

### Objectifs du chapitre

- Déterminer la période et la fréquence d'un son pur.
- Caractériser un son par sa fréquence et son niveau d'intensité acoustique en décibels (dB).
- Connaître les seuils de dangerosité (85 dB) et de douleur (120 dB).
- Comparer les atténuations phoniques de différents milieux.
- Mettre en œuvre des émetteurs et capteurs piézoélectriques.

## 1. Qu'est-ce qu'un son ?

### DÉFINITION

Un **son** est une **vibration mécanique** qui se propage dans un milieu matériel (air, bois, métal, eau). Il se transmet sous forme de compressions et de dépressions successives du milieu.

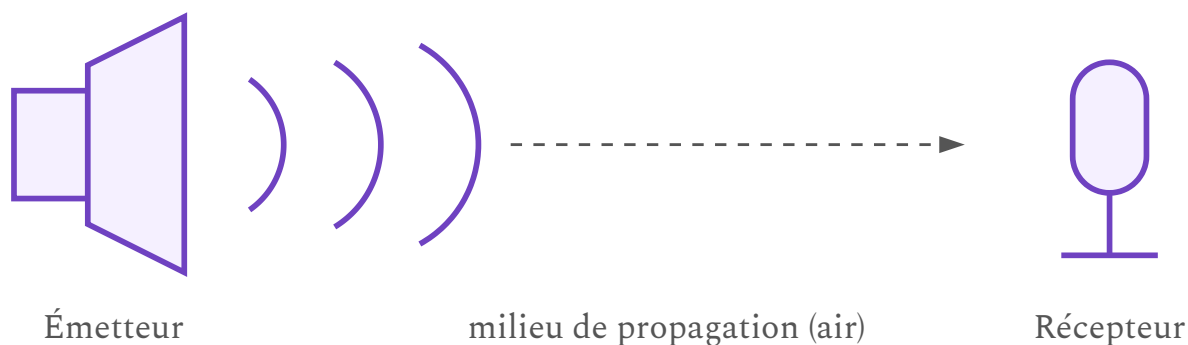
### ATTENTION

Le son **ne se propage pas dans le vide**. Contrairement à la lumière, il a besoin d'un support matériel pour se transmettre.

### CHAÎNE DE TRANSMISSION SONORE

La transmission d'un son nécessite trois éléments :

1. Un **émetteur** (objet qui vibre) : scie circulaire, haut-parleur, diapason.
2. Un **milieu de propagation** : air, bois, métal.
3. Un **récepteur** : oreille humaine, microphone, capteur piézoélectrique.



La transmission d'un son suppose un émetteur qui vibre, un milieu matériel et un récepteur.

#### EXEMPLE — EN ATELIER

Quand un artisan menuisier utilise une ponceuse à bande, la vibration du papier abrasif sur le bois produit un son. Ce son se propage dans l'air de l'atelier jusqu'aux oreilles des autres travailleurs.

## 2. Fréquence et période d'un son pur

#### DÉFINITION — PÉRIODE

La **période**  $T$  d'un son est la **durée d'une oscillation complète**. Elle s'exprime en **secondes (s)**.

#### DÉFINITION — FRÉQUENCE

La **fréquence**  $f$  est le **nombre d'oscillations par seconde**. Elle s'exprime en **hertz (Hz)**.

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{et} \quad T = \frac{1}{f}$$

