

PREMIERE ANNEE DU PCEM  
Faculté de Médecine de Grange Blanche  
Année Universitaire 2007-2008

## EXAMEN FINAL DE BIOPHYSIQUE MAI 2008

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 : 25

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

### Usage du formulaire, des constantes et des données :

C'est vous qui devez penser à rechercher dans cette page une information dont vous avez besoin. Dans la liste il peut y en avoir qui ne servent pas.

Attention certains QCMs peuvent ne pas être en SI quand une autre unité (comme la calorie) est toujours utilisée en biologie ou en médecine.

### Convention & notation

les QCMs sont classés en (\*) (\*\*) et (\*\*\*) par ordre de difficulté et/ou de temps nécessaire pour trouver les réponses.

Les QCMs (\*\*\*) valent double par rapport aux (\*) et aux (\*\*)



## Formulaire

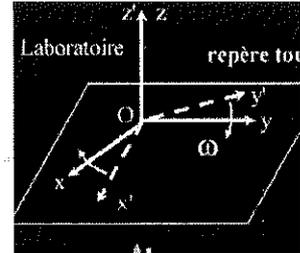
Les formules et constantes suivantes pourraient être utilisées

$$\frac{N^+}{N^-} = e^{\frac{-\Delta E}{kT}}$$

$$\frac{hc}{e\lambda} = \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})} \text{ eV}$$

$$A_\lambda = \varepsilon_\lambda CL \quad \text{avec} \quad A_\lambda = \log\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dM_z}{dt} &= -\frac{M_z - M_0}{T_1} \\ \frac{dM_x}{dt} &= -\frac{M_x}{T_2} \end{aligned} \right.$$



$$E_{\text{if}} = -13,6 \cdot Z^2 \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \text{ eV}$$

$$\frac{\Delta E}{\Delta V} = \frac{1}{2} \rho (2\pi N)^2 A^2$$

$$\frac{n_2}{p'} - \frac{n_1}{p} = \frac{n_2}{f'} - \frac{n_1}{f} = D$$

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{AB} = \frac{p' \cdot n_1}{p \cdot n_2}$$

### 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 l'infini à plus l'infini dans le sens de la marche des rayons lumineux  
Ordonnance convention : l'axe du verre correcteur est celui d'une génératrice du cylindre

$$Z = \frac{p}{\frac{\partial u}{\partial t}} = \rho_0 V \quad \left| \frac{r}{i} \right| = \left| \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right| \quad \frac{I_t}{I_o} = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2} \quad I = \frac{p_a^2}{2Z}$$

$$S = 10 \cdot \log_{10} (I/I_0) \text{ en dB SL} \quad I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2} \quad \Delta H = \alpha \cdot \log(v_a / v_b)$$

*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* :  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$  ; *Cte de Boltzman* :  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$  ; *Indices de réfraction* : air  $n=1,0$  ; eau  $n=1,333$ . *Masses volumiques* : air  $\rho=1,3 \text{ kg.m}^{-3}$ , eau  $\rho=1000 \text{ kg.m}^{-3}$

	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

### 1 (\*) longueurs d'onde

- A la gamme de longueurs d'onde visible par l'œil humain va de 200 à 600 nm
- B une longueur d'onde de 1  $\mu\text{m}$  est dans le domaine de l'ultra-violet
- C un photon ultra-violet a davantage d'énergie qu'un photon infrarouge
- D les micro-ondes ont une longueur d'onde dans la gamme 0,3 mm-3 m
- E les micro-ondes ont une longueur d'onde dans la gamme 0,01-10 nm

#### Réponse

C, D

- A faux : cette gamme est 400-750 nm.
- B faux : dans l'infrarouge
- C vrai ( $E=hf$ , fréquence plus élevée dans l'UV)
- D vrai (voir diapo N°7 du cours d'optique 1)
- E faux ce sont des Rayons X

### 2 (\*) onde acoustique

- A la propagation d'une onde acoustique se fait parallèlement au plan de l'ébranlement des molécules du milieu
- B une onde acoustique est une onde dans laquelle les molécules du milieu sont mises en mouvement et déplacées dans une direction parallèle à la direction de l'onde
- C en physiologie, la pression dans un milieu dans lequel se propage une onde acoustique est proche de la pression atmosphérique
- D la vitesse de l'onde dépend toujours de sa fréquence
- E l'ébranlement d'une onde sonore plane est maximal quand la pression est maximale

#### 2 Réponse

B, C

- A faux : La propagation se fait toujours perpendiculairement au plan de l'ébranlement (onde longitudinale)
- B,C vrai (cours), en particulier  $P=P(\text{atm})+P(\text{acoust})$  avec  $P(\text{acoust}) \ll P(\text{atm})$
- D faux, la vitesse de l'onde est indépendante de la fréquence de l'onde et ne dépend que des propriétés du milieu de propagation dans un milieu non dispersif.
- E faux, ébranlement et pression sont déphasés de  $\pi/2$ .

