

TD3 : Observation des ondes et leurs caractéristiques

1. On jette un caillou dans l'eau.

a) L'onde de surface prend la forme de rides circulaires, centrées sur le point d'impact, et s'éloignant à la même vitesse. L'onde de surface se propage dans toutes les directions à la même vitesse car le milieu (interface air-eau) est homogène, c'est pourquoi les rides sont bien circulaires.

b) L'onde de surface est une onde mécanique transversale.

c) L'autre onde émise quand le caillou touche l'eau est une onde sonore. Cette onde de volume se propage en 3 dimensions, c'est une onde mécanique longitudinale.

2. Dans la cloche, quand le vide a été fait, le son ne peut pas se propager, faute d'air. Donc on voit le téléphone recevoir l'appel (lumière, déplacement éventuel dû au vibreur), mais on n'entend pas la sonnerie.

Remarque : si la table n'est pas bien isolée du fond de la cloche (par une épaisseur de matériau absorbant les vibrations), la vibration du téléphone peut être transmise à la table, et on peut la ressentir en y posant la main.

3. D'une part, d'après les observations le récepteur R2 a été déplacé d'une distance égale à une longueur d'onde exactement du signal ultrasonore, entre la première et la seconde mesure. Donc $\lambda = 7 \text{ mm}$.

D'autre part, on peut mesurer d'après l'oscillogramme la période de l'onde ultrasonore : 4 divisions avec un balayage de $5 \mu\text{s}/\text{div}$, soit $T = 20 \mu\text{s}$.

On peut en déduire la célérité des ultrasons dans l'air :

$$c = \lambda / T$$

Application numérique : $c = 350 \text{ m.s}^{-1}$.

4. Sur l'oscillogramme, on lit la tension maximale, i.e. l'amplitude de la sinusoïde : 2 divisions avec $S_V = 10 \text{ mV}/\text{div}$, soit $U_{\text{max}} = 20 \text{ mV}$.

On peut y lire aussi la période du signal, i.e. la durée séparant deux points de même phase : 4 divisions avec $S_H = 1 \mu\text{s}/\text{div}$, soit $T = 4 \mu\text{s}$.

On en déduit la fréquence de l'onde radio sinusoïdale : $f = 1/T$, soit $\nu = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Hz}$.

La longueur d'onde dans le vide de cette onde s'écrit : $\lambda_0 = c_0 / \nu$, avec $c_0 = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ sa célérité dans le vide. Donc : $\lambda_0 = 1,2 \text{ km}$, dans le domaine dit des ondes longues

5. a) Le tableau suivant donne le domaine spectral de chaque raie de la lampe à vapeur de mercure, ainsi que sa couleur (pour les raies visibles) :

Long. d'onde	Domaine	Couleur
$\lambda_1 = 185 \text{ nm}$	UV (C)	/
$\lambda_2 = 254 \text{ nm}$	UV (C)	/
$\lambda_3 = 366 \text{ nm}$	UV (A)	/
$\lambda_4 = 405 \text{ nm}$	visible	violet
$\lambda_5 = 436 \text{ nm}$	visible	bleu
$\lambda_6 = 546 \text{ nm}$	visible	vert
$\lambda_7 = 577 \text{ nm}$	visible	orange
$\lambda_8 = 579 \text{ nm}$	visible	orange

b) Le filtre ne laisse passer que les longueurs d'onde comprises entre 520 et 560 nm (avec une transmission maximale entre 535 et 545 nm, et beaucoup d'atténuation en-dehors). En plaçant ce filtre devant une lampe à vapeur de mercure, seule la raie à 546 nm passe, quelque peu atténuée. La lumière obtenue est monochromatique, de couleur verte.

6. Un diapason produit un son pur, i.e. dont le spectre ne fait apparaître qu'une seule fréquence. Les spectres 1, 2, 3 sont donc produits par un diapason. Les spectres 4, 5, 6 sont produits par un instrument de musique (ici un violon) car des harmoniques apparaissent dans le spectre.

Les notes jouées peuvent être déterminées grâce à la fréquence unique (diapason) ou fondamentale (violon). De plus, on sait que le la_2 , un octave au-dessus du la_1 , correspond à une fréquence (pure ou fondamentale) double de celle du la_1 . Donc les spectres 1 et 4 ($f_{0,1} \gtrsim 100 \text{ Hz}$; en fait 110 Hz) représentent un la_1 , les spectres 2 et 5 ($f_{0,2} \gtrsim 200 \text{ Hz}$; en fait 220 Hz) un la_2 , et les spectres 3 et 6 ($f_{0,3} \lesssim 200 \text{ Hz}$; en fait 175 Hz) un fa_2 .

