FACULTE
De
PHARMACIE

TUTORAT UE3-a 2013-2014 – Physique
CORRECTION Séance n°2 – Semaine du 23/09/2013

Optique 1 – Pr Mariano-Goulart

Séance préparée par Inès BOULGHALEGH, Hélène GUEBOURG DEMANEUF,
Karim HACHEM, Jeff VAUTRIN et Emma EXBRAYAT (TSN)

QCM n°1 : **A, B, E**

A. **Vrai**
B. **Vrai**
C. Faux : c'est une onde dite pure. Il n'y a qu'une seule et unique fréquence dans une radiation.
D. Faux : une onde sinusoïdale = pure = monochromatique
E. **Vrai** : $\omega = 2\pi \cdot f$

QCM n°2 : **B, C, D, E**

A. Faux : il y a trois directions de propagation : x, y et z. Il s'agit d'une onde sphérique.
B. **Vrai**
C. **Vrai** : La source de l'onde est l'origine du repère d'axes x, y et z.
D. **Vrai**
E. **Vrai** : A est de même unité que g (t,r).

QCM n°3 : **C, D**

A. Faux : dans le sens des y décroissants car l'équation d'onde est de la forme $(t + \frac{y}{c})$
B. Faux : $\omega = 2\pi \cdot f \rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100}{2\pi} = 15{,}9$ Hz
C. **Vrai**
D. **Vrai** : $n = \frac{\text{c vide}}{\text{c milieu}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^8} = 1{,}5$
E. Faux : les vecteurs de ces champs sont perpendiculaires entre eux.

QCM n°4 : **C**

A. Faux : il n'y a pas de déphasage pour les ondes stationnaires : tous les points vibrent en phase.
B. Faux : l'amplitude correspond à $-2 \cdot \sin(\omega \cdot \frac{x}{c})$, donc elle dépend de x, et donc de la position.
C. **Vrai** : On observe alors une réflexion normale totale.
D. Faux : il faut que la dimension de la cavité résonnante soit quantifiée avec $D = k \cdot \frac{\lambda}{2}$, avec k entier.
E. Faux : l'amplitude est maximale au niveau des ventres. Elle est nulle au niveau des nœuds.

QCM n°5 : **E**

A. Faux : en doublant la distance à la source, on divise par 4 la puissance surfacique reçue, c'est la loi en $1 / d^2$.
B. Faux : cf item a
C. Faux : une onde sphérique est créée si la source ponctuelle émet de façon <u>isotrope</u>
D. Faux : La puissance reçue par le jardinier est de 12,3 W.
Or, la surface exposée du jardinier situé à 3 mètres de l'objet radioactif correspond à un angle solide.
$\Omega = \frac{S}{d^2} = \frac{0,5}{3^2} = 0,0556$ sr
12,3 W $\leftrightarrow$ 0,0556 sr
P $\leftrightarrow$ 4π sr
$\Leftrightarrow$ $P = \frac{12,3\ .\ 4\pi}{\frac{0,5}{3^2}} = 2782,19$ W

E. **Vrai** : cf item d

QCM n°6 : **B, C**

A. Faux : elles créent un champ électrostatique, le champ magnétostatique apparait avec un courant électrique permanent.
B. **Vrai**
C. **Vrai**
D. Faux : attention, indice de réfraction.
E. Faux : $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c_n}$

QCM n°7 : **F**

A. Faux : $\vec{B}$ (t,x) = (0, – B_0 sin [4,19 . 10^{15} t – 1,4 . 10^7 x] , 0)
$\vec{B}$ (t,x) = (0, – B_0 sin [ωt – $\frac{\omega}{c}$ x] , 0)
Donc $\frac{\omega}{c} = 1,4\ .\ 10^7$ rad.m^{-1} et ω = 4,19 . 10^{15} rad.s^{-1}
D'où $c = \frac{\omega}{1,4\ .10^7} = \frac{4,19\ .10^{15}}{1,4\ .10^7} = 3\ .\ 10^8$ m.s^{-1}

Remarque : Une onde magnétique dans le vide va toujours à la vitesse de la lumière.

