STUDIO M

# Maths Et Physique: Remise à niveau

J.SAAB

# Syllabus

- Un minimum de  Maths
- Ondes et signaux
- Ondes sonores
- Ondes lumineuses

# 1-Un minimum de Maths

Equation à une variable réelle:

1- Equation de premier degré: $ax = b$ avec $a$ et $b$ sont des réels connus $(a \neq 0)$ et $x$ est l'inconnu à trouver:

$$x = \frac{b}{a}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Longleftrightarrow ad = bc$$

**Exercice 1**

Résoudre l'équation :

$$\frac{-2x-7}{6} - \frac{-x+7}{2} = \frac{-6x-7}{9}$$

**Exercice 2**

Résoudre l'équation :

$$\frac{-7x-2}{9} - \frac{9x-2}{3} = \frac{10x-7}{2}$$

## Exercice 3

Résoudre l'équation :

$$\frac{-4x-4}{3}+\frac{8x-7}{6}=\frac{-10x+6}{4}$$

## Exercice 4

Résoudre l'équation :

$$\frac{-x-4}{2}+\frac{9x-7}{3}=\frac{4x+9}{9}$$

## Exercice 5

Résoudre l'équation :

$$\frac{-x-2}{6}+\frac{-10x+5}{9}=\frac{-x-5}{3}$$

2- Equation de second degré: $ax^2 + bx + c = 0$ avec $a$, $b$ et $c$ sont des réels connus $(a \neq 0)$ et $x$ est l'inconnu à trouver:

On calcule le discriminant $\Delta = b^2 - 4ac$ :

Si $\Delta > 0$ on a deux solution de l'équation: $x_1 = \dfrac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}$, $x_2 = \dfrac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$

Si $\Delta = 0$ on obtient $x_1 = x_2 = -\dfrac{b}{2a}$ qu'on appelle racine double

Si $\Delta < 0$ l'équation n'a pas de solutions réelles.

Lorsqu'on a des solutions, l'équation peut s'écrie sous la forme factorisée:

$$ax^2 + bx + c = a(x - x_1)(x - x_2)$$

## Exercice 1

Résoudre les équations suivantes :

▶**1.** $z^2 + z - 90 = 0$

▶**2.** $18z^2 + 5z - 7 = 0$

▶**3.** $x^2 + 4x + 4 = 0$

## Exercice 2

Résoudre les équations suivantes :

▶**1.** $y^2 - 17y + 72 = 0$

▶**2.** $-11t^2 - 35t + 36 = 0$

▶**3.** $x^2 + 3x - 10 = 0$

Factoriser si possible

Dévéloppement et Factrorisation:

1- Dévéloppement: Enlever les facteurs et réduire

$$\begin{aligned} a(u+v) &= au+bv \\ (a+b)(u+v) &= a(u+v)+b(u+v) \\ &= au+av+bu+bv \end{aligned}$$

## Exercice 1

Développer et réduire chacune des expressions littérales suivantes :

$A = x \times 3\,x$
$B = 8\,x \times 9\,x$
$C = 5\,x + 10 + (3\,x + 4) \times (-3\,x + 3)$

$D = (-8\,x + 2) \times (-5\,x - 1) - 8$
$E = 3\,x^2 + (x - 8) \times (-5\,x + 6)$

## Exercice 2

Développer et réduire chacune des expressions littérales suivantes :

$A = x \times 3\,x$
$B = 8\,x \times 7\,x$
$C = (7\,x - 10) \times (x - 6) + 2\,x - 9$
$D = (9\,x + 6) \times (-7\,x + 10) - 6\,x^2$
$E = (6\,x - 6) \times (-5\,x - 9) + 7$

## Exercice 3

Développer et réduire chacune des expressions littérales suivantes :

$A = 3\,x \times x$
$B = 7\,x \times 3\,x$
$C = (4\,x + 1) \times (-9\,x - 6) + 8$
$D = 2\,x^2 + (-x - 8) \times (x - 4)$
$E = (-2\,x + 4) \times (-8\,x - 2) + x - 1$

2- Factorisation: Ecrire une expression comme le produit de deux ou plusieurs facteurs:

$$au \pm bu = u(a \pm b)$$

Identités remarquables:

$$\begin{aligned}(a+b)^2 &= a^2 + 2ab + b^2\\(a-b)^2 &= a^2 - 2ab + b^2\\a^2 - b^2 &= (a-b)(a+b)\end{aligned}$$

## Exercice 1

Développer et réduire les expressions suivantes.

$A = (2\,x + 9)^2$

$B = (x + 7)\,(-2\,x + 8)$

$C = (2\,x - 10)^2$

$D = (10\,x - 8)\,(10\,x + 8)$

$E = (3\,x - 4)^2 + (x - 2)\,(-x + 3)$

$F = (7\,x - 8)\,(7\,x + 8) + (6\,x + 4)^2$

## Exercice 2

Factoriser chacune des expressions littérales suivantes :

$A = 9\,x^2 - 81$

$B = (6\,x - 6) \times (2\,x - 2) + (-2\,x - 10) \times (2\,x - 2)$

$C = 100\,x^2 + 100\,x + 25$

$D = -100 + (-5\,x - 7)^2$

$E = (5\,x + 1)^2 + (5\,x + 1) \times (9\,x + 10)$

$F = (5\,x - 2) \times (7\,x - 5) - (5\,x - 2)$

## Exercice 3

Factoriser chacune des expressions littérales suivantes :

$A = -(-10\,x+9)^2 + x^2$
$B = 25\,x^2 - 36$
$C = (4\,x-7) \times (2\,x+4) + (4\,x-7) \times (2\,x-7)$

$D = 100\,x^2 + 140\,x + 49$
$E = -(6\,x-7) \times (x-5) + x - 5$
$F = (4\,x+7) \times (-3\,x+5) + (4\,x+7)^2$

La fonction log :

log est une fonction qui reproduit les puissances de 10

$$\log(10^n) = n$$

$\log(x)$ n'est définie que pour $x > 0$

L'équation: $\log x = a$ admet pour solution $x = 10^a$.

Propriétés:

$$\begin{aligned} \log(ab) &= \log a + \log b \\ \log(\frac{a}{b}) &= \log a - \log b \\ \log 1 &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log 10 &= 1 \\ \log(\frac{1}{a}) &= -\log a \\ \log(x^n) &= n\log(x) \end{aligned}$$

**Exercice1:** Calculer

1. $2\log 100 + 3\log 1000 - 5\log 10$
2. $\log 2 + 2\log 5 - 1$

**Exercice2:** Résoudre

1. $\log x = 2$
2. $\log x^2 + 2\log x = \log 16$
3. $\log(3x) - \log x + x = 5$

# Exercices supplémentaires

1. Soient $a$ et $b \in \mathbb{R}_+^*$.

   Simplifier:

   (a) $\log 0,1 \cdot \left(a^2\sqrt{\frac{b^2}{a}}\right)^3 \frac{a}{b^3}$

   (b) $\log \left(\frac{10a^3b^{-2}}{a\sqrt{a^2b^3}}\right)^3 \left(\frac{a^{-4}b^3}{100\sqrt[4]{b^2a}}\right)^{-2}$

   (c) $\log \frac{0,001\left(\sqrt[3]{a^4}b^{-2}\right)^3}{\sqrt{b^3}\sqrt[4]{a^3}}$

2. Calculer:

   (a) $\log 2 + \log 5$

   (b) $2\log 5 + \log 12 - \log 3$

3. Si $\log 2 = \alpha$, exprimer en fonction de $\alpha$ :

   $\log 4$; $\log 16$; $\log 40$; $\log \frac{1}{4}$; $\log 0,2$

4. Si $\log b = a$ avec $b \in \mathbb{R}_{+}^{*}$, alors déterminer:

   $\log 10b$; $\log \frac{b}{100}$; $\log \frac{1}{b}$; $\log \sqrt{b}$; $\log b^5$; $2\log 3b + \log \sqrt[5]{b} - \log 9$

6. Résoudre dans $\mathbb{R}$ les équations suivantes:

(a) $\log x = 1$

(b) $\log x = 3$

(c) $\log x = -4$

(d) $\log(x+4) + \log x = 0$

(e) $\log(x+3) + \log(x+5) = \log 15$

(f) $\log(x+1) = 3 - \log(1-2x)$

(g) $\log(1-x) - \log(x+1) = -2$

(h) $\log(x+1) + \log(x-1) = \log 3 + 4\log 2$

(i) $\log(x^2+5x+6) = \log(x+11)$

(j) $\log(1-5x) - \log(x+1) = -1$

7. Résoudre dans $\mathbb{R}$ les équations suivantes:

   (a) $(\log x)^2 - 3\log x - 4 = 0$
   (b) $2(\log x)^2 - \log x + 1 = 0$
   (c) $(\log x)^2 + \log x - 12 = 0$

8. Résoudre dans $\mathbb{R}$ les inéquations suivantes:

   (a) $\log x > \frac{1}{2}$
   (b) $2\log x \leqslant -3$
   (c) $\log|2x+1| + \log|x+3| < 1$
   (d) $\log 24 + \log(3-x) < \log(x+1) + \log(25x-49)$
   (e) $\log(3x^2 - x - 2) > \log(6x+4)$
   (f) $\log(x+2) + \log(x-4) < 2\log(x-1)$

# Fonctions Trigonométriques

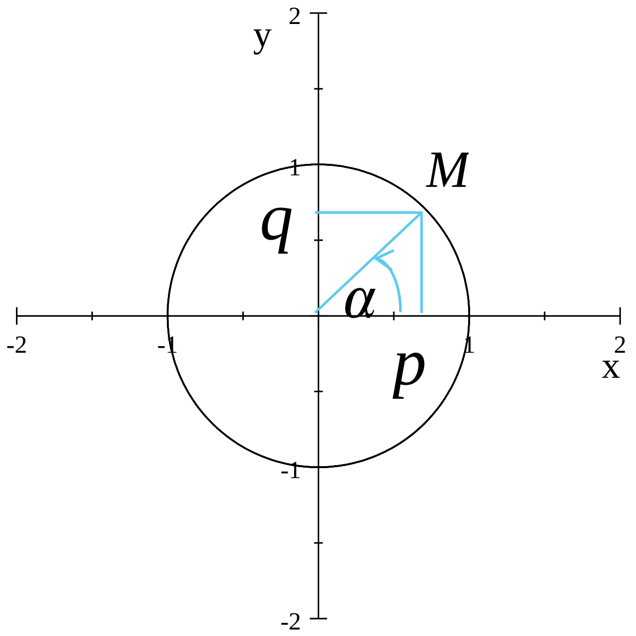
On considère le cercle trigonométrique $C(O,1)$

$M \in (C)$ $\qquad p = proj_{x'x}(M)$ $\qquad q = proj_{y'y}(M)$ $\qquad \alpha = (\overrightarrow{Ox}, \overrightarrow{OM})$

$\cos\alpha = \overline{Op}$

$\sin\alpha = \overline{Oq}$

$\tan\alpha = \dfrac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \dfrac{\overline{pM}}{\overline{Op}}$



Pithagore sur le triangle $OpM$ : $\cos^2\alpha + \sin^2\alpha = 1$

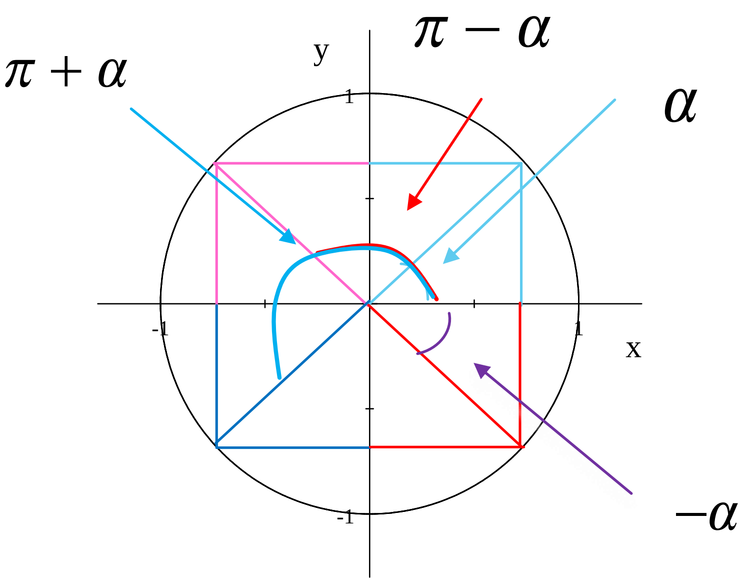
Lorsque $M$ décrit $(C)$, $\cos\alpha$ et $\sin\alpha$ varient dans $[-1, 1]$

$$-1 \leq \cos\alpha \leq 1 \quad -1 \leq \sin\alpha \leq 1$$

$\cos$ et $\sin$ sont $2\pi$-périodiques

| | $0$ | $\frac{\pi}{2}$ | $\pi$ | $3\frac{\pi}{2}$ | $2\pi$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $\cos\alpha$ | $1$ | $0$ | $-1$ | $0$ | $1$ |
| $\sin\alpha$ | $0$ | $1$ | $0$ | $-1$ | $0$ |

| | $-\alpha$ | $\pi-\alpha$ | $\pi+\alpha$ | $\frac{\pi}{2}-\alpha$ | $\frac{\pi}{2}+\alpha$ |
|---|---|---|---|---|---|
| cos | $\cos\alpha$ | $-\cos\alpha$ | $-\cos\alpha$ | $\sin\alpha$ | $-\sin\alpha$ |
| sin | $-\sin\alpha$ | $\sin\alpha$ | $-\sin\alpha$ | $\cos\alpha$ | $\cos\alpha$ |



