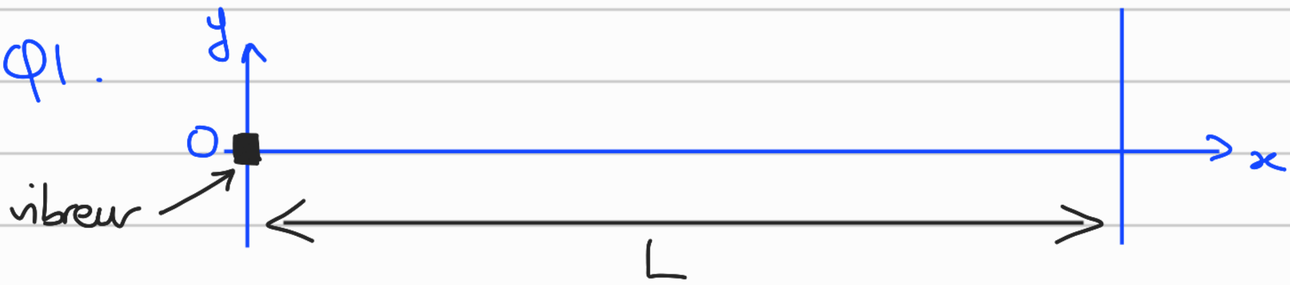
DS 4 - Physique - correction

Exercice 3

Q1.



Q2. $y_s(t) = Y_m \cos(\omega t + \varphi_0)$

D'après les données $y_s(0) = 0$

$\Rightarrow 0 = Y_m \cos \varphi_0 \Rightarrow \varphi_0 = \pm \frac{\pi}{2}$

* à $t=0$ le vibreur a un mouvement ascendant donc $\left.\frac{dy_s}{dt}\right|_{0^+} > 0$

or $\frac{dy_s}{dt} = -\omega Y_m \sin(\omega t + \varphi_0)$

Valeur en 0^+ : $\left.\frac{dy_s}{dt}\right)_{0^+} = -\omega Y_m \sin \varphi_0 > 0$

$\Rightarrow \varphi_0 = -\pi/2$

(ou y_s est croissante $\Rightarrow \varphi_0 = -\pi/2$)

* Vitesse initiale $v_s \Rightarrow \omega Y_m = v_s$

$\Rightarrow Y_m = \frac{v_s}{\omega} = \frac{v_s}{2\pi . f}$

$$\Rightarrow \boxed{y_s(t) = \frac{v_s}{2\pi . f} \cos(\omega t - \pi/2)}$$

amplitude : $\frac{v_s}{2\pi f}$; phase à l'origine : $\varphi_0 = -\pi/2$

Q3 a) * Pour la $1^{ère}$ série d'enregistrements :
On a l'impression que l'onde "recule"
= au bout de T_{st} l'onde a avancé de moins de une période spatiale.
Or l'onde parcourt une période spatiale pendant la durée $T = 1/f$

On a donc $T_{st} < T \Rightarrow \boxed{f_{st} > f}$

* Pour la $2^{ème}$ série d'enregistrements :
On a l'impression que l'onde "avance"
= au bout de T_{st} l'onde a avancé de plus de une période spatiale.
Or l'onde parcourt une période spatiale pendant la durée $T = 1/f$

On a donc $T_{st} > T \Rightarrow \boxed{f_{st} < f}$

b) Troisième série d'enregistrements :
Au bout de la durée T_{st} l'onde a parcouru un nombre entier de longueurs d'onde donc $T_{st} = n \times T$
$\Rightarrow f_{st} = \frac{f}{n}$, avec n entier

Avec $n = 2$ on a $\boxed{f_{st} = \frac{f}{2}}$

Quatrième série d'enregistrements :
Au bout de la durée T_{st} l'onde a parcouru un nombre entier de longueurs d'onde plus $\frac{1}{2}$ longueur d'onde : $T_{st} = \frac{(2n+1)T}{2}$

$\Rightarrow f_{st} = \frac{2}{2n+1} f$ avec n entier.