B. Faux : attention, ici il faut utiliser la deuxième équation de Maxwell car on part du champ magnétique.

$$\begin{pmatrix} \frac{\delta E_z}{\delta y} - \frac{\delta E_y}{\delta z} \\ \frac{\delta E_x}{\delta z} - \frac{\delta E_z}{\delta x} \\ \frac{\delta E_y}{\delta x} - \frac{\delta E_x}{\delta y} \end{pmatrix} = -\frac{\delta}{\delta t}\begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix} \qquad \boxed{\begin{pmatrix} \frac{\delta B_z}{\delta y} - \frac{\delta B_y}{\delta z} \\ \frac{\delta B_x}{\delta z} - \frac{\delta B_z}{\delta x} \\ \frac{\delta B_y}{\delta x} - \frac{\delta B_x}{\delta y} \end{pmatrix} = -\varepsilon\mu\frac{\delta}{\delta t}\begin{pmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{pmatrix} - \mu\begin{pmatrix} j_x \\ j_y \\ j_z \end{pmatrix}}$$

Etant donné que le milieu est le vide, on supprimera directement le terme de droite avec la densité de charge j puisqu'elle est considérée comme nulle.

Notre champ magnétique B n'a qu'une seule composante en y et cette deuxième équation de Maxwell nous permet de mettre en évidence donc une seule égalité qui est :

$$\frac{\delta B_y}{\delta x} = -\varepsilon\mu\frac{\delta E_z}{\delta t}$$

Ne connaissant encore rien sur le champ électrique, on ne peut se contenter que d'une seule chose : dériver partiellement la composante en y du champ magnétique par rapport à x.

$$\frac{\delta B_y}{\delta x} = -\frac{\omega}{c}\times -B_0\cos\left[\omega(t-\frac{x}{c})\right] \text{ ; on fait passer les facteurs de droite à gauche}$$

$$\text{d'où } \frac{\delta E_z}{\delta t} = \frac{-B_0\cdot -\omega}{-\varepsilon\mu c}\cos\left[\omega(t-\frac{x}{c})\right] = \frac{-B_0\cdot\omega}{\varepsilon\mu c}\cos\left[\omega(t-\frac{x}{c})\right]$$

Nous connaissons désormais la valeur de la dérivée partielle par rapport au temps de la composante en z du champ électrique mais ce n'est pas ce qui nous intéresse.
Il nous faut uniquement la valeur de la composante en z donc il va nous falloir intégrer (= trouver la primitive) par rapport au temps le terme précédent d'où :

$$E_z = \frac{1}{\omega}\times\frac{-B_0\cdot\omega}{\varepsilon\mu c}\sin\left[\omega(t-\frac{x}{c})\right] = \frac{-B_0}{\varepsilon\mu c}\sin\left[\omega(t-\frac{x}{c})\right] = -c\, B_0 \sin[\omega\,(t-\frac{x}{c})]$$

<u>Rappels mathématiques :</u>

a) Dérivées : $[\sin(ax+b)]' = a\cos(ax+b)$

$[\cos(ax+b)]' = -a\cos(ax+b)$

b) Primitives : $\cos(ax+b) \to \frac{1}{a}\sin(ax+b)$

$\sin(ax+b) \to -\frac{1}{a}\cos(ax+b)$

Les coordonnées de notre champ électrique E couplé au champ magnétique B sont donc :

$$E(t,x) = (0,0,\frac{-B_0}{\varepsilon\mu c}\sin\left[\omega(t-\frac{x}{c})\right])$$

C. Faux : il faut calculer le rapport présent devant le sinus des coordonnées du champ électrique

$$\frac{-Bo}{\varepsilon.\mu.c} = \frac{-1}{(8{,}85.10^{-12}.(4\pi.10^{-7}).(3.10^{8}))} = -3.10^{8}$$

(ps : Cela aurait été vrai si il s'agissait de la composante en z du champ électrique et non pas en x.)