**Exercice 1**

a) Calculez la mesure principale des angles suivants

$$\frac{53\pi}{6},\ \frac{35\pi}{6}$$

et placez les points correspondants sur le cercle trigonométrique.

b) Calculez la valeur exacte des expressions suivantes

$$\cos\left(\frac{53\pi}{6}\right),\ \sin\left(\frac{35\pi}{6}\right)$$

**Exercice 2**

a) Calculez la mesure principale des angles suivants

$$\frac{538\pi}{3},\ -\frac{146\pi}{3},\ -\frac{77\pi}{4}$$

et placez les points correspondants sur le cercle trigonométrique.

b) Calculez la valeur exacte des expressions suivantes

$$\cos\left(\frac{538\pi}{3}\right),\ \sin\left(-\frac{146\pi}{3}\right),\ \tan\left(-\frac{77\pi}{4}\right).$$

**Exercice 3**

**a)** Exprimez $\tan^2(x)$ en fonction de $\sin^2(x)$.

**b)** Sachant que $\sin(x) = 0.7$, calculez $\tan(x)$. Représentez graphiquement la situation.

**c)** Sachant que $\tan(x) = -\sqrt{3}$ et $x \epsilon ]\frac{\pi}{2}, \pi[$, calculez la valeur exacte de $x$.

**Exercice 4**

**a)** Sachant que $\cos(x) = -\frac{4}{5}$, calculez la valeur exacte de

$$\cos(x-\pi),\ \ \cos(-x-\pi),\ \ \cos(x-2\pi),\ \ \cos(-x-2\pi).$$

**b)** Sachant que

$$\cos(x) = -\frac{4}{5} \quad \text{et} \quad \pi \leq x < 2\pi,$$

calculez la valeur exacte de $\sin(x)$ et $\tan(x)$.

# Ondes Et Signaux

**Signal:** On appelle signal une perturbation locale et temporaired'un milieu materiel.

Exemples:

1-Lancement d'une pierre dans une flaque d'eau.

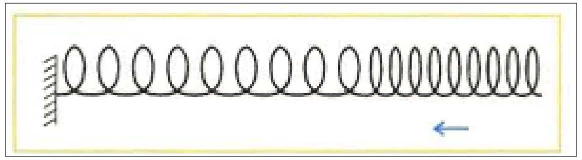
On a modifié les propriétés du milieu. Pendant un certain temps et tout autour du point de contact, la surface d'eau n'était plus plate.

2-Dans cette Salle, si je me mets à parler je romps le silence, donc je modifie les propriétés de la salle et ainsi j'émets un signal en parlant.

3-Le bruit d'un tambour - La sonnerie d'un portable

4-Un phare qui éclaire un milieu sombre, modifie ses priopriétes et donc la lumière émise est un signal

5-Un ressort que je tire et je lache, il se met à vibrer et puis revient à sa forme initiale



6-Une corde de guitare tendue, si on tire dessus on aura une vibration (modification temporaire de la forme de la corde)

A l'arrêt de l'émission, le milieu retrouve sa forme initiale!

**Propriètés:** Un signal se fait en trois étapes: Emission - Propagation - Récéption

## Ondes magnétiques progressives:

On appelle onde, le phénomène de propagation d'un signal dans un milieu materiel.

Noter que l'onde ne transporte pas la matière mais elle transporte l'energie.

Exemple: Lorsque je parle, est ce que vous pouvez saisir ma parole? La parole n'est pas une matière! On ne peut pas saisir une onde!

C'est l'energie de l'onde qui fait que vous m'entendez.

Propagaion donc vitesse de propagation qu'on appelle célérité d'une onde:

$$C = \frac{d}{\Delta t} \text{ en } m/s \text{ ou } \ ms^{-1}$$

$d$ étant la distance parcourrue par l'onde durant l'intervalle de temps $\Delta t$.

Pour une corde qui vibre, la vitesse de propagation dépend de la tension

donc de la force et de la masse de la corde

$$C = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

$F$ la force exercée sur la corde en $N$

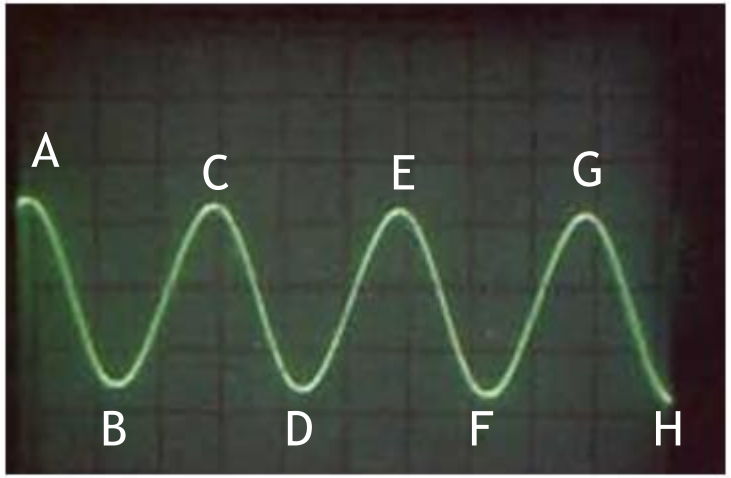
$\mu$ est la masse linéique de la corde en $kg/m$

Comparer le comportement de deux cordes: code de guitre et corde à sauter

lorsqu'elles subissent une même force.

**Longeur d'onde ou période spatiale:**

La longueur d'onde notée $\lambda$ est une grandeur caractéristique d'une onde qui mésure la distance parcourrue par ue onde pendant une période de temps.




On dit que:

les points $A$ $C$ $E$ $G$ vibrent en phase

les points $B$ $D$ $F$ $H$ vibrent en phase

les points $A$ et $B$ vibrent en opposition de phase

La distance qui sépare deux sommets ou deux creux correspond à $\lambda$

La longueur d'onde est la distance qui séparent deux points consécutifs qui vibrent en phase

$$d(A, C) = \lambda$$

Deux points qui vibent en phase sont séparés par une distance $d = k\lambda$ où $k \in \mathbb{N}^* = \{1, 2, \cdots\}$

Deux points qui vibent en opposition de phase sont séparés par une distance

$$d = (k + \tfrac{1}{2})\lambda, \ \ k \in \mathbb{N}$$

**Remarque:** Si $\dfrac{d}{\lambda}$ est un entier alors les points séparés par une distance $d$ vibrent en phase

Si $\dfrac{d}{\lambda}$ est un entier $+\dfrac{1}{2}$ alors les points séparés par une distance $d$ vibrent en opposition de phase

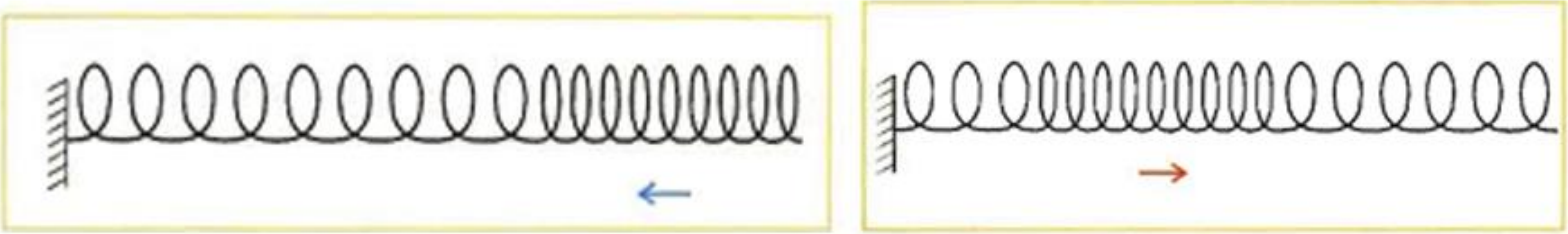
**Les deux types d'ondes mécaniques:**

1- Ondes mécaniques progressives longitudinales: La déformation du milieu est parallèle à la propagation d'onde

2- Ondes mécaniques progressives transversales: La déformation du milieu est perpendiculaire à la propagation d'onde

**Exemples:**

1- Détention càd allongement ou compression d'un ressort

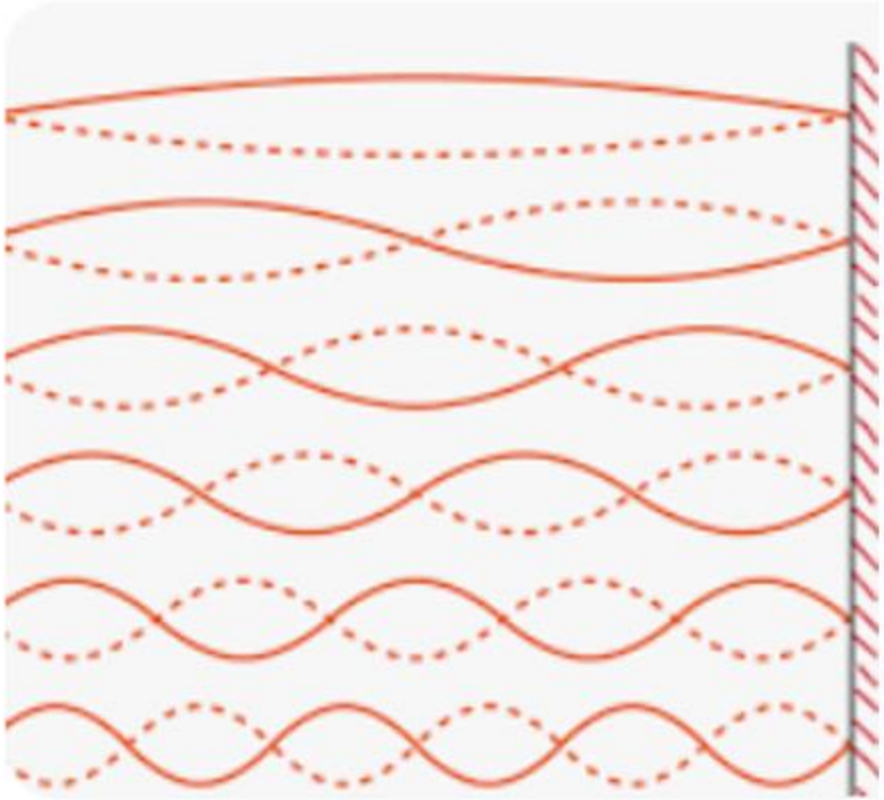


Propagation longitudinale

2-Lorsqu'on lance une pierre dans une flaque d'eau

Propagation transversale

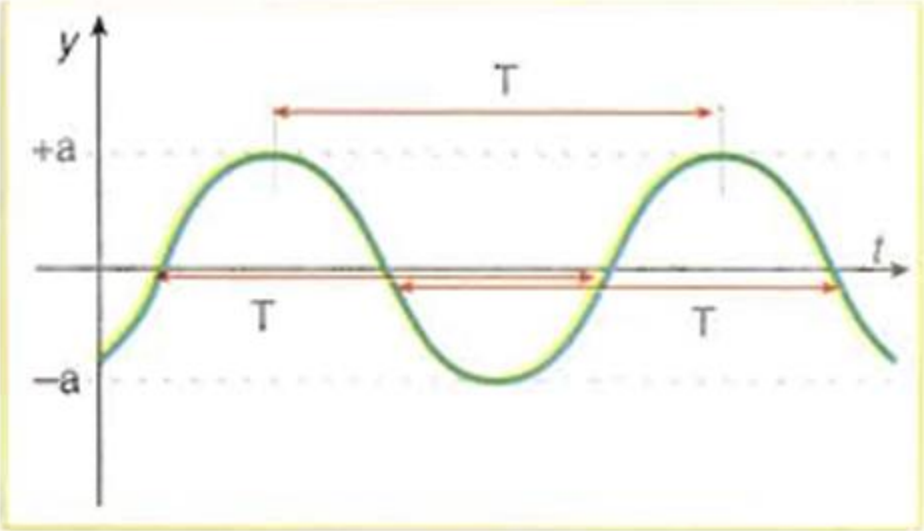
3- Lorsque je vibre l'extermité libre d'une corde



C'est une proparation transversale.