Avec $n = 0$ $\boxed{f_{st} = 2f}$

Q4.a) Si l'onde est immobile on a $f_{st} = \frac{f}{n}$

La valeur maximale de f_{st} permettant de satisfaire cette condition est $\underline{f_{st} = f}$.

b) $y_n(x,t) = y_s\left(0, t - \frac{x}{c}\right) =$

$$\boxed{y_n(x,t) = \frac{v_s}{2\pi f} \cos\left(\omega\left(t - \frac{x}{c}\right) - \pi/2\right)}$$

ou $y_n(x,t) = -\frac{v_s}{2\pi f} \sin\left(2\pi f\left(t - \frac{x}{c}\right)\right)$

c) Deux points vibrent en quadrature de phase s'ils sont déphasés de $\frac{2\pi}{4} = \pi/2$.

Soit $M_1(x_1)$ et $M_2(x_2)$ en quadrature de phase avec $x_2 > x_1$.

A la date t : $\varphi_2 = 2\pi f t - \frac{2\pi f x_2}{c} - \pi/2$

$$\varphi_1 = 2\pi f t - \frac{2\pi f x_1}{c} - \pi/2$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 2\pi f t - \frac{2\pi f x_1}{c} - \left(2\pi f t - \frac{2\pi f x_2}{c}\right)$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{2\pi f}{c}(x_2 - x_1) = \frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow \boxed{c = 4f(x_2 - x_1)}$$

AN : $c = 4 \cdot 100 \cdot 6{,}25 \cdot 10^{-2} = \underline{25\ m.s^{-1}}$

d) les points qui vibrent quadrature retard avec S vérifient
$\varphi_0 - \varphi_n = 2n\pi + \pi/2$

$$\Rightarrow 2\pi f t - \frac{\pi}{2} - \left(2\pi f\left(t - \frac{x_n}{c}\right) - \pi/2\right) = 2n\pi + \frac{\pi}{2}$$

$$2\pi f \frac{x_n}{c} = 2n\pi + \pi/2$$

$$x_n = \frac{2n + 1/2}{2f} \cdot c$$

$$x_n = \left(n + \frac{1}{4}\right)\lambda .$$

Or $x_n < L$

$$\left(n + \frac{1}{4}\right)\lambda < L \Rightarrow n < \frac{L}{\lambda} - \frac{1}{4}$$

$\lambda = \frac{c}{f}$ AN : $\lambda = 0{,}25$ m

$n_{max} = 3{,}75$

Or n est un entier, il y a donc 3 points de la corde qui vibrent en quadrature retard avec la source.

Q5 . a) le point M_1 est atteint par la perturbation à $t_1 = 0{,}025$ s

$\Rightarrow SM_1 = c.(t_1 - t_0)$

avec t_0 = la date où la vibration était en S, soit $t_0 = 0$

$\Rightarrow SM_1 = 25 . 0{,}025 = 6{,}25 . 10^{-1}$ m

Soit $\underline{x_1 = 62{,}5 \text{ cm}}$.

b) A l'instant t_2 le front est à l'abscisse 75 cm
(à déterminer précisément avec l'échelle)

$$c(t_2 - t_0) = x_n \Rightarrow t_2 = \frac{x_n}{c}$$

AN : $t_2 = \frac{0{,}75}{25} = \underline{0{,}03 \text{ s}}$

c) Un quart de période temporelle plus tard la corde a avancé d'un quart de longueur d'onde.

d) Sur l'enregistrement y(t) on lit
T = 0,01 s

Sur l'enregistrement y(x) on lit
$\lambda = 0{,}25$ m

$\Rightarrow c = \frac{\lambda}{T}$ AN : $c = \frac{0{,}25}{0{,}01} = \underline{25 \text{ ms}^{-1}}$

Exercice 2

Q1. $\psi(S_n, t) = \psi\left(S, t - \frac{d_n}{c_s}\right) = s\left(t - \frac{d_n}{c_s}\right)$

$$\psi'(S, t) = \psi'\left(S_n, t - \frac{d_n}{c_s}\right) = K\psi\left(S_n, t - \frac{d_n}{c_s}\right)$$
$$= K\psi\left(S, \frac{t - 2d_n}{c_s}\right)$$
$$= K\, s\left(t - \frac{2d_n}{c_s}\right)$$