D. Faux

$$\omega = 2\pi f \to f = \frac{\omega}{2\pi} \qquad c = \lambda f \to \lambda = \frac{c}{f} = \frac{2\pi\cdot c}{\omega} = \frac{2\pi\times 3\cdot 10^{8}}{4{,}19\cdot 10^{15}} = 4{,}5\cdot 10^{-7}\,\mathrm{m} = 450\,\mathrm{nm}$$

Ce rayonnement électromagnétique est donc bel et bien visible car compris entre 400 et 800 nm.

E. Faux : cf item d

F. Vrai

QCM n°8 : **C**

A. Faux : cette phrase aurait été vraie si il s'agissait uniquement de la lumière visible, la lumière est également composée des rayonnements ultraviolets ainsi que des infrarouges.

B. Faux : Pour répondre aux items suivants il faut trouver de quelle couleur sont les radiations émises par chacune des lampes en utilisant les équations des champs électriques.

Ces équations étant du type $\vec{E}(t,x) = E_0 \cdot \sin\left[\omega(t - \frac{x}{c})\right]$, le terme qui diffère à l'entrée de chaque sinus pour les 3 lampes correspond à la pulsation propre de chaque champ électrique.
On sait également que :

$\omega = 2\pi f$ d'où $f = \frac{\omega}{2\pi}$ et que $T = \frac{1}{f}$ ainsi que $\lambda = c \cdot T$ ce qui nous permet de dire que $\lambda = \frac{2\pi c}{\omega}$

De plus, d'après les équations des champs électriques : $\frac{1}{c} = 3{,}33 \cdot 10^{-9} \rightarrow c = 3 \cdot 10^{8}\,\mathrm{m.s^{-1}}$

On peut donc désormais calculer les longueurs d'onde, les fréquences des différentes radiations :

→ Nicolas :

$$\lambda_{\text{Nicolas}} = \frac{2\pi c}{\omega_{\text{Nicolas}}} = \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^{8}}{3{,}34 \cdot 10^{15}} = 5{,}65 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{m} = 565\,\mathrm{nm}$$

$$f_{\text{Nicolas}} = \frac{\omega_{\text{Nicolas}}}{2\pi} = \frac{3{,}34 \cdot 10^{15}}{2\pi} = 5{,}32 \cdot 10^{14}\,\mathrm{Hz}$$

→ Benjamin :

$$\lambda_{\text{Benjamin}} = \frac{2\pi c}{\omega_{\text{Benjamin}}} = \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^{8}}{2{,}83 \cdot 10^{15}} = 6{,}66 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{m} = 666\,\mathrm{nm}$$

$$f_{\text{Benjamin}} = \frac{\omega_{\text{Benjamin}}}{2\pi} = \frac{2{,}83 \cdot 10^{15}}{2\pi} = 4{,}5 \cdot 10^{14}\,\mathrm{Hz}$$

→ Bachir :

$$\lambda_{\text{Bachir}} = \frac{2\pi c}{\omega_{\text{Bachir}}} = \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^{8}}{4{,}25 \cdot 10^{15}} = 4{,}44 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{m} = 444\,\mathrm{nm}$$

$$f_{\text{Bachir}} = \frac{\omega_{\text{Bachir}}}{2\pi} = \frac{4{,}25 \cdot 10^{15}}{2\pi} = 6{,}76 \cdot 10^{14}\,\mathrm{Hz}$$

Grâce au spectre de la lumière visible donné dans l'énoncé, on peut désormais savoir de quelle couleur est chaque lampe, ce qui nous donne donc : une lampe verte pour Nicolas, une lampe rouge pour Benjamin et une lampe bleue pour Bachir.
Ainsi si Benjamin et Nicolas croisent les jets, on verrait une lumière de couleur jaune et non pas verte. Vert + Rouge = Jaune

C. **Vrai** : Bleu + Rouge = Magenta.
D. Faux : Benjamin > Nicolas > Bachir (en terme de longueurs d'onde).
E. Faux : Bachir > Nicolas > Benjamin (en terme de fréquences).

