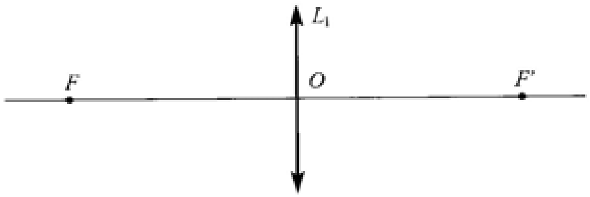
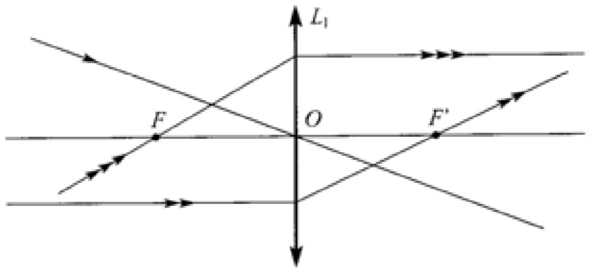
OBJECTIF BAC

1. Détermination d'une distance focale

1. a.

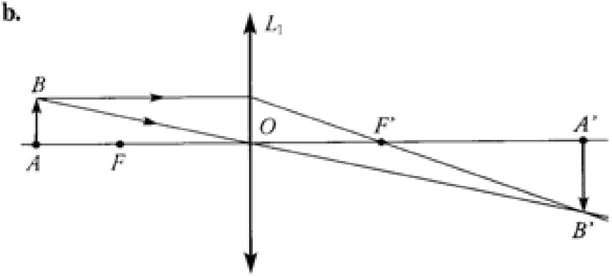


b.



2. a. Il faut utiliser, en plus de la lentille : un banc d'optique, une source de lumière, un écran, un objet transparent et un diaphragme.

b.



c. On utilise un banc d'optique pour que les alignements soient corrects et pour permettre des mesures précises.

d. Les conditions de Gauss exigent des rayons peu inclinés sur l'axe optique et passant près du centre optique O.

3. a. La relation de conjugaison montre que, si l'objet s'éloigne vers l'infini ($\frac{1}{\overline{OA}} \to 0$), alors $\frac{1}{\overline{OA'}} \to \frac{1}{f'}$ et $\overline{OA'} = f'$. Pour $\frac{1}{\overline{OA}} = 0$ sur le graphique, on lit $\frac{1}{\overline{OA'}} = 4{,}2\ \text{m}^{-1}$, soit une distance focale de 24 cm.

b. Si la distance objet-lentille est inférieure à la distance focale, les rayons de construction à l'émergence divergent ; on ne peut plus recevoir une image sur l'écran.

2. Étude d'un orgue

A. 1. a. Disposer directement de plusieurs notes.

b. La longueur du tuyau ouvert aux deux extrémités détermine la fréquence du fondamental qu'il émet.

c. Le fondamental émis n'est pas le même ; avec un tuyau fermé à une extrémité, seuls sont émis les harmoniques impairs.

2. a. Les lèvres du flûtiste.

b. Le tuyau et l'air qu'il contient.

B. 1. a. Modifier la répartition des ventres de vibrations (coïncidant avec les trous) et donc changer la nature du fondamental.

b. Non, car la répartition des ventres vibratoires est différente. La longueur d'onde du fondamental est donc différente puisqu'il y a une demi-longueur d'onde entre deux nœuds consécutifs et que $\lambda = \frac{V}{f}$.

2. a. En « montant la gamme » (do, ré, mi...), la fréquence des notes augmente.

b. Pour un tuyau ouvert aux deux extrémités, $L = k \cdot \frac{\lambda}{2}$ pour les harmoniques émis donc $L = k \cdot \lambda_0 = k \cdot \frac{V}{f_0}$, f_0 étant la fréquence du fondamental : L varie en sens inverse de f_0. Si L diminue, f_0 croît.

3. a. Le fondamental correspond au son de fréquence la plus basse entrant en résonance pour l'instrument donné.

Le tuyau émet aussi des harmoniques dont la répartition dépend de la manière de jouer et de l'intensité sonore produite.

b. La partie résonante du tuyau est comprise entre les deux ouvertures (bouche et extrémité) ; on trouve les longueurs suivantes :

$L_{do} = 45{,}5$ mm ; $L_{ré} = 42$ mm ; $L_{mi} = 38$ mm ; $L_{fa} = 36{,}5$ mm ; $L_{sol} = 32$ mm ; $L_{la} = 29$ mm ; $L_{si} = 24{,}5$ mm ; $L_{do} = 22{,}5$ mm.

c. $\frac{L_{do(aigu)}}{L_{do(grave)}} = \frac{22{,}5}{45} = \frac{1}{2}$; les fréquences sont donc dans le rapport 2 : la seconde note est à l'octave de la première.