**Période temporelle $T$ :**

La longueur d'onde est une période spatiale. La période temporelle est le temps au bout duquel le motif se répète identique à lui même.




$\lambda = CT = \dfrac{C}{N}$ où $N = \dfrac{1}{T}$ la fréquence de l'onde en $Hz$

$T$ en $s, C$ en $m/s, \lambda$ en $m$ et $N$ en $Hz$

## Rélexion, Refraction et diffraction d'une onde:

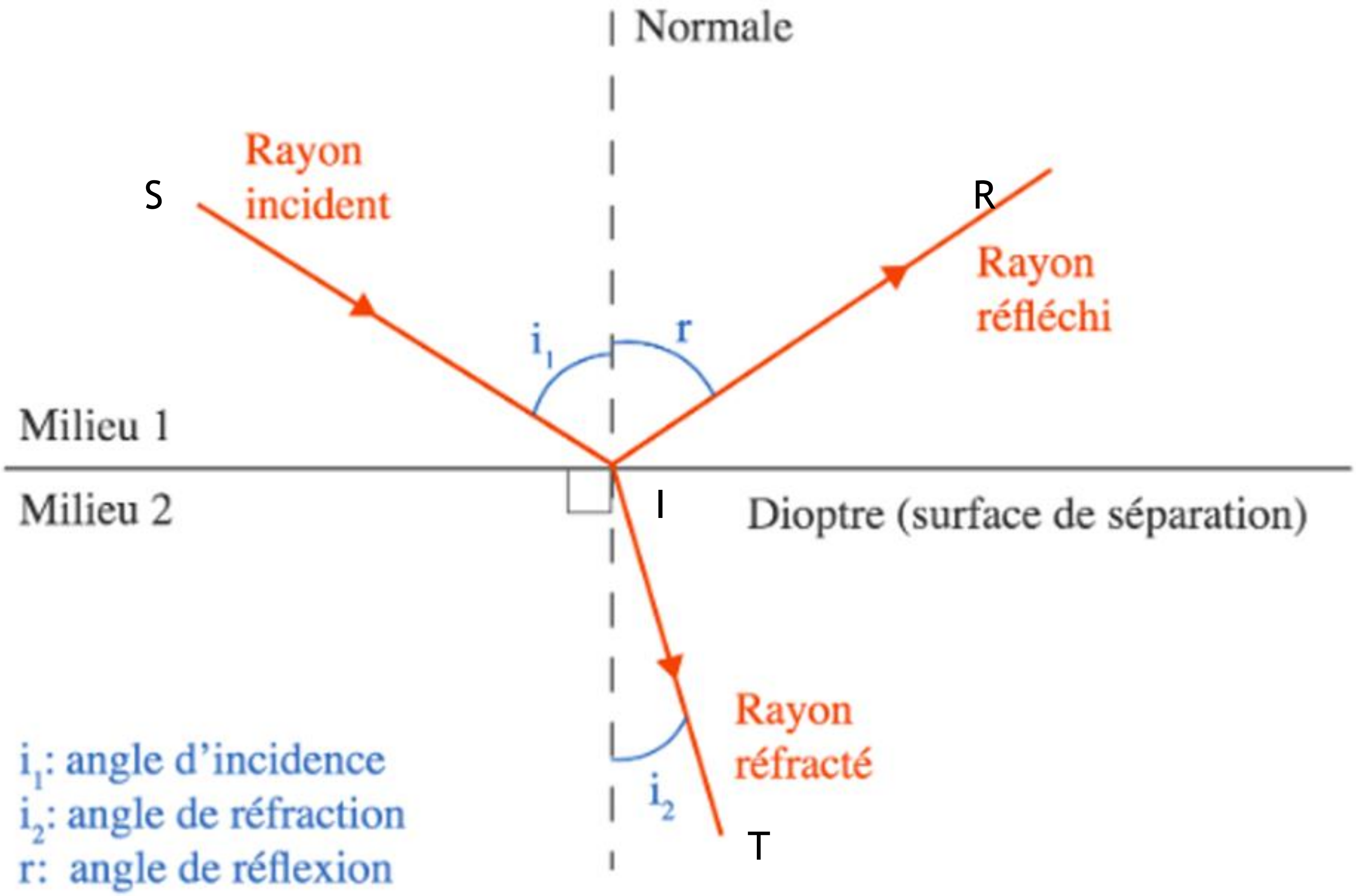
### 1-Réflexion et refraction d'une onde:

On se donne une surface reflechissante qui sépare le milieu en deux

Lorsqu'une onde touche la surface, on va assister à un phénomène de réflexion et de refraction:

Surface réflechissante (non opaque: laisse traverser la lumière) comme un verre

Surface non réflechissante comme un bois, un mur


Normale
S
Rayon
incident
R
Rayon
réfléchi
i1
r
Milieu 1
Milieu 2
I
Dioptre (surface de séparation)
Rayon
réfracté
i2
T
i1: angle d'incidence
i2: angle de réfraction
r: angle de réflexion

$SI$ une onde incidente, lorsqu'elle touche la surface au point $I$, elle va se séparer en deux:

Une onde réfléchie et une onde refractée
$IR$ : onde réfléchie
$IT$ : onde refractée

**Loi de Descartes**

1- Onde incidente $SI$, axe normal et onde réfléchis sont dans un même plan dit plan d'incidence

2- $\hat{\imath}_1 = \hat{r}$ : angle d'incidence = angle de réfléxion

3- Onde $SI$ et Onde $IR$ ont même $\lambda, T, N, C$

4- Longueur d'onde d'incidence $\neq$ Longueur d'onde de refraction $(\lambda_1 \neq \lambda_2)$ et $C_1 \neq C_2$ par contre $T_1 = T_2$ et $N_1 = N_2$.

5- $\dfrac{\sin \hat{\imath}_1}{\sin \hat{\imath}_2} = \dfrac{\lambda_1}{\lambda_2} = \dfrac{C_1}{C_2} = cte$

**2 - Diffrecation: (ondes lumineuses)** on y revient plus tard.

# Exercices

EX1

Une corde est agitée à la main avec une fréquence de 4,5 Hz et on mesure sur la corde une longueur d'onde de 20 cm.

1) **Quelle est la période de cette onde ?**
2) **Déterminer la célérité de l'onde sur la corde.**

EX2

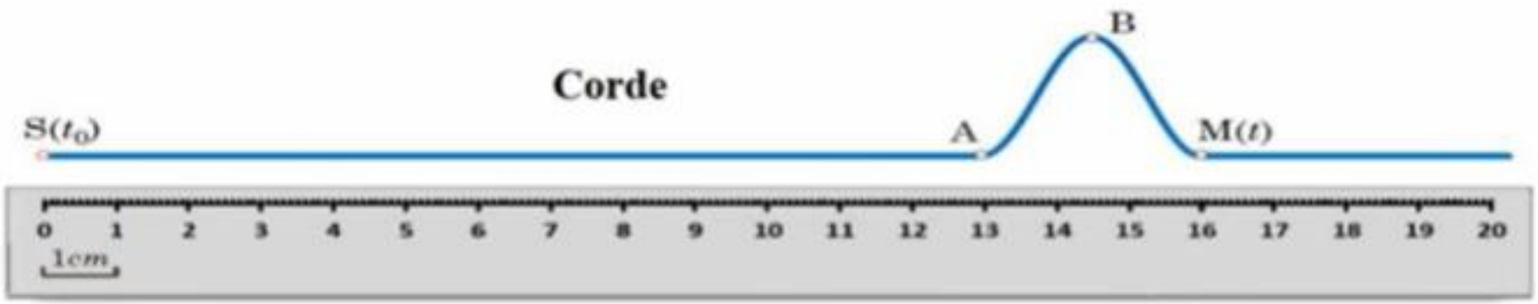
Au Far West, un train démarre d'une gare située à une distance ***d* = 6,5 km** de l'endroit où un indien pose son oreille sur le rail en acier.

**Calculer le retard de l'onde sonore dans le rail, entre son émission et sa réception par l'oreille.**

*Données :* Célérité du son dans l'acier du rail : $v_{acier} = 5600\ m.s^{-1}$

EX3

La figure ci-dessous représente la propagation d'une onde le long d'une corde. Elle représente l'aspect de la corde à l'instant $t_M = 40ms$.
Sachant que la déformation commence à partir d'une source à l'instant $t_0 = 0$.




est

1. Quelle la nature de l'onde ? (longitudinale ou transversale). Justifier votre réponse.
2. Déterminer, à l'instant t, les points qui se dirigeront vers le bas ainsi que ceux se dirigeront vers le haut.
3. Calculer la vitesse de la propagation de l'onde le long de la corde.
4. Pendant quelle durée un point de la corde est-il affecté par le passage de la perturbation ?
5. À quel instant s'arrête le point M ?
6. À quel instant l'onde arrive au point N, tel que : SN =20 cm.
7. Représenter graphiquement l'aspect de la corde à l'instant t'=10ms.

## Exercice 4

La célérité des ondes le long d'une corde élastique dépend de sa tension $F$ (en newtons N) et de sa masse linéique $\mu$ (masse par unité de longueur, en kg.m$^{-1}$) :

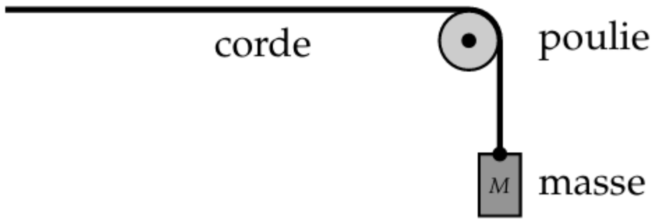
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

**a.** Calculez la célérité $v$ pour une corde de longueur $\ell = 10$ m dont la masse est de $1,0$ kg, tendue par une force de $2,5$ N.

**b.** Comment varie cette célérite si :

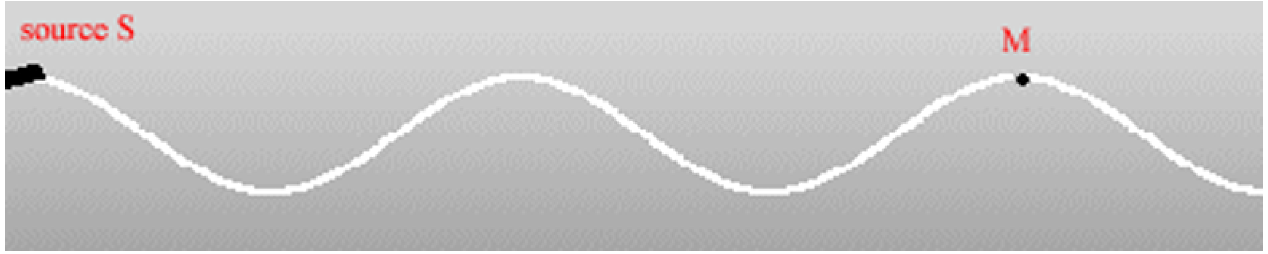
- avec la même corde, on multiplie la tension par quatre ?
- avec la même tension, on forme une tresse avec quatre cordes identiques ?

**c.** La corde de la question **a** est maintenant tendue par le poids d'une masse $M$, comme le montre le schéma ci-dessous :




Calculer la valeur de la célérité des ondes le long de la corde, avec $M = 160$ g.