QCM n°9 : **A**

A. **Vrai** : D'après les équations des champs électriques, l'inconnue (outre le temps) est x ce qui permet de savoir que le vecteur célérité a pour direction cet axe (ne pouvant donc pas être la direction de polarisation ni du champ électrique ni celle du champ magnétique).
On peut ensuite voir que la seule composante des champs électriques se fait en z, étant donc la direction de polarisation du champ électrique dans chacun des trois cas.
Lorsque un champ électrique et un champ magnétique sont couplés comme dans le cas d'un rayonnement électromagnétique, tel que la lumière, les trois vecteurs E, B et célérité sont orthogonaux entre eux ainsi que polarisés selon 3 directions orthogonales entre elles.
Au final, on obtient donc un vecteur champ électrique polarisé selon la direction des z, un vecteur célérité polarisé selon la direction des x et un champ magnétique polarisé selon l'axe des y.

B. Faux : ces deux caractéristiques ondulatoires sont inversement proportionnelles.
C. Faux : la lumière blanche est constituée de radiations de toutes les couleurs du spectre de la lumière visible.
D. Faux : la valeur est bien 200 mais l'unité est celle d'un champ électrique, car l'amplitude a la même unité que l'onde, qui est ici un champ électrique.
E. Faux : attention aux unités !!!

Le retard est égal à $\frac{x}{c}$, on sait déjà que $\frac{1}{c} = 3{,}33 \cdot 10^{-9}\,\mathrm{s.m^{-1}}$ donc que $\tau = 3{,}33 \cdot 10^{-9} x$

d'où $x = \frac{\tau}{3{,}33 \cdot 10^{-9}} = \frac{40 \cdot 10^{-9}}{3{,}33 \cdot 10^{-9}} = 12\,\mathrm{m}$

QCM n°10 : C, D, E

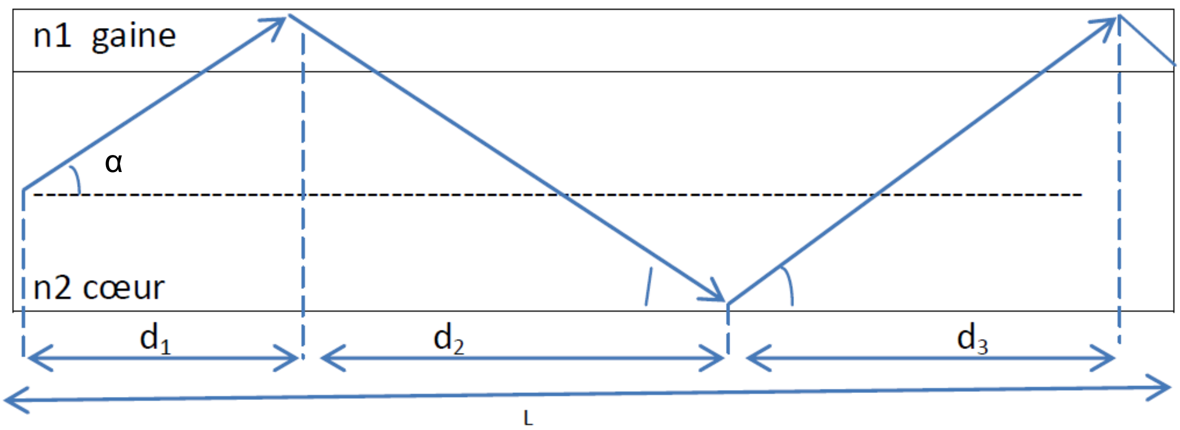
A. Faux : D'après la formule de Descartes, l'angle β que fait le rayon réfracté avec la perpendiculaire à la surface de la fibre vérifie :
$n_2 \sin(\pi/2 - \alpha) = n_1 \sin(\beta)$ => $n_2 \cos(\alpha) = n_1 \sin\beta$

$\sin\beta = \frac{n_2 \cos(\alpha)}{n_1}$

Pour que le faisceau reste prisonnier de la fibre, il ne faut pas qu'il y ait de rayon réfracté.