### 3 (\*) dualité onde-corpuscule

- A l'énergie d'un « grain de lumière » (photon) peut être donnée par le produit  $\hbar\omega$  où  $\omega$  est la vitesse angulaire
- 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 en théorie on peut connaître la position exacte d'une particule mais sa quantité de mouvement devient indéterminée (Heisenberg)

### 3 Réponse

A, B, E

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 il en existe toujours une même si l'effet physique de l'onde associée est négligeable (dualité onde-corpuscule : voir cours)

E vrai : principe d'incertitude de Heisenberg

### 4 (\*) spectroscopie moléculaire

A elle repose sur l'absorption ou l'émission de radiations électromagnétiques par les molécules d'une solution d'intérêt

B elle est possible du fait de l'existence de niveaux d'énergie nucléaire des atomes constituant les molécules

C en spectroscopie infra-rouge le mécanisme est une transition électronique

D dans une molécule les niveaux d'énergie rotationnels sont régulièrement espacés

E la répartition des populations sur les niveaux permis est régie par la loi de Boltzmann

### 4 Réponse

A, E

A est vrai (cours généralités), B est faux ce sont des niveaux électroniques et pas nucléaires. C est faux ce sont des niveaux vibrationnels (cours spectroscopie diapo 26/36). D est faux ce sont les niveaux vibrationnels qui sont régulièrement espacés dans le modèle vu en cours (dia 10/36 cours spectroscopie) E est vrai

### 5 (\*) lesquels de ces états électroniques sont possibles ?

	$n$	$l$	$m$
A	2	2	1
B	1	0	1
C	3	2	0
D	4	1	2
E	3	2	2

### 5 Réponse

C, E

- A faux: il faut  $0 \leq l < n$  donc ici  $n=l$  interdit  
B faux: il faut  $-l \leq m \leq l$  donc ici  $m > l$  interdit  
C vrai  
D faux: il faut  $-l \leq m \leq l$  donc ici  $m > l$  interdit  
E vrai

### 6 (\*) la résonance magnétique nucléaire du proton $^1\text{H}$

- A se caractérise par une différence d'énergie,  $\Delta E$ , plus élevée que celles des niveaux électroniques en spectroscopie moléculaire  
B Après une perturbation, le système relaxera plus rapidement dans un milieu aqueux que dans un milieu lipidique.  
C les spins  $-1/2$  et  $+1/2$  de protons soumis à un champ magnétique  $B_0$  occupent respectivement le niveau d'énergie inférieur et supérieur  
D si le rapport gyromagnétique  $\gamma$  valait  $80 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$  et le champ  $B_0$  1 T la fréquence de résonance serait de 80 MHz  
E pour un échantillon ayant relaxé, dans les conditions de résonance en présence d'un champ  $B_0$  on peut toujours obtenir un signal RMN d'un échantillon avec un angle de basculement inférieur à  $90^\circ$

### 6 Réponse

E

**A faux** l'écart est particulièrement faible ( $E=h\nu$ ), on est dans le domaine radiofréquence

**B faux**, c'est le contraire. Relaxation = relaxation T1 + relaxation T2

Le temps de relaxation T1 varie en fonction de l'organisation de l'eau dans les tissus biologique, notamment avec la température et la viscosité.

- si l'on augmente la viscosité, on diminue le mouvement brownien, la gamme de fréquence sera plus étroite...et d'autant plus efficace que centrée autour de la fréquence de Larmor...le temps T1 diminue

**Donc relaxation T1 plus longue dans un milieu aqueux que dans un milieu lipidique.**

Le temps  $T_2$  est d'autant plus long que l'échantillon est fluide. Les champs locaux sont en effet alors moyennés par le mouvement brownien (agitation thermique), et il y a donc peu ou pas de champs locaux pour favoriser le déphasage des protons. Le temps de relaxation  $T_2$  est donc long.

