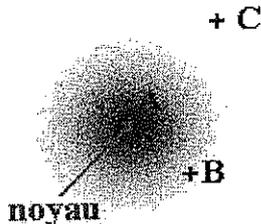
## 10 Réponse

**B, C**

- A faux définition du PR c'est l'image d'un point situé sur la rétine
- B vrai
- C vrai cf A
- D faux le PR reste où il est, c'est le point vu net par l'œil qui se déplace
- E faux le PR d'un œil hypermétrope est virtuel

### 13. (\*\*) Orbitale atomique

Voici la représentation d'un atome fictif comprenant un noyau et un électron. Le point A n'est PAS situé sur le noyau.



- A la densité de probabilité de présence de l'électron est plus importante en A qu'en B ou C
- B l'électron se trouve en un point du nuage de points
- C il est possible, à un instant  $t$ , d'avoir l'électron localisé en A
- D on considère que l'électron est délocalisé, c'est-à-dire que le nuage de points correspond à sa distribution spatiale
- E si on a le nuage de points de la figure et la fonction d'onde correspondante, alors on connaît l'état quantique précis (état de spin excepté) dans lequel se trouve l'électron

#### 13 Réponse

A, D, E

A vrai, le nuage de points représente la densité de probabilité de présence de l'électron, qui est plus dense en A.

B et C faux : l'électron n'est pas localisé dans le nuage électronique qui représente l'électron dans son intégralité (modèle actuel de la mécanique quantique) : on dit qu'il est délocalisé (D vrai).

E vrai (cours)

### 14. (\*\*) Quelle est la longueur d'onde du photon provoquant la transition d'un électron du noyau d'hydrogène du niveau fondamental au niveau $n=5$ ?

- A  $10^{-6}$  m      B  $10^{-7}$  m      C  $10^{-8}$  m      D  $10^{-9}$  m      E  $10^{-10}$  m

#### 14 Réponse

B

Le photon est absorbé si son énergie est égale à

$$\Delta E = E_0 \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) = -13,6 \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{1^2} \right) = -0,5 + 13,6 = 13,1 \text{ eV}$$

Il provoque alors la transition d'un électron du niveau fondamental au niveau  $n=5$ .

En utilisant  $\Delta E(\text{eV}) = h\nu = hc / \lambda e \# 12400 / \lambda(\text{\AA})$

$\lambda \# 1000 \text{ \AA}$  soit  $\lambda \# 10^{-7} \text{ m} = 100 \text{ nm}$  (UV)

### 15. (\*\*) Un photon de $\lambda = 1240 \text{ \AA}$ percute un atome d'hydrogène. Un électron dans l'état excité $n=3$ est alors éjecté. Le reste de l'énergie est convertie en Energie cinétique. Quelle est la vitesse de l'électron en m/s

A  $10^5$

B  $10^6$

C  $10^7$

D  $10^8$

E  $10^9$

### 15 Réponse

C

15. (\*\*) Un photon de  $\lambda = 1240 \text{ \AA}$  percute un atome d'hydrogène. Un électron dans l'état excité  $n=3$  est alors éjecté. Le reste de l'énergie est convertie en Energie cinétique. Quelle est la vitesse de l'électron en m/s

A  $10^5$

B  $10^6$

C  $10^7$

D  $10^8$

E  $10^9$

### 15 Réponse

B

$$E_{\text{photon incident}} = E_{\text{ionisation}} + E_{\text{cinétique}}$$

$$\text{Avec } E_{\text{ionisation}} = E_0/3^2$$

$$E_{\text{cinétique}} = 1/2 mv^2$$

$$E_{\text{photon incident}} = hc/\lambda = 12400/\lambda(\text{\AA})$$

$$\text{Soit } 12400/\lambda(\text{\AA}) = E_0/3^2 + 1/2 mv^2$$

$$1/2 mv^2 = (12400/\lambda(\text{\AA}) - E_0/3^2) \text{ en eV} \text{ On trouve } 8.5 \text{ eV} \text{ soit bien } 10 \text{ eV} \text{ environ}$$

$$1/2 mv^2 = (12400/\lambda(\text{\AA}) - E_0/3^2) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ en J}$$

$$1/2 mv^2 \# 10 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

Il y avait une erreur dans le corrigé de 2007 - Pour éviter qu'elle se propage je fais la correction dans la version corrigée du concours avec le détail

$$V \# (2 \cdot 10 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} / m)^{1/2}$$