7. On place un sonomètre à 1m d'un haut-parleur : le niveau sonore mesuré est $L_1 = 90 \text{ dB}$. Un second sonomètre, placé à 10m du haut-parleur, mesure un niveau sonore $L_2 = 87 \text{ dB}$.

a) L'intensité sonore I_1 à 1 m du haut-parleur s'écrit, en fonction du niveau sonore mesuré :

$$I_1 = I_0 10^{\frac{L_1}{10}}$$

où $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ est l'intensité minimale audible (à 1kHz).

Application numérique : $I_1 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ W.m}^{-2}$.

b) L'intensité sonore I_2 à 10 m du haut-parleur s'écrit, en fonction du niveau sonore mesuré :

$$I_2 = I_0 10^{\frac{L_2}{10}}$$

Application numérique : $I_2 = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ W.m}^{-2}$.

Le rapport des deux intensités vaut : $I_1/I_2 = 2$. Une atténuation de 3dB en niveau sonore équivaut à une baisse de moitié de l'intensité sonore.

8. a) La relation entre le niveau sonore L et l'intensité sonore I s'écrit :

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

où $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ est l'intensité minimale audible (à 1kHz). L'intensité I est mesurée en W.m^{-2} et le niveau sonore L , sans dimension physique, est mesuré en décibels (acoustiques), notés dB (ou dBA).

b) Le niveau sonore total, incluant la conversation d'intensité I_2 et le bruit de fond de niveau sonore L_1 , s'écrit :

$$\begin{aligned} L_{\text{total}} &= 10 \log \left(\frac{I_1 + I_2}{I_0} \right) \\ \text{ssi } L_{\text{total}} &= 10 \log \left(\frac{2I_2}{I_0} \right) \quad (\text{car } I_2 = I_1) \\ \text{ssi } L_{\text{total}} &= 10 \log 2 + 10 \log \left(\frac{I_1}{I_0} \right) \\ \text{ssi } L_{\text{total}} &= 3 \text{ dB} + L_1 \end{aligned}$$

Ce qu'il fallait démontrer.

c) Le niveau sonore total pour une conversation intelligible d'intensité I_3 et un bruit de fond de niveau L_1 , s'écrit :

$$L_{\text{total}} = 10 \log \left(\frac{I_1 + I_3}{I_0} \right)$$

$$\text{ssi } L_1 + 5 \text{ dB} = 10 \log \left(\frac{I_1}{I_0} \left(1 + \frac{I_3}{I_1} \right) \right)$$

$$\text{ssi } 10 \log \left(\frac{I_1}{I_0} \right) + 5 \text{ dB} = 10 \log \left(\frac{I_1}{I_0} \right) + 10 \log \left(1 + \frac{I_3}{I_1} \right)$$

$$\text{ssi } 5 \text{ dB} = 10 \log \left(1 + \frac{I_3}{I_1} \right)$$

$$\text{ssi } \frac{I_3}{I_1} = 10^{0,5} - 1$$

Pour que la conversation soit intelligible, il faut avoir le rapport de l'intensité de la conversation sur l'intensité du bruit de fond : $I_3 / I_1 \simeq 2,16$.

9. a) Sur le sismogramme de la figure 3 (haut), le premier signal est celui de l'onde P (onde de volume), le deuxième celui de l'onde S (onde de volume), et le dernier est le signal de l'onde L.

b) D'après le graphique en figure 3 (bas, gauche) représentant la date d'arrivée de chaque onde en fonction de la distance à l'épicentre, l'onde L met 14 minutes à arriver au point C. La vitesse de propagation de cette onde vaut donc $v_L = 4 \text{ km.s}^{-1}$.

c) L'onde P arrive en A à $t_P = 4 \text{ min}$, et l'onde S arrive à $t_S = 7 \text{ min}$ (indications portées sur le sismogramme en figure 3).

d) En notant t_0 la date d'émission des ondes sismiques, on peut écrire les relations suivantes :

$$t_P - t_0 = \frac{d_A}{v_P} \quad (1)$$

$$t_S - t_0 = \frac{d_A}{v_S} \quad (2)$$

La différence des équations (2) - (1) donne :

$$t_S - t_P = d_A \left(\frac{1}{v_S} - \frac{1}{v_P} \right)$$

$$\text{ssi } d_A = \frac{v_P v_S}{v_P - v_S} (t_S - t_P)$$

Application numérique : $d_A = 1,47.10^3 \text{ km}$.

