

## DM5 : Ondes et molécules

*Le travail en groupe est fortement encouragé, vous pouvez rendre une copie par groupe de 3. Attention, tous les membres du groupe doivent avoir fait tout le DM ! Il ne s'agit pas de partager le travail.*

### Exercice 1 : LE SONAR

La qualité de l'écoute musicale que l'on obtient avec une chaîne hi-fi dépend de la manière dont les enceintes sont disposées par rapport à l'auditeur. On dit qu'il faut absolument éviter la configuration représentée sur la figure ci-dessous : présence d'un mur à distance  $D$ , trop courte derrière l'auditeur.

Comme représenté sur la figure, l'onde issue de l'enceinte se réfléchit sur le mur. La réflexion sur le mur ne s'accompagne d'aucun déphasage pour la surpression acoustique, grandeur à laquelle l'oreille est sensible.

On note  $c = 3,4 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$  la célérité du son dans l'air.



- Une source sonore vibre à une pulsation  $\omega$  en imposant une surpression à son voisinage  $p_s(t) = p_0 \cos(\omega t)$ . On néglige l'atténuation de l'onde. En déduire la forme de l'onde après avoir parcouru une distance  $r$ , notée  $p(r, t)$ . On veillera à ne faire apparaître que des paramètres définis dans l'énoncé.
- On se place en un point  $M$  atteint par deux ondes issues de la source sonore (onde directe et onde réfléchie), mais ayant parcouru des distances  $r_1$  et  $r_2$  différentes.
  - Montrer que l'onde résultante peut se mettre sous la forme :

$$p_r(M, t) = 2p_0 \times h(r_2 - r_1) \times g(t, r_1 + r_2) \quad (1)$$

où  $h$  et  $g$  sont des fonctions à expliciter.

- En déduire qu'il existe des endroits où l'amplitude sonore résultante est nulle et d'autres où elle est maximale. Exprimer les différentes conditions en fonction de  $r_1$ ,  $r_2$  et de la longueur d'onde  $\lambda$ , après avoir explicité cette dernière en fonction des données de l'énoncé. Comment qualifie-t-on les interférences dans chaque cas ?
- Dans le cas décrit au début de l'énoncé, que vaut  $r_2 - r_1$  ?
  - Expliquer pourquoi il y a un risque d'atténuation de l'amplitude de l'onde pour certaines fréquences  $f_p$ . Exprimer ces fréquences en fonction d'un entier  $p$ , de  $c$  et de  $D$ .
  - Quelles fréquences correspondent au domaine de l'audible ? Quelle condition devrait vérifier  $D$  pour qu'aucune de ces fréquences  $f_p$  ne soit dans ce domaine ? Est-elle réalisable ?
  - Expliquer qualitativement pourquoi, en pratique, on évite l'effet nuisible en éloignant l'auditeur du mur.

### Exercice 2 : MOLÉCULES ET SOLVANTS

#### I – Les halogènes

- Écrire la configuration électronique d'un atome de fluor dans son état fondamental.
- À partir de la configuration électronique du fluor, déterminer la position (période et numéro de colonne) du fluor dans la classification périodique des éléments.
- Les éléments de cette colonne sont appelés halogènes. Il s'agit, dans l'ordre croissant de numéro atomique, du fluor (F), du chlore (Cl), du brome (Br) et de l'iode (I).  
Combien ces éléments ont-ils d'électrons de valence ? Écrire la configuration électronique du brome et identifier ces électrons de valence. Quel est le numéro atomique du brome ?

4. Les ions les plus courants des halogènes sont les ions halogénure, de formule  $X^-$ . Expliquer pourquoi ces ions sont rencontrés couramment.
5. Rappeler la signification de la polarisabilité et justifier qualitativement l'évolution de la polarisabilité des ions halogénure.

## II – La molécule d'eau

6. Rappeler la structure de Lewis d'une molécule d'eau.
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) Proposer une explication au caractère coudé de la molécule et dessiner la molécule d'eau dans le plan de la feuille.
  - (b) Représenter sur le schéma ci-avant les moments dipolaires  $\vec{\mu}_1$  et  $\vec{\mu}_2$  de chacune des liaisons O–H ainsi que le moment dipolaire total  $\vec{\mu}$ .
  - (c) En déduire les normes  $\|\vec{\mu}_1\|$  et  $\|\vec{\mu}_2\|$  des moments dipolaires des deux liaisons O–H en fonction de  $\mu$  et  $\alpha$ . Faire les applications numériques (valeurs à donner en debye).
8. Schématiser deux molécules d'eau liées par liaison hydrogène dans la glace (la liaison hydrogène est alignée avec la liaison covalente correspondante). La distance entre deux atomes d'oxygène dans la glace est de  $d = 276 \text{ pm}$ . En déduire la longueur  $\ell$  de la liaison hydrogène.
9. Comparer l'énergie  $\mathcal{D}_{\text{O-H}}$  de la liaison hydrogène dans l'eau avec l'énergie  $\mathcal{D}_{\text{OH}}$  de la liaison covalente O–H. Quelle est la liaison qui se rompt lorsque la glace se sublime ? Déterminer une estimation de l'énergie nécessaire  $\mathcal{D}_{\text{sub}}$  pour sublimer une mole de glace.

Données :

— Numéros atomiques et électronégativités de Pauling

	H	B	C	N	O	F	Cl
$Z$	1	5	6	7	8	9	17
$\chi_P$	2,20	2,04	2,55	3,04	3,44	3,98	3,16

— Longueur de la liaison covalente O–H :  $\ell_{\text{OH}} = 96 \text{ pm}$

— Rayons de Van der Waals :

Atome X	F	Cl	Br	I
$r_X(\text{pm})$	155	180	190	198

— Polarizabilité des halogénures :

Ion	$\text{F}^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Br}^-$	$\text{I}^-$
Polarisabilité $\beta$ ( $10^{-30} \text{ m}^3$ )	13	46	60	89

— Énergie de la liaison covalente O–H dans l'eau :  $\mathcal{D}_{\text{OH}} \approx 459 \text{ kJ mol}^{-1}$

— Énergie de la liaison Hydrogène O...H dans l'eau :  $\mathcal{D}_{\text{O-H}} \approx 25 \text{ kJ mol}^{-1}$