B. Faux : Le faisceau réfracté existe si sin β < 1 donc pour qu'il n'existe pas, il faut que :
Sin β > 1 => $\frac{n_2 \cos(\alpha)}{n_1} > 1$ => $\cos(\alpha) > \frac{n_1}{n_2}$ => $\alpha < \cos^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$
L'angle α doit être inférieur à $\cos^{-1}\left(\frac{1}{1{,}6}\right) = 51{,}31$ °

C. **Vrai**



d'après la figure ci-dessus la distance D parcourue par le rayon est :

$$D = \frac{d_1}{\cos\alpha} + \frac{d_2}{\cos\alpha} + \frac{d_3}{\cos\alpha} \ldots = \frac{L}{\cos\alpha}$$

D. **Vrai** : Le temps mis par le rayon dans le fibre vaut :

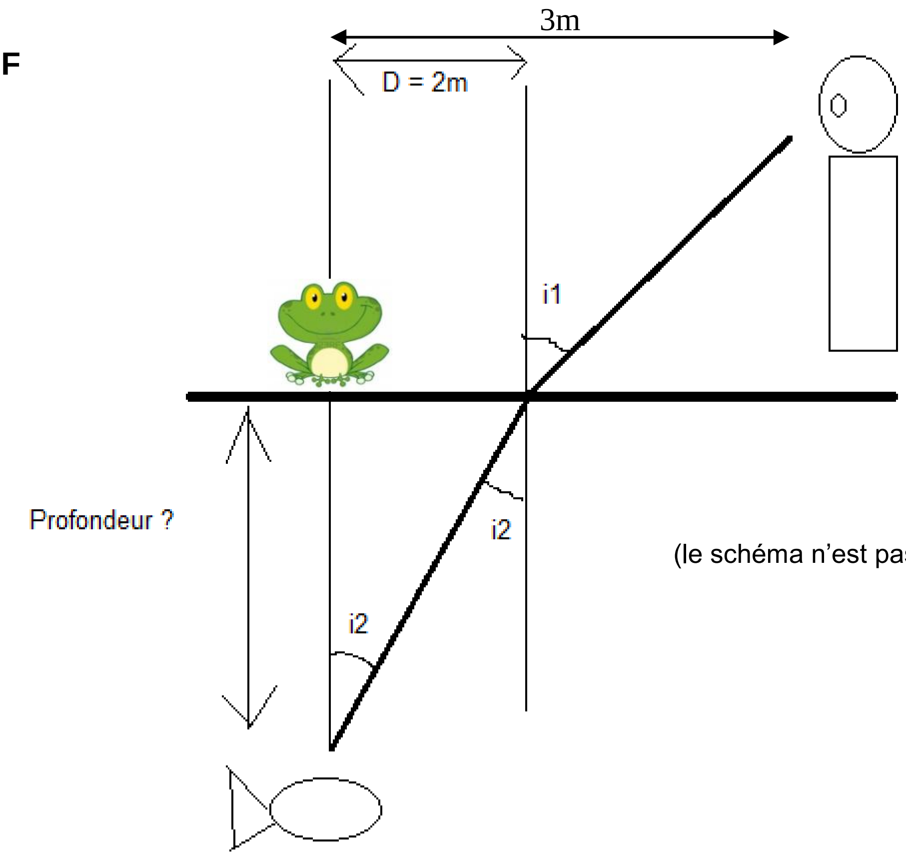
$T = \frac{D}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2 \,.\, L}{c \,.\, \cos(\alpha)}$ avec 0 < α < 51,31
Le temps le plus court correspond au α le plus petit : α = 0 => cos α = 1
Donc $T_{min} = \frac{n_2 \,.\, L}{c} = \frac{1.6 \,.\, 2}{3.10^8} = 1{,}06 \,.\, 10^{-8}$ s

E. **Vrai** : Le temps le plus long correspond au α le plus grand :
$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{1}{1{,}6}\right)$
$T = \frac{1{,}6 \,.\, 2}{3.10^8 . \cos-1\left(\frac{1}{1.6}\right)} = 2{,}078.10^{-10}$ s

