

LES ONDES STATIONNAIRES SONORE DANS UN TUYAU



OBJECTIFS

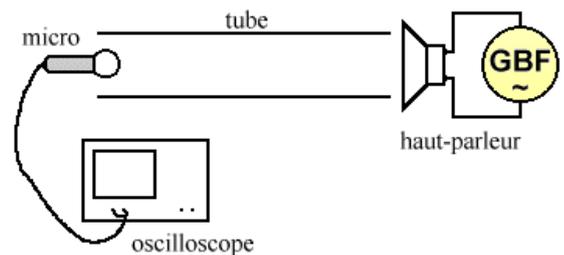
- ✓ Observer la formation d'ondes stationnaires dans un tuyau
- ✓ Observer les différents modes propres
- ✓ Connaître la relation qui existe entre les fréquences des harmoniques et celle du mode fondamental
- ✓ Mesurer la vitesse du son dans l'air
- ✓ Comprendre les différentes conditions aux limites ; nœuds ou ventres ?

MATERIEL

- ✓ Haut-parleur, GBF
- ✓ Tube et guide
- ✓ Microphone + EuroSmart + LatisPro

1. PRINCIPE

Le tube dit de Kundt est constitué d'un tube rigide dont une extrémité est fermée par un haut-parleur. L'autre extrémité peut être **fermée ou non** et permet le passage d'une tige équipée d'un micro pour mesurer la pression acoustique à l'intérieur du tube. L'onde sonore est générée par un GBF relié au haut-parleur. Le GBF délivre un signal sinusoïdal. Le micro est relié à un oscilloscope. On veille en rectifiant l'amplitude du signal délivré par le GBF à ce que le signal mesuré reste sinusoïdal et ne présente pas de distorsion.



2. QUESTIONS PRELIMINAIRES

1)  Justifier l'apparition d'ondes stationnaires dans le tube.

2)  En utilisant le complément de cours du paragraphe 6, donner les longueurs d'onde λ_n et les fréquences f_n pour les différents modes propres dans les cas suivants : (extrémité fermée–extrémité ouverte) et (extrémité fermée–extrémité fermée) puis justifier la différence entre ces deux situations.

3. ETUDE DES DIFFERENTS MODES, TUYAU FERME AUX DEUX EXTREMITES

1)  Mesurer la longueur utile du tube.

2)  En prenant $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$, calculer la fréquence du mode fondamental attendue. Ajuster la fréquence du GBF pour obtenir ce 1er mode

3)  En proposant un protocole expérimental, mesurer avec le plus de précision possible les fréquences des 5 modes suivants.

 Tracer la courbe $f(n)$ (fréquence-mode n) et en déduire la vitesse de propagation de l'onde sonore dans le tube.

4. ETUDE DU MODE 2, TUYAU FERME AUX DEUX EXTREMITES



1) Déplacer le microphone pour déterminer la position et les amplitudes des noeuds et des ventres.



Dessiner schématiquement la variation de l'amplitude de la pression acoustique dans le tuyau.



2) Déterminer la distance entre deux noeuds et en déduire la vitesse de propagation des ondes dans l'air.

5. ETUDE DU MODE 3, TUYAU FERME AUX DEUX EXTREMITES



1) Déplacer le microphone pour déterminer la position et les amplitudes des noeuds et des ventres.



Dessiner schématiquement la variation de l'amplitude de la pression acoustique dans le tuyau.