4. a. $L = \frac{\lambda}{2} = \frac{V}{2f}$, soit $L = \frac{343}{2 \times 262} = 0{,}6546$

$\simeq 0{,}655$ m.

b. Il est nécessaire d'accorder l'instrument en modifiant sa longueur (augmenter L si la température augmente) ; un petit cylindre appelé « coulisse d'accord » est emboîté à cet effet en bout de chaque tuyau ; dans une salle de concert bondée, les musiciens doivent accorder leurs instruments au fur et à mesure que la soirée avance et donc que la température de la salle augmente.

3. Son musical et tuyau sonore

A. 1. a. $T = 4{,}6$ ms et $f = 0{,}22$ kHz.

Il s'agit du la_2, car sa fréquence est la moitié de celle du la_3.

b. Le son est pur car la vibration est sinusoïdale.

2. a. On observe un décalage d'une demi-période.

b. Il y a opposition de phase.

c. Le déplacement du microphone M_2 est d'une demi-longueur d'onde : $d_2 - d_1 = \frac{\lambda}{2}$.

$\lambda = 1{,}56$ m.

$V = \lambda \cdot f$, donc $V = 343$ m.

3. a. On obtient une droite horizontale : le produit $\frac{I}{I_0} \cdot d^2$ est pratiquement constant, sa valeur est $k = 4{,}8 \cdot 10^5$ en moyenne.

b. I varie en raison inverse du carré de la distance.
c. L'intensité sonore à 2 m est le quart de celle à 1 m ; le niveau sonore est diminué de $10 \cdot \log 4 = 20 \cdot \log 2 = 6$ dB. Il est égal à 50 dB.
d. L'énergie se répartit sur des sphères concentriques de rayon d et de surface $4\pi \cdot d^2$.
Sur une couche sphérique de rayon d et d'épaisseur Δd, l'énergie est égale à $4\pi \cdot d^2 \cdot I \cdot \Delta d$.
En supposant qu'il n'y a pas de perte d'énergie, cette quantité est constante.
I varie bien en raison inverse du carré de la distance.
B. 1. a. Le son est composé car son spectre comporte trois fréquences.
b. On aurait obtenu un seul segment vertical correspondant à une fréquence unique.
2. a. Phénomène d'ondes stationnaires avec résonance.
b. On a deux ventres de vibration aux deux bouts : $L = k \cdot \dfrac{\lambda}{2}$.
c. Le paramètre k est augmenté d'une unité.
$L_1 = k \cdot \dfrac{\lambda}{2}$ et $L_2 = (k+1) \cdot \dfrac{\lambda}{2}$, donc $L_2 - L_1 = \dfrac{\lambda}{2}$;
$\lambda = 1{,}56$ m.
d. Point M_1 distant de $\dfrac{\lambda}{2}$ du haut-parleur : ventre de vibration ; point M_2 distant de $\dfrac{\lambda}{4}$ de M_1 : nœud de vibration.
3. $L = k \cdot \dfrac{\lambda}{2}$, soit $f = k \cdot \dfrac{V}{2L}$. On constate que la fréquence est inversement proportionnelle à la longueur du tuyau : le tuyau étant plus court, le son est plus aigu. On remarque que $L_3 = \dfrac{\lambda}{4} = \dfrac{V}{4f_3}$ ou $f_3 = \dfrac{V}{4L_3} = \dfrac{343}{4 \times 0{,}39} = 220$ Hz : c'est bien un la_3.

4. Dans l'orchestre

A. 1. a. Trompette, clarinette, violon et cymbales.
b. Le timbre.
2. a. Ce son est composé car il n'est pas constitué d'une onde sinusoïdale pure. Un son pur est obtenu à partir d'une onde sinusoïdale.
b. En mesurant la distance entre deux pics et en établissant une proportionnalité avec les inscriptions portées sur l'axe des abscisses, on détermine la période $T = 2{,}27$ ms, soit une fréquence $f = \dfrac{1}{T} = 440$ Hz.
c. Lorsqu'on passe d'une note à son octave, la fréquence double ; on obtiendrait donc ici une fréquence quadruple : $f' = 1\,760$ Hz.
3. a. Les courbes ont la même période, les sons ont donc la même fréquence et la même hauteur.
b. Pour la flûte, l'onde a une amplitude plus grande que dans le cas de l'instrument I_x, le son est plus intense. Mais cela n'est vrai que dans le cas où les sons ont la même fréquence, car l'intensité sonore est proportionnelle au carré de la vitesse vibratoire (comme une énergie cinétique), et donc au carré de l'amplitude et au carré de la fréquence ; c'est pour cela que les voix aiguës sont perçues comme plus intenses que les voix graves.
c. Les deux instruments n'ont pas le même timbre car les formes des ondes sont différentes.
4. Puisque les fréquences de deux notes à l'octave sont dans le rapport 2, on passe, pour deux degrés successifs, d'une fréquence à l'autre en multipliant par $2^{1/12}$, d'où le tableau suivant :