e) On peut maintenant localiser l'épicentre E sur la carte : c'est l'intersection des 3 cercles de rayons d_A , d_B , d_C et centres respectifs les points A, B et C (voir figure 3).

f) La relation entre amplitude du sismogramme et magnitude du séisme en un lieu donné est la suivante :

$$M = \log \frac{A}{A_{\text{ref}}}$$

où A_{ref} est l'amplitude du sismogramme pour un séisme de référence, observé au même lieu avec le même appareil. Ainsi la différence des magnitudes M_1 et M_2 de deux séismes observés en un même lieu s'écrit :

$$M_1 - M_2 = \log \left(\frac{A_1}{A_2} \right)$$

Et donc la magnitude M_2 de la réplique s'écrit, en fonction de la magnitude M_1 du premier séisme :

$$M_2 = M_1 - \log \left(\frac{A_1}{A_2} \right)$$

Application numérique : $M_2 = 4,0$.

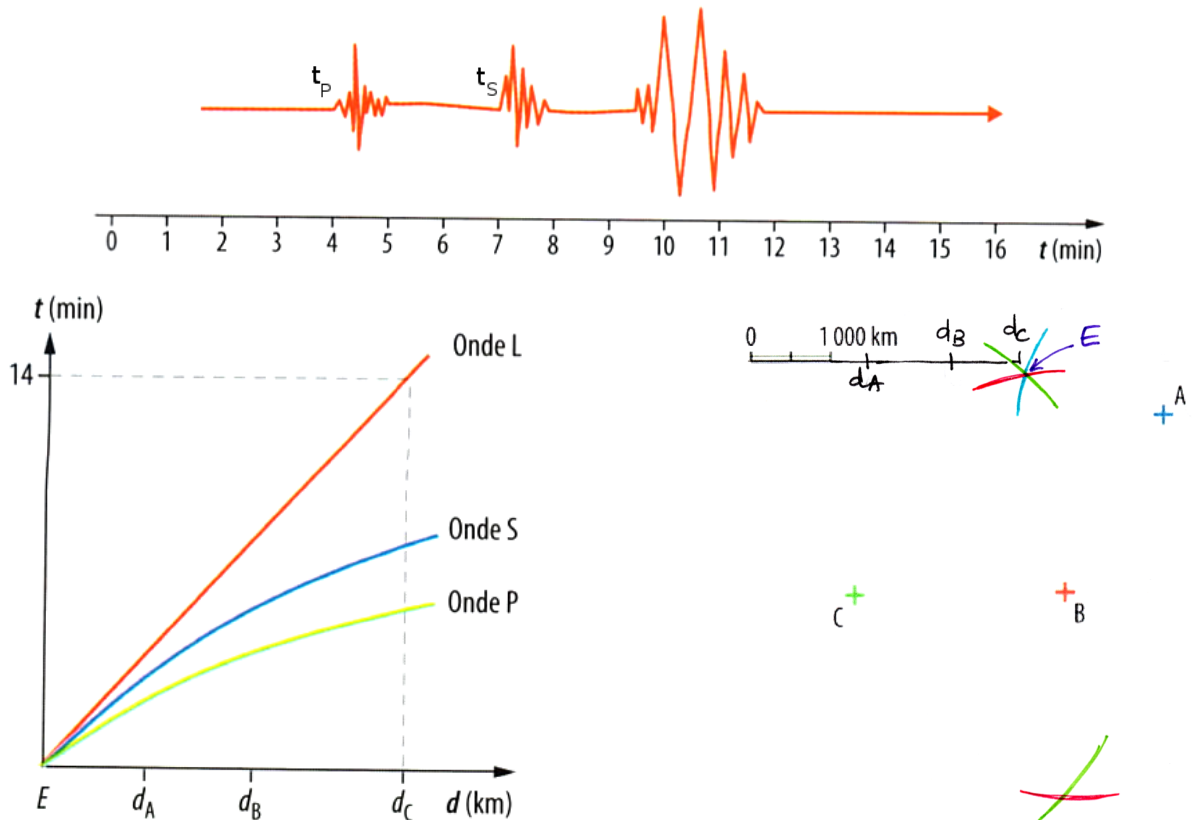


FIGURE 1 – Crédits : Physique chimie Tle S, ABC du BAC, Ed. Nathan

10. Les réponses aux questions a) à c) sont regroupées dans le tableau suivant :

Spectre	Lumière mono- ou polychromatique	Sp. continu ou sp. de raies	Raies d'émission ou d'absorption
1	polychromatique	continu	
2	monochromatique	raie	raie d'émission
3	polychromatique	continu	
4	polychromatique	continu	
5	polychromatique	continu + raie	raie d'émission
6	polychromatique	continu + raies	raies d'émission
7	polychromatique	raies	raies d'émission
8	polychromatique	continu	raies d'absorption
9	polychromatique	continu	raies d'absorption

d) Les réponses précédentes vont nous permettre d'associer à chaque spectre, sa source probable :

Le spectre 1 montre 3 spectres d'émissions (3 courbes juxtaposées), il s'agit donc des 3 diodes électroluminescentes (C) : une rouge, une jaune et une verte. On peut remarquer que le spectre n'est pas monochromatique, mais il est plus étroit que de la lumière blanche et centré sur une longueur d'onde précise.

Le laser (F) émet une lumière monochromatique : spectre 2.

La lampe à vapeur de mercure (D) émet un spectre de raies (d'émission) : spectre 7.

Le tube à décharge "néon" (E) émet à la fois les raies de la vapeur de mercure (dues à la vapeur de mercure excitée par la décharge électrique quand la lampe est allumée) et un spectre continu (dû à la phosphorescence de la poudre déposée sur les parois du tube) : spectre 6.

La lampe à lumière noire et la lampe à bronzer sont des lampes UV : spectres 4 et 5.

