

# TUTORAT UE 3 2014-2015 – Biophysique

## CORRECTION Séance n°3 – Semaine du 29/09/2014

### Optique 2 Pr. Mariano-Goulart

#### QCM n°1 : C

- A. Faux. Chaque point de l'orifice émet des ondes sphériques qui sont en phase avec les ondes émises par les autres points.
- B. Faux. La taille de l'orifice influence le phénomène de diffraction : si l'orifice est très petit une ou plusieurs ondes sphériques se propagent ; si l'orifice est assez large, un déphasage apparaît entre les rayons émis dans une direction. Ce déphasage est lié au fait que les rayons vont parcourir des chemins optiques différents. De plus, la taille de la fente doit être du même ordre de grandeur (ou de taille inférieure) que la longueur d'onde.
- C. **Vrai.**
- D. Faux. Il n'est pas nécessaire qu'elles soient en phase, il suffit que leur déphasage soit constant dans le temps. Le reste de l'énoncé est vrai.
- E. Faux. Le phénomène d'interférence donne lieu à une addition algébrique d'ondes pures cohérentes, ce qui ne se limite pas à l'addition des intensités. On est ici dans le cas d'une addition de vecteurs, l'annulation est possible.

#### QCM n°2 : D

- A. Faux. Le phénomène de diffraction entraîne un déphasage entre les rayons, que l'on peut calculer avec la formule  $d\Phi = \frac{\omega}{c} \cdot dL = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot dL = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x \cdot \sin \theta$ .
- B. Faux. Les zones sombres (destructives) correspondent à une absence de signal, et donc à la réception d'ondes en opposition de phase. Au contraire les zones claires (constructives) correspondent au signal maximal, et donc à la réception d'ondes en phase.
- C. Faux. Les systèmes de diffraction sont astigmatiques : l'image d'un point donne une tâche. C'est pourquoi la diffraction limite la résolution (distance minimale qui doit exister entre 2 points pour qu'ils soient correctement distingués).
- D. **Vrai.** Plus la distance qui doit exister entre 2 points pour être correctement distingués est petite, meilleure est la résolution.
- E. Faux. c'est l'inverse :  $\sin \theta_{\min} = \frac{\lambda}{b}$  avec b le côté de l'orifice pour une ouverture carrée, et  $\sin \theta_{\min} = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{d}$  pour une orifice circulaire de diamètre d. Ainsi augmenter le rayon d'un microscope ou diminuer la longueur d'onde des rayons améliorent la résolution.

### QCM n°3 : B, D

A. Faux. L'unité est le  $m^{-1}$  et non le m.

$$I(x) = I_0 \cdot e^{-kx} \leftrightarrow \frac{1}{3} I_0 = I_0 \cdot e^{-kx} \leftrightarrow \frac{1}{3} = e^{-kx} \leftrightarrow \frac{1}{3} = \frac{1}{e^{kx}} \leftrightarrow 3 = e^{kx} \leftrightarrow \ln(3) = kx$$

$$k = \frac{\ln(3)}{x} = \frac{\ln(3)}{5.10^{-3}} = 220 \text{ m}^{-1}$$

B. **Vrai.**  $k = sC \leftrightarrow C = \frac{k}{s}$  avec  $s = 1600 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} = 1600 \cdot 10^2 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

$$C = \frac{220}{1600 \cdot 10^2} = 1,373 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1,373 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} = 1,373 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$$

C. Faux. Voir item précédent.

D. **Vrai.** L'absorbance ou densité optique ou fraction de lumière absorbée F est comprise entre 0 et 1.

$$F = \frac{I_0 - I}{I_0} = \frac{I_0 - \frac{1}{3} I_0}{I_0} = \frac{2}{3}$$

E. Faux. Ce sont les photons qui transfèrent de l'énergie aux électrons et non l'inverse. Le reste de la phrase est vrai.

### QCM n°4 : B, C, D

A. Faux. Le principe de moindre action de Fermat concerne l'aspect ondulatoire (chemin optique minimal) tandis que celui de Maupertuis concerne l'aspect corpusculaire (déplacement pour une quantité de mouvement minimale).

B. **Vrai.** La trajectoire suivie par la lumière est bien celle qui correspond au chemin optique le plus petit :  $L = n \cdot D$  avec D la distance à parcourir et n l'indice de réfraction du milieu. L est minimum si n est minimum.

C. **Vrai.** La relation de Louis de Broglie est  $p = \frac{h}{\lambda}$  où p est la quantité de mouvement.

D. **Vrai.** On va se servir de la relation de de Broglie  $\lambda = \frac{h}{p}$  mais il faut avant tout calculer p.

$p = mv$ , on connaît la masse de l'électron, reste à trouver sa vitesse.

On sait que l'énergie cinétique de l'électron vaut  $\frac{1}{2} mv^2$  et que cette énergie cinétique est égale à la quantité d'énergie potentielle électrique perdue ( $E_p = qV$ ) par ce même électron puisque l'énergie totale  $E_{\text{tot}} = E_p + E_c$  est à tout instant constante.

