

Objectifs du chapitre

- Décrire la nature physique d'un son et ses conditions de propagation.
- Définir la fréquence, identifier infra/ultra/sons audibles et relier fréquence à hauteur.
- Définir le niveau sonore en dB et citer les seuils d'audibilité et de danger.
- Calculer une longueur d'onde λ et une distance ou une durée avec $v = d/t$.
- Relier les propriétés acoustiques aux exigences de sécurité en atelier de menuiserie.

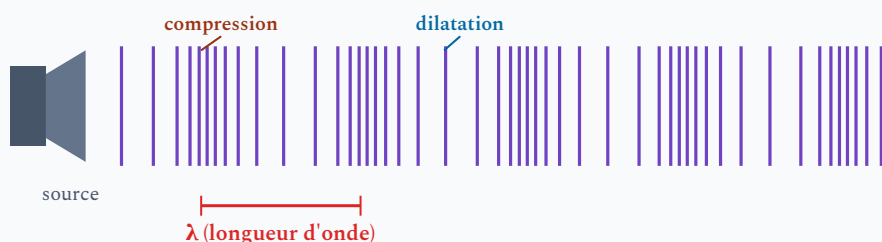
Situation professionnelle — Protection auditive en atelier

Un menuisier utilise une scie circulaire qui produit un niveau sonore de 95 dB : il doit choisir des protections auditives adaptées (casque ou bouchons) en comparant leur atténuation aux valeurs réglementaires, et comprendre quelles fréquences sont les plus dangereuses pour l'audition.

1. Nature d'un son

DÉFINITION

Un **son** est une **vibration mécanique** qui se propage dans un milieu matériel (solide, liquide ou gazeux) sous forme d'onde de pression. Il crée des zones alternant **compression** (surpression) et **dépression** (basse pression).



PAS DE SON DANS LE VIDE

Le son ne peut pas se propager dans le **vide**, car il n'existe pas de milieu matériel pour transmettre les vibrations. Contrairement à la lumière, le son a besoin d'un support.

Production d'un son

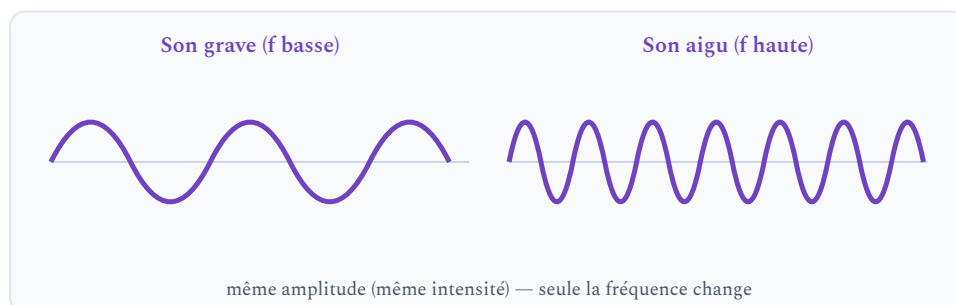
Tout objet en **vibration** produit un son :

- **Corde vibrante** : guitare, violon, piano.
- **Membrane vibrante** : haut-parleur, peau de tambour.
- **Colonne d'air vibrante** : flûte, tuyau d'orgue.
- **Outil en contact avec le bois** : ponceuse, scie circulaire, scie à ruban, défonceuse, toupie.

2. La fréquence — hauteur du son

DÉFINITION

La **fréquence** f est le nombre de vibrations (oscillations) par seconde. Son unité est le **hertz (Hz)**. Plus la fréquence est élevée, plus le son est **aigu** ; plus elle est basse, plus le son est **grave**.



Type d'onde	Plage de fréquences	Perception
Infrasons	$f < 20 \text{ Hz}$	Non perceptible par l'oreille humaine
Sons audibles	$20 \text{ Hz} \leq f \leq 20\,000 \text{ Hz}$	Perceptibles par l'oreille humaine
Ultrasons	$f > 20\,000 \text{ Hz}$	Non perceptibles par l'oreille humaine

Exemples de fréquences

Source sonore	Fréquence typique
Voix parlée d'un homme adulte	environ 100 à 150 Hz
Voix parlée d'une femme adulte	environ 150 à 250 Hz
La musical (diapason)	440 Hz
Limite supérieure audition humaine	20 000 Hz
Ultrasons contrôle du bois	100 kHz à 1 MHz

APPLICATION — ULTRASONS ET BOIS

Les **ultrasons** (fréquences > 20 kHz) sont utilisés en **contrôle non destructif (CND)** pour détecter des défauts internes dans le bois (noeuds, fissures, zones pourries) sans découper la pièce. Un émetteur envoie une impulsion ultrasonore ; le temps de trajet et l'atténuation du signal renseignent sur la qualité du matériau.

APPLICATION

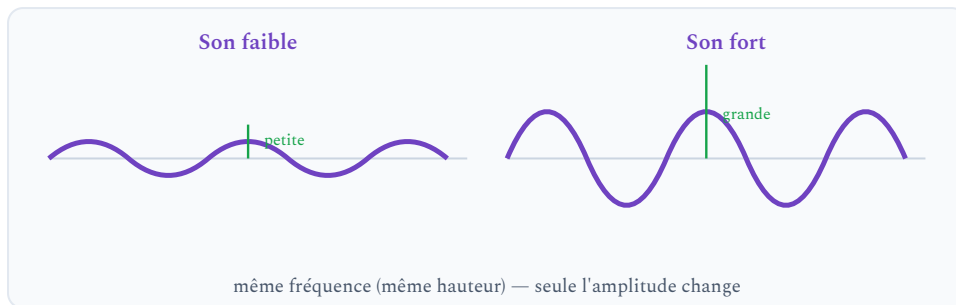
Classer les signaux sonores suivants dans la bonne catégorie (infrason, son audible, ultrason) et indiquer s'ils présentent un risque auditif direct :

1. $f_1 = 15 \text{ Hz}$ (vibration de la structure d'un bâtiment)
2. $f_2 = 440 \text{ Hz}$ (La musical)
3. $f_3 = 18\,000 \text{ Hz}$ (sifflement à haute fréquence)
4. $f_4 = 500 \text{ kHz}$ (sonde à ultrasons pour contrôle du bois)

3. L'amplitude — intensité sonore

DÉFINITION

L'**amplitude** d'une vibration sonore est la valeur maximale de la variation de pression. Plus l'amplitude est grande, plus le son est **fort** (puissant). On quantifie l'intensité sonore par le **niveau sonore** L , exprimé en **décibels (dB)**.



