

26 janvier 2015

I Rêverie au bord de l'eau

Parti à la montagne une après-midi d'automne, je m'assois au bord d'un lac. Le temps est orageux, la pression de l'air donne à la surface de l'eau un aspect parfaitement lisse. Avec mon pied, je frappe périodiquement la surface de l'eau au rythme de **trois coups par seconde**. Des fronts d'ondes se propagent ... Je remarque que deux fronts d'ondes successifs sont **séparés de 40 cm**.

On considère un premier coup dans l'eau donné à la date $t = 0$ s. Le premier front d'onde commence donc sa propagation depuis le pied (assimilé à une source ponctuelle) à cette date $t = 0$ s.

- 1) Caractériser l'onde produite à l'aide de **5 qualificatifs**.

Onde mécanique progressive périodique circulaire transversale à 2 dimensions (ça fait 6...)

- 2) Déterminer la fréquence et la période de l'onde périodique ainsi produite.

« 3 coups par secondes » : par seconde ! s^{-1} ! c'est des Hz ! $f = 3$ Hz. $T = 1/f = 0,33$ Hz

- 3) Déterminer la célérité de l'onde.

$v = \lambda f$ et nous avons compris que les 40 cm représentent λ : $v = 0,40 \times 3 = 1,2$ m

- 4) Un morceau de bois flotte à 12 m de mon pied. A quelle date sera-t-il atteint par le 4^{ème} front d'onde ?

Il faut additionner la date à laquelle le 4^{ème} front est produit à la source et la durée qu'il met pour se propager sur 12 m à la célérité v . Mais attention, si le premier front d'onde est produit à la date 0, le quatrième est produit à la date $3T$. Résultat : $3T + 12/1,2 = 1 + 10 = 11$ s

- 5) Représenter schématiquement, **vue de dessus**, la surface de l'eau à la date $5T$. *L'échelle est libre mais doit être impérativement indiquée ; sur le schéma devra aussi figurer une indication permettant de lire la valeur de la longueur d'onde λ .*

Un point et 5 demi-cercles centrés sur ce point (pas des cercles entiers, on n'est pas au milieu du lac...)

- 6) Etant donnée la forme des fronts d'onde, l'amplitude décroît assez rapidement selon l'hypothèse suivante : *l'amplitude est divisée par deux lorsque la distance par rapport à la source est multipliée par deux*. Après 1 m de propagation depuis la source, l'amplitude de l'onde vaut encore 20 cm. Après quelle distance de propagation l'amplitude de l'onde ne sera-t-elle plus que de 3 cm ?

Appelons l'amplitude A . Si A est divisé par 2 quand la distance est multipliée par 2, le produit des deux est constant et vaut, lorsque $d = 1$ m et $A = 20$ cm, $1 \times 20 = 20$.

Donc si $A = 3$ cm, $d \times 3 = 20$, soit $d = 6,7$ m.

- 7) Proposer une justification de l'hypothèse en italique présentée à la question 6)

L'énergie fournie est supposée constante et c'est l'amplitude qui la représente. Cette amplitude s'étale sur une ligne de plus en plus longue de valeur πd (demi-circonférence du cercle de rayon d). La zone d'amplitude est proportionnelle à d et l'énergie qu'elle transporte est constante. L'amplitude sur cette zone doit être proportionnelle à $1/d$.

II – Pendant le match

1) Au cours d'une mêlée, Alexis se trouve à 1 m de l'arbitre qui crie : « JEU ! » Alexis reçoit le son de la voix de l'arbitre avec un niveau sonore $L_1 = 80$ dB.

Plus tard au cours de la partie, l'arbitre crie « SEPT! NON ! » en produisant un son de même puissance. Alexis, qui se trouve alors à 16 m de l'arbitre, s'en va percuter quand même et prétend ne pas avoir entendu... A-t-il menti ?

Données :

- La puissance sonore délivrée par l'arbitre est toujours la même quel que soit le son qu'il produit.
- L'intensité sonore reçue est divisée par 4 chaque fois que la distance par rapport à la source sonore (l'arbitre) est multipliée par 2.
- A la fréquence sonore, supposée constante, produite par l'arbitre, le niveau sonore en dessous duquel une oreille humaine ne percevra plus de son est égal à $L_{min} = 30$ dB.
- L'intensité de référence $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12}$ W.m⁻².
- Célérité du son dans l'air : $v = 340$ m.s⁻¹.

2) Caractériser à l'aide de 4 adjectifs l'onde sonore produite par l'arbitre.

Onde mécanique progressive périodique longitudinale 3 dimensions sphérique.

3) Définir une onde longitudinale.

La direction de la perturbation (du milieu de propagation) est parallèle à la direction de propagation de l'onde.

4) La fréquence des sons émis est considérée comme constante et égale à 300 Hz.