De fait,  $\frac{1}{2} mv^2 = qV \leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$  et  $p = mv = \sqrt{2mqV}$  avec q la charge de la particule.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mqV}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot (9,1 \cdot 10^{-31}) \cdot (1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot 30}} = 2,24 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$

E. Faux. La relation du quantum d'Einstein ne s'applique qu'aux particules de masse nulle telles que les photons.

### QCM n°5 : B, E

A. Faux.  $l = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{8,56 \cdot 10^{14}} = 350 \text{ nm}$ . Ces rayons appartiennent au domaine des UV.

B. **Vrai.**  $E = hf = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 8,56 \cdot 10^{14} = 5,67 \cdot 10^{-19} \text{ J} \leftrightarrow \frac{5,67 \cdot 10^{-19}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 3,54 \text{ eV}$

C. Faux. Le trajet que suit la lumière est celui qui correspond au chemin optique minimal :  $L = n \cdot D$  avec  $D$  la longueur du lac et  $n$  l'indice de réfraction.  $D$  étant la même dans l'air que dans l'eau, la lumière va préférentiellement traverser le milieu d'indice minimal, c'est à dire l'air.

D. Faux. 2 possibilités pour résoudre cet item :

Possibilité 1 : On calcule d'abord la différence de chemin optique  $dL$  entre les rayons (c'est à ce moment qu'on fait intervenir les indices de réfraction) puis on la divise par la vitesse de la lumière dans le vide  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Le retard  $dt$  vaut  $\frac{dL}{c} = \frac{n_{\text{eau}} \cdot D - n_{\text{air}} \cdot D}{c} = \frac{D(n_{\text{eau}} - n_{\text{air}})}{c} = \frac{450 \cdot (1,33 - 1)}{3 \cdot 10^8} = \frac{148,5}{3 \cdot 10^8} = 4,95 \cdot 10^{-7} \text{ s}$

Possibilité 2 : On ne s'intéresse pas à la différence de chemin optique mais à la différence de temps mis pour parcourir  $D$  dans chacun des milieux (c'est à ce moment qu'on fait intervenir les indices de réfraction puisqu'on sait que  $c_n = \frac{c}{n}$ ).

Le retard  $dt$  vaut donc  $\frac{D}{c_{\text{eau}}} - \frac{D}{c} = \frac{D}{\frac{c}{n_{\text{eau}}}} - \frac{D}{c} = \frac{D \cdot n_{\text{eau}}}{c} - \frac{D}{c} = \frac{D(n_{\text{eau}} - 1)}{c}$  ce qui revient au calcul de

la possibilité 1 puisque  $n_{\text{air}} = 1$ . Avec ces deux raisonnements, on aboutit au même résultat.

E. **Vrai.** On note  $X$  la distance parcourue dans l'eau, et  $D$  la distance parcourue dans l'air ( $D = 450 \text{ m}$ ).

Possibilité 1 : on cherche la distance parcourue dans l'eau pour laquelle les rayons seraient enregistrés en même temps (à une distance différente de la source) et n'auraient de fait pas de retard. Ceci implique qu'ils aient parcouru le même chemin optique :

$$dL = 0 \text{ et } L_{\text{air}} = D \cdot n_{\text{air}} = D = L_{\text{eau}} = X \cdot n_{\text{eau}} \leftrightarrow D = X \cdot n_{\text{eau}} \leftrightarrow X = \frac{D}{n_{\text{eau}}} = \frac{450}{1,33} = 338,36 \text{ m}$$

Il a donc parcouru  $D - X = 450 - \frac{450}{1,33} = 111,65 \text{ m}$  en moins que le rayon dans l'air.

Possibilité 2 : on exprime le temps mis par le rayon dans l'air pour parcourir les 450 m puis on cherche la distance parcourue dans l'eau pendant ce temps  $t$ .

$$t = \frac{D}{c} \leftrightarrow D = t \cdot c \text{ et } X = t \cdot c_{\text{eau}} = t \cdot \frac{c}{n_{\text{eau}}} = \frac{D}{n_{\text{eau}}} \text{ et on retombe sur le résultat de la possibilité 1.}$$

### QCM n°6 : A, C, D, E

A. **Vrai.** C'est le principe de Fermat qui décrit l'aspect ondulatoire de la lumière.

B. Faux. Si  $l$  = demi-tâche,  $L$  = tâche,  $D$  = distance entre orifice et écran et  $b$  = diamètre de l'orifice.

$$\theta = \tan(\theta) = \frac{l}{D} = \frac{1,22 \cdot \lambda}{b} \leftrightarrow l = \frac{1,22 \cdot \lambda \cdot D}{b} = \frac{650 \cdot 10^{-9} \cdot 1,1 \cdot 2,2}{0,02} = 3,965 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 39,7 \text{ } \mu\text{m}.$$

C. **Vrai.**  $\theta = \tan(\theta) = \frac{L}{2D} = \frac{1,22 \cdot \lambda}{b} \leftrightarrow L = \frac{1,22 \cdot \lambda \cdot D \cdot 2}{b} = 3,965 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 39,7 \text{ } \mu\text{m}.$

D. **Vrai.** L'énergie peut aussi s'exprimer en Joule.

E. **Vrai.**  $E = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})} = \frac{1240}{650} = 1,9 \text{ eV} = 3,056 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  (  $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  ).