Seuils de référence

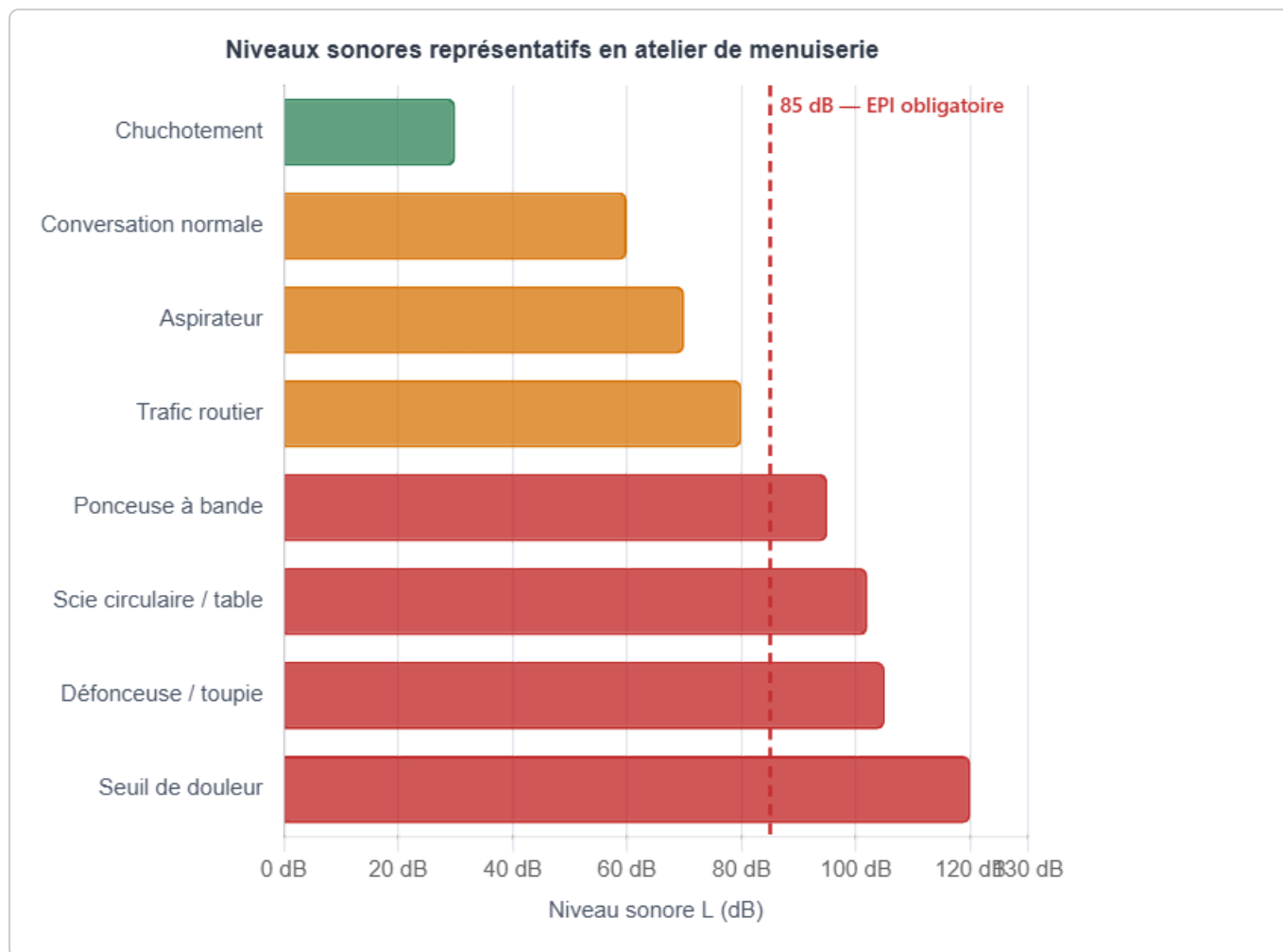
Seuil / Situation	Niveau sonore L (dB)	Remarque
Seuil d'audibilité	0 dB	Son le plus faible perceptible
Chuchotement	30 dB	Très calme
Conversation normale	60 dB	Confortable
Ponceuse à bande	95 dB	Zone de danger (EPI obligatoire)
Scie circulaire / table	102 dB	Très dangereux sans protection
Défonceuse / toupie	105 dB	Très dangereux sans protection
Seuil de douleur	120 dB	Domages immédiats

Valeurs indicatives : le niveau réel dépend du modèle de machine, de l'usage (à vide / en charge) et de l'environnement.

SEUIL LÉGAL — DANGER AUDITIF

En France, le **Code du travail** (art. R4434-1) impose des mesures de protection auditive dès **80 dB(A)** d'exposition *moyenne sur 8 h* de travail (valeur d'exposition inférieure). Au-delà de **85 dB(A)** (valeur supérieure), le port de protecteurs auditifs est **obligatoire**. La valeur limite à ne jamais dépasser (avec EPI) est de **87 dB(A)**. L'exposition régulière sans protection entraîne une **surdité irréversible**.

Graphique des niveaux sonores en atelier de menuiserie



4. Le timbre

DÉFINITION

Le **timbre** est la qualité d'un son qui permet de distinguer deux sources sonores jouant la même note à la même intensité. Il dépend de la **forme de l'onde sonore** et de la présence d'**harmoniques** (multiples de la fréquence fondamentale).

EXEMPLE

Un violon et une flûte jouent tous deux le La à 440 Hz. La fréquence fondamentale est identique, mais la forme des vibrations diffère : le violon produit des harmoniques intenses qui donnent un son chaud et riche, la flûte un son plus pur. C'est le **timbre** qui les différencie.

RETENIR

Deux instruments jouant la même note (même fréquence fondamentale) au même niveau sonore se distinguent par leur **timbre**, c'est-à-dire par la **richesse harmonique** du signal (présence et intensité des harmoniques).

5. La célérité du son

DÉFINITION

La **célérité** (vitesse de propagation) v du son dépend du **milieu de propagation** et de la **température**. Elle est exprimée en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Milieu	Célérité v (m/s)
Air à 20 °C	340
Eau à 20 °C	1 500
Bois — sens des fibres (longitudinal)	3 000 à 5 000
Bois — perpendiculaire aux fibres	1 000 à 2 000
Acier	5 000
Verre	5 200

Le bois est un matériau **anisotrope** : le son s'y propage 2 à 3 fois plus vite dans le sens des fibres que perpendiculairement.

OBSERVATION

Le son se propage beaucoup plus vite dans les **solides** que dans les gaz. C'est pourquoi les vibrations d'une machine se transmettent efficacement à travers les pièces de bois ou les structures métalliques d'un atelier.

$$v = \frac{d}{t}$$

v célérité en m/s — d distance parcourue en m — t durée de propagation en s

APPLICATION

Un éclair est aperçu, puis le tonnerre est entendu

3 s

plus tard. La célérité du son dans l'air est $v = 340$ m/s.

1. Calculer la distance d entre l'observateur et l'éclair.
2. Si l'on entend le tonnerre après seulement 0,5 s, à quelle distance se trouve l'éclair ?

6. Relation fréquence — longueur d'onde

DÉFINITION

La **longueur d'onde** λ (lambda) est la distance entre deux compressions successives, c'est-à-dire la distance parcourue par l'onde pendant une période. Elle s'exprime en **mètres (m)**.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

λ longueur d'onde en m — v célérité en m/s — f fréquence en Hz

EXEMPLE RÉSOLU — LA MUSICAL 440 HZ DANS L'AIR

$v = 340$ m/s ; $f = 440$ Hz

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{440} \approx 0,77 \text{ m}$$

La longueur d'onde du La 440 Hz dans l'air est d'environ 77 cm.

EXEMPLE — ULTRASONIE DANS LE BOIS (500 KHZ)

$$v = 4\,000 \text{ m/s}; f = 500\,000 \text{ Hz}$$

$$\lambda = \frac{4\,000}{500\,000} = 0,008 \text{ m} = 8 \text{ mm}$$

Cette faible longueur d'onde permet de détecter des défauts de taille millimétrique dans le bois.

