

Version professeur

Physique-chimie – Première Bac Pro ERA–MA (groupement 3)**Cours et applications****Chapitre 10****Propagation d'un signal sonore**

Édition : 27 septembre 2026 – Naïm Azzouz

Rappel de cours — Avant de commencer

Pression et force (chapitre 7) ; fréquence, période, puissances de dix ; lecture d'un graphique.

Repères et ordre de travail

Les codes désignent les capacités du chapitre, pas des codes officiels.

Capacité et intitulé complet	Partie du cours	Page
C1 — Caractériser un signal sonore et son milieu de propagation	1. Un signal qui a besoin de matière	2 él. 2
C2 — Déterminer célérité, période et longueur d'onde	2. Mesurer une célérité	2 él. 2
C2 — Déterminer célérité, période et longueur d'onde	3. Période, fréquence et longueur d'onde	3 él. 3
C3 — Mesurer et interpréter un niveau sonore	4. Du signal au niveau en décibels	3 él. 3
C4 — Mettre en évidence l'atténuation avec la distance	5. Atténuation et interprétation des mesures	4 él. 5

« él. » : page du cours élève de cette même édition.

Méthode — Mode d'emploi

Lire la notion et l'exemple résolu, puis chercher l'application avant de passer à la notion suivante. Le travail peut être accompagné en classe ou repris seul. Les corrections suivent les applications dans cette version. Les deux formules du niveau en décibels (à partir de I ou de p) sont fournies en évaluation ; $c = d/t$, $T = 1/f$ et $\lambda = cT$ sont à connaître. Les mesures avec haut-parleur pédagogique restent à niveau modéré et sous la conduite du professeur.

1 Un signal qui a besoin de matière

C1 — Caractériser un signal sonore et son milieu de propagation

Une vibration de source crée des compressions et dilatations dans un milieu. Elles se propagent de proche en proche sans transporter globalement la matière d'un bout à l'autre. Le son est une onde mécanique : il peut se propager dans l'air, l'eau ou certains solides, mais pas dans le vide. La pression acoustique est la petite variation de pression autour de la pression moyenne. Un microphone la convertit en signal électrique. Le graphique du microphone montre l'évolution temporelle en un point, pas directement la position des compressions dans la pièce.

Remarque

Un appareil dit « ultrasonore » peut aussi produire des sons audibles par son moteur ou d'autres composants.

Exemple — Exemple résolu

Une membrane de haut-parleur vibre et met l'air voisin en mouvement local. Un microphone placé plus loin délivre un signal variable quand l'onde l'atteint.

Application 1 – À vous de jouer

Le haut-parleur fonctionne dans une enceinte dont l'air est retiré progressivement. Le microphone extérieur détecte de moins en moins de son. Quelle propriété cela illustre-t-il et quelle limite expérimentale citer ?

Correction

Application 1. Il faut un milieu matériel pour que le son se propage. Les vibrations de la paroi et du support peuvent aussi transmettre du son ; le montage doit les limiter.

2 Mesurer une célérité

C2 — Déterminer célérité, période et longueur d'onde

La célérité c est la distance parcourue par l'onde divisée par la durée de propagation : $c = d/t$. Elle dépend du milieu et de son état. Ordres de grandeur à connaître : environ 340 m/s dans l'air vers 20 °C et environ 1 500 m/s dans l'eau. Dans les solides, la célérité atteint souvent plusieurs milliers de m/s (environ 5 000 m/s dans l'acier) ; ces valeurs sont fournies au besoin. Pour une mesure avec deux microphones séparés de d , le retard entre les deux signaux est Δt et $c = d/\Delta t$. Il faut identifier le même événement sur les deux traces. En présence de réflexions, choisir le premier signal reçu et limiter les échos.

Exemple — Exemple résolu

Deux microphones sont espacés de 0,68 m ; le second reçoit le signal 2,0 ms après le premier. $c = 0,68/0,0020 = 340$ m/s.

Application 2 – À vous de jouer

Deux microphones sont espacés de 1,02 m ; retard mesuré 3,0 ms. Calculer c . Le son s'est-il propagé dans l'air ou dans l'eau ?