#  $(3 \cdot 10^{-16} / 10^{-30})^{1/2}$  C'est là que le problème apparaît; m est bien environ  $10^{-30} \text{ kg}$ , mais le numérateur devrait être  $3 \cdot 10^{-18}$

#  $(3 \cdot 10^{14})^{1/2}$  la puissance est  $10^{12}$  #  $10^7 \text{ m/s}$  et ici le résultat final est de l'ordre de  $10^6$  (réponse B)

$$E_{\text{photon incident}} = E_{\text{ionisation}} + E_{\text{cinétique}}$$

$$\text{Avec } E_{\text{ionisation}} = E_0/3^2$$

$$E_{\text{cinétique}} = 1/2 mv^2$$

$$E_{\text{photon incident}} = hc/\lambda = 12400/\lambda(\text{\AA})$$

$$\text{Soit } 12400/\lambda(\text{\AA}) = E_0/3^2 + 1/2 mv^2$$

$$1/2 mv^2 = (12400/\lambda(\text{\AA}) - E_0/3^2) \text{ en eV}$$

$$1/2 mv^2 = (12400/\lambda(\text{\AA}) - E_0/3^2) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ en J}$$

$$1/2 mv^2 \# 10 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

$$V \# (2 \cdot 10 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} / m)^{1/2} \# (3 \cdot 10^{-16} / 10^{-30})^{1/2} \# (3 \cdot 10^{14})^{1/2} \# 10^7 \text{ m/s}$$

### 16. (\*\*) Loi de Beer-Lambert.

Sur le tableau on été reporté les mesures d'intensités transmises ( $I_t$ ) pour différentes longueur de cuve traversée L.

L (cm)	0	1	2	3	4	5
$I_t$ (unité arbitraire)	75	0,075	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^{-8}$	$7,5 \cdot 10^{-11}$	$7,5 \cdot 10^{-15}$

La concentration de la solution est de  $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Déterminer le coefficient d'extinction molaire en  $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

A 3

B 30

C 300

D 3000

E 30 000

### 16 Réponse

D

$$\text{On a } A = \log(I_0/I_t) = \epsilon_\lambda CL$$

il faut donc calculer la pente de  $A=f(L)=\alpha L$ , avec  $\alpha = \epsilon_\lambda C$

$$L = 0 \quad A = 0$$

$$L = 1 \quad A = \log(10^3)=3$$

$$\text{Donc } \alpha = \epsilon_\lambda C = 3$$

$$\text{Avec } C=1 \text{ mmol}^{-1} \text{ L}^{-1} = 10^{-3} \text{ mol}^{-1} \text{ L}^{-1}, \epsilon_\lambda = 3 \cdot 10^3 = 3000 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

### 17. (\*\*) On donne les fréquences de vibrations pour les liaisons suivantes :

$$\nu(\text{O-H}) : \text{entre } 3300 \text{ et } 3600 \text{ cm}^{-1}$$

$$\nu(\text{C-C}) = 2900 \text{ cm}^{-1}$$

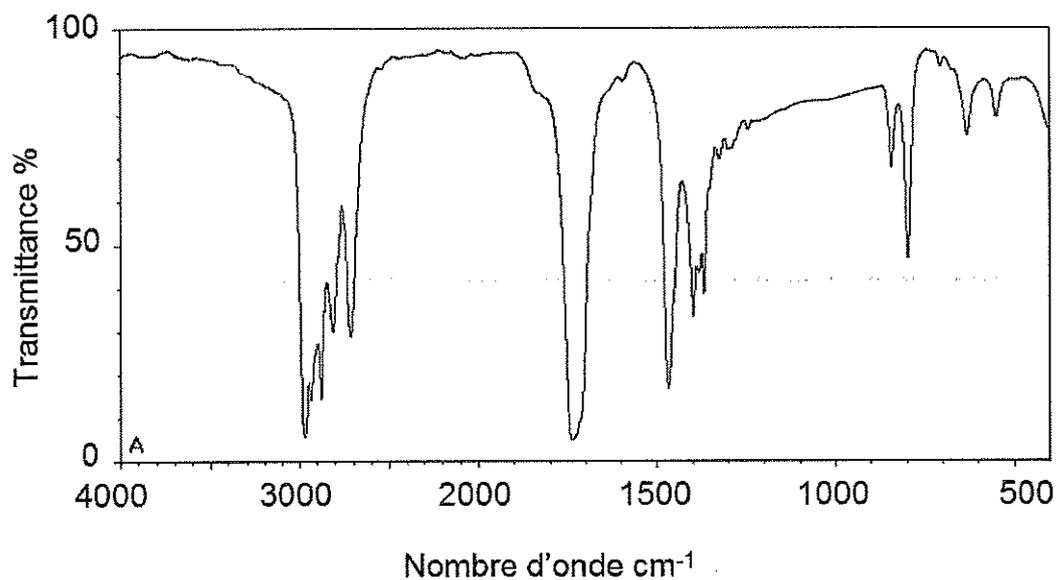
$$\nu(\text{C=C}) = 1600-1650 \text{ cm}^{-1}$$