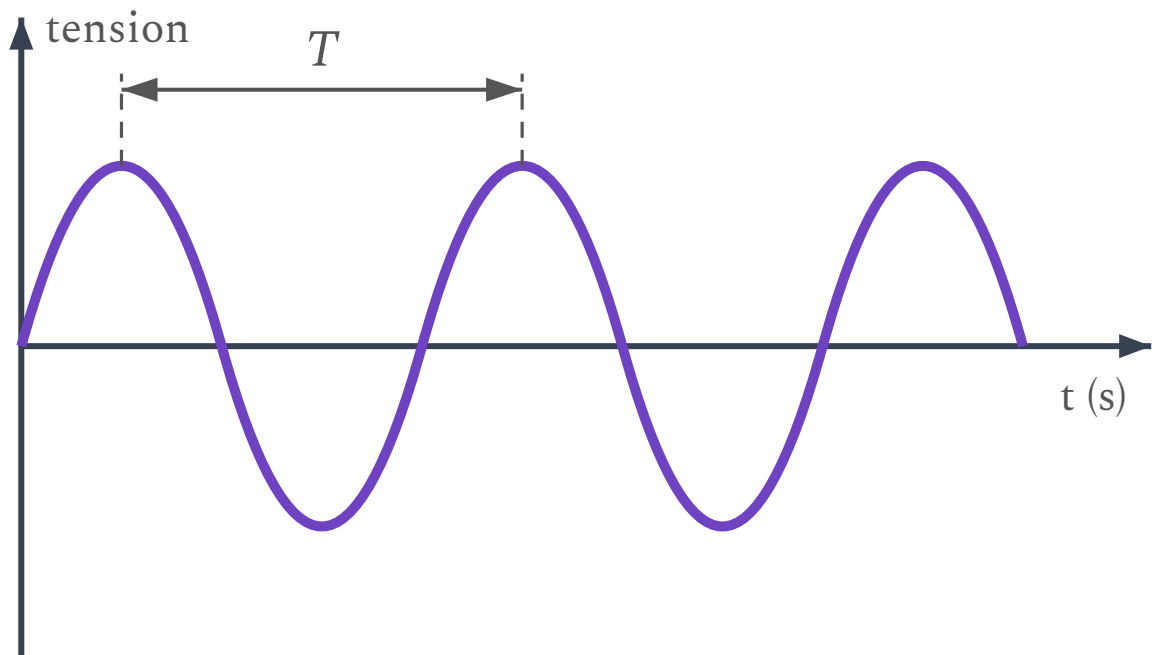
$f$  en Hz —  $T$  en s

## APPLICATION RAPIDE

Un son a une période  $T = 5$  ms. Calculez sa fréquence. Ce son est-il audible par l'oreille humaine ?

### MÉTHODE — DÉTERMINER LA PÉRIODE SUR UN OSCILLOGRAMME

1. Repérer **deux pics consécutifs** (ou deux creux) du signal.
2. Lire les instants  $t_1$  et  $t_2$  correspondants sur l'axe horizontal.
3. Calculer  $T = t_2 - t_1$ .
4. Dédire  $f = 1/T$ .



Période  $T$  d'un son pur : durée entre deux pics consécutifs de l'oscillogramme.

### EXEMPLE RÉSOLU

Sur un oscillogramme, on repère deux pics successifs aux instants  $t_1 = 2,0$  ms et  $t_2 = 4,3$  ms.

$$T = t_2 - t_1 = 4,3 - 2,0 = 2,3 \text{ ms} = 0,0023 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0023} \approx 435 \text{ Hz}$$

Ce son a une fréquence proche du La musical (440 Hz).

### Hauteur du son et domaines de fréquences

Plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu. Plus elle est basse, plus le son est grave.

Type	Fréquence	Perception
Infrasons	$f < 20 \text{ Hz}$	Non audible
Sons audibles	$20 \text{ Hz} \leq f \leq 20\,000 \text{ Hz}$	Audible
Ultrasons	$f > 20\,000 \text{ Hz}$	Non audible

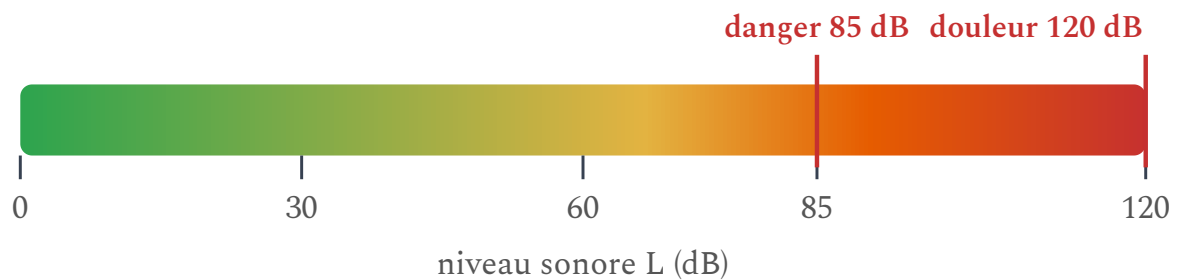
## 3. Niveau d'intensité acoustique

### DÉFINITION

Le **niveau d'intensité acoustique**  $L$  mesure la **force** d'un son. Il s'exprime en **décibels (dB)**. On le mesure à l'aide d'un **sonomètre**.