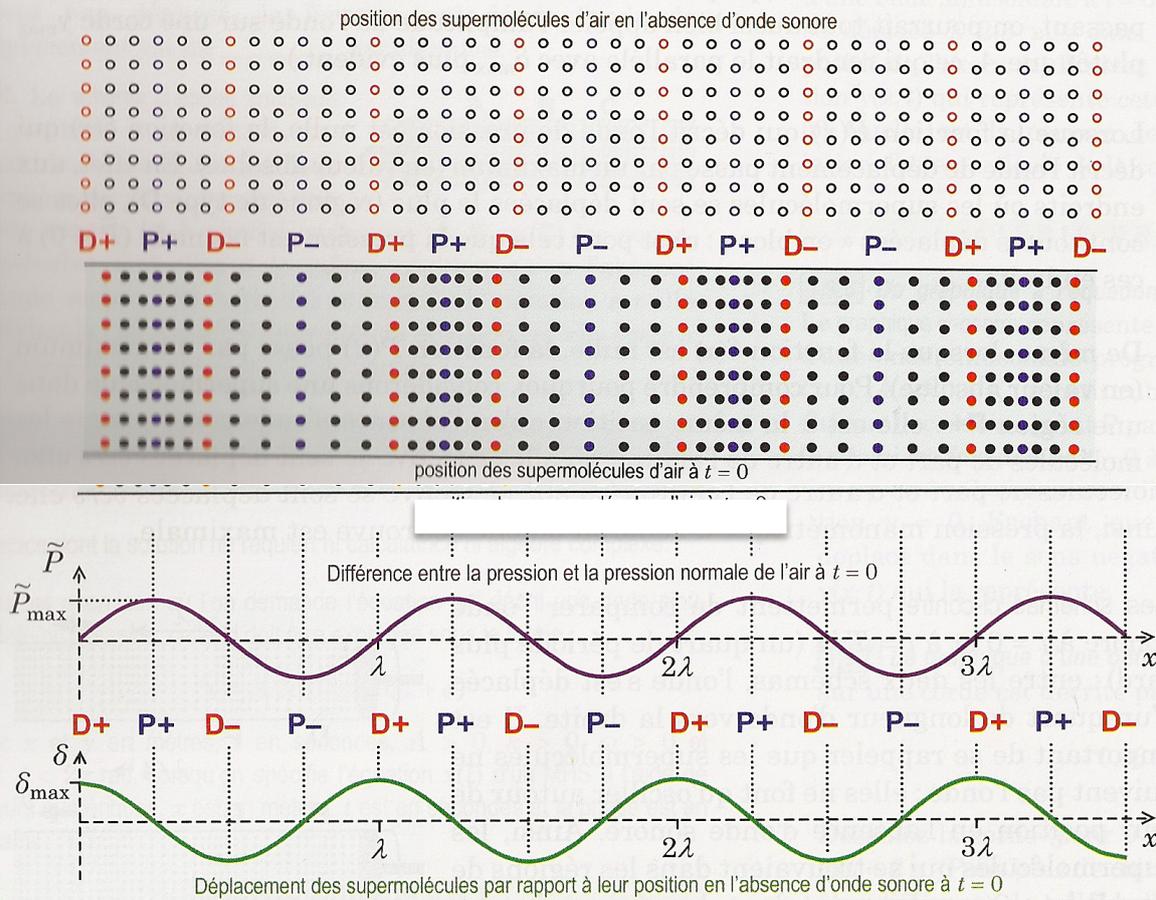
2) Déterminer la distance entre deux noeuds et en déduire la vitesse de propagation des ondes dans l'air. Conclusion vis-à-vis du cas précédent.

6. TUBE OUVERT A L'UNE DES EXTREMITES

Si vous avez le temps reprendre l'étude précédente en ouvrant l'extrémité du tube par où rentre le micro.

7. COMPLEMENT SUR LES ONDES SONORES DANS LES TUYAUX

Sur le schéma ci-dessous, chaque petit rond représente une « supermolécule », c'est-à-dire plusieurs milliards de molécules d'air. (En réalité, les molécules d'air se déplacent dans tous les sens en raison de leur agitation thermique ; toutefois, si l'on considère la position moyenne d'un grand nombre de molécules, on n'a pas besoin de tenir compte de ce phénomène.) La partie supérieure du schéma représente la position des supermolécules en l'absence d'onde sonore. Vient ensuite une représentation de l'air en présence d'une onde sonore sinusoïdale progressive : nous avons indiqué la position des supermolécules à un certain instant « $t = 0$ ». La partie inférieure du schéma décrit l'onde sonore de deux manières : à partir de la différence \tilde{P} entre la pression de l'air en présence et en l'absence d'onde sonore (graphique du haut), et à partir du déplacement δ (la lettre grecque delta minuscule) des supermolécules par rapport à leur position en l'absence d'onde sonore (graphique du bas).