$$\nu(\text{C=O}) = 1700-1800 \text{ cm}^{-1}$$

$$\nu(\text{C=N}) = 1300 \text{ cm}^{-1}$$

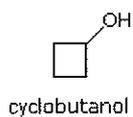
$$\nu(\text{NH}_2) = 700 \text{ cm}^{-1}$$

On donne le spectre suivant

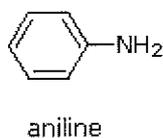


A quelle molécule parmi celles-ci dessous appartient ce spectre ?

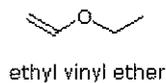
A



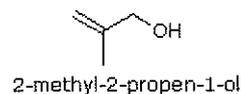
B



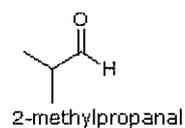
C



D



E



### 17 Réponse

E

pic vers  $1700\text{ cm}^{-1}$  → liaison C=O → ni le A, ni le B, ni le D

pas de pic vers  $1600$  → pas de liaison C=C → pas le C

c'est donc le E

18. (\*\*) Soit un échantillon a un  $T_2$  de 100 ms. On rappelle que  $\ln(0.37) \approx -1$

A pour mesurer ce  $T_2$ , on peut appliquer la séquence  $90 - (\tau - 180 - \tau - \text{Acq.})_n$

B pour mesurer ce  $T_2$ , on peut appliquer la séquence  $90 - (\tau - 90 - \tau - \text{Acq.})_n$

C pour mesurer ce  $T_2$  on peut appliquer une séquence d'échos de spin

D la composante transversale ( $M_{xy}$ ) a diminuée de 37% de sa valeur initiale au bout de 150 ms

E la composante transversale ( $M_{xy}$ ) a diminuée de 37% de sa valeur initiale au bout de 100 ms

## 18 Réponse

A,C

(errata corrigée en 05/2009)

C'est une séquence d'échos de spin multiple qu'il faut appliquer pour mesurer le  $T_2$  (sinon on mesure le  $T_2^*$ ).

La séquence s'écrit  $90 - (\tau - 180 - \tau - \text{Acq.})_n$  :

A la fin de l'impulsion de  $90^\circ$ , les spins sont en phase, et commencent à nouveau à se déphaser (déphasage aléatoire dû aux interactions avec l'environnement + déphasage constant dû aux inhomogénéités de champ, que l'on veut éliminer).

Au bout d'un temps  $\tau$ , l'impulsion de  $180^\circ$  inverse les phases des spins (images en miroir), sans modifier le sens de rotation: ceux en avance (les plus « rapides ») se retrouvent derrière ceux en retard (les plus « lents »).

Après un nouveau délai  $\tau$ , les spins sont à nouveau en phase et le signal passe par un maximum que l'on appelle « écho ». En inversant les phases des spins, l'impulsion à  $180^\circ$  permet de s'affranchir des déphasages dus aux inhomogénéités de champ statique.

La décroissance d'amplitude est donc maintenant fonction du  $T_2$  du tissu (déphasage aléatoire dû aux interactions avec l'environnement), plutôt que du  $T_2^*$ .

Il faut bien évidemment effectuer plusieurs échos de spins ( $n$ ) pour acquérir avec une bonne précision le  $T_2$ .

Si on conserve le texte d'origine avec le "de" à la place de "à" les choix D et E sont faux (correction effectuée ci-dessus)

Si on avait écrit correctement diminué à 0,37 de sa valeur initiale la réponse aurait été celle ci-dessous