**Donc si on diminue la viscosité, on augmente ce temps T2**

**C faux** c'est le contraire **D faux** c'est  $80/6,28$  soit 12,74 MHz **E vrai** on a un signal RMN dès que le vecteur M représentant l'aimantation macroscopique a une composante sur x (ou  $x'$  si on prend le référentiel tournant)

### 7 (\*) chez un jeune adulte ayant une audition normale

A le seuil absolu en dB est plus élevé pour un son pur de 200 Hz que pour 1000 Hz

12, 13 (\*, \*\*) ondes : on utilise un système cartésien  $Oxyz$  de vecteurs unitaires  $\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z$ . Soit une onde plane électromagnétique se propageant dans le vide, on donne le champ magnétique au point  $\vec{r}(x, y, z)$   $\vec{B} = B_0 \cos(\omega t + ky) \vec{u}_z$ .

12 quels sont le sens, la direction de propagation de l'onde

- A propagation selon y dans le sens des y positifs
- B propagation selon z dans le sens des z positifs
- C propagation selon y dans le sens des y négatifs
- D propagation selon z dans le sens des z négatifs
- E propagation selon x dans le sens des x négatifs

12 réponse

C voir cours

13 comment s'écrit le champ électrique ?

- A  $\vec{E} = cB_0 \cos(\omega t - ky) \vec{u}_x$
- B  $\vec{E} = cB_0 \cos(\omega t - kz) \vec{u}_y$
- C  $\vec{E} = cB_0 \cos(\omega t + ky) \vec{u}_x$
- D  $\vec{E} = -cB_0 \cos(\omega t + ky) \vec{u}_x$
- E  $\vec{E} = \frac{B_0}{c} \cos(\omega t - ky) \vec{u}_z$

13 Réponse

C

$\vec{E}$ ,  $\vec{B}$ , et la direction de propagation  $-\vec{k}\vec{u}_y$  forment un trièdre direct et on a de plus que :  
 $E_0 = cB_0$

14 (\*\*) un photon capable d'exciter un électron de He (Z=2) de l'état fondamental à l'état n=4 a à l'approximation près :

- A une énergie de 510 eV
- B une énergie de 51 eV
- C une longueur d'onde  $\lambda = 2,4 \text{ \AA}$
- D une longueur d'onde  $\lambda = 24 \text{ \AA}$
- E une longueur d'onde  $\lambda = 240 \text{ \AA}$

14 Réponse

B, E

$$E_{\text{photon}} = \Delta E_{1 \rightarrow 4} = -E_0 Z^2 \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) = \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{1^2} \right) \quad (\text{nf} = \text{état final} = 4 ; \text{ni} = \text{état initial} = 1)$$

$$\text{Soit } \Delta E_{1 \rightarrow 4} = \frac{15}{16} E_0 Z^2 = 51 \text{ eV}$$

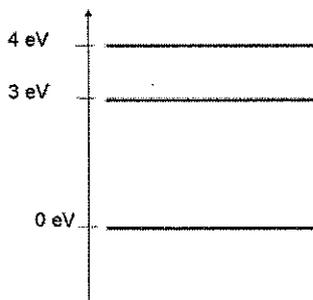
Pour He, Z=2

$$\text{or } \Delta E_{1 \rightarrow 4} = \frac{hc}{\lambda} \# \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})}$$

$$\lambda \# 12400 / \left( -\frac{15}{16} 13,6 \cdot 2^2 \right) \# 240 \text{ \AA}$$

15 (\*\*) soit un atome possédant les 3 niveaux d'énergie suivants :

Niveaux d'énergie



Les longueurs émises lors de la désexcitation du niveau E = 4 eV vers le niveau fondamental sont :

- |         |    |       |
|---------|----|-------|
| A IR    | UV | rouge |
| B rouge | UV | bleu  |

C IR	UV	violet
D rouge	UV	vert
E rouge	vert	bleu

### 15 Réponse

C

Cet atome peut émettre trois longueurs d'ondes différentes.

$$4\text{eV} \rightarrow 3\text{eV} \quad \Delta E = 1 \text{ eV} = 12400/\lambda(\text{\AA}) \text{ soit } \lambda = 12400 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 1,24 \text{ }\mu\text{m (IR)}$$

$$4\text{eV} \rightarrow 0\text{eV} \quad \Delta E = 4 \text{ eV} = 12400/\lambda(\text{\AA}) \text{ soit } \lambda = 3100 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,31 \text{ }\mu\text{m (UV)}$$

$$3\text{eV} \rightarrow 0\text{eV} \quad \Delta E = 3 \text{ eV} = 12400/\lambda(\text{\AA}) \text{ soit } \lambda = 4130 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,41 \text{ }\mu\text{m (violet)}$$