## Échelle des niveaux sonores

Situation	Niveau $L$ (dB)	Sensation
Seuil d'audibilité	0	Plus faible son perceptible
Chuchotement	30	Très calme
Conversation normale	60	Confortable
Aspirateur industriel	80	Bruyant
Ponceuse à bande	95	<b>Dangereux</b>
Scie circulaire	102	<b>Très dangereux</b>
Seuil de douleur	120	<b>Domages immédiats</b>



Échelle des niveaux sonores : au-delà de 85 dB, le bruit devient dangereux pour l'oreille.

### SEUILS DE DANGER POUR L'OREILLE

- **85 dB : seuil de dangerosité** — le port de protections auditives devient **obligatoire** en milieu professionnel.
- **120 dB : seuil de douleur** — risque de **lésions irréversibles** de l'oreille interne.

L'exposition répétée à des niveaux supérieurs à 85 dB sans protection entraîne une **surdité progressive et irréversible**.

#### EXEMPLE — BRUIT EN ATELIER

Un artisan menuisier utilise une scie circulaire à 102 dB. Ce niveau dépasse largement le seuil de 85 dB. Le port de **bouchons d'oreilles** (atténuation d'environ 30 dB) ou d'un **casque anti-bruit** (atténuation d'environ 25 dB) est indispensable.

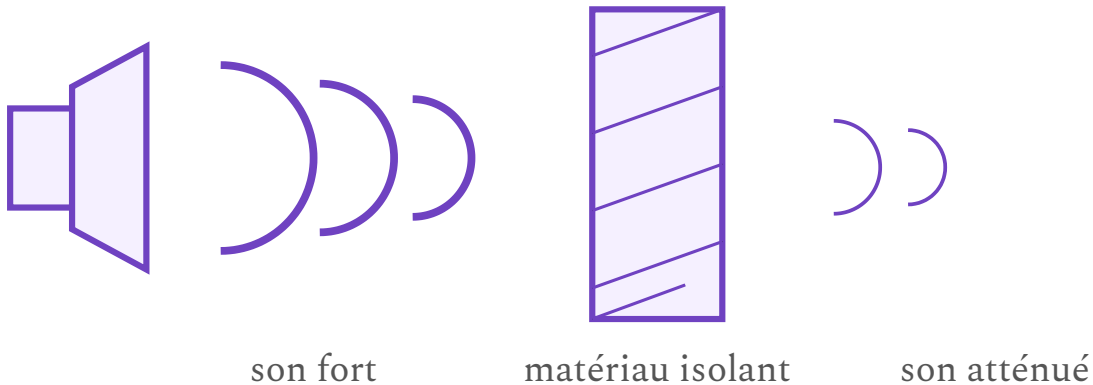
## 4. Isolants phoniques

#### DÉFINITION

Un **isolant phonique** est un matériau qui **absorbe une grande partie de l'énergie** véhiculée par les ondes sonores. Il réduit le niveau de bruit transmis d'un côté à l'autre.

#### PROPRIÉTÉ

Différents matériaux atténuent le son de façon inégale. En général, les matériaux **poreux et souples** (mousse, laine de roche, liège) absorbent mieux les ondes sonores que les matériaux durs et lisses (verre, métal).



Un isolant phonique absorbe une partie de l'énergie sonore : le bruit transmis est atténué ( $\Delta L$ ).

#### Exemples de solutions d'isolation en atelier

- **Panneaux de mousse acoustique** : posés sur les murs pour absorber les réflexions sonores.

- **Laine de roche / laine de verre** : insérée dans les cloisons pour atténuer la transmission.
- **Plots anti-vibrations** : placés sous les machines (scie, ponceuse) pour limiter la transmission des vibrations au sol.
- **Double vitrage** : réduit la propagation du bruit vers l'extérieur.