APPLICATION

Une défonceuse produit un bruit dont la fréquence fondamentale est $f = 1\,700 \text{ Hz}$. La célérité du son dans l'air est $v = 340 \text{ m/s}$.

1. Calculer la longueur d'onde λ de ce son dans l'air.
2. Ce son est-il grave ou aigu par rapport au La 440 Hz ?

7. Applications acoustiques en atelier de menuiserie

Isolation phonique des ateliers

Pour limiter la propagation du bruit entre ateliers ou vers l'extérieur, on utilise :

- Des **matériaux absorbants** (laines minérales, panneaux de mousse) qui dissipent l'énergie sonore.
- Des **parois lourdes et étanches** (doubles cloisons, vitrage feuilleté) qui réfléchissent les ondes.
- Des **découplages mécaniques** (plots anti-vibration sous les machines) pour éviter la propagation des vibrations dans le sol.

Seuils légaux et EPI acoustiques

RÉGLEMENTATION

- **80 dB(A)** : valeur d'exposition inférieure → information et mise à disposition d'EPI.
- **85 dB(A)** : valeur d'exposition supérieure → port des protecteurs auditifs **obligatoire**.
- **87 dB(A)** : valeur limite d'exposition ne devant jamais être dépassée.

Les EPI acoustiques comprennent : **bouchons d'oreilles** (jusqu'à -37 dB) et **casques anti-bruit** (jusqu'à -34 dB). Voir [chapitre 01](#) pour les EPI.

Ultrasons pour tester le bois

Les ultrasons permettent :

- La **détection de noeuds, fissures et zones déshydratées** sans découper la pièce.
- La **mesure du module d'élasticité** du bois (la célérité des ultrasons augmente avec la rigidité).
- Le **contrôle de qualité** des assemblages collés (détection de défaut de collage).

8. Tableau de synthèse

Caractéristique	Grandeur physique	Symbole	Unité	Formule
Hauteur	Fréquence	f	Hz	$f = v/\lambda$
Intensité (force)	Niveau sonore	L	dB	—
Timbre (qualité)	Forme de l'onde / harmoniques	—	—	—
Propagation	Célérité	v	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$v = d/t$
Longueur d'onde	—	λ	m	$\lambda = v/f$

9. À retenir

À RETENIR

1. Le son est une **vibration mécanique** : il ne se propage **pas dans le vide** et il est plus rapide dans les solides que dans l'air.
2. La **fréquence** f (en Hz) détermine la **hauteur** du son : aigu (haute fréquence) ou grave (basse fréquence). Sons audibles : 20 Hz à 20 000 Hz.
3. Le **niveau sonore** L (en dB) détermine la **force** du son : au-delà de **85 dB(A)** en atelier, le port d'EPI auditifs est **obligatoire**.
4. La **longueur d'onde** se calcule par $\lambda = v/f$: plus la fréquence est élevée, plus λ est petite, ce qui permet de détecter des détails fins (ultrasons).
5. Le **timbre** permet de distinguer deux instruments jouant la même note : il dépend de la forme de l'onde et de ses harmoniques, pas seulement de f ou de L .

Simulation interactive

[Caractéristiques d'un son](#)

Caractéristiques d'un son

Exercices – 2nde Bac Pro | Fréquence, célérité, longueur d'onde, niveau sonore

[Socle](#)[Standard](#)[Approfondissement](#)[Tout voir](#)[!\[\]\(4d25d87d94191bbe34f0046ad604e903_img.jpg\) Objectifs du chapitre](#)[cliquer pour développer](#)

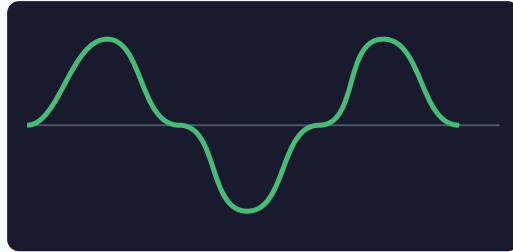
Rappel des formules clés :

Célérité du son : $v = 340 \text{ m/s}$ (dans l'air à 20°C) | Longueur d'onde : $\lambda = \frac{v}{f}$ | Distance :

$d = v \times t$ | Domaines : infra $< 20 \text{ Hz}$; audible $20\text{--}20\,000 \text{ Hz}$; ultra $> 20\,000 \text{ Hz}$

Exercices guidés pas à pas

EXERCICE 1 Hauteur et fréquence – Grave ou aigu ? SOCLE



Oscillogramme sonore

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

- a) Classer les sons suivants du plus grave au plus aigu : 1 000 Hz, 80 Hz, 18 000 Hz, 250 Hz.
- b) Pour chaque fréquence, indiquer si le son est dans le domaine infrason, audible ou ultrason :

Son	Fréquence	Domaine	Grave / Aigu
Battement de cœur fœtal	2 Hz	?	-
Vibration d'une scie à ruban	80 Hz	?	?
Voix humaine	250 Hz	?	?
Sifflet à ultrasons	25 000 Hz	?	-

Mes calculs :

EXERCICE 2 Célérité et distance – Tonnerre et sonar

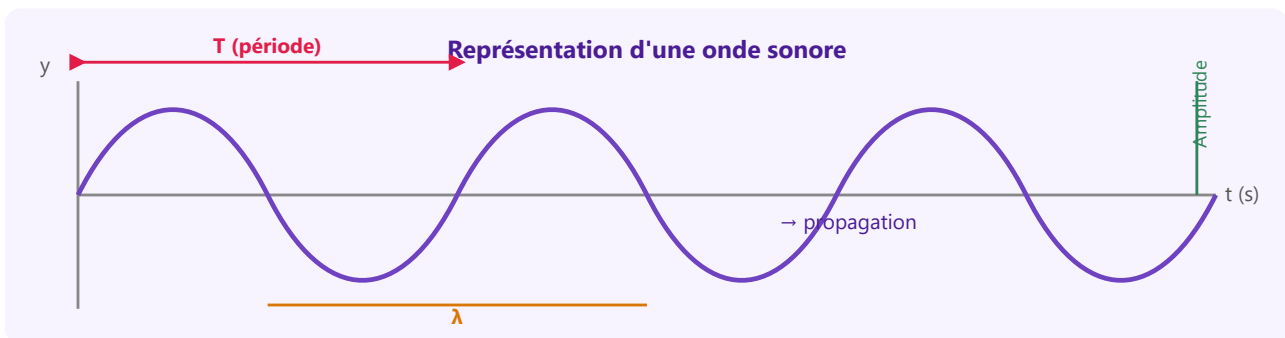
SOCLE

Formule :

$$d = v \times t \text{ avec } v = 340 \text{ m/s dans l'air ; } d = \frac{v \times t}{2} \text{ pour un aller-retour (écho).}$$

a) Un orage : on voit l'éclair puis on entend le tonnerre 3 secondes plus tard. Quelle est la distance de l'orage ?

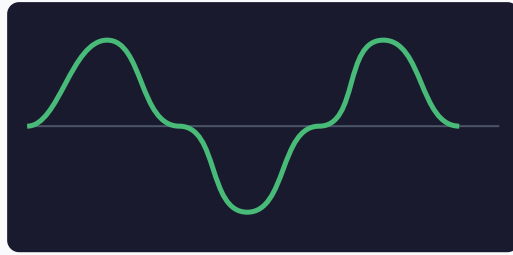
b) Un sonar envoie une impulsion et reçoit l'écho du fond marin après $t = 0,6$ s. La célérité du son dans l'eau est $v = 1\,500$ m/s. Quelle est la profondeur ?