Exercice 5



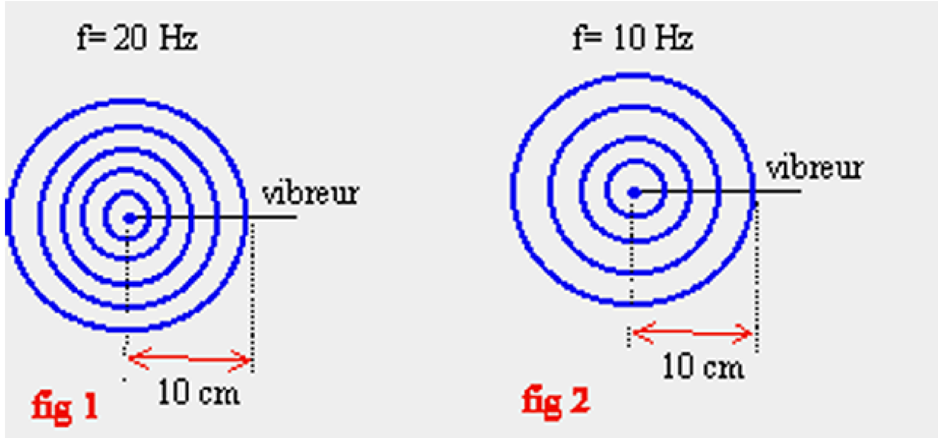

Un vibreur S génère une onde progressive se propageant le long d'une corde de longueur L= 12 m. Un dispositif permet d'éviter toute réflexion à l'extrémité de la corde. A l'instant t = 0 s, le vibreur est mis en marche. On étudie le mouvement d'un point M d'abscisse x = 6 m.

1. Citer trois mots qualifiant ces ondes.
2. Sur le schéma ci-dessous est représentée la courbe donnant au cours du temps l'élongation du point M ; ce point étant atteint à la date $t_1$ = 2 s, déterminer la célérité de l'onde le long se propageant de la corde.

3. A quelle date l'ensemble de la corde est-elle parcourue par l'onde ?
4. Déterminer graphiquement la période et la longueur d'onde $\lambda$ de l'onde.
5. Les deux valeurs obtenues permettent-elles de retrouver la célérité calculée précédemment ?

**Exercice 6 :ondes à la surface de l'eau**

On donne les photographies de la cuve à ondes pour deux valeurs de la fréquence de l'excitateur.




**Questions :**

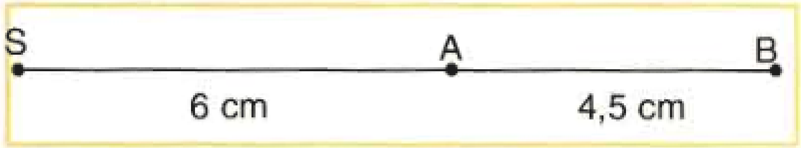
1-L'onde étudiée elle est, mécanique, longitudinale, progressive périodique, diffractée ? Justifier.

2-Figure 2 : déterminer la longueur d'onde et en déduire la célérité des ondes à la surface de l'eau.

3-Figure 1 : la célérité des ondes à la surface de l'eau reste-t-elle la même ? Quel phénomène a-t-on mis ici en évidence ?

Exercice 7

*La pointe S d'un vibreur, frappe la surface d'un liquide à une fréquence f = 15 Hz. Sachant que la vitesse de propagation de l'onde à la surface du liquide est de 45cm/s, montrez que les points A et B de la surface du liquide, situés respectivement à 6 cm et 10,5 cm de S et sur la même ligne droite, vibrent en opposition de phase (Figure 1.20).*



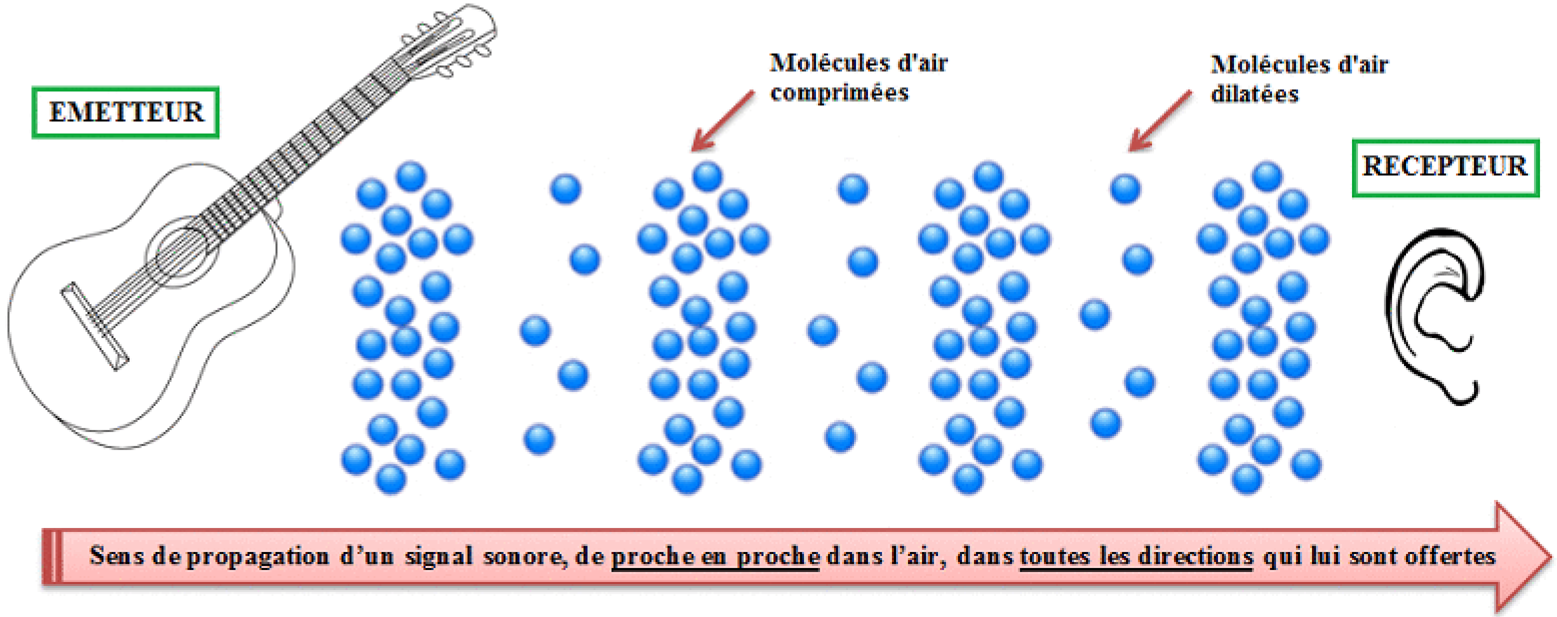
# Les Ondes Sonores

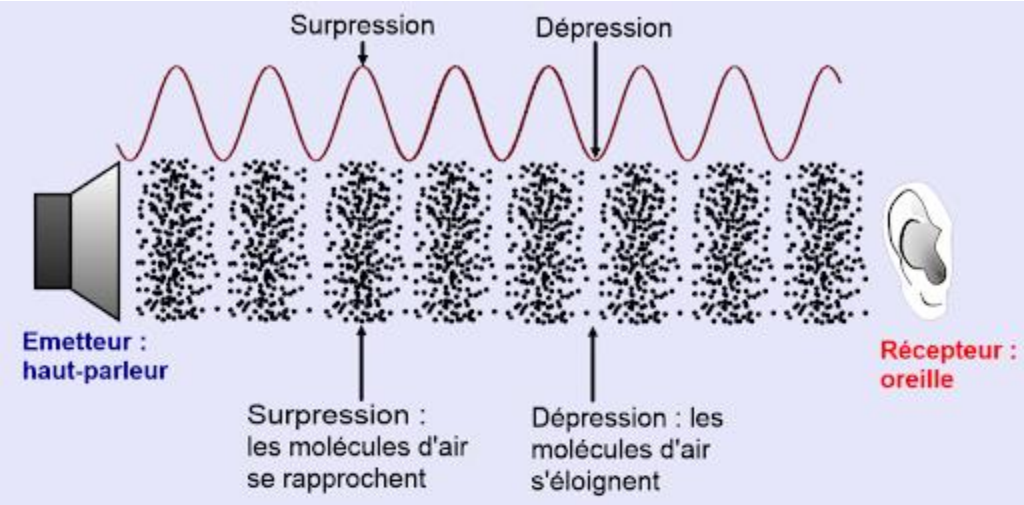
Un son se produit en 3 phases:

1- Emission: Vibration d'une matière (Corde d'une guitare)

2- Propagation: Il faut qu'il y ait un milieu materiel qui transporte la vibration

3- Réception: membrane qui vibre (Tympan oreille) et qui va créer un signal nerveu (électrique) transmis vers le cerveau






Plus la fréquence du signal sonore augmente, plus la période diminue et le son est plus aigu

Plus la fréquence du signal sonore diminue, plus la période augmente et le son est plus grave

On a le spectre des ondes sonores suivant:

# Spectre des ondes sonores

grave

aigu

Oreille humaine: son audible

f

Infra son

20 hz

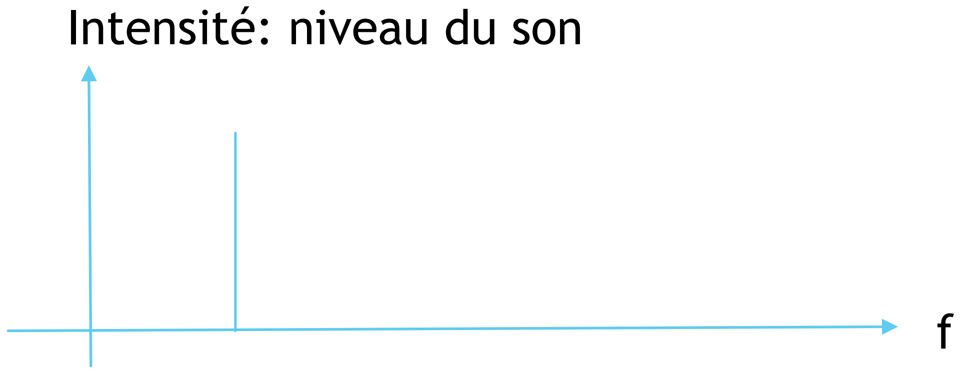
20 000 hz

Ultra son: aigu non audible
Capté par certains animaux

Grave: on peut le sentir
sans pouvoir l’entendre

Son médium: de fréquence entre 700 et 1500hz

**Son pur:** Un son pur est une onde sonore  sinusoïdal caractérisé par une seule fréquence




**Son complexe:** Un son complexe est l'addition de plusieurs sons purs, tel qu'on ait un seul son prépondérant c.à.d. on a une fréquence fondamentale f qui est prépondérante, les autres son ont des intensités plus faibles, de plus les autres fréquences sont multiples de la fréquence fondamentale k.f qu'on appelle les harmoniques

Application: Si on a deux sons de fréquences f et f' telles que f'=2f, on dit que ces

deux sons constituent un octave

LA 440hz et la (aigu) 880 hz constituent 1 octave.

**Bruit:** Un bruit est la superposition des sons purs avec des fréquences non harmoniques

## Vitesse du son:

$C = 20\sqrt{T}$

$T$ étant la température du milieu en $K$ (Kelvin)

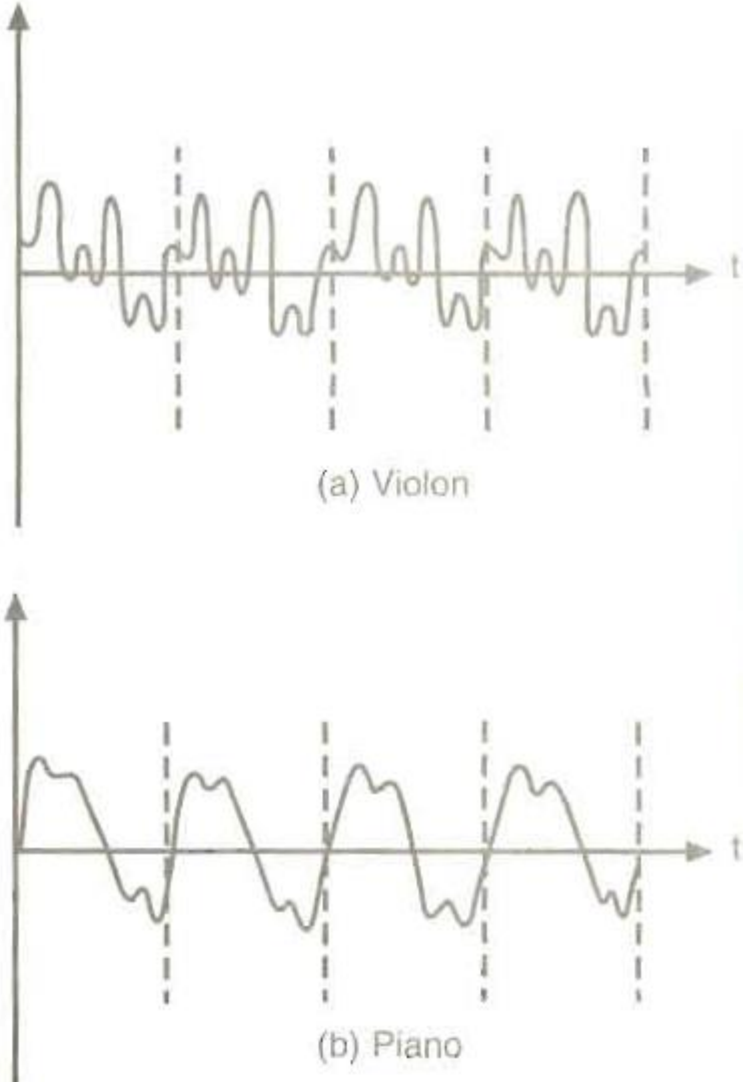
à $20°C$ c'est à dire à $293°K$ $(T_K = T_C + 272), C = 340 m/s$ (dans l'air).