### QCM n°7 : B

A. Faux. Il n'y a pas de trajectoire définie à l'échelle des particules élémentaires, mais seulement des probabilités de présence. En effet il est impossible de connaître avec une absolue précision à la fois la position et l'impulsion de l'électron.

B. **Vrai.**  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_e \cdot v_e} = 5,5959 \cdot 10^{-12} \text{ m} = 5,6 \text{ pm}.$

C. Faux.  $\tan \theta = \theta = \frac{L}{2D} = \frac{8 \cdot 10^{-6}}{35,0 \cdot 10^{-2}} = 2,2857 \cdot 10^{-5} \text{ rad} = 23 \text{ } \mu\text{rad}.$

D. Faux. Les électrons améliorent la résolution des microscopes car leurs longueurs d'ondes sont plus petites que les longueurs d'ondes des lumières monochromatiques utilisées en microscopie : électron de l'ordre de grandeur du pm, photon en microscopie de l'ordre de grandeur du nm ou  $\mu\text{m}$ . A retenir : la résolution augmente si la longueur d'onde diminue.

E. Faux. En effet la relation de Quantum dit que  $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$  mais elle ne s'applique pas pour les électrons car leur masse est non nulle.

### QCM n°8 : C

- A. Faux. Seules les ondes cohérentes peuvent s'additionner algébriquement.
- B. Faux. Les interférences montrent le comportement ondulatoire de la matière selon le principe de Fermat.
- C. **Vrai.** C'est une théorie de la diffraction qui s'explique par le principe de Huygens-Fresnel.
- D. **Item annulé.**
- E. Faux. Les impacts montrent le comportement corpusculaire de la matière démontré par le principe de Maupertuis.

### QCM n°9 : A, D, E

- A. **Vrai.**  $\Delta p_x \Delta x \geq \hbar \Leftrightarrow \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{\Delta x} \Leftrightarrow \Delta p_x \geq 2,3 \cdot 10^{-29} \text{ kg.m.s}^{-1}$
- B. Faux. Il existe aussi une incertitude sur la position du photon.
- C. Faux. Le photon se comporte alors comme une source ponctuelle (Principe de Huygens-Fresnel).
- D. **Vrai.** Tout d'abord il faut bien se représenter la figure de diffraction : une bande lumineuse centrale encadrée par un réseau de franges parallèles d'intensités décroissantes. Les tâches sombres entre les franges sont dû au fait que chaque rayon de la moitié supérieure de la fente annule le rayon qui lui correspond dans la moitié inférieure. Donc si le diamètre de la fente augmente alors il y a plus de rayons qui passent ce qui implique plus de zones sombres et par conséquent plus de franges. Par contre vu que dans le même temps l'angle de diffraction diminue alors certes il y aura plus de franges mais elles seront plus fines.
- E. **Vrai.**  $\Delta E \Delta t \geq \hbar \Leftrightarrow \Delta t \geq \frac{\hbar}{\Delta E}$ .

### QCM n°10 : A, E

- A. **Vrai.**  $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2450 \cdot 10^6} = 12,2 \text{ cm}$  (c = célérité de la lumière).
- B. Faux. La longueur d'onde se situe dans l'intervalle 1mm et 1m par conséquent ce sont des micro-ondes.
- C. Faux.  $E = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})} = 1,013 \cdot 10^{-5} \text{ eV}$ .
- D. Faux. Les ondes sont diffractées et non réfractées. Le reste de l'item est vrai.
- E. **Vrai.**  $dL = \sin(\theta) \cdot x = \sin(20) \cdot 0,02 = 6,8 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 6,8 \text{ mm}$ .

### QCM n°11 : C

- A. Faux. Elles varient par multiples d'une grandeur élémentaire.
- B. Faux. L'intensité est nulle à ce niveau car nous sommes au niveau d'un nœud. Tous les points compris entre deux nœuds consécutifs forment un ventre.
- C. **Vrai.**  $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{2}{0,925} = 2,16 \text{ Hz}$ .
- D. Faux.  $\lambda = \frac{2L}{N} = \frac{2 \cdot 10}{13} = 1,54 \text{ m}$  (attention le nombre de ventres = nombre de nœuds - 1).
- E. Faux.  $N = \frac{2L}{\lambda} = \frac{2 \cdot 10}{2,5} = 8$  donc le nombre de nœuds vaut 9.