**16 (\*\*)** On considère l'atténuation d'un faisceau lumineux traversant une cuve d'épaisseur  $L=1 \text{ cm}$  contenant une concentration  $C$  de molécules absorbantes de coefficient d'extinction  $\varepsilon=1 \text{ ml.mg}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ . On mesure une absorbance  $A=2$

- A la solution étudiée a une concentration de  $0,2 \text{ mg.ml}^{-1}$
- B la lumière transmise aura une intensité dix fois plus élevée si on utilise une cuve d'épaisseur  $1 \text{ mm}$
- C la lumière transmise aura une intensité dix fois plus élevée si on utilise une cuve d'épaisseur  $5 \text{ mm}$
- D la lumière transmise aura une intensité cent fois plus faible si on utilise une solution deux fois plus concentrée
- E la lumière transmise aura une intensité mille fois plus faible si on utilise une solution trois fois plus concentrée

### 16 Réponse

C, D

A faux :  $C=A / \varepsilon L=2 \text{ mg.ml}^{-1}$

B faux :  $A=0,2$  et  $A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right)$

C vrai :  $A=1$ , dans ce cas : lumière transmise dix fois plus intense

D vrai :  $A=4$ : lumière 100 fois plus atténuée

E faux :  $A=6$ : lumière 10000 fois plus atténuée

**17 (\*\*)** dans une expérience RMN, deux aimantations transverses  $M_1$  et  $M_2$  précessent à leur propre fréquence et parcourent un angle propre  $\theta_1$  et  $\theta_2$  pendant un temps  $t$ . Si  $M_1$  et  $M_2$  sont en phase au départ (même direction et même sens) elles se déphasent de  $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$  au bout de  $dt$  lorsque  $\nu_1 - \nu_2 = 5 \text{ Hz}$

- A  $M_1$  prend de l'avance sur  $M_2$

- B  $M_2$  prend de l'avance sur  $M_1$
- C  $\Delta\theta = 240^\circ$  est atteint au bout de  $t = 150$  ms
- D  $\Delta\theta = 240^\circ$  est atteint au bout de  $t = 133$  ms
- E les deux aimantations sont à nouveau en phase au bout de  $t = 0,2$  s

### 17 Réponse

A, D, E

- A vrai :  $v_1 = v_2 + 5\text{Hz}$  donc  $v_1$  va plus vite que  $v_2$
- B faux ; C faux :  $v_1 - v_2 = 5 \text{ trs.s}^{-1}$  soit  $v_1 - v_2 = 10 \pi \text{ rad}$  en 1s et donc  $v_1 - v_2 = (4/3)\pi$  en 0,133s
- D vrai ; E vrai :  $v_1 - v_2 = 2\pi$  radians en 200 ms (0,2 s) (ou plus simple 1 tour en 200ms puisque 5 tours par seconde..)

**18 (\*\*)** on envoie une onde acoustique (amplitude  $0,02 \mu\text{m}$ , fréquence 2 MHz) à travers un milieu aqueux sur un organe constituant une interface réfléchissante à la distance  $x$  de la source S. On recueille le signal avec un détecteur placé à la source (on prendra  $\pi=3$ )

- A les ondes utilisées sont des ondes radiofréquence
- B plus le milieu traversé est épais plus l'onde perd de l'énergie
- C l'onde réfléchie sur l'interface sera détectée en S avec un retard  $\Delta t = x/v$
- D le dépôt d'énergie volumique dans l'eau est de  $200 \text{ J.m}^{-3}$
- E le dépôt d'énergie volumique dans l'eau est de  $1,2 \text{ J.cm}^{-3}$

### 18 Réponse

B

- A faux, il s'agit d'ondes ultrasonores.
- B vrai, cours
- C faux  $\Delta t = 2x/v$
- D faux & E faux, le dépôt d'énergie volumique

$$\frac{\Delta E}{\Delta V} = \frac{1}{2} \rho (2\pi N)^2 A^2$$

Dépôt d'énergie\_volumique =  $0,5 * 1000 * (2 * 3 * 2e6)^2 * (0,02e-6)^2 = 29 \text{ J.m}^{-3}$  avec  $\pi=3$  et  $\rho=1000 \text{ kg.m}^{-3}$