Mes calculs :

EXERCICE 3 Domaines de fréquences et applications

SOCLE



Oscillogramme sonore

Compléter le tableau en associant chaque application à son domaine fréquentiel :

Application	Fréquence typique	Domaine	Contexte
Détection défauts bois par ultrasons (CND)	2 MHz	?	Industrie / Atelier
Echolocation chauve-souris	50 000 Hz	?	Nature
Vibration d'un compresseur d'atelier au ralenti	25 Hz	?	Atelier
Alarme sonore atelier	1 000 Hz	?	Sécurité
Infrasons séismes	0,5 Hz	?	Géophysique

Mes calculs :

EXERCICE 4 Longueur d'onde – calcul guidé étape par étape

SOCLE

Formule donnée : $\lambda = \frac{v}{f}$

v = célérité du son (m/s) | f = fréquence (Hz) | λ = longueur d'onde (m)

Méthode :

Étape 1 : Identifier les données (v et f).

Étape 2 : Appliquer $\lambda = v/f$.

Étape 3 : Calculer et donner l'unité.

Exemple guidé : $f = 440$ Hz, $v = 340$ m/s (air).

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{440} = \dots\dots\dots \text{ m}$$

À toi – a) Une alarme d'atelier émet un son à $f = 1\,000$ Hz dans l'air ($v = 340$ m/s).

Étape 1 : $v = \dots\dots\dots$ m/s ; $f = \dots\dots\dots$ Hz

Étape 2 : $\lambda = \frac{340}{\dots} = \dots\dots\dots$ m

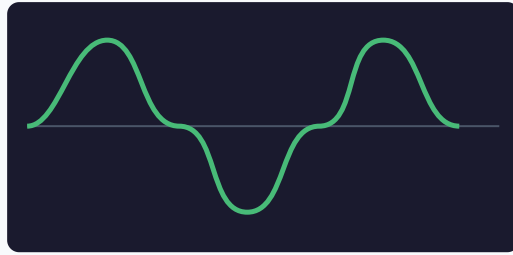
b) Un compresseur vibre à $f = 50$ Hz dans l'air ($v = 340$ m/s).

$$\lambda = \frac{340}{\dots} = \dots\dots\dots \text{ m}$$

Mes calculs :

EXERCICE 5 Niveau sonore en atelier – tableau à compléter

SOCLE



Oscillogramme sonore

Règle :

Niveau > 85 dB → port des protections auditives obligatoire.

Atténuation des bouchons : niveau reçu = niveau source – atténuation (dB).

Compléter le tableau pour l'atelier de menuiserie :

Outil	Niveau (dB)	EPI obligatoires ?	Niveau reçu avec bouchons (-28 dB)
Conversation normale	60	.....	..... dB
Scie circulaire	100	.....	..... dB
Meuleuse	110	.....	..... dB
Dégauchisseuse	95	.....	..... dB

Question : Avec des bouchons atténuant de 28 dB, le niveau reçu sous la meuleuse (110 dB) est-il conforme (inférieur à 87 dB) ?

Mes calculs :

EXERCICE 6 Distance et écho – calcul guidé

SOCLE

Formule : Pour un aller-retour : $d = \frac{v \times t}{2}$ avec $v = 340$ m/s

Un capteur de stationnement à ultrasons (placé à l'arrière d'une voiture) émet une impulsion vers un obstacle. L'écho revient après $t = 0,002$ s. Le son se propage dans l'air à $v = 340$ m/s.

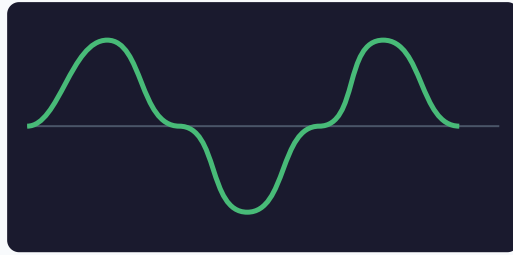
Étape 1 : $v = \dots\dots\dots$ m/s ; $t = \dots\dots\dots$ s

Étape 2 : $d = \frac{340 \times \dots}{2} = \frac{\dots}{2} = \dots\dots\dots$ m

Mes calculs :

EXERCICE 7 Grave ou aigu ? – Classifier des sons du quotidien

SOCLE



Oscillogramme sonore

Rappel : Plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu. Sons audibles : de 20 Hz à 20 000 Hz.

Classifier les sons suivants du plus grave au plus aigu :

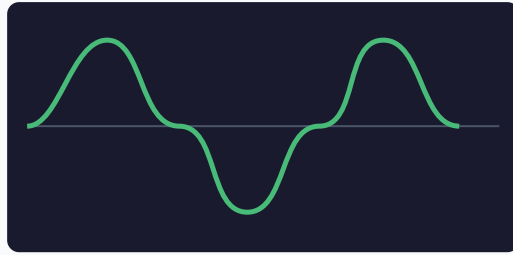
Son	Fréquence
Ronronnement d'un chat	25 Hz
Note de guitare (corde grave)	82 Hz
Sonnerie de téléphone	1 500 Hz
Sifflement d'une bouilloire	4 000 Hz

Recopier les sons dans l'ordre du plus grave au plus aigu.

Mes calculs :

EXERCICE 8 Vitesse du son – Calcul de distance guidé

SOCLE



Oscillogramme sonore

Formule donnée : $d = v \times t$ avec $v = 340$ m/s dans l'air.

Méthode :

Étape 1 : Repérer v et t .

Étape 2 : Calculer $d = v \times t$.

Étape 3 : Donner le résultat en mètres puis en kilomètres si besoin.

Lors d'un feu d'artifice, tu vois la fusée exploser puis tu entends le bruit **2,5 secondes** plus tard.

Étape 1 : $v = \dots\dots\dots$ m/s ; $t = \dots\dots\dots$ s

Étape 2 : $d = 340 \times \dots = \dots\dots\dots$ m

Étape 3 : Convertir en km : $d = \dots\dots\dots$ km

Mes calculs :

EXERCICE 9 Vrai ou faux – Propagation du son

SOCLE

Indiquer si chaque affirmation est vraie ou fausse. Corriger les affirmations fausses.

1. Le son peut se propager dans le vide.
2. Le son se propage plus vite dans l'acier que dans l'air.
3. La fréquence du son change quand il passe de l'air à l'eau.
4. Un son de 10 Hz est un ultrason.
5. Le seuil de danger pour l'oreille est de 85 dB.

Mes calculs :

EXERCICE 10 Protections auditives – Choisir le bon EPI

SOCLE

Règle : Niveau reçu = Niveau source – Atténuation de l'EPI.

Le niveau reçu doit rester inférieur à 87 dB.