- Un son pur est transmis par une onde sonore sinusoïdale.
- Un son musical est, généralement, un son complexe transmis par une onde sonore périodique mais non sinusoïdale.
- Un son complexe de fréquence $f$ est la somme de plusieurs sons purs: le son fondamental ou premier harmonique de fréquence $f$ et les harmoniques de fréquence k $f$.
- Le spectre d'un son représente l'ensemble des harmoniques qui le constituent.
- La hauteur d'un son est la qualité qui distingue un son grave de faible fréquence, d'un son aigu de fréquence élevée.

- L'intensité d'un son est la qualité qui permet de distinguer un son fort d'un son faible; elle est liée à son amplitude.
- Le timbre d'un son est défini par le nombre de ses harmoniques, de leurs fréquences et de leurs amplitudes.
- Deux sons, de même hauteur et de même intensité, émis par instruments différents ont deux timbres différents.

La visualisation des deux notes précédentes ($La_3$ sur un violon et un piano) sur l'écran d'un oscilloscope montre deux courbes de **même fréquence** mais de **formes différentes** (Figure 6.10).

L'analyse des deux courbes précédentes montre qu'elles possèdent deux spectres différents (voir Figure 6.8); les deux sons ont deux **timbres** différents.



## Puissance acoustique: P en watt

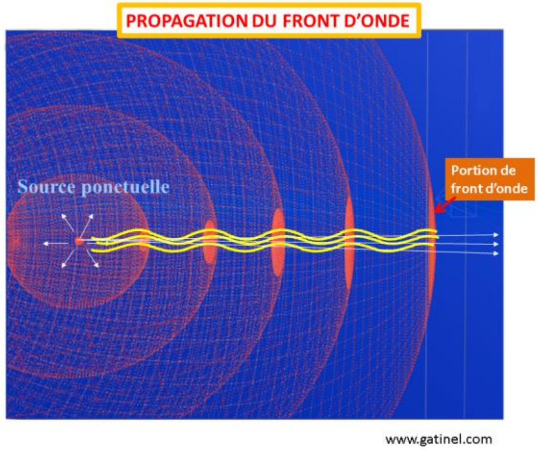
La puissance de référence est la plus petite puissance qui fait vibrer le tympan

Qu'on appelle « seuil d'audibilité »

$$P_0 = 10^{-12}\ W$$

Pour avoir une idée, la puissance acoustique est entre $10^{-12}$ et 1 $W$

## Intensité acoustique: notée $I$ en $W/m^2$




Le ressenti de la source est l'intensité du son: $I = \dfrac{P}{4\pi d^2}$ où d est la distance entre la source et le recepteur.

**Unité:** P en *W*, d en *m* et $I$ en $W/m^2$

L'intensité correspondante au seuil d'audibilité c.à.d. à $P_0$ est $I_0 = 10^{-12}\ W/m^2$.

## Pression acoustique:

Notée aussi $P$ mesurée en $Pa$. La relation avec l'intensité est

$$I = \frac{P^2}{\rho.C}$$

$\rho$ étant la masse volumique du milieu de propagation en $kg/lm^3$

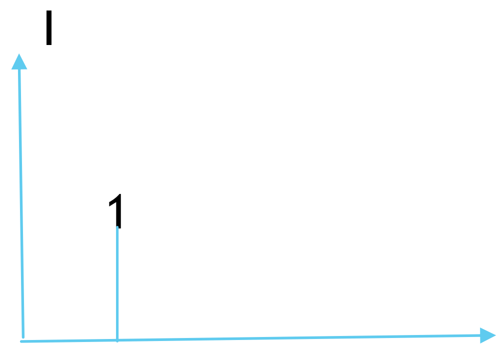
$C$ étant la célérité de propagation en $m/s$.

Le terme $\rho.C$ est dit "Impédance acoustique du milieu"

La pression seuil (de référence) est : $2.10^{-5}P_a$.

## Echelle:

Si on a deux sons:
Son1: $I = 10^{-12} w/m^2$
Son2: $I = 1 w/m^2$




Il est impossible de les représenter sur un même graphique.

On va inventer une nouvelle notion qui permet la representation graphique

qui est le niveau d'intensité

## Niveau de puissance:

Noté $N_w$ ou $L_w$ et donné par

$$N_w = 10.\log(\frac{P}{P_0})$$

avec $P$ la puissance de l'onde acoustique et $P_0 = 10^{-12}$ la puissance seuil en watt.

L'unité de $N_w$ est $dB$ (decibel)

On peut en déduire la puissance

$$P = P_0.10^{(\frac{N_w}{10})}$$

## Niveau d'intensité:

Noté $N_I$ ou $L_I$ et donné par:

$$N_I = 10.\log(\frac{I}{I_0})$$

avec $I_0 = 10^{-12} w/m^2$, $N_I$ est aussi mesuré en $dB$
On trouve

$$I = I_0.10^{(\frac{N_I}{10})}$$

Ces niveaux sont mesurés avec un sonomètre

## Niveau de pression:

Noté $N_p$ ou $L_p$ et donné par

$$N_p = 20.\log(\frac{P}{P_0})$$

$P$ étant la pression acousitique provoquée par le son dans le milieu de propagation

$P_0 = 2.10^{-5}P_a$ la pression seuil
L'unité de $N_p$ est aussi $dB$

On trouve

$$P = P_0.10^{(\frac{N_p}{20})}$$

Pression acoustique en $P_a$

# Addition des niveaux sonores

On suppose qu'on est en présence de plusieurs sources sonores.

On n'additionne algébriquement jamais des niveaux sonores en $dB$

Exemple:

$$\begin{cases} S_1 : NI_1 = 70\ dB \\ S_2 : NI_2 = 60\ dB \end{cases}$$

Si on fait fonctionner les deux sources et on mesure le niveau d'intensité du son obtenu, on ne trouve jamais: $70 + 60 = 130\ dB$

On peut additionner les puissances acoustiques et les intensités acoustiques

$$\begin{cases} P_{total} = \sum P_{toutes\ les\ sources} \\ I_{total} = \sum I_{toutes\ les\ sources} \end{cases}$$

Exemple: On souhaite additionner $70dB$ et $70dB$ de deux sources identiques
Si l'on met un sonomètre à coté de ces deux sources, que va -t-il indiquer?

On a $N_I = 70dB \Longrightarrow I = I_0.10^{\frac{70}{10}} = I_0.10^7$.

On a deux sources identiques donc $I_{total} = 2I = 2I_0.10^7$

On calcule maintenant le $N_{total}$correspondant à $I_{total}$ :

$$N_{total} = 10\log(\frac{I_{total}}{I_0})$$

Soit $N_{total} = 10\log(\frac{2I_0 10^7}{I_0}) = 10\log(2.10^7) = 10(\log 2 + 7) = 73dB$

Si on a deux sources identiques de même niveau $N$ alors le nioveau total est

$$N_T = N + 3\ dB$$

Si on a quatres sources indentiques

$$\underbrace{N\ N}_{N_{T1}=N+3} \qquad \underbrace{N\ N}_{N_{T2}=N+3}$$

ainsi, sous la présence de deux sources identiques de niveau $N+3$ on obtient un niveau total

$$N_T = N+3+3 = N+6\ dB$$

Exemple 2: On souhaite additionner le niveau de deux sources différentes qui fonctionnent en même temps:

$$\begin{cases} S_1 : N_1 = 50dB \\ S_2 : N_2 = 6dB \end{cases}$$

On calcule $I_1,\ I_2,\ I_T$ et puis $N_T$

Si $N_1 < N_2$ avec une différence $< 3dB$ on peut négliger $N_1$

$$N_T = N_2.$$

# Echelle des niveaux en dB:

Min=0dB Seuil d’audibilité
Max=130dB seuil de douleur

Si on travaille longtemps autour de 80dB il faut un casque de protection acoustique PICB

« protection contre bruit »

Niveaux pondérés: Il y a une différence entre ce que marque un sonomètre et le ressenti de l’oreille. Il y a un tableau qui donne les équivalences. Par exemple à 125hz si le sonomètre marque un niveau N l’oreille ressent N-16 dB
A partir de 1000hz, le sonomètre et l’oreille sont identiques.

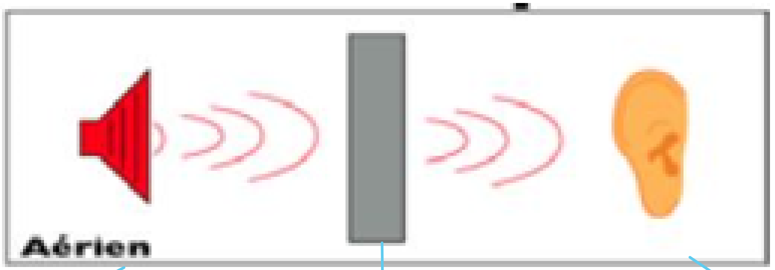
# Acoustique des batiments


Réverbération

Arérien solidien

**Isolation acoustique:**

Indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi noté R en dB




$N_{w_1}$ paroi $N_{w_2}$

$R = N_{w_1} - N_{w_2}$ (emis - réçu)

Coèfficient de transmission d'une paroi noté t (sans unité) :

$$R = 10\log(\frac{1}{t}) \text{ ou } t = 10^{-\frac{R}{10}}$$

Plus t est petit ou R est grand, on a une meilleure isolation

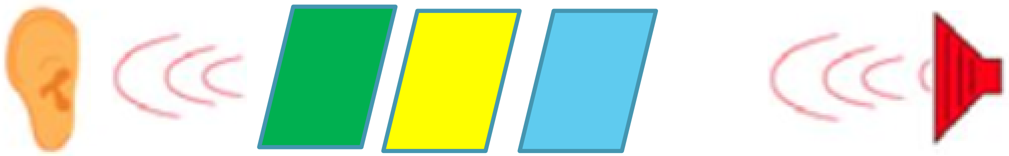
On peut juger qu'une matière est un bon isolant mais lorsqu'on l'installe

On se rend compte qu'elle était pas performante car ceci dépend de l'environnement

de l'isolant. On introduit un paramètre D en dB qui tient compte de l'environnement.

