

## DM5 : Ondes et molécules – corrigé

### Exercice 1 : ÉCOUTE MUSICALE

1. On prend en compte le retard dû à la propagation des ondes, on obtient

$$p(r, t) = p(0, t - r/c) = p_0 \cos\left(\omega t - \frac{\omega}{c}r\right) \quad (1)$$

2.

- (a) L'onde résultante est la somme de l'onde incidente et de l'onde réfléchie, donc  $p_r(M, t) = p(r_1, t) + p(r_2, t)$  soit (en notant  $k = \frac{\omega}{c}$ ) :

$$p_r(M, t) = p_0 \cos(\omega t - kr_1) + p_0 \cos(\omega t - kr_2) \quad (2)$$

$$= 2p_0 \underbrace{\cos\left(\omega t - \frac{k}{2}(r_1 + r_2)\right)}_{g(t, r_1 + r_2)} \underbrace{\cos\left(\frac{k}{2}(r_2 - r_1)\right)}_{h(r_2 - r_1)} \quad (3)$$

- (b) La fonction  $g$  produit les oscillations au cours du temps dont l'amplitude est modulée par la fonction  $h$  qui dépend de la position.

- L'amplitude résultante est nulle lorsque  $h = 0$ , c'est-à-dire pour  $\frac{k}{2}(r_2 - r_1) = \frac{\pi}{2} + n\pi$  avec  $n \in \mathbb{Z}$ .  
Comme  $\lambda = \frac{2\pi}{k}$ , on obtient une amplitude nulle (interférences destructives) lorsque :

$$r_2 - r_1 = \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad \text{avec } n \in \mathbb{Z} \quad (4)$$

- L'amplitude résultante est maximale lorsque  $|h| = 1$ , c'est-à-dire pour  $\frac{k}{2}(r_2 - r_1) = n\pi$  avec  $n \in \mathbb{Z}$ . On obtient alors une amplitude maximale (interférences constructives) lorsque :

$$r_2 - r_1 = n\lambda \quad \text{avec } n \in \mathbb{Z} \quad (5)$$

3. Dans le cas présent, l'onde directe parcourt une distance  $r_1 = L - D$ , où  $L$  est la distance entre l'enceinte et le mur. L'onde réfléchie parcourt une distance  $r_2 = L + D$ . On a alors  $r_2 - r_1 = 2D$  .
4. Il y a risque d'atténuation de l'amplitude de l'onde reçue lorsque les ondes incidente et réfléchie interfèrent destructivement, c'est-à-dire pour  $2D = (n + 1/2)\lambda$ , soit  $\lambda = \frac{4D}{2n+1}$ . Comme  $f = c/\lambda$ , on obtient des interférences destructives pour :

$$f_p = \frac{(2p+1)c}{4D} \quad \text{avec } p \in \mathbb{N} \quad (6)$$

5. Le domaine audible correspond aux fréquences comprises entre 20 Hz et 20 kHz. On voit que les fréquences  $f_p$  peuvent être arbitrairement grandes, mais il existe une fréquence  $f_p$  minimale (pour  $p = 0$ ). Si cette fréquence minimale  $f_0$  se trouve dans les ultrasons, alors toutes les fréquences  $f_p$  y seront. La condition recherchée est donc

$$f_0 > 20 \text{ kHz} \Leftrightarrow D < \frac{c}{4 \times 20 \text{ kHz}} \Leftrightarrow D < 4,3 \text{ mm} \quad (7)$$

Cette condition n'est pas réalisable en pratique, il faudrait avoir les deux oreilles collées contre le mur.

6. En pratique, en éloignant l'auditeur du mur, on diminue l'amplitude de l'onde réfléchie (elle parcourt une distance plus grande) et on réduit l'effet des interférences. On peut aussi mettre un revêtement sur le mur qui absorbe l'onde sonore incidente, réduisant ainsi également l'amplitude de l'onde réfléchie.

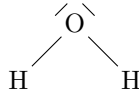
## Exercice 2 : MOLÉCULES ET SOLVANTS

### I – Les halogènes

- La configuration électronique du fluor dans son état fondamental est  $[F] = 1s^2 2s^2 2p^5$ .
- La couche électronique la plus élevée est la couche  $n = 2$ , donc le fluor se trouve sur la 2<sup>e</sup> ligne. Il est également dans la 5<sup>e</sup> colonne du bloc  $p$ , c'est à dire la 17<sup>e</sup> colonne du tableau.
- Les électrons de valences du fluor sont ceux de ses sous-couches  $2s$  et  $2p$ . Il a donc 7 électrons de valence. Les halogènes étant dans une même colonne, ils ont tous 7 électrons de valence. Le brome se trouve dans la 4<sup>e</sup> ligne du tableau, sa configuration électronique est donc  $[Br] = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1 4p^5$ . Ses électrons de valence sont ceux des sous-couches  $4s$  et  $4p$ . Le numéro atomique du brome est  $Z(Br) = 35$ .
- Ces ions sont les plus fréquents car lorsque les halogènes captent un électron supplémentaire, ils acquièrent la configuration électronique d'un gaz noble.
- La polarisabilité caractérise la capacité d'une entité chimique à se polariser sous l'action d'un champ électrique extérieur. Plus les électrons d'un atome sont nombreux et éloignés du noyau, plus l'atome est polarisable. C'est pour cette raison que la polarisabilité des ions halogénure augmente lorsque le numéro atomique augmente.

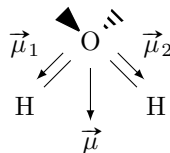
### II – La molécule d'eau

6. La structure de Lewis d'une molécule d'eau est :



7. La molécule d'eau est telle que l'angle  $\widehat{HOH} = \alpha = 104,5^\circ$  et son moment dipolaire vaut  $\mu = 1,86 \text{ D}$ .

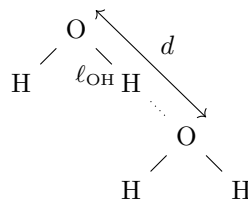
- (a) La molécule d'eau est coudée car les doublets non liants *repoussent* les doublets liants. Les 4 doublets de l'oxygène (liants et non liants) ont une structure tétraédrique. On peut la représenter de cette manière suivante :



- (b) Voir question précédente pour le schéma. L'oxygène étant plus électronégatif que l'hydrogène, les moments dipolaires sont dirigés de l'hydrogène vers l'oxygène.

- (c) On a  $\|\vec{\mu}_1\| = \|\vec{\mu}_2\| = \mu \cos(\alpha/2) = 1,39 \text{ D}$

8. Schéma :



La longueur de la liaison hydrogène est  $\ell = d - \ell_{OH} = 180 \text{ pm}$

9. On a  $\mathcal{D}_{O-H} \ll \mathcal{D}_{OH}$ , donc la liaison qui se rompt lorsque la glace se sublime est la liaison hydrogène. Dans la glace, chaque molécule d'eau forme deux liaisons hydrogène. Donc pour sublimer une mole de glace, il faut briser deux moles de liaisons hydrogène et donc il faut une énergie  $\mathcal{D}_{sub} = 2\mathcal{D}_{O-H} = 50 \text{ kJ mol}^{-1}$