Un artisan menuisier utilise une scie circulaire qui produit 102 dB. Il dispose de deux protections :

- Bouchons mousse : atténuation de 22 dB
- Casque anti-bruit : atténuation de 30 dB

a) Calculer le niveau reçu avec les bouchons mousse :

Niveau reçu = $102 - \dots = \dots\dots\dots$ dB

b) Calculer le niveau reçu avec le casque anti-bruit :

Niveau reçu = $102 - \dots = \dots\dots\dots$ dB

c) Quel EPI est suffisant pour respecter la limite de 87 dB ? Lequel est le plus confortable ?

Mes calculs :

EXERCICE 11 Longueur d'onde – Comparer deux sons

SOCLE

Formule donnée : $\lambda = \frac{v}{f}$ avec $v = 340$ m/s dans l'air.

On considère deux sons dans l'air :

- Son A : fréquence $f_A = 170$ Hz
- Son B : fréquence $f_B = 3\,400$ Hz

a) Calculer λ_A : $\lambda_A = \frac{340}{\dots} = \dots\dots\dots$ m

b) Calculer λ_B : $\lambda_B = \frac{340}{\dots} = \dots\dots\dots$ m

c) Lequel a la plus grande longueur d'onde ? Est-ce le son le plus grave ou le plus aigu ?

Mes calculs :

EXERCICE 12 Retrouver une durée – Calcul guidé

SOCLE

Formule : $d = v \times t$ donc $t = \frac{d}{v}$

Méthode :

Étape 1 : Repérer d et v .

Étape 2 : Calculer $t = d/v$.

Étape 3 : Donner le résultat en secondes.

Un stade de football se trouve à 680 m de chez toi. Le son d'un but retentit ($v = 340$ m/s).

Combien de temps met le son pour arriver chez toi ?

$$t = \frac{d}{v} = \frac{680}{\dots} = \dots \text{ s}$$

Mes calculs :

EXERCICE 13 Relier caractéristiques et grandeurs**SOCLE**

Relier chaque caractéristique du son à la grandeur physique correspondante :

Caractéristique perçue		Grandeur physique
Le son est grave ou aigu	→	A. Niveau sonore (dB)
Le son est fort ou faible	→	B. Fréquence (Hz)
On reconnaît l'instrument	→	C. Timbre

Mes calculs :

Exercices d'application

EXERCICE 14 Longueur d'onde – Calcul guidé STANDARD

Relation : $\lambda = \frac{v}{f}$ où λ est en mètres, v en m/s, f en Hz.

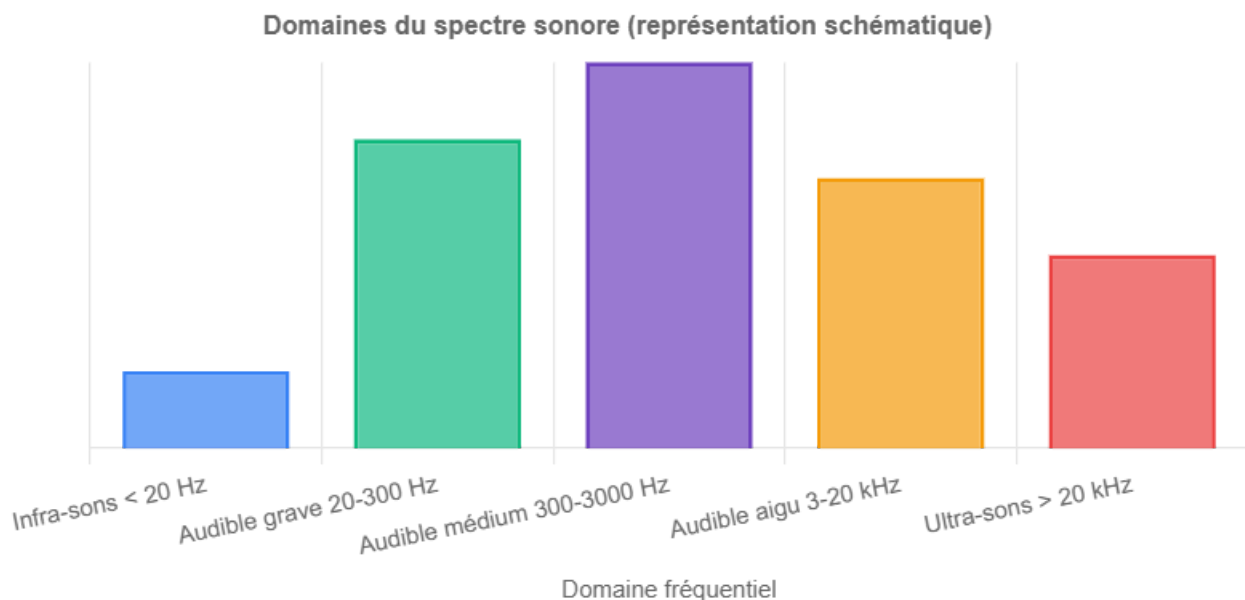
Méthode guidée :

Étape 1 : Identifier v (milieu de propagation) et f .

Étape 2 : Appliquer $\lambda = \frac{v}{f}$.

Étape 3 : Exprimer le résultat avec les bonnes unités.

- a) Le La musical a une fréquence $f = 440$ Hz. Dans l'air ($v = 340$ m/s), calculer la longueur d'onde λ .
- b) Ce même son se propage dans l'eau ($v = 1\,500$ m/s). Calculer la nouvelle longueur d'onde. Commenter.
- c) Quelle est la longueur d'onde d'un ultrason à $40\,000$ Hz dans l'air ?



Domaines du spectre sonore avec applications en atelier de menuiserie

Mes calculs :

A rectangular box with a dashed border, containing five horizontal lines for writing. The box is positioned at the top of the page and is empty.

EXERCICE 15 Niveau sonore – Risques en atelier**STANDARD****CONTEXTE PROFESSIONNEL**

Niveaux sonores mesurés dans un atelier de menuiserie :

Source sonore	Niveau (dB)	Risque auditif
Conversation normale	60 dB	?
Compresseur d'air	100 dB	?
Meuleuse angulaire	110 dB	?
Seuil de douleur	120 dB	Danger immédiat

Selon le Code du Travail : exposition > 85 dB → EPI obligatoires. Exposition > 87 dB (8h/jour) → valeur limite déclenchant l'action.

- Quels équipements de l'atelier nécessitent le port de protections auditives ?
- Un technicien utilise la meuleuse (110 dB) sans protections. À quelle durée maximale d'exposition est-il limité (règle générale : $+3 \text{ dB} = \text{durée} \div 2$, base 8h à 85 dB) ?
- Des bouchons d'oreilles offrent une atténuation de 30 dB. Quel niveau sonore le technicien reçoit-il avec ces bouchons sous la meuleuse ?

Mes calculs :

EXERCICE 16 Timbre – Même note, sons différents

STANDARD

Un violon et une trompette jouent la même note La à 440 Hz. On analyse les deux sons à l'oscilloscope.

- a) Ces deux sons ont-ils la même hauteur ? Justifier.
- b) Comment explique-t-on qu'on les distingue facilement à l'oreille ?
- c) Qu'est-ce que le *timbre* d'un son et comment apparaît-il sur l'oscilloscope ?
- d) Application atelier : deux toupies tournent à la même vitesse (même fréquence de rotation). Peut-on les distinguer au son ? Qu'est-ce que cela implique pour la maintenance ?