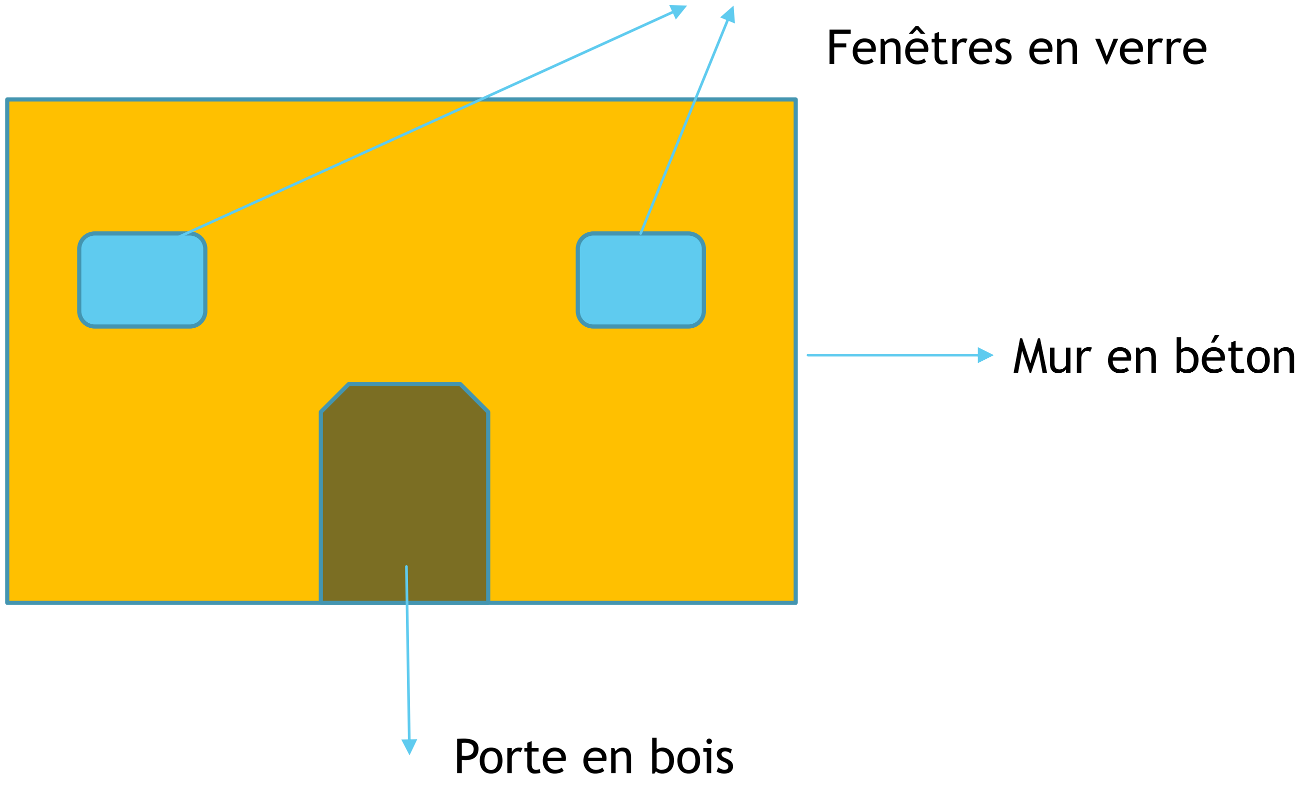
D<R. Noter que R se mesure dans un laboratoire.

Si on a des parois en série (mille feuilles) alors:

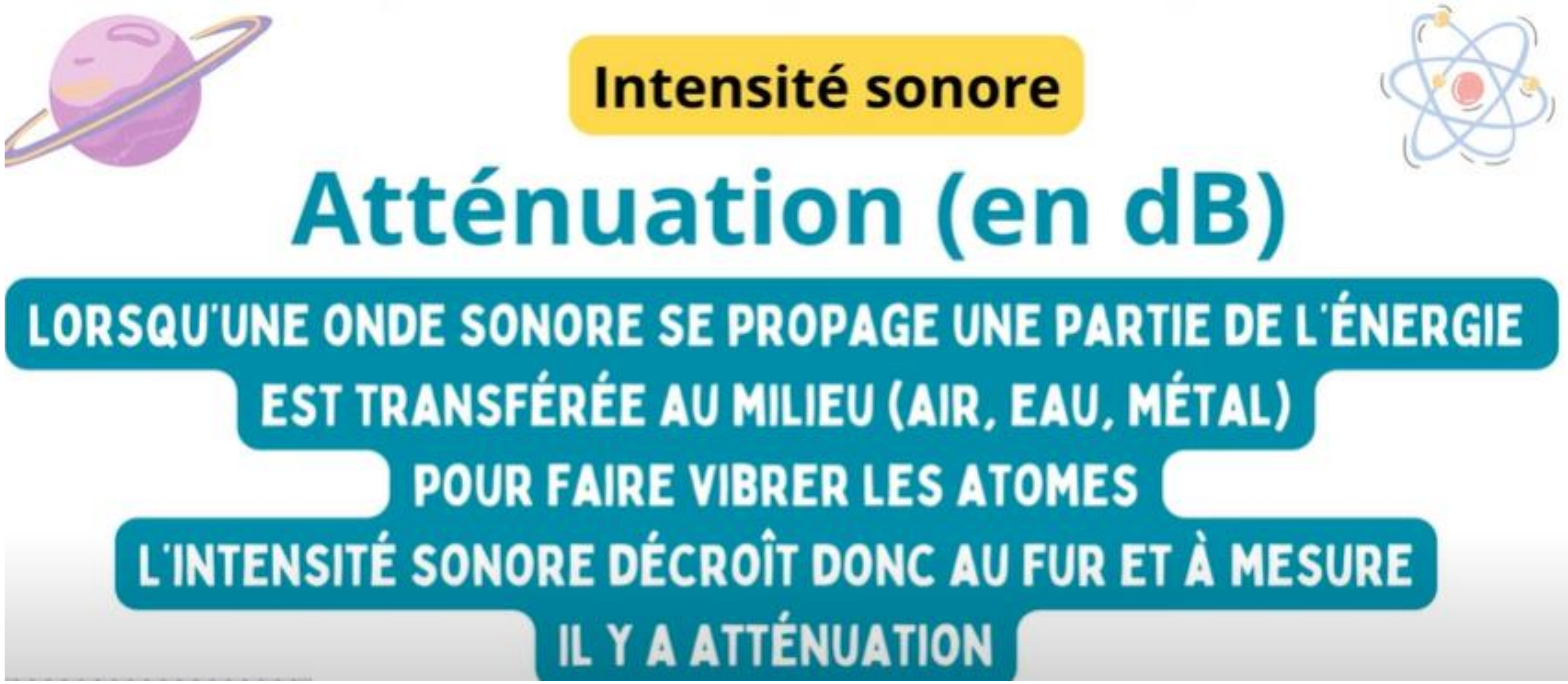


$$t_{total} = t_1 . t_2 . t_3 \cdots$$

Si on des parois en parallèles:




$$t_{total} = \frac{t_1.S_1+t_2.S_2+t_3.S_3}{S_1+S_2+S_3}$$


Intensité sonore
Atténuation (en dB)
LORSQU'UNE ONDE SONORE SE PROPAGE UNE PARTIE DE L'ÉNERGIE
EST TRANSFÉRÉE AU MILIEU (AIR, EAU, MÉTAL)
POUR FAIRE VIBRER LES ATOMES
L'INTENSITÉ SONORE DÉCROÎT DONC AU FUR ET À MESURE
IL Y A ATTÉNUATION


Un obstacle conduit à une atténuation qui est toujours une valeur négative

A=L(onde reçue)-L(onde émise)<0


G=L(onde reçue)-L(onde émise)>0

# Exercices

un point

**Données :**

- intensité sonore de référence : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$ ;
- modèle de l'atténuation géométrique pour une source ponctuelle :
  l'intensité sonore $I$ $(\mathrm{W \cdot m^{-2}})$ en à une distance $x$ de la source est reliée à la puissance sonore $P$ de cette source par la relation :

$$I = \frac{P}{4\pi x^2}\ ;$$

- si l'écart de niveau d'intensité sonore entre deux sons est supérieur à 6 dB, le son le plus faible n'est pas entendu par l'oreille humaine ;
- la célérité $c$ des ondes sonores dans l'air est prise égale à 340 m/s.

**Première partie**

Un musicien s'entraîne sur sa guitare électrique. Il se trouve à une distance $d_1 = 1{,}0\ \mathrm{m}$ du haut-parleur, considéré comme une source de puissance constante émettant de façon équivalente dans toutes les directions. Soucieux de protéger son audition, il utilise un sonomètre et mesure un niveau d'intensité sonore $L_1 = 85\ \mathrm{dB}$. Il aimerait réduire son exposition au bruit.

1. Citer les deux options qui s'offrent à lui. Justifier en utilisant le vocabulaire associé à l'atténuation d'une onde.

Il décide de se reculer du haut-parleur.

2. Calculer l'intensité sonore $I_1$ associée au niveau d'intensité sonore $L_1$.

3. Déterminer à quelle distance du haut-parleur il doit se placer afin d'être exposé à un niveau d'intensité sonore $L_2 = 75\ \mathrm{dB}$.

**Deuxième partie**

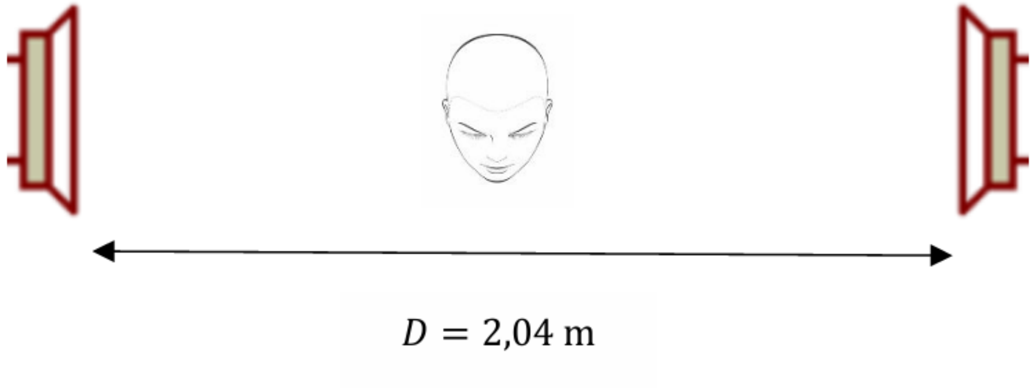
Le musicien fait l'acquisition d'un casque antibruit actif. Le casque détecte les ondes sonores entrant dans le casque et émet une autre onde sonore en même temps. Dans certaines conditions, le porteur entend un son atténué.

Une simulation de l'enregistrement du son au niveau de l'oreille du musicien est proposée en **ANNEXE**

4. Justifier que le son est audible par l'homme.

5. Sur le document-réponse 3 en **ANNEXE à rendre avec la copie**, tracer la représentation du signal que devrait émettre le casque pour que le porteur n'entende pas de son. Nommer précisément le phénomène mis en jeu entre les deux ondes sonores.

Cette « annulation » du son rappelle une expérience à notre guitariste : en se plaçant entre deux haut-parleurs, le son entendu peut-être très fortement atténué pour certaines positions de l'auditeur. Les haut-parleurs étant branchés à la même source, ils émettent en phase. La situation est modélisée par le schéma ci-dessous :



Le musicien se place initialement à égale distance des haut-parleurs. La taille de sa tête n'est pas prise en compte et la fréquence des deux signaux émis est de 1 000 Hz.