Q2. Pour la composante de pulsation ω :
$s_\omega(t) = S_m \cos(\omega t)$ et $s'(S,t) = K s\left(t - \frac{2d_n}{c}\right)$

$$s'(S,t) = K s_m \cos\left(\underbrace{\omega\left(t - \frac{2d_n}{c_s}\right)}_{\phi'_n(t)}\right)$$

$$\boxed{\phi'_n(t) = \omega\left(t - \frac{2d_n}{c_s}\right)}$$

Q3. $\Delta\phi'_n(t) = \phi'_n(t) - \phi'_{n+1}(t)$
$$= \omega\left(t - \frac{2d_n}{c_s}\right) - \omega\left(t - \frac{2d_{n+1}}{c_s}\right)$$
$$= \frac{2\omega}{c_s}\left(d_{n+1} - d_n\right)$$

Q4. Il y a interférences constructives si

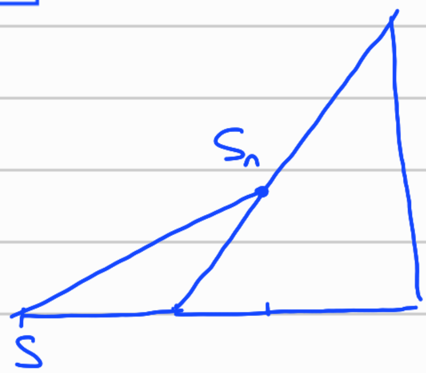
$$\Delta\phi'_n(t) = 2\pi \times m \quad \text{avec} \quad m \text{ entier}$$

$$\Leftrightarrow \frac{2\omega_m}{c_s}(d_{n+1} - d_n) = 2m.\pi$$

$$\boxed{\omega_m = m.\frac{\pi . c_s}{d_{n+1} - d_n}}$$

et $\boxed{\nu_m = m\frac{c_s}{2(d_{n+1} - d_n)}}$

Q5. $d_n^2 = (a+nb)^2 + (nb)^2$



$$\Rightarrow d_{n+1}^2 - d_n^2 = (a+(n+1)b)^2 + (n+1)^2 b^2 - (a+nb)^2 - (nb)^2$$

$$= \cancel{a^2} + 2a(n+1)b + (n+1)^2 b^2 + (n+1)^2 b^2$$

$$- \cancel{a^2} - n^2 b^2 - 2\cancel{a}nb - n^2 b^2$$

$$= 2ab + 2(n+1)^2 b^2 - 2n^2 b^2$$

$$= 2ab + 2b^2 + 4nb^2$$

Soit $(d_{n+1} - d_n)(d_{n+1} + d_n) = 2ab + 2b^2 + 4nb^2$

or $d_{n+1} + d_n \approx 2 d_n$

$$\Longrightarrow \quad d_{n+1} - d_n = \frac{2ab + 2b^2 + 4nb^2}{2d_n}$$

$$\gamma_1 = \frac{c_s}{2(2ab + 2b^2 + 4nb^2)} \cdot 2d_n = \frac{c_s d_n}{2ab + 2b^2 + 4nb^2}$$

$$\gamma_1 = \frac{c_s}{2ab\left(1 + \frac{b}{a} + \frac{2nb}{a}\right)} \cdot d_n$$

$$\gamma_1 = \frac{c_s}{2ab} \times \frac{1}{1 + \frac{b}{a} + \frac{2nb}{a}} \cdot d_n$$

$= g(n)$

$$\boxed{g(n) = \frac{1}{1 + \frac{b}{a} + \frac{2nb}{a}}}$$

Q6. En exploitant la figure 5 on lit d_n maximale pour une valeur de 50 m.