Au temps  $t$  :

$$M_{xy}(t) = M_{xy0} \exp(-t/T_2)$$

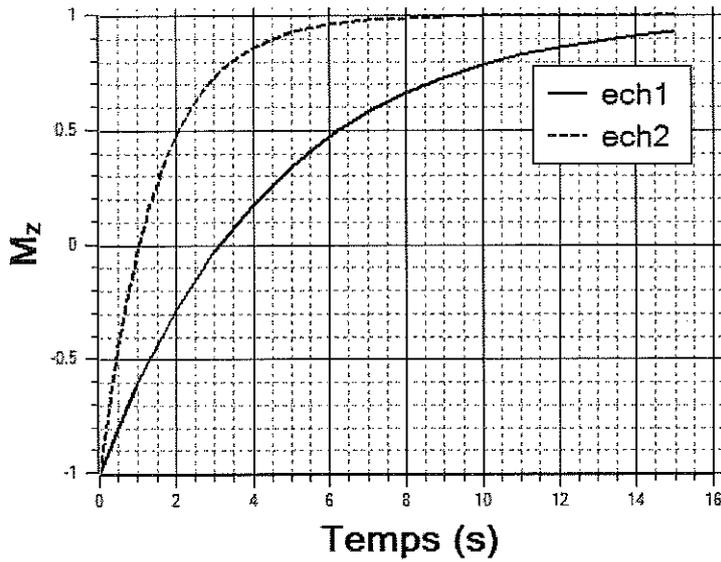
Pour que la composante transversale ( $M_{xy}$ ) ait diminuée à 37% de sa valeur initiale il faut :

$$0.37 = M_{xy}(t)/M_{xy0} = \exp(-t/T_2)$$

$$\ln(0.37) = -t/T_2$$

$$t = -T_2 * \ln(0.37) \approx 100 \text{ ms}$$

## 19. (\*\*) Soit le graphe suivant



- A  $T_1$  l'échantillon 1 est de 3000 ms
- B  $T_2$  l'échantillon 1 est de 3000 ms
- C  $T_1$  l'échantillon 1 est de 4500 ms
- D  $T_1$  l'échantillon 2 est de 1000 ms
- E  $T_2$  l'échantillon 2 est de 1000 ms

### 19 Réponse

C

C'est une séquence d'inversion-récupération (on part de  $M_z = -M_0$ )

$$M_z = M_0 (1 - 2 \exp(-t/T_1))$$

Si  $M_z = 0$

$$0 = M_0 (1 - 2 \exp(-t/T_1))$$

$$1 = 2 \exp(-t/T_1)$$

$$\ln(1/2) = -t/T_1$$

$$T_1 = t / \ln 2$$

Pour l'échantillon 1,  $t (M_z=0) = 3$  s

$$T_1 = 3 / \ln(2) \approx 4.5 \text{ s} = 4500 \text{ ms}$$

Pour l'échantillon 2,  $t (M_z=0) = 1$  s

$$T_1 = 1 / \ln 2 \approx 1.5 \text{ s} = 1500 \text{ ms}$$

### 20. (\*\*) En RMN, après un pulse d'excitation radiofréquence

- A le  $T_1$  sera plus grand dans les liquides que dans les graisses
- B le  $T_1$  sera plus petit dans les liquides que dans les graisses
- C le  $T_1$  dépend très peu du champ magnétique
- D le  $T_2$  dépend très peu du champ magnétique
- E le  $T_1$  dépend des interactions spins-spins

## 20 Réponse

A, D

- T1 est le produit d'une interaction des spins avec le milieu (spins-réseau)
- L'échange se fait principalement entre les spins des protons et les molécules dont le mouvement correspond à la fréquence de résonance.
- Dans les fluides, la mobilité moléculaire de l'eau est très grande, leur fréquence est distribué très largement, peu de molécules sont à la fréquence de Larmor → T1 long
- Dans les milieux plus visqueux comme les lipides, les molécules sont beaucoup plus grosses et tournent plus lentement. Il y a plus de molécules à la bonne fréquence → T1 court
- le T1 dépend du champ magnétique puisqu'il dépend du nombre de molécules proches de la fréquence de Larmor
- le T2 ne dépend que très peu du champ magnétique car l'interaction spins-spins ne dépend pas de la fréquence de Larmor

## 21. (\*\*) La puissance surfacique moyenne émise par une moto est de $10^{-3} \text{ W/m}^2$ à 100m.

- A le niveau d'intensité sonore est de 100 dB à 100m
- B lorsque deux motos sont à 100m, le niveau d'intensité sonore est de 180 dB
- C le niveau d'intensité sonore est de 110 dB à 10m
- D le seuil de douleur est dépassé lorsque la moto se trouve à 3 m
- E supposant aucune absorption dans l'air, le son de la moto n'est plus perceptible au delà de 5 km