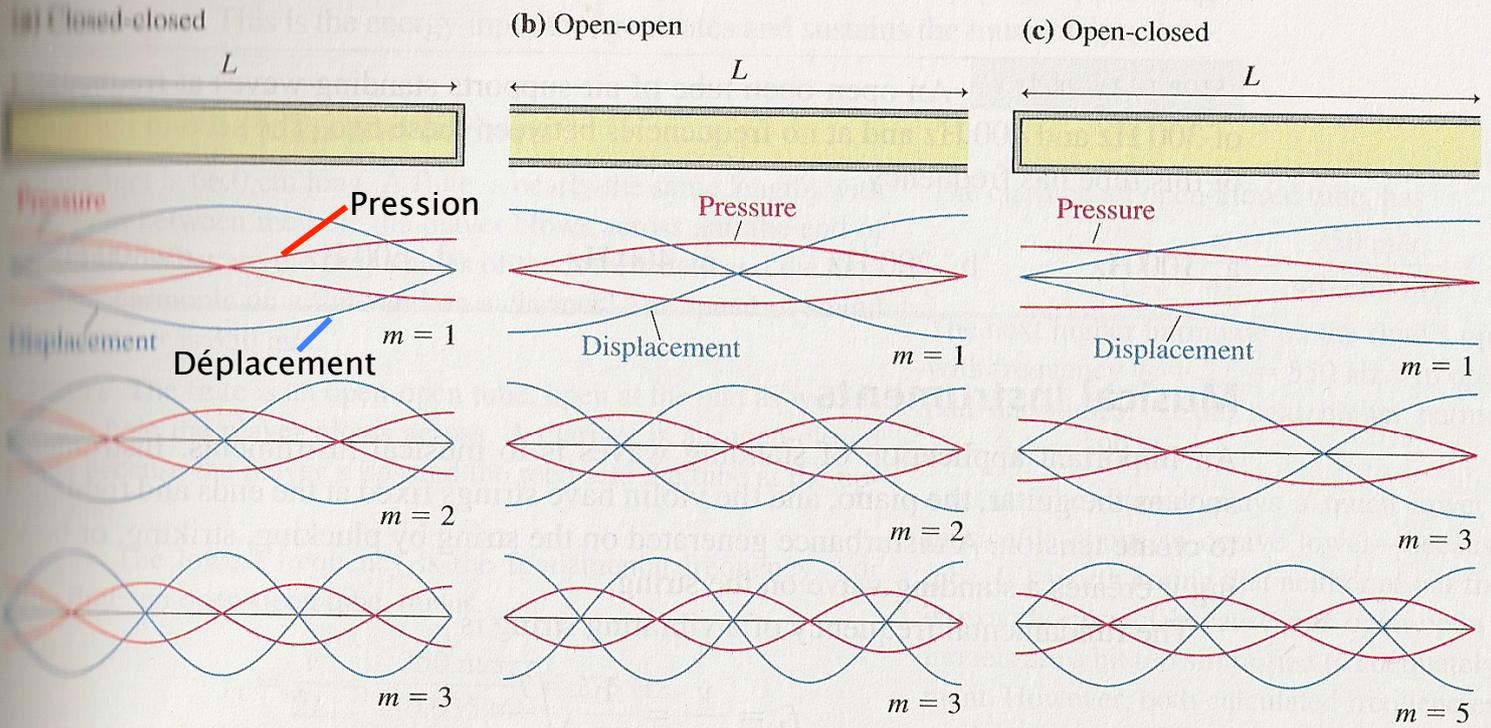


Dans ce qui suit, nous allons prendre pour exemple une onde voyageant dans l'air, mais la description s'applique à toute onde sonore, peu importe le milieu de propagation.

Dans les régions identifiées par **P+**, les supermolécules sont plus rapprochées les unes des autres qu'en l'absence d'onde sonore : la pression est plus élevée que la pression atmosphérique normale. Dans les régions identifiées par **P-**, les supermolécules sont plus éloignées les unes des autres qu'en l'absence d'onde sonore : la pression est plus faible que la pression atmosphérique normale.

Dans les régions identifiées par **D+**, les supermolécules sont décalées dans le sens positif de l'axe x (vers la droite) par rapport à leur position non perturbée : le déplacement δ est positif. Dans les régions identifiées par **D-**, les supermolécules sont décalées dans le sens négatif de l'axe x (vers la gauche) : δ est négatif. Dans les régions identifiées par **P+** ou **P-**, les supermolécules sont au même endroit que s'il n'y avait pas d'onde sonore : $\delta = 0$.

FIGURE 21.18 The first three standing sound wave modes in columns of air with different boundary conditions.



Sur le schéma ci-dessus, l'évolution de la pression est donnée par rapport à la pression d'équilibre (celle de l'atmosphère en générale).