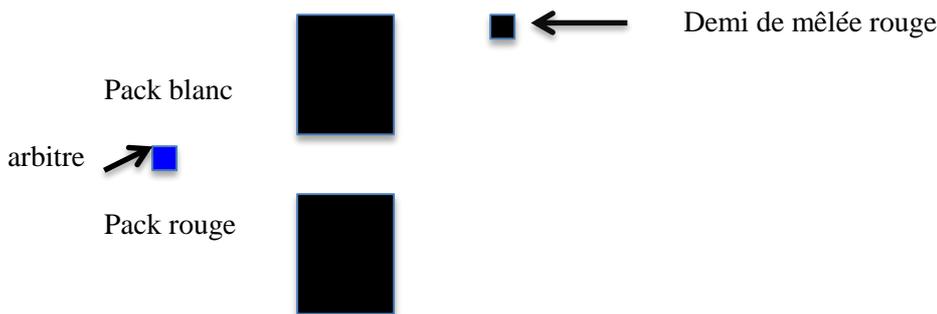
Que vaut la longueur d'onde correspondante ?

$$\lambda = v/f = 340/300 = 1,13 \text{ m}$$

5) L'arbitre penché devant une mêlée crie : « NEUF ROUGE ! », mais le demi de mêlée rouge plonge quand même dans le ballon au milieu des crampons de la troisième ligne adverse, il prétend ne pas avoir entendu. L'arbitre, habitué aux demis de mêlée, a préparé son argument :

« j'ai crié devant la mêlée et le son a été diffracté en passant entre les deux packs séparés d'environ 1m (au niveau des pieds), vous avez très bien entendu, monsieur, ce sera dix minutes dehors ! »

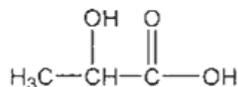
En reproduisant et en **complétant rigoureusement** le schéma qui suit, expliquer pourquoi l'arbitre a raison.



Dessin cohérent avec un ensemble de fronts d'ondes partant de l'ouverture (la mêlée), de forme à peu près circulaire et surtout (exigé) séparés par une longueur d'onde inchangée par rapport à celle de l'onde incidente (qui doit donc aussi être représentée pour que la réponse soit complète)

III – Acides et bases

La formule semi-développée de la molécule d'acide lactique est représentée ci-dessous :



Cet acide, qui pourra être noté AH par la suite est utilisé comme détartreur biodégradable.

Réaction de l'acide lactique avec l'eau .

Le détartreur à base d'acide lactique est conditionné sous forme liquide dans un petit flacon. La notice d'utilisation indique qu'il faut verser la totalité de son contenu dans le réservoir de la cafetière et qu'il faut ajouter de l'eau. On prépare ainsi un volume $V = 0,60 \text{ L}$ d'une solution aqueuse S_1 d'acide lactique de concentration molaire

en soluté apporté $c_A = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$. Après agitation, la valeur du pH mesuré est 1,9.

Donnée : pK_A à 25°C du couple acide lactique / ion lactate = 3,9

1) On note AH la molécule d'acide lactique. Écrire l'équation de la réaction de l'acide lactique avec l'eau.



2)

2.1. Calculer l'avancement final x_f

$$x_f/V = 10^{-\text{pH}}, \text{ donc } x_f = 10^{-\text{pH}} \times 0,60$$

2.2. Calculer l'avancement maximal x_{max} .

$$x_{\text{max}} = c_A \times V$$

2.3. Cette réaction est-elle totale ? Justifier.

Elle est limitée puisque $x_f < x_{\text{max}}$

3) 3.1. Donner l'expression de la constante d'acidité K_A du couple acide lactique / ion lactate.

$$K_A = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH]} \quad (\text{« \acute{e}q » conseillé en indice de chaque expression entre crochets})$$

3.2. À partir de l'expression de K_A , calculer le rapport $\frac{[A^-]_{\acute{e}q}}{[AH]_{\acute{e}q}}$

$$\frac{[A^-]_{\acute{e}q}}{[AH]_{\acute{e}q}} = \frac{K_A}{[H_3O^+]} = \frac{K_A}{10^{-pH}} = 10^{-2}$$

3.3. En déduire l'espèce qui prédomine dans la solution de détartrant. $AH_{(aq)}$

Mélange d'acide lactique et d'ammoniaque

L'ammoniac est la base du couple NH_4^+/NH_3 , $pK_{A2} = 9,2$

4) La solution aqueuse d'ammoniac est notée ammoniaque, nous considérons ici de l'ammoniaque ($NH_{3(aq)}$) de concentration $c_B = 2,0 \text{ mol.L}^{-1}$. En choisissant parmi les encadrements suivants et en justifiant votre réponse à l'aide d'un diagramme de prédominance, proposer une valeur approximative du pH de cette solution :

$$4 < \text{pH} < 6 ? \quad 7 < \text{pH} < 9 ? \quad 9,5 < \text{pH} < 11,5 ?$$

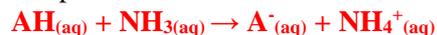
Puisque l'on se trouve dans une solution de $NH_{3(aq)}$ et que la valeur de pK_{A2} indique un couple acide /base faible, on doit supposer que NH_3 est l'espèce prédominante : $\text{pH} > 9,2 \dots$ choix de droite...

5) 275 mL d'ammoniaque (de concentration $c_B = 2,0 \text{ mol.L}^{-1}$) sont ajoutés à la solution précédente (solution d'acide lactique S_1) et le pH du mélange obtenu vaut : $\text{pH} = 4,9$.

a) Quelles espèces chimiques sont alors effectivement présentes dans le mélange ?

En travaillant sur un domaine de prédominance le $\text{pH} = 4,9$ correspond aux prédominances (donc présences) de NH_4^+ et de A^- .

b) Quelle réaction a permis leur formation ?



c) Justifier que cette réaction est totale.

On exprime sa constante d'équilibre K et on doit s'apercevoir qu'elle vaut $K_{A1} / K_{A2} = 10^{+5,3}$. K est très grande, la réaction peut être considérée comme totale.

Bonus : justifier la valeur du pH du mélange.