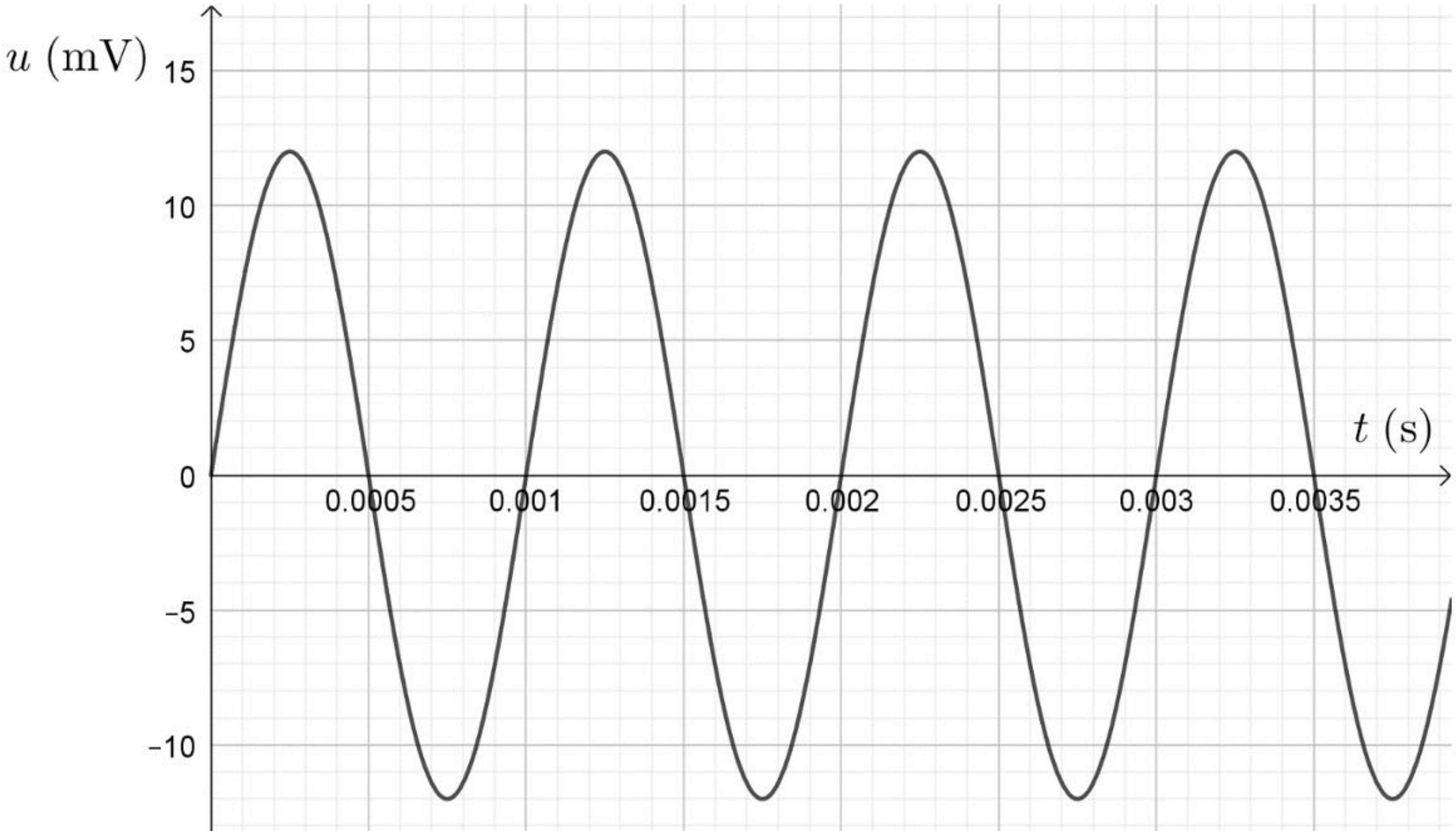
6. Justifier que le son qu'il entend à cet endroit a une intensité maximale.

7. Déterminer de quelle distance minimale doit se déplacer le musicien pour que le son entendu ait une intensité minimale.
*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.*

## ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

**Document-réponse 3 : EXERCICE C, question 5.**

Simulation de l'enregistrement d'un son (tension électrique aux bornes du microphone)



**Exercice 2 :** Quand ma fille chante, elle développe une puissance de 10 W

1.Si on considère qu'elle émet un son dans toutes les dimensions, à travers une surface sphérique, quelle intensité sonore $I_1$ doit-on supporter à une distance d = 2 m ? (surface sphérique = $4\pi \times R^2$)

2.À quel niveau d'intensité sonore $L_1$ cela correspond-il ?

3. Si elle chante avec son micro, l'intensité sonore est multipliée par 4. À quelle intensité sonore $I_2$ cela correspond-il ? Quel nouveau niveau d'intensité sonore $L_2$ atteint-on ?

4. Pour pouvoir travailler sur mes vidéos, je ferme la porte de mon bureau, ce qui apporte une atténuation A = -25dB quel nouveau niveau d'intensité sonore $L_3$ atteint-on ?

5. À quelle intensité sonore $I_3$ cela correspond-il ?

## Exercice 3

Au cours d'un orage, un observateur entend le tonnerre 8 s après avoir vu l'éclair. À quelle distance de cet observateur, la foudre s'est-elle approximativement produite?

## Exercice 4

Un son est produit à l'extrémité d'un tuyau de fer de longueur 1009 m. Une personne, à l'autre extrémité, perçoit deux sons, l'un transmis par le fer, l'autre par l'air. L'écart entre les deux perceptions est de 2,8 s. Calculez la vitesse du son dans le fer.

## Exercice 5

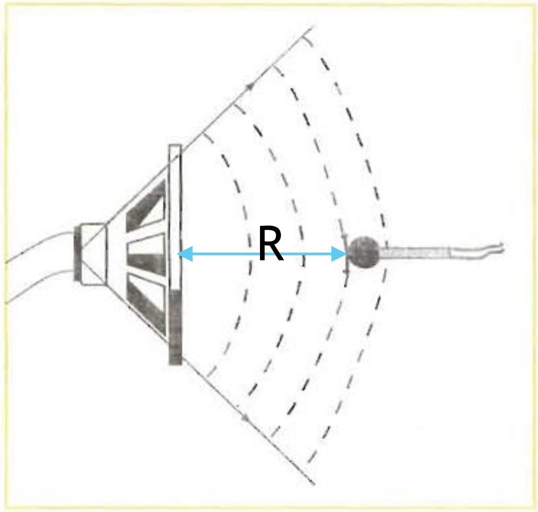
Les longueurs d'onde limites des ondes ultrasonores émises par les dauphins dans l'eau de mer sont $\frac{15}{4}$ cm et $\frac{15}{17}$ cm.. La vitesse de propagation des ultrasons dans l'eau de mer est de l'ordre de 1500 $m.s^{-1}$.

Déterminez le domaine de fréquences des ultrasons émis par les dauphins.

Rappel: Un membrane de surface S se trouve à une distance R d'une source qui émet un son de puissance P. La puissance reçue par le membrane est

$$P_r = \frac{P.S}{4\pi R^2} \ (w)$$

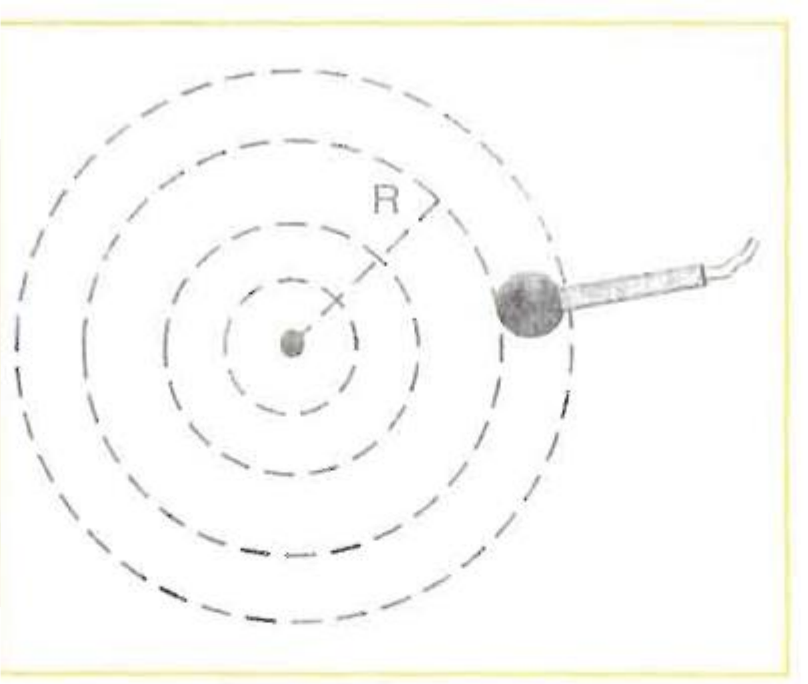
l'intensité acoustique en un point de cette surface est $\mathbf{I} = \frac{\mathbf{P_r}}{\mathbf{S}}$.



## Exercice 6

*L'explosion d'un pétard émet, dans toutes les directions, un son avec une puissance acoustique de 0,8 W qui se propage en se répartissant sur des sphères concentriques.*

*Un microphone, placé à 10 m de la source, a une membrane de surface 28 $cm^2$. Calculez le rapport de la puissance reçue par cette membrane à la puissance émise par l'explosion.*




Donner l'intensité acoustique au centre du membrane

## Exercice 7

*Un son a une intensité acoustique de $10^{-8}$ $W.m^{-2}$ au niveau de l'oreille d'un auditeur.*

a. *Déterminez le niveau d'intensité acoustique correspondant.*

b. *De combien de décibels, le niveau d'intensité acoustique varie-t-il si l'intensité acoustique du son double?*

c. *Quel est le niveau d'intensité acoustique correspondant au seuil de douleur? au seuil d'audibilité?*

Exercice 8

Deux pétards produisent un niveau d'intensité acoustique de 85 dB. Quel niveau d'intensité acoustique est-il produit par l'explosion d'un seul pétard?

**9** Une scie électrique circulaire, comportant 200 dents et tournant à la vitesse de 3000 $tr.min^{-1}$, attaque une planche. Quelle est la fréquence du son entendu?

## Exercice 10

Un avion à réaction émet $2.10^5$ J d'énergie acoustique chaque seconde.

a) Déterminez l'intensité acoustique en un point à 40 m de l'avion.

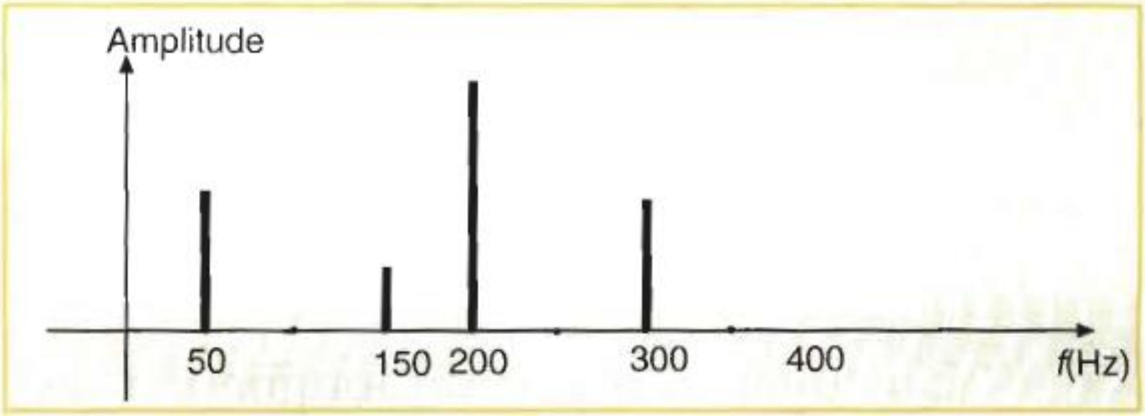
b) Calculez le niveau d'intensité acoustique correspondant.

c) Que devient la valeur de ce niveau à 2 km de l'avion si on ne tient pas compte de l'absorption de l'air?

d) En fait, l'air absorbe le son au taux de 7 dB/km environ. Quel est alors le niveau d'intensité acoustique à 2 km de l'avion?

Exercice 11

Le spectre d'un son musical est représenté sur la figure 6.12.



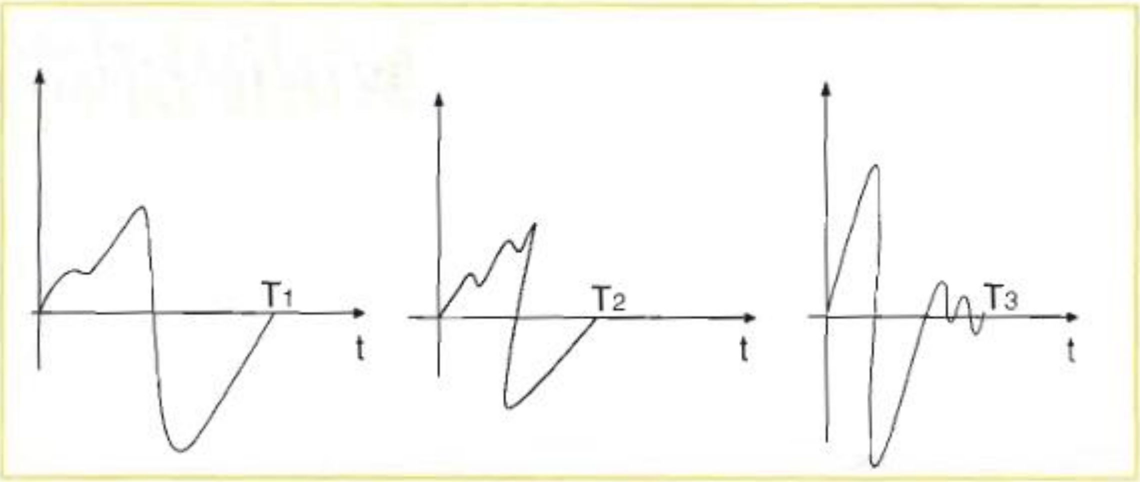

a) Quelle est sa fréquence fondamentale?

b) Trouvez la fréquence du $4^{ème}$ harmonique.

c) Déterminez la fréquence du son émis.