#### APPLICATION RAPIDE

Un artisan travaille dans un atelier où la scie circulaire produit 102 dB. Il porte un casque antibruit atténuant de 26 dB. Quel niveau sonore perçoit-il ? Est-il en sécurité ?

#### MÉTHODE — COMPARER L'ATTÉNUATION PHONIQUE

Pour comparer expérimentalement l'atténuation de différents matériaux :

1. Placer un émetteur sonore à fréquence et intensité fixées.
2. Mesurer le niveau sonore avec un sonomètre **sans matériau** entre l'émetteur et le sonomètre.
3. Insérer un échantillon de matériau et mesurer le nouveau niveau.
4. Calculer l'atténuation  $\Delta L = L_{\text{sans}} - L_{\text{avec}}$  (en dB).
5. Recommencer avec d'autres matériaux et comparer.

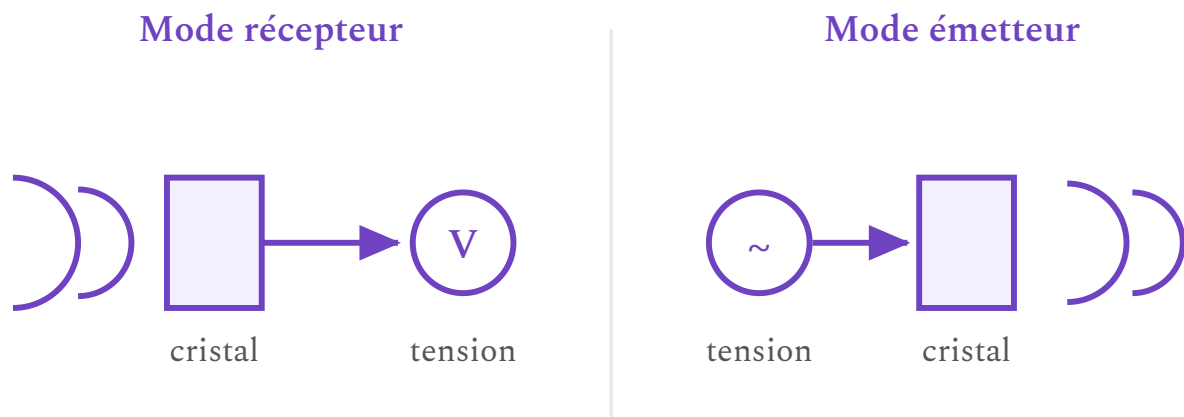
## 5. Capteurs piézoélectriques

#### DÉFINITION

Un **capteur piézoélectrique** est un composant électronique qui **convertit une vibration mécanique en signal électrique** (et inversement). Il peut servir d'émetteur ou de récepteur d'ondes sonores.

## FONCTIONNEMENT

- **Mode récepteur** : une onde sonore fait vibrer le cristal piézoélectrique, ce qui produit une **tension électrique** proportionnelle à la pression reçue.
- **Mode émetteur** : on applique une tension électrique variable au cristal, qui se déforme et émet une **onde sonore**.



Le cristal piézoélectrique convertit une onde sonore en tension (récepteur) ou une tension en onde sonore (émetteur).

### Applications des capteurs piézoélectriques

- **Microphone piézoélectrique** : capte les vibrations pour les convertir en signal électrique.
- **Buzzer** : convertit un signal électrique en son (alarme de machine, signal sonore).
- **Contrôle ultrasonore** : détection de défauts dans les matériaux (bois, métal).
- **Capteurs de choc** : détection d'impacts sur les machines.

## 6. Classer des sons du plus grave au plus aigu

### MÉTHODE

Pour classer des sons du plus grave au plus aigu, il suffit de les **ranger par fréquence croissante**

:

- Fréquence basse → son **grave**.
- Fréquence haute → son **aigu**.

### EXEMPLE

Classement du plus grave au plus aigu :

Source	Fréquence	Classement
Voix masculine grave	100 Hz	1 — le plus grave
La musical (diapason)	440 Hz	2
Sifflement d'une scie circulaire	2 000 Hz	3
Alarme de machine	4 000 Hz	4 — le plus aigu

## 7. Protections auditives en milieu professionnel

### RÉGLEMENTATION

- À partir de **80 dB(A)** : l'employeur doit mettre à disposition des protections auditives.
- À partir de **85 dB(A)** : le port de protections auditives est **obligatoire**.
- La valeur limite d'exposition est **87 dB(A)** (ne doit jamais être dépassée).