Mes calculs :

EXERCICE 17 Ultrason – Contrôle non destructif

STANDARD

CONTEXTE PROFESSIONNEL

Une sonde à ultrasons de fréquence $f = 4$ MHz est utilisée pour contrôler l'épaisseur d'une paroi métallique (acier). La célérité du son dans l'acier est $v = 5\,000$ m/s.

- Convertir $f = 4$ MHz en Hz.
- Calculer la longueur d'onde λ de l'ultrason dans l'acier.
- L'écho revient après $t = 4$ μ s (microsecondes). Calculer l'épaisseur e de la paroi.
- Cette technique de contrôle est-elle destructive pour la pièce ? Quel avantage en atelier ?

Rappel : 1 MHz = 10^6 Hz | 1 μ s = 10^{-6} s | aller-retour donc $e = \frac{v \times t}{2}$

Mes calculs :

EXERCICE 18 Célérité dans différents milieux

STANDARD

Un menuisier frappe sur une poutre en chêne de 15 m de long. Un collègue se trouve à l'autre extrémité.

Données : célérité du son dans le chêne : $v_{bois} = 4\,000$ m/s ; dans l'air : $v_{air} = 340$ m/s.

- Calculer le temps mis par le son pour parcourir la poutre.
- Calculer le temps mis par le son pour parcourir 15 m dans l'air.
- Le collègue entend-il deux sons distincts ? Calculer le décalage entre les deux.

Mes calculs :

EXERCICE 19 Longueur d'onde et défauts dans le bois

STANDARD

Un appareil de contrôle non destructif envoie des ultrasons à $f = 200$ kHz dans une planche de sapin. La célérité du son dans le sapin est $v = 3\,500$ m/s.

- Convertir la fréquence en Hz.
- Calculer la longueur d'onde λ dans le sapin.
- On considère qu'un défaut est détectable si sa taille est supérieure à $\lambda/2$. Quelle est la taille minimale de défaut détectable ?
- Peut-on détecter un nœud de 1 cm de diamètre avec cet appareil ?

Mes calculs :

EXERCICE 20 Écho en montagne

STANDARD

Un randonneur crie face à une falaise et entend l'écho 4 secondes plus tard. La température est de 20 °C ($v = 340\text{ m/s}$).

- Expliquer pourquoi il faut diviser par 2 dans le calcul de la distance.
- Calculer la distance entre le randonneur et la falaise.
- En hiver, la température descend à 0 °C et la célérité du son vaut alors 331 m/s . Recalculer la distance mesurée pour le même écho de 4 s. L'erreur est-elle importante ?

Mes calculs :

EXERCICE 21 Concert et protection auditive

STANDARD

Lors d'un concert de rock, le niveau sonore moyen est de 105 dB à la place d'un spectateur.

- a) Ce niveau dépasse-t-il le seuil de danger de 85 dB ? De combien ?
- b) Un spectateur porte des bouchons d'oreilles qui atténuent de 25 dB. Quel niveau sonore reçoit-il ?
- c) La réglementation française limite le niveau sonore dans les salles de concert à 102 dB. Ce concert est-il conforme ?
- d) Un musicien du groupe est exposé à 115 dB pendant 2 heures chaque soir. Expliquer pourquoi les musiciens professionnels portent souvent des bouchons moulés.

Mes calculs :

EXERCICE 22 Plusieurs machines en marche – Les dB ne s'additionnent pas !

STANDARD

CONTEXTE PROFESSIONNEL

Erreur fréquente : les niveaux sonores en décibels ne s'additionnent **PAS** comme des nombres ordinaires. Deux machines de 80 dB ne font **pas** 160 dB ! Le décibel est une échelle particulière (logarithmique).

Règle à connaître (constat de mesure) : chaque fois que l'on **double** le nombre de sources sonores identiques, le niveau augmente de **+3 dB(A)** seulement.

Exemple : 1 machine → 80 dB ; 2 machines → 83 dB ; 4 machines → 86 dB ; 8 machines → 89 dB.

Dans un atelier de menuiserie, plusieurs dégauchisseuses identiques produisent chacune **80 dB(A)** au poste de l'opérateur. On veut connaître le niveau total selon le nombre de machines en marche.

Nombre de machines	Niveau total (dB)
1	80
2	?
4	?
8	?

- Un élève écrit : « 2 machines de 80 dB → $80 + 80 = 160$ dB ». Expliquer pourquoi ce calcul est faux.
- Compléter le tableau en appliquant la règle du +3 dB par doublement.
- Le seuil au-delà duquel les protections auditives sont obligatoires est de 85 dB. À partir de combien de machines en marche est-il atteint ou dépassé ?

Mes calculs :

EXERCICE 23 Période et fréquence – Lecture d'oscillogramme

STANDARD

Sur un oscilloscope, on observe le signal sonore d'un diapason. On mesure que 5 oscillations complètes occupent une durée de $\Delta t = 11,4$ ms.

- Calculer la période T d'une oscillation.
- En déduire la fréquence $f = 1/T$.
- De quel instrument s'agit-il probablement ? Justifier.
- Calculer la longueur d'onde de ce son dans l'air ($v = 340$ m/s).

Mes calculs :

EXERCICE 24 Son dans l'eau – Échographie et sonar

STANDARD

Un sonar de bateau de pêche envoie une impulsion sonore vers le fond. L'écho revient après $t = 0,12$ s. La célérité du son dans l'eau de mer est $v = 1\,500$ m/s.

- a) Calculer la profondeur du fond marin.
- b) Le sonar détecte un banc de poissons avec un écho à $t = 0,04$ s. À quelle profondeur se trouvent les poissons ?
- c) En médecine, l'échographie utilise aussi des ultrasons. La célérité dans les tissus mous est environ $v = 1\,540$ m/s. Un écho revient après $t = 0,0001$ s. À quelle profondeur se trouve l'organe observé ?

Mes calculs :

Exercices d'approfondissement

EXERCICE 25 Diagnostic bruit de broche – Toupie en atelier

APPROFONDISSEMENT

CONTEXTE PROFESSIONNEL

Un technicien détecte avec un sonomètre une vibration anormale de fréquence $f = 120$ Hz sur la broche d'une toupie tournant à 3 600 tr/min.

- Convertir 3 600 tr/min en tr/s (tours par seconde).
- La broche de la toupie porte 2 couteaux. Chaque couteau produit une impulsion à chaque tour. Quelle est la fréquence fondamentale des impacts des couteaux ?
- Le signal à 120 Hz est-il un harmonique de la fréquence fondamentale ? Quel ordre ?
- Proposer des sources mécaniques possibles produisant ce signal (déséquilibre, jeu, usure).

Rappel : La fréquence de rotation en tr/s = (tr/min) \div 60. Un harmonique de rang n a pour fréquence $f_n = n \times f_0$.

Mes calculs :

EXERCICE 26 Protection acoustique atelier – Réglementation

APPROFONDISSEMENT

CONTEXTE PROFESSIONNEL

Un compresseur d'atelier produit un niveau sonore de 104 dB à 1 m. La réglementation (Directive européenne bruit 2003/10/CE) fixe :

Valeur déclenchante	Niveau d'exposition (8h)	Obligation
Inférieure	< 80 dB	Aucune
1ère valeur d'action	80 dB	Mise à disposition EPI
2ème valeur d'action	85 dB	EPI obligatoires + formation
Valeur limite	87 dB	Ne jamais dépasser (avec EPI)

- À 104 dB, quelle valeur déclenchante est franchie ?
- Des bouchons d'oreilles SNR = 32 dB sont disponibles. Quelle atténuation efficace faut-il appliquer (règle pratique : efficacité réelle \approx SNR - 7 dB) ?
- Avec ces bouchons, quel niveau sonore le technicien reçoit-il ? Est-ce conforme à la valeur limite de 87 dB ?
- Rédiger une procédure courte de 3 règles à afficher dans l'atelier concernant le bruit.