QCM n°11 : **B, D, E**

A. Faux : C'est pour un système optique centré dont les rayons lumineux s'écartent peu de l'axe.
B. **Vrai** : L'angle d'incidence correspond à : sin $i_1 = \frac{h}{d} = \frac{2}{4}$ =0.5
sin i_1 . n_1 = sin i_2 . n_2 => 0,5 . 1,6 = 1,3 . sin i_2
$i_2 = \sin^{-1}(\frac{0,5\ .\ 1,6}{1,3})$ = 37.98°
C. Faux : L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence or i = $\sin^{-1}(0.5)$ = 30°
D. **Vrai** : Pour avoir une réflexion total l'angle de réfraction doit être de 90°
Sin r = 1 => i = $\sin^{-1}(\frac{n_2}{n_1})$ = $\sin^{-1}(\frac{1,3}{1,6})$=54.3°
E. **Vrai** : cf ítem d

QCM n°12 : **F**



(le schéma n'est pas à l'échelle…)

Loi de Descartes : n_1 . sin (i_1) = n_2 . sin (i_2) donc i_2 = arcsin ($\frac{n_1\ .\ \sin(i_1)}{n_2}$)

i_2 = arcsin($\frac{1\ .\ \sin(30)}{1,3}$) = arcsin(0,38) = 22,61

Via l'égalité des angles alternes internes : tan (i_2) = $\frac{D}{P}$ donc P = $\frac{D}{\tan(22,61)}$ = 4,8 m

Soyez sûrs de vos résultats… ☺

QCM n°13 : **B, D, E**

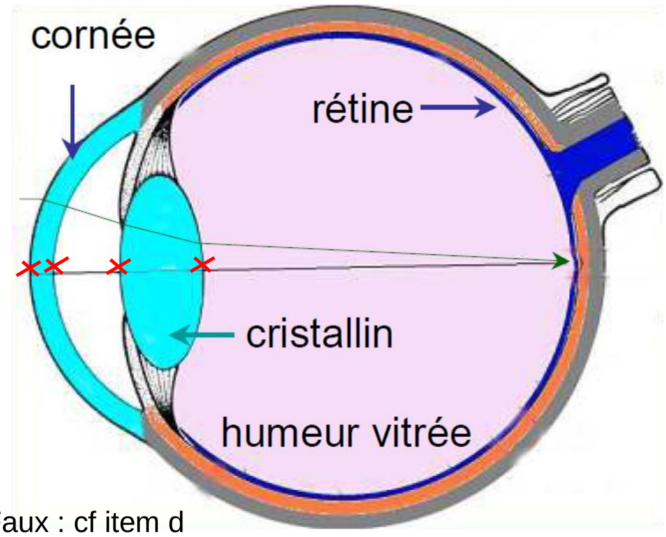
A. Faux : t = 0,945 donc r = 1 – 0.945 = 0,055
r = $\frac{[\,n(titanate) - n(verre)\,]^2}{[\,n(titanate) + n(verre)\,]^2}$ = 0,055
On a l'équation du second degré et on obtient ainsi n(titanate) = 2,42
n = $\frac{c}{v}$ avec c = 3 x 10^8 → v = 1,24 x 10^8 $m.s^{-1}$
B. **Vrai**.
C. Faux.
D. **Vrai** : $v_{(verre)} = \frac{c}{n_{(verre)}}$ = 2 x 10^8 $m.s^{-1}$.
E. **Vrai** : n est inversement proportionnel à v (n = $\frac{c}{v}$).