**19 (\*\*)** soit une lentille convergente L de centre optique O et de vergence  $C=20 \delta$ . Un objet vertical AB, parallèle à L, situé à l'infini est vu sous un angle  $\alpha=3^\circ$  depuis le point O. La hauteur de l'image de AB est proche de (on prendra  $\pi=3$ )

- A 2,5 mm                      B 12 mm                      C 25 cm                      D 57 cm                      E 12 m

**19 Réponse**

A

l'objet étant à l'infini, son image se trouve dans le plan focal image. On a besoin de l'angle apparent en radians :  $\alpha = 3 \cdot \frac{3}{180} = 5 \cdot 10^{-2}$  rad . hauteur de l'image (m) =  $\alpha$  (radian) \* distance focale(m). La distance focale (m) = inverse de la vergence en dioptries =  $1/20 = 0,05$  m d'où la grandeur de l'image =  $0,05 \cdot 0,05 = 0,0025$  m = **2,5 mm**

**20 (\*\*\*) Soit une onde électromagnétique dont le champ**

$$\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kz) \vec{u}_x + E_0 \cos(\omega t - kz + \alpha) \vec{u}_y$$

A si  $\alpha = 0$ , le champ électrique est polarisé linéairement selon l'axe  $\vec{u}_y$

B si  $\alpha = 0$ , le champ magnétique garde une direction constante au cours du temps

C si  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ , il s'agit d'une onde polarisée circulairement

D cette onde peut décrire la lumière naturelle

E si  $\alpha \neq 0$ , la polarisation de cette onde varie au cours du temps.

**20 Réponse**

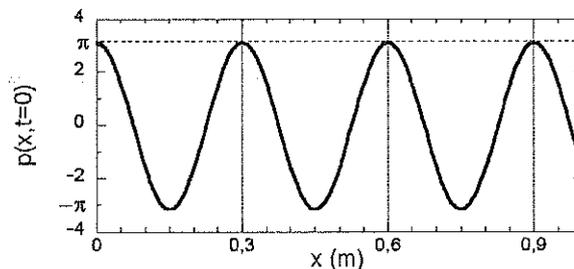
B, C, E

A faux l'onde est bien polarisée linéairement mais pas selon  $\vec{u}_y$

B,C E vrai (cours)

D faux, la lumière naturelle n'est pas polarisée

**21 (\*\*\*) on considère un son pur qui se propage dans un gaz peu dense ( $\rho_0 = 333 \text{ g.m}^{-3}$ ) avec une vitesse  $V = 150 \text{ m.s}^{-1}$ . La variation de sa pression acoustique  $p(x,t) = p_a \cos(\omega t - kx)$  est représentée sur la figure ci-dessous en  $t=0$ . Pour les calculs, on prendra  $\pi^2 = 10$**



A l'impédance acoustique est égale à  $5 \cdot 10^4 \text{ g.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

- B l'élongation maximale est égale à  $20 \mu\text{m}$
- C la puissance surfacique moyenne est égale à  $0,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
- D en  $x=0$ ,  $t=3 \text{ ms}$ , l'amplitude de la pression acoustique est nulle
- E en  $x=0,3 \text{ m}$ ,  $t=3 \text{ ms}$ , l'amplitude de la pression acoustique est  $-\pi$

**21 Réponse**

A, B, E

A vrai  $Z = \rho_0 V = (1/3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}) \times 150 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 50 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} = 5 \cdot 10^4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

B vrai  $\lambda = 0,3 \text{ m} = VT = V/f \Rightarrow f = 150/0,3 = 1500/3 = 500 \text{ Hz} \Rightarrow T = 1/500 = 2 \text{ ms}$ .

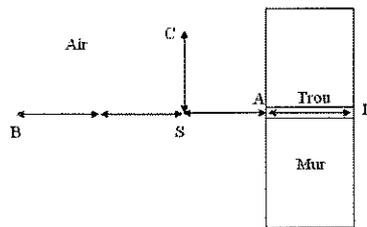
$u_0 = p_a / (\rho_0 V \omega) = \pi / (50 * 2 \pi * 500) = 1/5 \cdot 10^{-4} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 20 \mu\text{m}$

C faux,  $I = p_a^2 / (2Z) = 10/100 = 0,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