Et avec Pythagore $d_1 = \sqrt{(a+b)^2 + b^2}$

AN : $d_1 = \sqrt{20{,}263^2 + 0{,}263^2} = 20$ m

$$t_1 = \frac{2d_1}{c_s} \qquad AN: \; t_1 = \frac{2.20}{340} = 0{,}12 \text{ s}.$$

$$t_N = \frac{2d_N}{c_s} \qquad AN: \; t_N = \frac{2.50}{340} = 0{,}29 \text{ s}$$

L'écho a donc une durée $\tau = t_N - t_1$

AN : $\tau = 0{,}29 - 0{,}12 = \underline{0{,}17 \text{ s}}$

Q7. Au début de l'écho on entend le

$$\nu_1(t_1) = \frac{c_s}{2ab} g(1) \cdot d_1$$

on lit $g(1) d_1 = 19{,}5$

d'où $\nu_1 = \frac{340}{2.20.0{,}263} \cdot 19{,}5 = \underline{630 \text{ Hz}}$

A la fin de l'écho, on entend le

$\nu_1(t_N) = \frac{c_s}{2ab} g(N) d_N$ avec $N = 91$ (valeur maximale de n)

Sur le graphique, on lit $g(N)\,d_N = 14{,}7$ m.

D'où $\nu_1(t_N) = \frac{340}{2 \cdot 20 \cdot 0{,}263} \times 14{,}7 = \underline{475\ Hz}$.

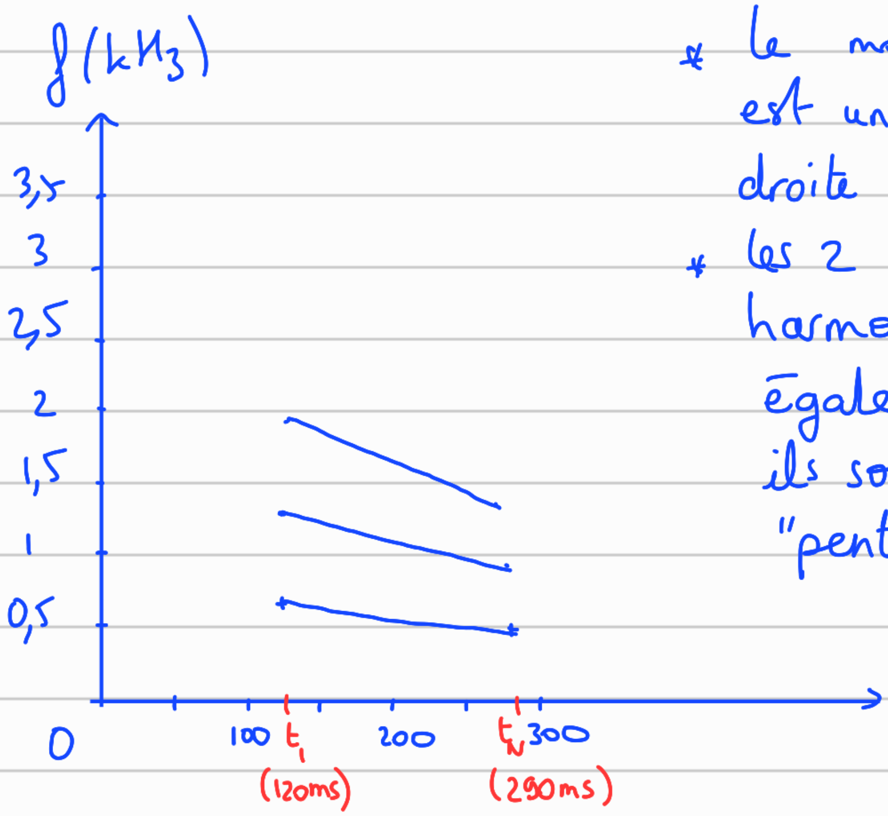
Q8. Le chant du quetzal dure approximativement $\delta t = 210 - 60 = 150$ ms

A $t = 140$ ms on lit $f_{q1} \approx 600\ Hz$

$f_{q2} \simeq 1200\ Hz$

$f_{q3} \simeq 1800\ Hz$

Q9



* le mode fondamental est un segment de droite décroissante
* les 2 premiers harmoniques également, et ils sont plus "pentus".

Q10. On retrouve des fréquences du même ordre de grandeur et avec des sonogrammes

de même allure ⇒ grande ressemblance,
mais c'est difficile de conclure car
d'un oiseau à un autre ou d'un jour
à l'autre il peut y avoir des différences