Note	do	do#	ré	ré#	mi	fa	fa#	sol	sol#	la	la#	si	do
Fréquence (Hz)	262	277	294	311	330	349	370	392	415	440	466	494	523

B. 1. I_0 correspond à l'intensité de seuil au-dessous de laquelle un son n'est pas perceptible par l'oreille humaine quelle que soit sa fréquence.
2. Les niveaux sonores ne s'ajoutent pas, seules les intensités s'ajoutent. On peut calculer l'intensité I_1 pour l'instrument A seul : $I_1 = I_0 \times 10^{L_1/10}$. Avec deux instruments, l'intensité I vaut $2I_1$, d'où L :

$$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10 \log\left(\frac{2I_1}{I_0}\right) = 10 \log\left(2I_0 \times \frac{10^{L_1/10}}{I_0}\right)$$
$$= 10 \log(2 \times 10^{L_1/10}).$$

$L = 10 \log 2 + 10 \log 10^{L_1/10} = 10 \log 2 + L_1 = 3 + 70$, soit : $L = 73$ dB.
3. L'intensité est ici $I = I_1 + I_2$ avec $I_1 = I_0 \times 10^{L_1/10}$ et $I_2 = I_0 \times 10^{L_2/10}$, d'où $L = 10 \log\left(\dfrac{I_1 + I_2}{I_0}\right)$,

$$\text{soit } L = \frac{10 \log(I_0 \times 10^{L_1/10} + I_0 \times 10^{L_2/10})}{I_0}$$
$$= 10 \log(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10})$$
$$= 10 \log(10^7 + 10^6) = 70{,}4,$$

soit : $L = 70{,}4$ dB.
4. Les mesures sont nécessairement fausses car le seuil de douleur se situe vers 130-140 dB, ce qui ne peut être dépassé au cours d'un concert symphonique.
C. 1. Les harmoniques ont des fréquences multiples de la fréquence du fondamental : f_3 et f_5.
2. a. Le fondamental a pour fréquence 440 Hz.
b. Les harmoniques ont pour fréquences : 880 Hz, 1 320 Hz et 1 760 Hz.
3. a. La hauteur d'un son est donnée par la fréquence du fondamental, ici 220 Hz.
b. Les harmoniques ont des fréquences multiples du fondamental ; ici il manque la fréquence 660 Hz.
4. a. Dans un sonagramme, on porte en abscisse le temps et en ordonnée les fréquences.
b. L'intensité est traduite par un codage de couleurs (fortes intensités en rouge jusqu'aux faibles intensités en jaune) ou un dégradé de gris.
c. Le fondamental est ici de l'ordre de 900 Hz.

5. Modes de vibration d'une corde de guitare

1. C'est un son musical car la tension observée est périodique.
2. Période déduite du graphe : $T = 9$ ms, soit une fréquence de 111 Hz.
La note la_1 est deux octaves en-dessous du la_3 : sa fréquence est $\dfrac{\frac{440}{2}}{2} = 110$ Hz.

3. C'est un son composé : la tension observée n'est pas sinusoïdale.
4. On retrouve l'analyse d'un son composé : le fondamental à 110 Hz et les harmoniques 1, 2 et 3 avec des amplitudes différentes.
5. La corde vibre en un seul fuseau : mode fondamental.
Sa longueur correspond à $\frac{\lambda}{2}$.
Donc $\lambda = 2 \times 65{,}2 = 130{,}4$ cm, soit 1,30 m.
$\lambda = V \cdot T = \frac{V}{f}$, d'où $V = \lambda \cdot f$,
soit $V = 1{,}30 \times 110 = 143\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

6. a. Il s'agit d'oscillations forcées. La corde parcourue par un courant et soumise à un champ magnétique perpendiculaire subit la force de Laplace perpendiculaire à la corde et sinusoïdale. Les ondes ainsi créées se propagent sur la corde et subissent des réflexions multiples. Elles se superposent.
Lorsque la fréquence du courant sera égale à l'une des fréquences des modes de vibration de la corde (fondamental, harmoniques), un système d'ondes stationnaires s'établira et on observera la corde vibrant alors avec un nombre entier de fuseaux d'égales longueurs.
b. La fréquence étant de 440 Hz et la célérité de $143\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, la longueur d'onde est égale 32,5 cm (le quart de la longueur d'onde du **5.**).
La longueur de la corde (65,2 cm) est un multiple de $\frac{\lambda}{2}$ (16,25 cm) : $L = 4\,\frac{\lambda}{2}$;
On observera donc quatre fuseaux.