D faux, en  $x=0$ ,  $t=3 \text{ ms} = T + (T/2)$ ,  $p = -\pi$

E vrai, en  $x=0,3 \text{ m}$ ,  $t=3 \text{ ms} = T + (T/2)$ ,  $p = -\pi$

**22 (\*\*\*) une source sonore ponctuelle S émet une onde sphérique qui se propage dans l'air sur des sphères de rayon croissant  $r$  de surface  $4\pi r^2$ . A est situé devant un mur, d'épaisseur  $AD=1 \text{ m}$  dans lequel est percé un trou cylindrique de diamètre  $\phi=4 \text{ cm}$ . La puissance surfacique moyenne en A est de  $1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  à  $SA=1 \text{ m}$ . La puissance surfacique moyenne ne varie pas le long du cylindre percé dans le mur. On prendra  $4\pi=12,5$**



- A la puissance émettrice de la source est de 120 dB
- B la puissance surfacique moyenne en B tel que  $BS=2 \text{ m}$  est de  $0,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
- C le niveau d'intensité sonore est de 120 dB en C (tel que  $SC=1 \text{ m}$ )
- D le niveau d'intensité sonore est de 120 dB en D
- E la puissance acoustique totale à la sortie du trou en D est de 3,14 mW

**22 Réponse**

C, D

A faux  $I(r) = W/4\pi r^2 \Rightarrow W = 12,5 \text{ Watt}$ , une puissance s'exprime en Watt.

B faux  $I_B/I_A = (SA/BS)^2 = I_A/4 = 1/4 = 0,25$

C vrai  $I_C = I_A$  car  $SA=SC$  et  $10 \cdot \log(1/10^{-12}) = 120 \text{ dB}$

D vrai, entre A et D la puissance surfacique moyenne ne varie pas

E faux  $W = \pi(\phi^2/4) \cdot I_D = 12,5 \cdot 10^{-4} \times 1 = 1,25 \text{ mW}$

**23 (\*\*\*) on donne les paramètres RMN intrinsèques de trois tissus dans un champ  $B_0$**   
 (valeurs pouvant être utiles :  $e^{-4,4}=0,012$  ;  $e^{-2,2}=0,111$  ;  $e^{-1,1}=0,333$  ;  $e^{+1,1}=3$ )

	$M_0$ (aimantation normalisée)	$T_1$	$T_2$
<b>Tissu 1</b>	<b>0,9</b>	<b>1 s</b>	<b>100 ms</b>
<b>Tissu 2</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8 s</b>	<b>80 ms</b>
<b>Tissu 3</b>	<b>1</b>	<b>2 s</b>	<b>200 ms</b>

On réalise une expérience d'imagerie par RMN (IRM), dans son principe l'intensité du signal dans l'image est proportionnelle au signal RMN dans les conditions de l'expérience

NB : pondération en  $M_0$ ,  $T_1$  et  $T_2$  réfèrent à une méthode d'imagerie exprimant les différences de  $M_0$  et/ou en temps de relaxation. Ex : dans une séquence pondérée  $T_2$  un tissu à  $T_2$  long aura plus de signal qu'un tissu à  $T_2$  plus court. Pour  $T_1$  c'est un peu plus compliqué à décrire

- A l'aimantation longitudinale du tissu 3 repousse deux fois plus vite que celle du tissu 1
- B le tissu 2 est probablement plus hydraté que le tissu 1
- C si on réalise une pondération en  $M_0$ , le tissu 3 sera en hyposignal par rapport au tissu 2
- D si on effectue une pondération en  $T_2$ , le tissu 1 est en hyposignal par rapport au tissu 3
- E les aimantations longitudinales (ML) des tissus 1 et 3 s'égalisent au bout d'un temps  $T_r = 4,4$  s (les aimantations étant nulles à  $t = 0$  s)

### 23 Réponse

**D, E**

A faux  $T_1$  du tissu 3 est deux fois plus grand que  $T_1$  du tissu 1 donc ML du tissu 1 poussera 2 fois plus vite que ML du tissu 3

B faux : le tissu 1 est plus hydraté que le tissu 2 ( $M_01$  est plus grand que  $M_02$ ). On rappelle (voir cours) que le signal RMN est proportionnel à la densité de proton

C faux  $M_0$  tissu 2 <  $M_0$  tissu 3 donc le tissu 3 est en hypersignal pour une pondération en  $M_0$

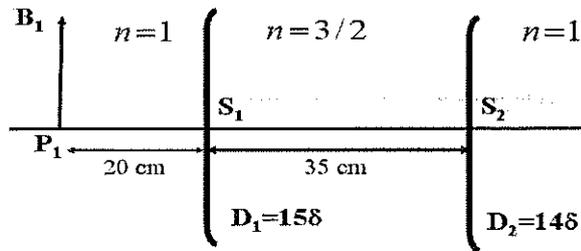
D vrai le  $T_2$  du tissu 1 est plus court que celui du tissu 3 donc la décroissance de MT du tissu 1 est plus rapide ; soit il apparaîtra en hyposignal pour une pondération en  $T_2$ .