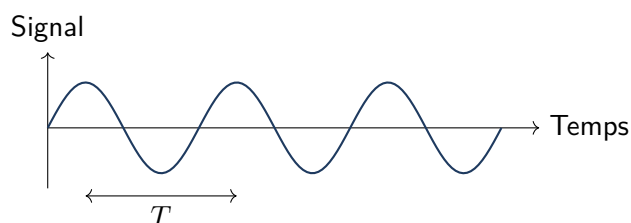
Correction

Application 2. $c = 1,02/0,0030 = 340$ m/s. C'est l'ordre de grandeur dans l'air ; dans l'eau, on trouverait environ 1 500 m/s.

3 Période, fréquence et longueur d'onde

C2 — Déterminer célérité, période et longueur d'onde

Un signal périodique répète un motif toutes les T secondes. La fréquence vaut $f = 1/T$ en hertz. La longueur d'onde est la distance parcourue pendant une période : $\lambda = cT = c/f$. Dans un même milieu, fréquence plus élevée signifie longueur d'onde plus courte. Le domaine audible humain est approximativement 20 Hz à 20 kHz, avec forte variabilité selon les personnes. En dessous : infrasons ; au-dessus : ultrasons. La fréquence détermine principalement la hauteur perçue, pas le niveau sonore.



Exemple — Exemple résolu

Dans l'air à 340 m/s, un son de 500 Hz a $T = 0,0020$ s et $\lambda = 0,68$ m.

Application 3 – À vous de jouer

Dans l'air à 340 m/s, un son de 250 Hz : calculer T et λ ; classer sa fréquence dans le domaine audible.

Correction

Application 3. $T = 1/250 = 0,0040$ s ; $\lambda = 340 \times 0,0040 = 1,36$ m. 250 Hz se situe dans la plage audible approximative.

4 Du signal au niveau en décibels

C3 — Mesurer et interpréter un niveau sonore

L'intensité acoustique I est une puissance par unité de surface, en W/m^2 . Dans le modèle du cours, le niveau d'intensité acoustique est donné par $L = 10 \log_{10}(I/I_0)$, avec $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Le logarithme rend l'échelle non linéaire : multiplier I par 10 ajoute 10 dB ; multiplier I par 2 ajoute environ 3 dB. Deux sources indépendantes de même intensité au point étudié donnent environ 3 dB de plus ensemble, pas deux fois le nombre de décibels. Un microphone ou un sonomètre mesure la pression acoustique p , en pascals. Le niveau se calcule aussi à partir de p , avec une relation donnée : $L = 20 \log_{10}(p/p_0)$, avec $p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$. Pour une même onde, les deux relations donnent le même niveau. Le sonomètre affiche souvent un niveau pondéré A, noté dB(A), proche de la sensibilité de l'oreille. Indiquer toujours la grandeur, la pondération et la durée associées à une mesure.

Exemple — Exemple résolu

Si $I = 10^{-6} \text{ W/m}^2$, $I/I_0 = 10^6$, donc $L = 60$ dB. Dix fois plus d'intensité donne 70 dB.
Si $p = 0,2 \text{ Pa}$, $p/p_0 = 10^4$, donc $L = 20 \times 4 = 80$ dB.

Application 4 – À vous de jouer

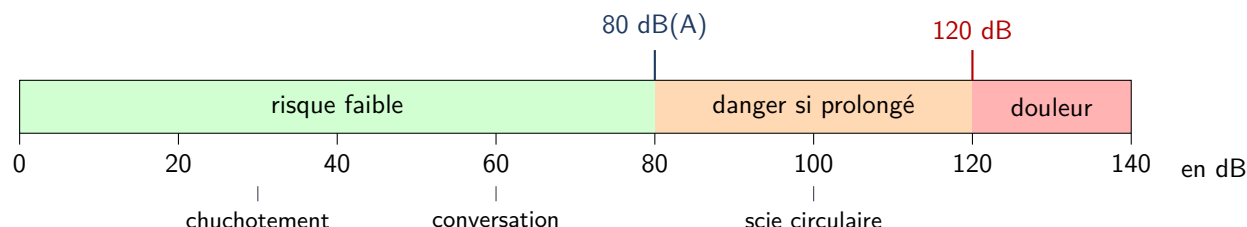
Calculer L pour $I = 10^{-5} \text{ W/m}^2$. Comment évolue L si I est multipliée par 100 ?