7. a. C'est le même instrument : le timbre (caractéristique du son) est sensiblement conservé et la courbe aurait même allure. La période serait plus grande puisque la fréquence du son est alors plus petite.
b. La longueur de la corde est plus petite : $L_1 = \frac{\lambda_1}{2} = V \cdot T_1$ (T_1 est alors plus petite).
c. $f_1 = 123{,}5$ Hz et $f_0 = 110$ Hz.
Si n est le nombre de degrés qui séparent deux notes de fréquences f_1 et f_0, alors $\frac{f_1}{f_0} = 2^{n/12}$.
Dans ce cas, $\frac{f_1}{f_0} = \frac{123{,}5}{110} = 1{,}12 = 2^{n/12}$,
soit $\log 2^{n/12} = \frac{n}{12} \times \log 2 = \log 1{,}12$.
Donc $n = \log 1{,}12 \times \frac{12}{\log 2} = 1{,}96 \approx 2$.
La note jouée est donc un si, car dans la gamme tempérée on a la suite $\text{la}_1 - \text{la}_1\# -$ si, dans laquelle le la_1 et le si sont séparés de deux degrés.

6. Modulation d'amplitude - démodulation

A. 1. La valeur moyenne de la tension $u_1(t)$ est $U_0 = 4{,}0$ V ; elle évolue de manière sinusoïdale autour de la valeur moyenne avec une période $T_1 = 4 \times 0{,}2$ ms $= 0{,}8$ ms et une amplitude $U_m = 1{,}2 \times 2 = 2{,}4$ V ; $f = 12\,500$ Hz ou 12,5 kHz.
2. $V_m = 3 \times 2 = 6{,}0$ V ; $T_2 = 1 \times 10 \cdot 10^{-6} = 1 \cdot 10^{-5}$ s ; $F = 1 \cdot 10^5$ Hz ou 100 kHz.
3. $s(t) = k \cdot u_1(t).\ u_2(t)$
$= k\,[U_m \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t) + U_0].\ V_m \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t)$,
soit : $u_S(t) = A\,[1 + m \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)] \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t)$,
avec $A = k \cdot U_0 \cdot U_m$, l'amplitude de la tension modulée et $m = \frac{U_m}{U_0}$ le taux de modulation. $m = \frac{2{,}4}{4{,}0} = 0{,}60$, ou bien à partir de l'oscillogramme ③, où l'on trouve $a = 4$ V et $b = 1$ V, $m = \frac{a-b}{a+b}$, soit $m = \frac{4-1}{4+1} = 0{,}60$.
B. 1. u_{AM} correspond à l'oscillogramme ③ car il s'agit du signal modulé en amplitude ; u_{BM} correspond à l'oscillogramme ④ car il s'agit du signal après redressement simple alternance.
2. $R_1 \cdot C_1 = 1 \cdot 10^{-5}$ s ou $10 \cdot 10^{-5}$ s ou $100 \cdot 10^{-5}$ s.
La condition d'une bonne détection de crête est :
$T_2 << \tau < T_1$, soit $1 \cdot 10^{-5}\ \text{s} << \tau < 80 \cdot 10^{-5}$ s.
Conclusion : l'oscillogramme ⑥ correspond à $C_1 = 1$ nF (constante de temps trop proche de $T_P = T_2$) ; l'oscillogramme ⑦ correspond à $C_1 = 100$ nF (constante de temps supérieure à $T_s = T_1$) ; l'oscillogramme ⑤ qui correspond à $C_1 = 10$ nF convient ; les signaux ⑥ et ⑦ ne conviennent pas car le signal à transmettre (signal modulant) n'est pas restitué avec suffisamment de fidélité (⑥) ou est franchement déformé (⑦).
3. Le condensateur C_2 laisse passer le signal de haute fréquence si sa capacité n'est pas trop faible et arrête la composante continue.

7. Récepteur radio à modulation d'amplitude

A. 1 = δ ; 2 = β ; 3 = α ; 4 = γ.
B. $0{,}32\ \text{nF} < C_r < 1{,}1$ nF.
C. 1. u_{AM} : schéma ⓔ ; signal modulé non amplifié.
2. $N' \simeq 600$ Hz.
3. u_{BM} : schéma ⓐ ; $A = 100$.
4. u_{CM} (K ouvert) : schéma ⓒ ; supprimer les alternances négatives.
5. u_{CM} (K fermé) : schéma ⓓ ; $T' = 1{,}7$ ms et $T = 4{,}4 \cdot 10^{-5}$ s ; $RC = 10^{-4}$ s donc $T' > RC > T$.
6. u_{DM} : schéma ⓑ ; supprimer la composante continue.