E Vrai : comme les aimantations sont nulles à  $t=0$ s c'est qu'on a fait un  $90^\circ$  et pas un  $180^\circ$  (inversion). On doit donc calculer les aimantations longitudinales du tissu 1 et 3 au bout du temps  $tr = 4,39$ s en tenant compte de ces conditions initiales.

$$ML \text{ tissu 1} (tr = 4,39 \text{ s}) = M_{01} (1 - e^{-4,4/1}) = 0,9 \cdot (1 - e^{-4,4/1}) = 0,89$$

$$ML \text{ tissu 3} (tr = 4,39 \text{ s}) = M_{02} (1 - e^{-4,4/2}) = 1 \cdot (1 - e^{-4,4/2}) = 0,89$$

24 (\*\*\*) un système centré constitué de deux dioptries coaxiaux, de vergence  $D_1 = +15\delta$  et  $D_2 = +14\delta$ , séparés par 35 cm d'huile ( $n=3/2$ ), le tout étant entouré par de l'air ( $n=1$ ). Soit  $P_1$  un point situé 20 cm avant  $S_1$  le sommet du dioptre 1,  $P_2$  son conjugué par le dioptre 1 et  $P_3$  le conjugué de  $P_2$  par le dioptre 2.



A  $\overline{S_1 P_2} = +15 \text{ cm}$

B  $\overline{P_3 P_2} = +35,4 \text{ cm}$

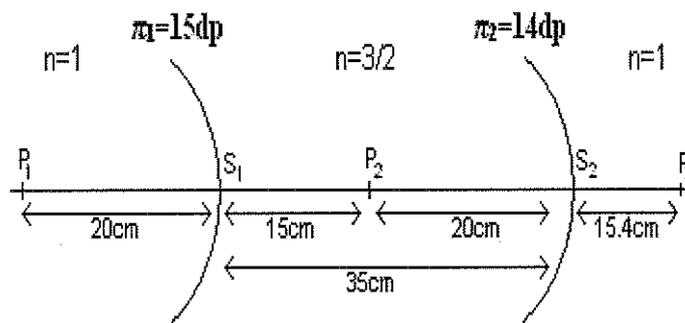
C le grandissement du premier dioptre  $D_1$  est de +0,5

D le grandissement total de l'association des deux dioptres est de supérieur à +1

E si on agrandit la distance  $S_1 S_2$  entre les deux dioptres (autres paramètres inchangés) alors  $|\overline{S_2 P_3}|$  diminue

24 Réponse

A, E



Les 2 premières propositions A et B sont des applications de la formule de conjugaison :  $P_2$  est le conjugué de  $P_1$  par le dioptré 1

donc  $n_2/S_1P_2 - n_1/S_1P_1 = D_1$  donc  $(3/2)/S_1P_2 - 1/(-0.2) = 15 \gg S_1P_2 = 0.15 \text{ m} = 15 \text{ cm}$

De même  $P_3$  est le conjugué de  $P_2$  par le dioptré 2

donc  $n_1/S_2P_3 - n_2/S_2P_2 = D_2$  donc  $1/S_2P_3 - (3/2)/(-0.2) = 14 \gg S_2P_3 = 15.4 \text{ cm}$

**A Vrai.**  $S_1P_2 = +15 \text{ cm}$

**B Faux.** Attention au sens  $P_2P_3 = 35.4 \text{ cm}$  mais  $P_3P_2 = -35.4 \text{ cm}$

**C Faux.** à cause du signe encore !

$$\gamma_1 = \frac{P_2 B_2 / P_1 B_1}{S_1 P_2} = \frac{1}{(S_1 P_1 \cdot 3/2)} = 15 / (-20 \cdot 1.5) = -0,5$$

**D Faux.**

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{P_3 B_3 / P_1 B_1}{S_2 P_3} = \frac{(P_3 B_3 / P_2 B_2) \cdot (P_2 B_2 / P_1 B_1)}{(S_2 P_3 \cdot 3/2 / S_2 P_2)} \cdot \frac{1}{(S_1 P_1 \cdot 3/2)} = (15,4 \times 15 / (-20 \cdot -20)) = +0,58 < 1 \end{aligned}$$