<u>QCM n°14</u> : **A, D, E**

Rappel : **1 Dp = 1 m^{-1}**

A. **Vrai** : $\Pi \approx 60$ Dp ⇔ $\Pi > 0$, donc il s'agit d'un dioptre convergent.

B. Faux : un œil normal est composé de 4 dioptres : la cornée et le cristallin



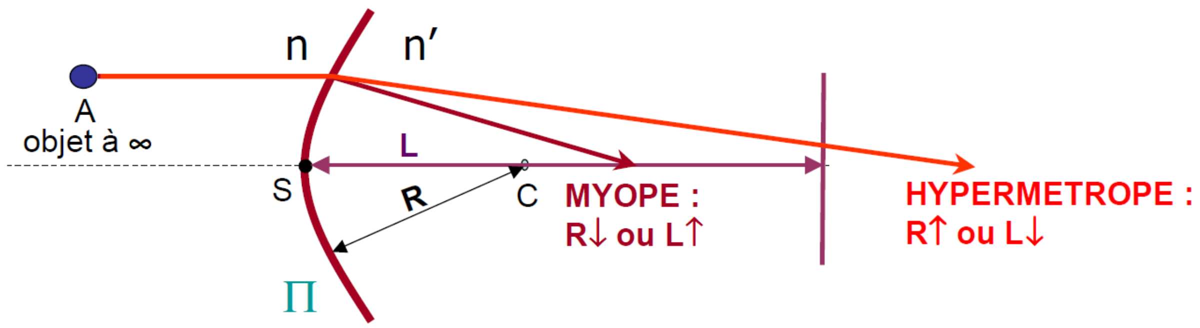
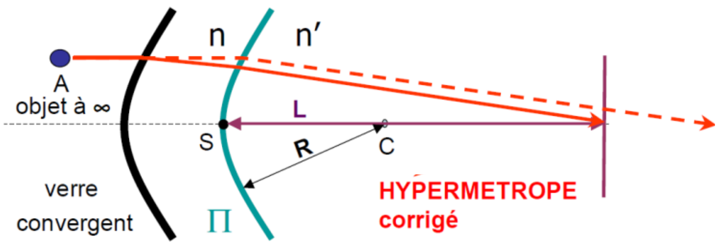
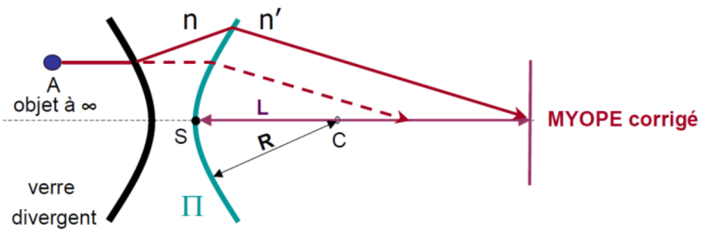
× : dioptre

En effet, un dioptre est une interface entre deux milieux d'indices de réfraction différents.

La cornée est donc composée de 2 dioptres. Idem pour le cristallin.

C. Faux : cf item d

D. **Vrai** :

<table>
<tr><th>Œil Hypermétrope</th><th>Œil Myope</th></tr>
<tr><td>hypeRmétRope
R augmenté
⇔ L diminué</td><td>Inverse… donc :
R diminué
⇔ L augmenté</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>Œil pas assez convergent
Corrigé par verre convergent (loupes)

</td><td>Œil trop convergent (œil long)
Corrigé par verre divergent

</td></tr>
</table>

E. **Vrai** : cf item d

QCM BONUS : **A, C, D, E**

A. **Vrai** : On part de l'équation du champ électrique :

$$\vec{E}(t,z)=(E_0\sin\left[\omega(t-\frac{z}{c})\right],-E_0\sin\left[\omega(t-\frac{z}{c})\right],0)=(E_x,E_y,E_z)$$

• On utilise les équations de Maxwell, il ne faut pas oublier que nos deux inconnues dans ce cas sont z (et non pas x) et t, on peut ainsi extraire de tout ça deux égalités :

$$-\frac{\delta E_y}{\delta z}=-\frac{\delta B_x}{\delta t} \quad \text{et} \quad \frac{\delta E_x}{\delta z}=-\frac{\delta B_y}{\delta t}$$

a. On utilise d'abord la première égalité : $-\frac{\delta E_y}{\delta z}=-\frac{\delta B_x}{\delta t}$ que l'on simplifiera en $\frac{\delta E_y}{\delta z}=\frac{\delta B_x}{\delta t}$

étant donné la présence du signe "-" de chaque côté de l'équation.
Ne connaissant rien dans un premier temps sur le champ magnétique B, on ne peut que calculer la dérivée partielle par rapport à z de la composante en y du champ électrique :

Rappels :