## Types de protections

Protection	Atténuation moyenne	Usage typique
Bouchons d'oreilles en mousse	25 à 37 dB	Usage courant en atelier
Bouchons moulés sur mesure	20 à 30 dB	Usage régulier, confort amélioré
Casque anti-bruit (serre-tête)	20 à 34 dB	Machines très bruyantes

### EXEMPLE — CALCUL D'ATTÉNUATION

Un installateur thermique travaille près d'une machine à 95 dB. Il porte des bouchons d'oreilles atténuant de 30 dB.

Niveau perçu :  $95 - 30 = 65$  dB. C'est en dessous du seuil de danger (85 dB) : la protection est efficace.

## 8. À retenir

### APPLICATION RAPIDE

Un artisan menuisier dispose de bouchons d'oreilles (-30 dB) et d'un casque (-26 dB). Quelle protection choisit-il pour travailler à 95 dB afin de passer sous le seuil de 85 dB ?

### Erreurs fréquentes à éviter

- **Croire que le son se propage dans le vide** : le son est une vibration mécanique qui nécessite un milieu matériel. Contrairement à la lumière, il ne peut pas se propager dans le vide.
- **Confondre fréquence grave et aigu** : une fréquence basse = son grave, une fréquence élevée = son aigu. 100 Hz est plus grave que 1000 Hz.
- **Additionner les décibels comme des nombres ordinaires** : doubler l'intensité sonore ne double pas le niveau en dB. L'échelle des décibels est logarithmique.
- **Penser que les protections auditives éliminent tout le bruit** : elles atténuent le niveau, mais ne l'annulent pas. Un bruit de 120 dB reste perceptible même avec un

casque de 30 dB.

#### À RETENIR

1. Un **son** est une vibration mécanique. Il nécessite un **émetteur**, un **milieu de propagation** et un **récepteur**.
2. La **période**  $T$  (en s) et la **fréquence**  $f$  (en Hz) sont liées par  $f = 1/T$ .
3. Plus la fréquence est élevée, plus le son est **aigu**. Sons audibles : 20 Hz à 20 000 Hz.
4. Le **niveau d'intensité acoustique**  $L$  (en dB) mesure la force du son. **Seuil de dangerosité : 85 dB. Seuil de douleur : 120 dB.**
5. Les **isolants phoniques** (mousse, laine de roche, liège) absorbent l'énergie sonore et réduisent le bruit.
6. Les **capteurs piézoélectriques** convertissent une vibration en signal électrique et inversement.
7. En atelier, le port de **protections auditives** (bouchons, casque) est **obligatoire dès 85 dB.**

 Objectifs du chapitre[cliquer pour développer](#)**Rappels :**

$f = \frac{1}{T}$  |  $T = \frac{1}{f}$  | Sons audibles : 20 Hz à 20 000 Hz | Seuil de dangerosité :  
85 dB | Seuil de douleur : 120 dB

**Fréquence et période****Exercice 1 — Fréquence et période (calcul direct)**

Calculer la fréquence  $f$  pour chacune des périodes suivantes :

- a.  $T = 0,005$  s
- b.  $T = 0,02$  s
- c.  $T = 0,0002$  s

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 2 — Période à partir de la fréquence

Calculer la période  $T$  pour chacune des fréquences suivantes :

- a.  $f = 440$  Hz (La musical)
- b.  $f = 100$  Hz
- c.  $f = 2\,000$  Hz

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 3 — Lecture d'oscillogramme

Sur un oscillogramme, on repère deux pics successifs d'un son pur aux instants

$t_1 = 1,5$  ms et  $t_2 = 3,5$  ms.

- a. Déterminer la période  $T$  du signal.
- b. Calculer la fréquence  $f$ .
- c. Ce son est-il plutôt grave ou aigu ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

#### Exercice 4 — Oscillogramme en atelier de plomberie

Un installateur thermique utilise un sonomètre numérique équipé d'un oscilloscope. Il enregistre le son produit par une chaudière en fonctionnement. L'oscillogramme montre 5 oscillations complètes sur une durée totale de 25 ms.