Correction

Application 4. $I/I_0 = 10^7$, donc $L = 70$ dB. Un facteur 100 ajoute 20 dB, d'où 90 dB.

Seuils de danger et protection

Une exposition prolongée à un niveau élevé abîme l'oreille, de façon souvent définitive. Deux seuils sont à connaître. Vers **80 dB(A)**, un bruit devient dangereux s'il dure : le Code du travail impose des actions de prévention à partir de 80 dB(A), puis de 85 dB(A), pour une exposition moyenne sur 8 h, et fixe une valeur limite de 87 dB(A), protecteurs portés. Vers **120 dB**, c'est le **seuil de douleur**. Pour se protéger : réduire le bruit à la source, s'éloigner, limiter la durée, puis porter des bouchons ou un casque antibruit adaptés.



Application 5 – À vous de jouer

Près d'une ponceuse, un sonomètre relève une pression acoustique $p = 2 \text{ Pa}$. Calculer le niveau L avec $L = 20 \log_{10}(p/p_0)$ et $p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$. Situer ce niveau sur l'échelle ci-dessus et indiquer une protection adaptée.

Correction

Application 5. $p/p_0 = 2/(2 \times 10^{-5}) = 10^5$, donc $L = 20 \times 5 = 100 \text{ dB}$. Ce niveau dépasse 80 dB(A) : il est dangereux s'il dure, sans atteindre le seuil de douleur de 120 dB. Réduire le bruit ou la durée, et porter des bouchons ou un casque antibruit.

5 Atténuation et interprétation des mesures

C4 — Mettre en évidence l'atténuation avec la distance

Un signal sonore transporte de l'énergie. L'intensité reçue diminue lorsque l'on s'éloigne d'une source, même dans un milieu qui n'absorbe pas le son : l'énergie se répartit sur une surface de plus en plus grande. Pour une source ponctuelle en champ libre, I varie comme $1/d^2$: doubler la distance divise l'intensité par quatre et abaisse le niveau d'environ 6 dB. Dans une salle, réflexions, écrans, directivité et autres sources modifient cette règle. Pour comparer deux mesures : même source, même réglage et même hauteur, éloignement mesuré depuis le même point, fond sonore relevé, microphone orienté selon la notice. Répéter et distinguer valeur ponctuelle et exposition personnelle sur une durée. La prévention professionnelle exige une évaluation adaptée des postes ; un seul relevé instantané ne permet pas de conclure sur la journée.

Exemple — Exemple résolu

En champ libre idéal, 70 dB à 1 m deviennent environ 64 dB à 2 m. Dans une salle réverbérante, la baisse mesurée peut être moindre.

Application 6 – À vous de jouer

Une source pédagogique est mesurée à 60 dB à 1 m et 57 dB à 2 m dans une salle. Faut-il « corriger » cette mesure à 54 dB ?

Correction

Application 6. Non. Le modèle -6 dB suppose le champ libre ; une salle réfléchit le son. Conserver 57 dB observés, puis discuter les causes possibles et le bruit de fond.

Bilan – Je sais faire

- C1 : le son est une onde mécanique de pression qui nécessite de la matière ; le microphone mesure une variation de pression.
- C2 : $c = d/t$, $T = 1/f$ et $\lambda = cT$. La célérité dépend du milieu : environ 340 m/s dans l'air, 1 500 m/s dans l'eau ; ne pas utiliser 3×10^8 m/s pour le son.
- C3 : $L = 10 \log_{10}(I/I_0)$ ou $L = 20 \log_{10}(p/p_0)$, relations fournies. Une hausse de 10 dB correspond à une intensité multipliée par 10 ; des niveaux ne s'additionnent pas arithmétiquement. Danger si prolongé vers 80 dB(A), seuil de douleur vers 120 dB.
- C4 : un son s'atténue en général avec la distance ; le résultat dépend de la pièce, des réflexions et des autres sources. Une mesure instantanée ne caractérise pas l'exposition d'une journée.