## 21 Réponse

C,D

- A faux  $S=10\log(10^{-3}/10^{-12})=90\text{dB}$
- B faux,  $S=10\log(2 \times 10^{-3}/10^{-12})=90\text{dB}+10\log 2=93 \text{ dB}$
- C vrai  $I_2/I_1=(d_1/d_2)^2$   $I_2=10^{-3}(100/10)^2=10^{-1}$   $S=110\text{dB}$
- D vrai seuil de douleur  $I_3=1\text{W/m}^2 \Rightarrow d_3=d_1 \sqrt{I_1/I_3}=10^{-3}$   $= d_1 10^{-2} \sqrt{10} \sim 3.1 \text{ m}$
- E faux seuil de perception  $I_4=10^{-12}\text{W/m}^2 \Rightarrow d_4=d_1 \sqrt{I_1/I_4}=10^9$   $= d_1 10^4 \sqrt{10} \sim 3100 \text{ km}$

## 22. (\*\*) On considère l'interface entre 2 milieux d'impédance respective Z1 et Z2. Une onde acoustique se propage dans le milieu 1 suivant une normale à l'interface.

Le rapport  $Z_1/Z_2 = 0,5$ .

Le rapport des amplitudes des ondes  $A_{\text{réfléchi}}/A_{\text{incident}}$  et le rapport des puissances surfaciques  $W_{\text{transmise}}/W_{\text{incidente}}$  sont respectivement de l'ordre de :

- A 1 et 2/9
- B 1/3 et 2/9
- C 1/3 et 8/9
- D 1/4 et 8/9
- E 3/2 et 4/3

La caractéristique de l'œil réduit est qu'il n'est constitué que d'un seul dioptre (E est faux).

### 29. (\*\*\*) Effet Doppler

- A La vitesse de l'onde  $v$  dépend de  $V_o$  (vitesse de l'observateur) et de  $V_s$  (vitesse de la source).
- B L'observateur se rapproche de la source immobile à  $V_o=v$ , il perçoit une fréquence apparente  $N_a=2N_r$ .
- C La source s'éloigne de l'observateur immobile, la longueur d'onde apparente perçue par l'observateur est plus petite que dans le cas où observateur et source seraient tous les deux au repos.
- D L'observateur immobile perçoit une fréquence apparente  $N_a=0,5N_r$  si la source s'éloigne à une vitesse  $V_s=2v$ .
- E L'observateur immobile perçoit une fréquence apparente  $N_a=2N_r$  si la source s'approche à une vitesse  $V_s=0,5v$ .

### 29 Réponse

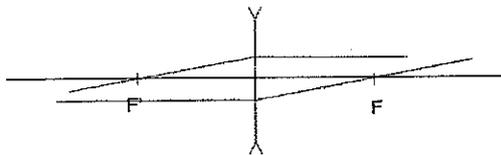
B, E

- A faux,  $v$  ne dépend que du milieu
- B vrai,  $N_a/N_r=(v+V_o)/v=2$
- C faux, l'Observateur perçoit une  $\lambda$  plus grande.
- D faux,  $N_a/N_s=v/(v+V_s)=1/3$  si  $V_s=2v$
- E vrai,  $N_a/N_s=v/(v-V_s)=2$

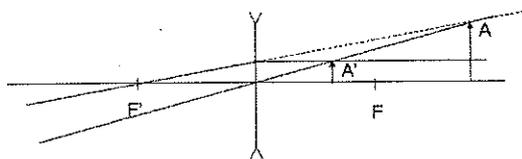
### 30. (\*\*\*) On construit des rayons lumineux pour une lentille divergente.

Indiquer les constructions exactes :

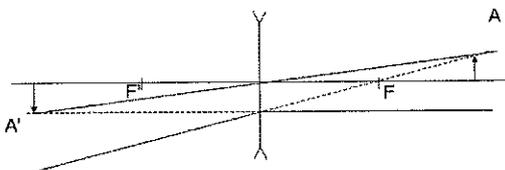
A



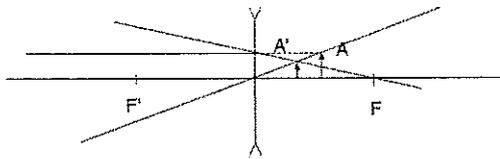
B



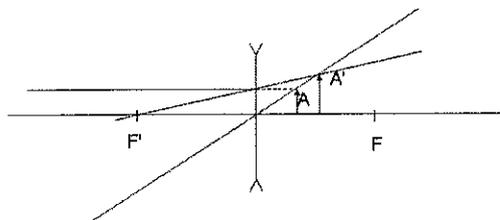
C



D



E



### 30 Réponse

C,E

Les rayons entrant passant par le foyer objet  $F$  doivent ressortir parallèles à l'axe optique et ceux entrant parallèles à l'axe optique ressortent en passant par le foyer image  $F'$ .