Mes calculs :

EXERCICE 27 Analyse spectrale et maintenance préventive

APPROFONDISSEMENT

CONTEXTE PROFESSIONNEL

Une rectifieuse (machine-outil) tourne à 6 000 tr/min. La roulement de broche comporte 12 billes. Un capteur de vibrations enregistre le spectre sonore et révèle un pic à 1 400 Hz.

- Convertir 6 000 tr/min en tr/s.
- Calculer la fréquence de passage des billes (fréquence de rotation \times nombre de billes).
- Le pic à 1 400 Hz coïncide-t-il avec la fréquence de passage des billes ? Que peut-on en déduire ?
- Un technicien mesure aussi un pic à 200 Hz. Sachant que la fréquence de rotation est 100 tr/s, de quel harmonique s'agit-il ? Proposer une cause mécanique.
- La norme EN ISO 10816 préconise une vitesse de vibration maximale de 2,8 mm/s pour une machine de cette classe. Le technicien mesure 3,5 mm/s. Quelle décision prendre ?

Mes calculs :

EXERCICE 28 Isolation phonique d'un atelier – Étude complète

APPROFONDISSEMENT

Un artisan menuisier souhaite isoler son atelier du bruit. Le niveau sonore mesuré à l'intérieur est de 98 dB lorsque la scie à ruban fonctionne. Le voisinage se plaint du bruit (limite réglementaire en zone résidentielle : 35 dB la nuit, 40 dB le jour).

- a) Quelle atténuation minimale (en dB) doit apporter l'isolation pour respecter la limite de jour ?
- b) Un mur en parpaings de 20 cm apporte une atténuation de 45 dB. Un doublage en laine de roche ajoute 12 dB d'atténuation. L'ensemble est-il suffisant ?
- c) Le menuisier envisage aussi de poser des plots anti-vibration sous la scie. Expliquer le principe physique de cette solution.
- d) Proposer un plan d'action complet (3 mesures) pour réduire les nuisances sonores.

Mes calculs :

EXERCICE 29 Échographie médicale – Calcul multi-étapes

APPROFONDISSEMENT

Une sonde d'échographie émet des ultrasons à la fréquence $f = 5$ MHz dans les tissus mous du corps humain. La célérité du son dans ces tissus est $v = 1\,540$ m/s.

- a) Convertir la fréquence en Hz et calculer la longueur d'onde λ .
- b) Un écho est reçu après $t = 0,00013$ s. Calculer la profondeur de la structure réfléchissante.
- c) Le même appareil est utilisé pour examiner un os ($v_{os} = 3\,500$ m/s). L'écho d'un défaut dans l'os revient après $t = 0,000006$ s. Calculer la profondeur du défaut.
- d) Expliquer pourquoi la résolution de l'image échographique est meilleure avec une fréquence élevée. Quel est l'inconvénient d'une fréquence trop élevée ?

Mes calculs :

EXERCICE 30 Cartographie sonore d'un atelier**APPROFONDISSEMENT**

Un responsable sécurité réalise une cartographie sonore d'un atelier de menuiserie. Il mesure le niveau sonore à différents postes :

Poste de travail	Niveau (dB)	Durée d'exposition/jour
Scie circulaire	102	1 h
Défonceuse	96	2 h
Ponçage manuel	78	3 h
Assemblage (marteau)	88	1 h 30
Bureau (devis, plans)	45	30 min

- Pour chaque poste, indiquer si le port d'EPI auditifs est obligatoire (seuil : 85 dB).
- Classer les postes du plus dangereux au moins dangereux pour l'audition.
- Le menuisier utilise un casque anti-bruit atténuant de 28 dB. Calculer le niveau reçu pour chaque poste bruyant (> 85 dB). Tous les niveaux sont-ils ramenés sous 87 dB ?
- Proposer une organisation de la journée de travail qui minimise le risque auditif. Justifier.

Mes calculs :

EXERCICE 31 Contrôle ultrasonore d'un panneau de bois lamellé-collé

APPROFONDISSEMENT

Un technicien contrôle un panneau de bois lamellé-collé de 8 cm d'épaisseur à l'aide d'une sonde ultrasonore. La célérité du son dans le bois est $v = 4\,200$ m/s. La fréquence de la sonde est $f = 500$ kHz.

- Calculer la longueur d'onde des ultrasons dans le bois.
- L'écho de la face arrière du panneau revient après $t_1 = 38$ μs . Retrouver l'épaisseur du panneau par le calcul.
- Un écho parasite apparaît à $t_2 = 24$ μs , avant l'écho de fond. Calculer la profondeur de ce défaut.
- Ce défaut se situe-t-il dans une zone de collage entre deux lamelles ? Le panneau est constitué de 4 lamelles de 2 cm chacune (joints de colle à 2 cm, 4 cm et 6 cm). Conclure sur la qualité du collage.

Mes calculs :

EXERCICE 32 Problème ouvert – Mesurer la vitesse du son

APPROFONDISSEMENT

Deux élèves souhaitent mesurer la vitesse du son dans l'air avec le matériel suivant : un mètre ruban de 50 m, un chronomètre de smartphone (précision 0,01 s) et deux morceaux de bois à claquer l'un contre l'autre.

- a) Proposer un protocole expérimental détaillé pour mesurer la célérité du son. Préciser le rôle de chaque élève.
- b) Les élèves se placent à 50 m l'un de l'autre. L'élève B mesure un temps de $t = 0,15$ s entre le moment où il voit les bois se frapper et le moment où il entend le claquement. Calculer la célérité du son obtenue.
- c) L'écart avec la valeur théorique (340 m/s) est-il acceptable ? Calculer l'erreur relative en pourcentage.
- d) Identifier au moins 3 sources d'erreur et proposer des améliorations pour chacune.

Mes calculs :

Caractéristiques d'un son

Caractéristiques d'un son | 2de Bac Pro

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir

 Objectifs du chapitre

cliquer pour développer

 **Durée** : 1 heure  **Calculatrice** : autorisée  **Barème** : 20 points **Documents** : non autorisés

APP - S'Approprier

ANA - Analyser

REA - Réaliser

VAL - Valider

COM - Communiquer

SOCLE

Devoir Surveillé - Niveau Socle

Les formules sont données dans chaque partie. Les étapes sont préparées pour t'aider.

Partie A - Vocabulaire du son

6 pts

2 pts par question.

À retenir :

Fréquence élevée → son aigu | Fréquence basse → son grave

Infra < 20 Hz | Audible : 20 - 20 000 Hz | Ultra > 20 000 Hz

Amplitude grande → son fort | Amplitude petite → son faible

1. **APP** Compléter le tableau en cochant la bonne case :

Son	Fréquence	Grave / Aigu	Domaine
Alarme atelier	1 000 Hz	.....	.....
Vibration moteur diesel	50 Hz	.....	.....
Sifflet à ultrasons	25 000 Hz	-	.....
Infrasons séisme	1 Hz	-	.....