**E Vrai.** Les autres paramètres n'étant pas modifiés  $S_1P_2 = 15 \text{ cm}$ , mais  $S_1S_2$  est augmentée donc  $|S_2P_2|$  est augmenté aussi. La formule de conjugaison liant  $P_2$  à  $P_3$  est elle aussi inchangée  $n_1/S_2P_3 - n_2/S_2P_2 = n_1/S_2P_3 + n_2/|S_2P_2| = D_2$  mais la variation de  $S_2P_2$  entraîne une diminution de  $S_2P_3$

**25 (\*\*\*) optique physiologique :** soit un œil gauche (OG) dont le degré d'amétropie  $R$  est  $R_v = -5 \delta$  dans le plan vertical et  $R_h = -3 \delta$  dans le plan horizontal. Le verre correcteur est à une distance de 15 mm de la cornée. La convention d'écriture de l'amétropie est celle présentée au cours magistral (2007-20008)

A cet œil est astigmaté conforme à la règle

B cet œil est astigmaté hypermétrope composé

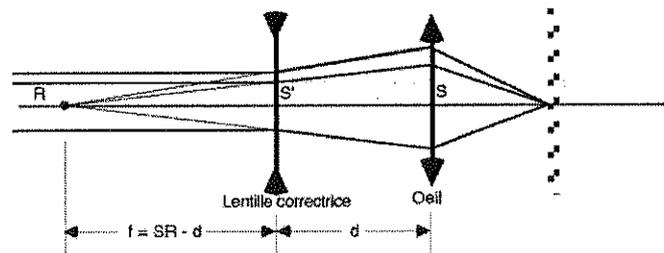
C cet œil est astigmaté simple hypermétrope

D une correction possible est  $OG = (180^\circ - 2,4) -3,1$

E une correction possible est  $OG = (90^\circ + 2,4) +3,1$

**25 Réponse**

A, D



le degré d'amétropie est variable selon les méridiens, il s'agit donc d'un astigmatisme. Le méridien le plus myope est le plus vergent, c'est le méridien vertical, donc cet astigmatisme

est conforme à la règle de fréquence (A est vrai). Tous les méridiens sont myopes, donc cet astigmatisme est myopique composé (B & C sont faux).

En pratique, pour réaliser cette correction, on associe deux lentilles :

1/ Une lentille sphérique qui ramène l'astigmatisme du sujet à un astigmatisme simple : il s'agit de ramener sur la rétine la focale qui est la plus proche de la rétine, à savoir celle qui correspond au méridien le moins amétrope. Ici, c'est le méridien horizontal. On prendra donc une lentille sphérique de vergence  $-3,1\delta$  (lentille divergente).

2/ Une lentille plan-cylindrique (donc astigmat) qui corrige l'astigmatisme résiduel, soit dans le cas présent celui du méridien vertical, qui est encore myope de  $|5,5-3,1| = 2,4\delta$  et sera donc rendu emmétrope par une lentille plan cylindrique de vergence  $-2,4\delta$  dans le plan vertical, et de vergence nulle dans le plan horizontal : lentille plan cylindrique concave d'axe horizontal soit  $(180^\circ-2,4\delta)$  – les conventions ont été présentées en cours amétropies non-sphériques 2007-8 (diapositive II du cours et son commentaire). Les ordonnances de lunettes actuelles sont rédigées différemment mais je n'ai plus le temps de faire la mise à jour donc > référent cours ppt présenté en amphi

Cette lentille n'est pas confondue avec la cornée : la correction se fait en amenant le PR de l'œil à l'infini et donc le PR réel de l'œil doit être confondu avec le foyer image de la lentille (supposée mince)

Calcul :

Dans le plan vertical, la distance focale image  $f_{2v}$  et la vergence  $D_v$  de la lentille correctrice seront :

$$f_{2v} = 1/R_v - d = (1/-5) - (-0,015) = -0,185 \text{ m}$$

$$D_v = 1/f_{2v} = 1/-0,185 = -5,4 \delta$$

Dans le plan horizontal, la distance focale image  $f_{2h}$  et la vergence  $D_h$  de la lentille correctrice seront :

$$f_{2h} = 1/R_h - d = (1/-3) - (-0,015) = -0,318 \text{ m}$$

$$D_h = 1/f_{2h} = 1/-0,318 = -3,1\delta$$