La lampe à bronzer (H) est un "tube", c'est-à-dire une lampe à décharge avec matériau phosphorescent (même principe que le tube "néon", mais avec des matériaux différents) : spectre 4. Donc la lampe à lumière noire (G) émet le spectre 5.

Il reste 3 spectres "thermiques", et 3 "sources chaudes". La lampe à incandescence (I) émet un spectre thermique sans raies d'absorption : spectre 3. Les spectres d'étoiles doivent présenter des raies d'absorption dues à leur atmosphère : spectres 8 et 9.

On distingue que l'intensité du spectre 9 atteint un maximum dans le domaine visible, dans le domaine vert-jaune : il s'agit du Soleil (A). En revanche, le spectre 8 ne montre pas de maximum dans le domaine visible, il s'agit d'une étoile bleue dont le maximum d'émission se situe dans l'UV (B).

e) Dans le cas d'un spectre d'émission thermique, on peut déterminer la température de surface de la source grâce à la loi de Wien :

$$T = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\max}}$$

avec T en Kelvin, λ (en m) la longueur d'onde du maximum d'intensité du spectre mesuré, et le facteur de conversion donné dans les unités correspondantes.

Pour le Soleil (spectre 8), on distingue un maximum d'émission dans la plage de couleur verte : $520 \text{ nm} \leq \lambda_{\max} \leq 560 \text{ nm}$. On peut donner un encadrement de la température de surface du Soleil : $5,2 \cdot 10^3 \text{ K} \leq T \leq 5,6 \cdot 10^3 \text{ K}$.

Pour l'étoile bleue (spectre 9), le maximum est hors du domaine visible (il se trouve en fait dans le domaine UV) : $\lambda_{\max} \leq 400 \text{ nm}$. On peut donc donner une borne inférieure de la température de surface de l'étoile : $T \geq 7,2 \cdot 10^3 \text{ K}$. (par ex. la valeur tabulée pour l'étoile Rigel est $T = 1,0 \cdot 10^4 \text{ K}$)

Pour la lampe à incandescence (spectre 3), le maximum se trouve hors du domaine visible (dans l'infrarouge proche) : $\lambda_{\max} \geq 800 \text{ nm}$. On peut donc donner une borne supérieure de la température du filament de l'ampoule : $T \leq 3,6 \cdot 10^3 \text{ K}$ (la température du filament de tungstène d'une ampoule à incandescence classique se situe entre 2500 K et 2700 K — valeurs tabulées).

Références : certains exercices sont issus des ouvrages suivants : *DéfiBAC*, *Physique-Chimie, Tle S* (Ed. Bordas), *ABC du BAC*, *Physique-Chimie spécifique et spécialité* (Ed. Nathan).