- a. Calculer la période  $T$  du son.
- b. En déduire la fréquence  $f$ .
- c. Ce son est-il audible ? Est-il plutôt grave ou aigu ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 5 — Classer des sons du plus grave au plus aigu

Voici quatre sons produits dans un atelier d'ébénisterie :

Source	Fréquence
Scie circulaire	2 000 Hz
Ponceuse à bande	800 Hz
Aspirateur d'atelier	300 Hz
Alarme de machine	4 000 Hz

- Classer ces sons du plus grave au plus aigu.
- Lequel a la période la plus grande ? Justifier.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

## Domaines de fréquences

### Exercice 6 — Infrason, son audible ou ultrason ?

Pour chaque fréquence, indiquer si le son est un infrason, un son audible ou un ultrason :

a.  $f = 15 \text{ Hz}$

b.  $f = 440 \text{ Hz}$

c.  $f = 25\,000 \text{ Hz}$

d.  $f = 18\,000 \text{ Hz}$

e.  $f = 5 \text{ Hz}$

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 7 — Contrôle ultrasonore du bois

Un ébéniste utilise un appareil à ultrasons pour détecter d'éventuels défauts (nœuds cachés, fissures internes) dans une pièce de bois. L'appareil émet un son de fréquence  $f = 40\,000\text{ Hz}$ .

- Ce son est-il audible par l'oreille humaine ? Justifier.
- Calculer la période  $T$  de ce signal.
- Pourquoi utilise-t-on des ultrasons plutôt que des sons audibles pour ce type de contrôle ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

## Niveau d'intensité acoustique (décibels)

### Exercice 8 — Lire l'échelle des décibels

Voici des niveaux sonores mesurés dans différentes situations :

Situation	Niveau (dB)
Bibliothèque	30
Conversation normale	60
Tondeuse à gazon	90
Concert de rock	110
Décollage d'avion (à 50 m)	130

- Quelles situations dépassent le seuil de dangerosité (85 dB) ?
- Laquelle dépasse le seuil de douleur (120 dB) ?
- Pour quelles situations le port de protections auditives est-il obligatoire en milieu professionnel ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

## Exercice 9 — Bruit en atelier d'ébénisterie

Un ébéniste mesure au sonomètre les niveaux sonores de ses machines :

Machine	Niveau (dB)
Scie circulaire	102
Ponceuse à bande	95
Dégauchisseuse	92
Perceuse à colonne	78

- Pour quelles machines le port de protections auditives est-il obligatoire ?
- L'ébéniste porte des bouchons d'oreilles atténuant de 28 dB. Calculer le niveau perçu pour chaque machine.
- Avec ces bouchons, le niveau perçu est-il en dessous du seuil de dangerosité pour toutes les machines ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 10 — Chantier de plomberie

Un plombier chauffagiste travaille dans un local technique où le bruit ambiant est de 88 dB (pompes en fonctionnement). Il utilise un perforateur qui émet 105 dB.

- a. Le bruit ambiant de 88 dB dépasse-t-il le seuil de dangerosité ? Le seuil de douleur ?
- b. Le plombier porte un casque anti-bruit atténuant de 32 dB. Calculer le niveau sonore perçu lorsqu'il utilise le perforateur.
- c. Cette protection est-elle suffisante ? Justifier.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 11 — Choix de la protection auditive

Un artisan menuisier doit choisir une protection auditive pour travailler avec une scie circulaire à 102 dB. Voici les protections disponibles :

Protection	Atténuation	Prix
Bouchons mousse jetables	25 dB	0,50 € la paire
Bouchons moulés sur mesure	22 dB	80 € (réutilisables)
Casque anti-bruit	30 dB	35 €

- Calculer le niveau perçu avec chaque protection.
- Quelles protections permettent de descendre en dessous de 85 dB ?
- Laquelle conseilleriez-vous pour un usage quotidien en atelier ? Justifier.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