2. **APP** Compléter les phrases avec les mots : *fréquence, amplitude, timbre, hauteur*.

- La d'un son correspond à sa hauteur (grave ou aigu).
- L'..... d'un son correspond à son intensité (fort ou faible).
- Le d'un son permet de distinguer deux instruments jouant la même note.

3. **COM** Un menuisier travaille toute la journée avec une scie circulaire produisant 100 dB. Doit-il porter des protections auditives ? Justifier en une phrase.

Partie B – Calculs guidés

8 pts

Formules données :

Distance : $d = v \times t$ (m) avec $v = 340$ m/s dans l'air

Écho (aller-retour) : $d = \frac{v \times t}{2}$

Longueur d'onde : $\lambda = \frac{v}{f}$

1. **REA** (3 pts) Un apprenti en atelier entend un claquement et voit la source à la même instant. 2 secondes plus tard, il entend l'écho sur le mur en face.

$$\text{Distance} = \frac{v \times t}{2} = \frac{340 \times \dots}{2} = \dots \text{ m}$$

2. **REA** (3 pts) Une alarme d'atelier émet un son à $f = 500$ Hz dans l'air ($v = 340$ m/s).

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{\dots} = \dots \text{ m}$$

3. **REA** (2 pts) Un compresseur produit 95 dB. Des bouchons atténuent de 25 dB. Quel niveau sonore le technicien reçoit-il ?

Niveau reçu = $95 - 25 = \dots\dots\dots$ dB. Ce niveau est-il conforme (inférieur à 87 dB) ?

Partie C – Protection auditive en atelier de menuiserie

6 pts

L'atelier de menuiserie utilise les machines suivantes :

Machine	Niveau sonore
Défonceuse	105 dB
Ponceuse à bande	88 dB
Scie sur table	97 dB
Marteau pneumatique	115 dB

1. **APP** (2 pts) Pour quelles machines les EPI auditifs sont-ils obligatoires ? (seuil : 85 dB)

2. **REA** (2 pts) Des coquilles anti-bruit offrent 30 dB d'atténuation. Calculer le niveau reçu sous la défonceuse (105 dB) :

Niveau reçu = $105 - 30 = \dots\dots\dots$ dB. Conforme (< 87 dB) ?

3. **COM** (2 pts) Citer deux autres mesures de prévention contre le bruit en atelier (autres que les EPI).

Partie A – Connaissances

8 pts

2 pts par question.

1. **APP** Citer les trois caractéristiques d'un son et les grandeurs physiques qui leur correspondent.

2. **APP** Donner les limites du domaine audible humain en fréquence et expliquer ce qui se passe en dehors de ces limites.

3. **APP** Écrire la relation entre longueur d'onde λ , célérité v et fréquence f . Expliquer pourquoi les ultrasons sont utiles pour le contrôle non destructif (CND) des pièces.

4. **COM** La réglementation fixe une valeur d'action de 85 dB (exposition sur 8h). Expliquer ce que cela signifie et quelles obligations en découlent pour l'employeur.

Partie B – Atelier de menuiserie — Applications

12 pts

Un technicien de maintenance dans un atelier de menuiserie et agencement doit réaliser un contrôle acoustique et vérifier la conformité du poste de travail vis-à-vis de la réglementation bruit.

1. **REA** (4 pts) La toupie de l'atelier émet un son fondamental à $f = 200$ Hz dans l'air ($v = 340$ m/s).

a) Calculer la longueur d'onde de ce son.

b) Un opérateur se tient à 5 m de la toupie. Combien de temps met le son pour lui parvenir ?

2. **ANA** (4 pts) Le sonomètre relève les niveaux suivants (mesure sur 8h) : toupie 98 dB, scie à format 105 dB, ponceuse 90 dB.

a) Ces niveaux dépassent-ils la valeur d'action de 85 dB ? Quelles obligations en découlent ?

b) Des bouchons $SNR = 35$ dB sont fournis. Calculer le niveau reçu sous chaque machine avec ces bouchons (atténuation efficace = $SNR - 7$ dB). Les niveaux sont-ils conformes (< 87 dB) ?

3. **REA** (4 pts) Le technicien utilise une sonde à ultrasons ($f = 1$ MHz, $v = 5\,000$ m/s dans le bois) pour contrôler une planche de chêne.

a) Calculer la longueur d'onde de l'ultrason dans le bois.

b) L'écho revient après $t = 60\ \mu\text{s}$ ($1\ \mu\text{s} = 10^{-6}$ s). Calculer l'épaisseur de la planche.

c) Quel défaut recherche-t-on avec cette technique ?

Partie A – Analyse et raisonnement

8 pts

2 pts par question.

1. **APP** Expliquer la différence entre un son pur et un son complexe. Comment ces deux types de sons apparaissent-ils sur un oscilloscope et sur un spectre de fréquences ?

2. **ANA** Un menuisier travaille 2 heures à la défonceuse (110 dB) et 6 heures à la scie sur table (95 dB). Sachant que la règle des 3 dB stipule que +3 dB = durée maximale ÷ 2 (base : 8h à 85 dB), calculer la durée maximale d'exposition sans EPI pour chacune de ces machines.

3. **ANA** En contrôle non destructif (CND), pourquoi utilise-t-on des ultrasons à 1–10 MHz plutôt que des sons audibles à 1 000 Hz pour détecter des microfissures de 2 mm dans une pièce en acier ($v = 5\,000$ m/s) ? Justifier par le calcul des longueurs d'onde.

4. **COM** Un ingénieur acousticien mesure une vibration à 300 Hz sur une raboteuse tournant à 3 000 tr/min avec une tête de coupe à 6 couteaux. Identifier l'origine de cette vibration et proposer une action corrective.

Un responsable HSE (Hygiène Sécurité Environnement) doit établir un plan de prévention acoustique pour un atelier de menuiserie-agencement. L'atelier emploie 8 techniciens travaillant 8h/jour. Les mesures suivantes ont été relevées :

Machine / Zone	Niveau sonore mesuré	Durée d'exposition journalière
Scie à panneaux numérique	99 dB	3h
Centre d'usinage CNC	94 dB	4h
Zone de finition (ponçage)	87 dB	1h
Salle de montage	75 dB	tout le reste du temps

1. **ANA** (3 pts) Pour chaque poste, indiquer si les EPI sont obligatoires. En s'appuyant sur la règle des 3 dB (base : 8h à 85 dB), calculer la durée maximale d'exposition sans EPI pour la scie à panneaux (99 dB).

2. **REA** (3 pts) Des casques anti-bruit SNR = 28 dB sont proposés pour le centre CNC (94 dB). Calculer le niveau reçu avec ces casques (atténuation efficace = SNR – 7 dB). Ces casques sont-ils suffisants pour la scie à panneaux (99 dB) ?

3. **REA** (3 pts) Le responsable HSE installe un caisson insonorisé autour de la scie à panneaux, réduisant le niveau à 85 dB. Calculer la réduction en dB apportée par le caisson. Avec cette mesure collective, des EPI sont-ils encore nécessaires ?

4. **COM** (3 pts) Rédiger les grandes lignes du plan de prévention acoustique en distinguant les mesures de prévention collective (à la source, sur le trajet du son) et les mesures de

protection individuelle. Mentionner les obligations réglementaires de suivi médical.