- Dérivées : $[\sin(ax+b)]'=a\cos(ax+b)$

$[\cos(ax+b)]'=-a\cos(ax+b)$

- Primitives : $\cos(ax+b)\rightarrow\frac{1}{a}\sin(ax+b)$

$\sin(ax+b)\rightarrow-\frac{1}{a}\cos(ax+b)$

$$\boxed{B=\frac{E}{c_n}}$$

Lorsque l'on calcule une dérivée partielle, on dérive comme d'habitude mais selon une seule variable (ici z) en supposant les autres constantes les autres (ici t).

$$\frac{\delta E_y}{\delta z}=\frac{\delta}{\delta z}(-E_0\sin\left[\omega(t-\frac{z}{c})\right])=\frac{-\omega}{c}\times-E_0\cos\left[\omega(t-\frac{z}{c})\right]=\frac{\omega}{c}\times E_0\cos\left[\omega(t-\frac{z}{c})\right]=\frac{\delta B_x}{\delta t}$$

On sait ainsi à quoi est égale la dérivée partielle par rapport au temps de la composante en x du champ magnétique, mais ce n'est pas ce qui nous intéresse, on cherche uniquement la valeur de la composante en x de B, il faut donc intégrer (= trouver la primitive) par rapport au temps le terme précédent :

$$B_x=\frac{1}{\omega}\times\frac{\omega}{c}\times E_0\sin\left[\omega(t-\frac{z}{c})\right]=\frac{E_0}{c}\sin\left[\omega(t-\frac{z}{c})\right]=B_0\sin\left[\omega(t-\frac{z}{c})\right]$$

• On se sert ensuite de la deuxième égalité : $\frac{\delta E_x}{\delta z}=-\frac{\delta B_y}{\delta t}$

Comme avec la première, on va tout d'abord calculer la dérivée partielle par rapport à z de E_x puis nous déterminerons la valeur de la composante en y du champ magnétique.

1) Calcul de la dérivée partielle par rapport à z de E_x

$$\frac{\delta E_x}{\delta z}=\frac{\delta}{\delta z}(E_0\sin\left[\omega(t-\frac{z}{c})\right])=\frac{-\omega}{c}\times E_0\cos\left[\omega(t-\frac{z}{c})\right]=-\frac{\delta B_y}{\delta t}$$

On retire les signes de "-" de part et d'autre et on trouve ainsi :

$$\frac{\omega}{c}\times E_0\cos\left[\omega(t-\frac{z}{c})\right]=\frac{\delta B_y}{\delta t}$$

2) <u>Calcul de la primitive de</u> $\frac{\delta B_y}{\delta t}$

$$B_y = \frac{1}{\omega} \times \frac{\omega}{c} \times E_0 \sin\left[\omega(t - \frac{z}{c})\right] = \frac{E_0}{c} \sin\left[\omega(t - \frac{z}{c})\right] = B_0 \sin\left[\omega(t - \frac{z}{c})\right]$$

N'existant pas de composante en z (étant une des inconnues), les coordonnées du champ magnétique sont bel et bien :

$$\vec{B}(t,z) = (B_0 \sin\left[\omega(t - \frac{z}{c})\right], B_0 \sin\left[\omega(t - \frac{z}{c})\right], 0)$$

B. Faux : le champ électrique est polarisé selon une droite d'équation $x = -y$ tandis que la champ magnétique est polarisé selon une droite d'équation $x = y$. Les directions étant bien fixes, ils sont tout de même polarisés rectilignement.

C. **Vrai** : d'après les équations des champs magnétique et électrique, attention au signe de avant le terme

D. **Vrai** : pour ce genre d'item, il suffit généralement de reformuler l'item d'une autre manière pour répondre. Ici, nous savons que l'onde se propage dans le sens des z croissants de ce fait, étant une onde, il est par définition vrai que tous les N λ sur l'axe des z les points soient en phase.

E. **Vrai** : le milieu est le vide, ω et c sont des constantes : $\lambda = c \times T \rightarrow \lambda = c \times \frac{1}{f} = c \times \frac{2\pi}{\omega}$,

λ est donc une constante faisant de cette onde une radiation potentielle.