## Isolants phoniques

### Exercice 12 — Comparer des isolants phoniques

On teste l'atténuation phonique de trois matériaux. Un émetteur produit un son de 90 dB. On mesure le niveau sonore après traversée de chaque matériau :

Matériau	Niveau après traversée (dB)
Plaque de verre (4 mm)	68
Plaque de liège (10 mm)	55
Panneau de laine de roche (40 mm)	48

- Calculer l'atténuation  $\Delta L$  pour chaque matériau.
- Classer les matériaux du moins isolant au plus isolant.
- Le résultat est-il cohérent avec la nature des matériaux ? Justifier.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 13 — Isolation d'un atelier de menuiserie

Un artisan menuisier souhaite isoler phoniquement son atelier pour limiter les nuisances sonores chez ses voisins. Le bruit moyen dans l'atelier est de 95 dB. La réglementation impose un niveau maximum de 55 dB en limite de propriété.

- a. Quelle atténuation minimale  $\Delta L$  le mur doit-il apporter ?
- b. Un mur simple en parpaing atténue de 32 dB. Est-ce suffisant ?
- c. En ajoutant une couche de laine de roche (atténuation supplémentaire de 12 dB), l'isolation est-elle suffisante ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

## Chaîne de transmission sonore et capteurs piézoélectriques

### Exercice 14 — Identifier émetteur, milieu et récepteur

Pour chaque situation, identifier l'émetteur, le milieu de propagation et le récepteur :

- a. Un installateur thermique perçoit le bruit d'une chaudière dans un local technique.
- b. Un ébéniste entend le son de sa scie circulaire.
- c. Un plongeur entend le moteur d'un bateau sous l'eau.
- d. Un technicien utilise un microphone piézoélectrique pour mesurer le bruit d'une pompe.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 15 — Capteur piézoélectrique et buzzer

Une machine-outil est équipée d'un buzzer piézoélectrique qui émet un signal sonore lorsqu'elle détecte un problème (surchauffe, bourrage).

- a. Le buzzer fonctionne-t-il en mode émetteur ou en mode récepteur ? Justifier.
- b. Expliquer brièvement le principe de fonctionnement d'un capteur piézoélectrique en mode émetteur.
- c. Citer un exemple d'utilisation d'un capteur piézoélectrique en mode récepteur.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

## Exercices de synthèse

### Exercice 16 — Vrai ou faux

Pour chaque affirmation, indiquer si elle est vraie ou fausse en justifiant :

- Le son se propage dans le vide.
- Plus la fréquence d'un son augmente, plus il est grave.
- Le seuil de dangerosité pour l'oreille est de 85 dB.
- La période d'un son de 1 000 Hz est de 0,001 s.
- Un matériau dur et lisse est un bon isolant phonique.
- Les ultrasons sont des sons de fréquence inférieure à 20 Hz.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 17 — Problème de signalétique sonore

Un graphiste en signalétique doit concevoir un panneau d'avertissement pour un atelier industriel. Le panneau indique le niveau sonore moyen et les protections obligatoires. Voici les données fournies par le responsable sécurité :

- Bruit moyen dans la zone de découpe : 98 dB
- Bruit moyen dans la zone de montage : 72 dB
- Bruit moyen dans le bureau : 45 dB

- a. Dans quelles zones le port de protections auditives est-il obligatoire ?
- b. Pour la zone de découpe, quel type de protection recommanderiez-vous ?  
Justifier.
- c. Le responsable sécurité précise que la durée maximale d'exposition sans protection à 98 dB est de 30 minutes par jour. Pourquoi cette limitation ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 18 — Problème complet — Alarme de sécurité

Une alarme de sécurité installée dans un atelier de plomberie émet un son de fréquence  $f = 3\,200\text{ Hz}$  et de niveau 105 dB.

- Calculer la période  $T$  de ce son.
- Ce son est-il grave ou aigu ? Justifier.
- Le niveau de 105 dB dépasse-t-il le seuil de dangerosité ? Le seuil de douleur ?
- Pourquoi choisit-on une fréquence élevée et un niveau sonore fort pour une alarme ?
- Un technicien porte des bouchons atténuant de 30 dB. Entendra-t-il l'alarme ? Justifier.

*Mes calculs :*

---

---

---

---