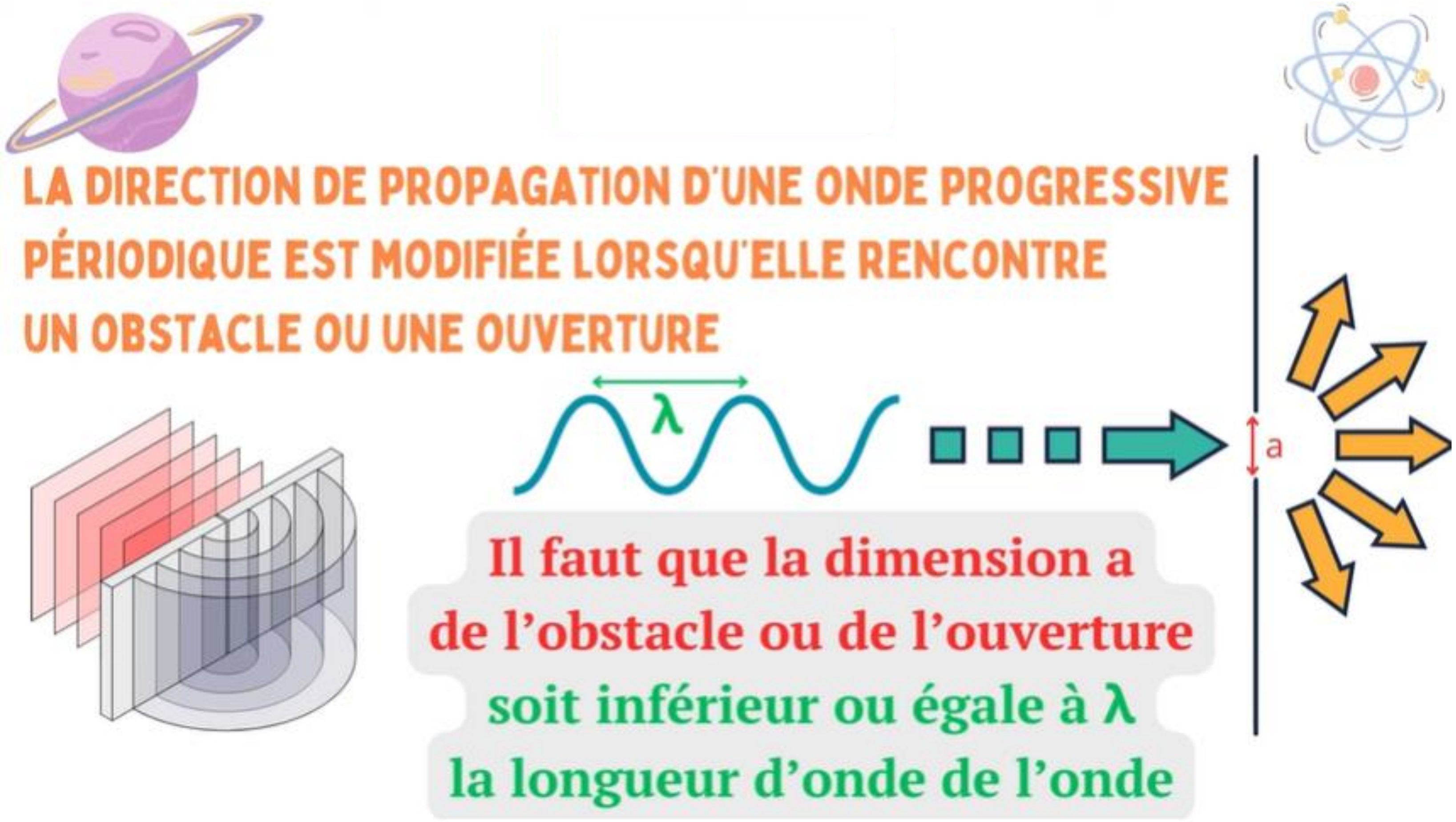
d) Quel est l'harmonique de plus grande amplitude?

**12** Les courbes de la figure représentent, pendant une période, trois sons émis par des instruments de musique différents. On donne $T_1 > T_2 = T_3$

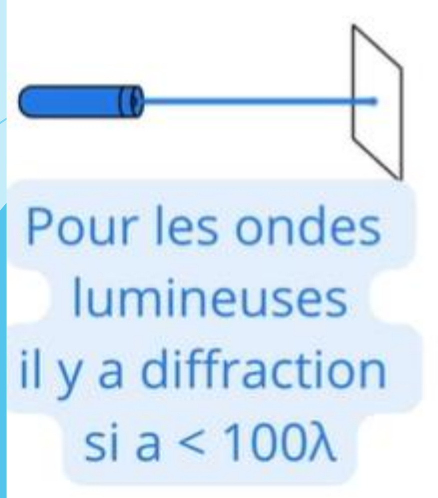



a) Existe-t-il des sons de même timbre? Pourquoi?
b) Quels sont les sons de même hauteur?
c) Lequel est le son le plus grave?

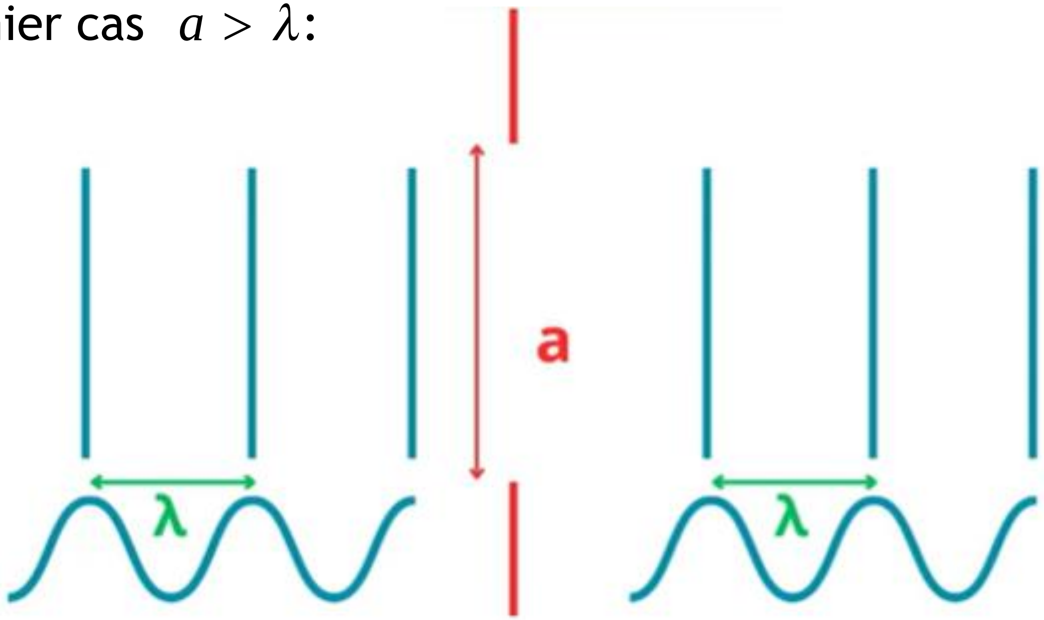
# Diffration des ondes




$$a < \lambda$$



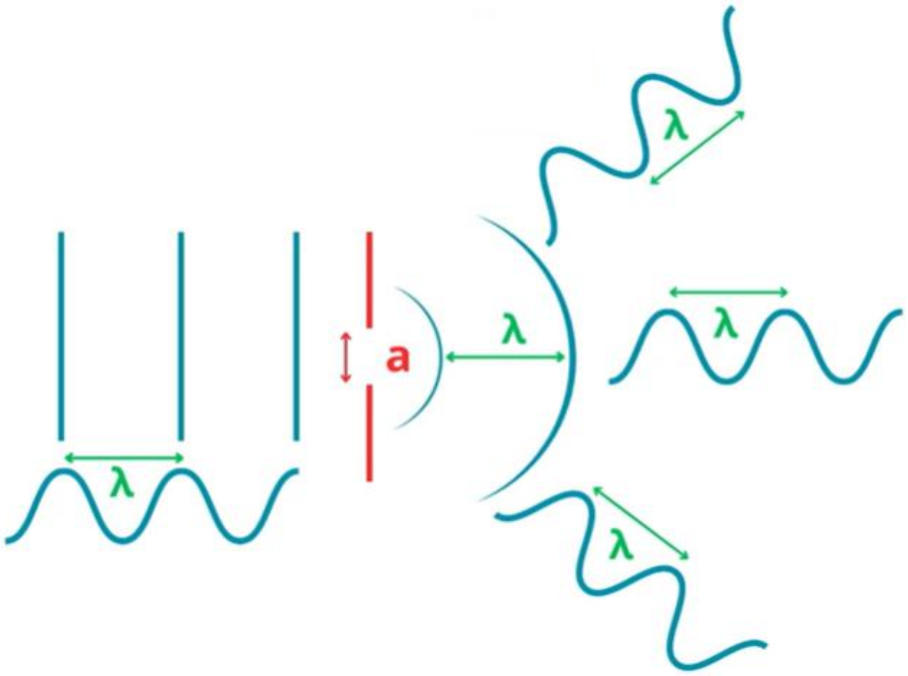
Premier cas $a > \lambda$:




L'onde traverse la fente et

Continue son chemin (diaphragmation)

Deuxième cas $a < \lambda$:




L'onde se réfracte en gardant

La même longueur d'onde et

En partant dans toutes les

Directions (réfraction)

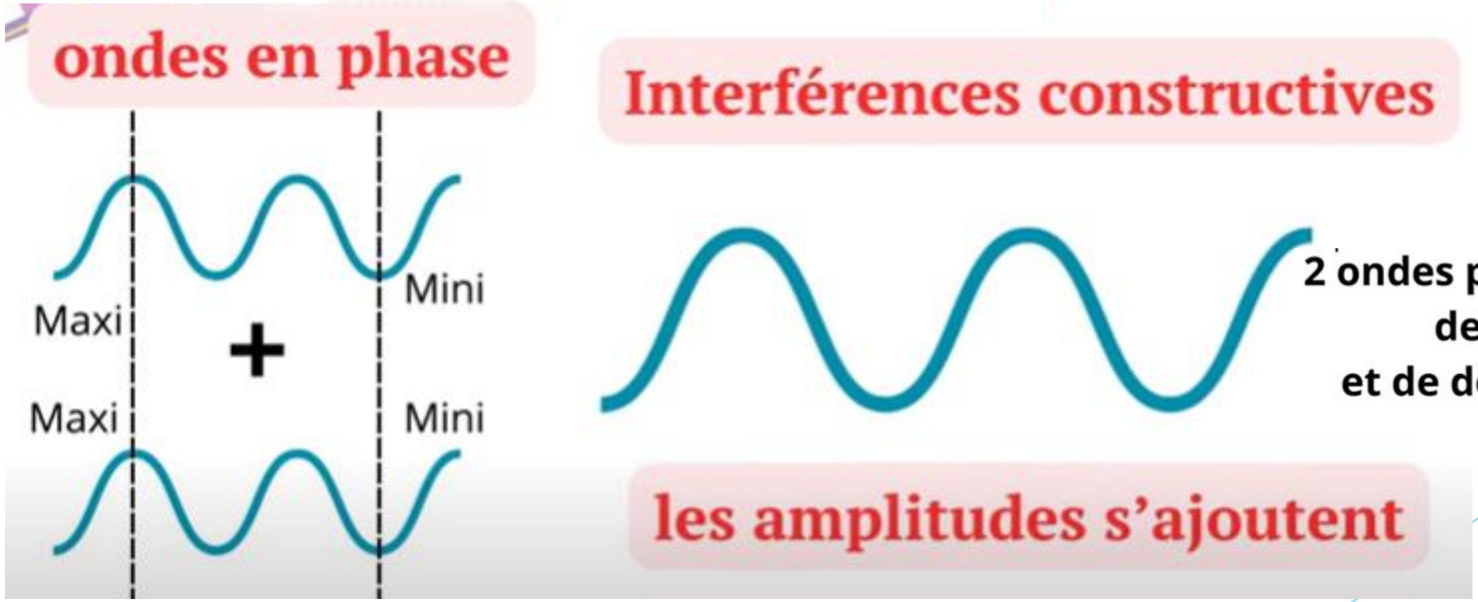
# Interférences mécaniques

On appelle interférence la superposition de deux ondes de même nature, même

Fréquence dans un même milieu.

Il faut que les deux ondes soient
- Synchrones: même période, même fréquence
- Cohérentes: déphasage constant c à d même longueur d'onde.

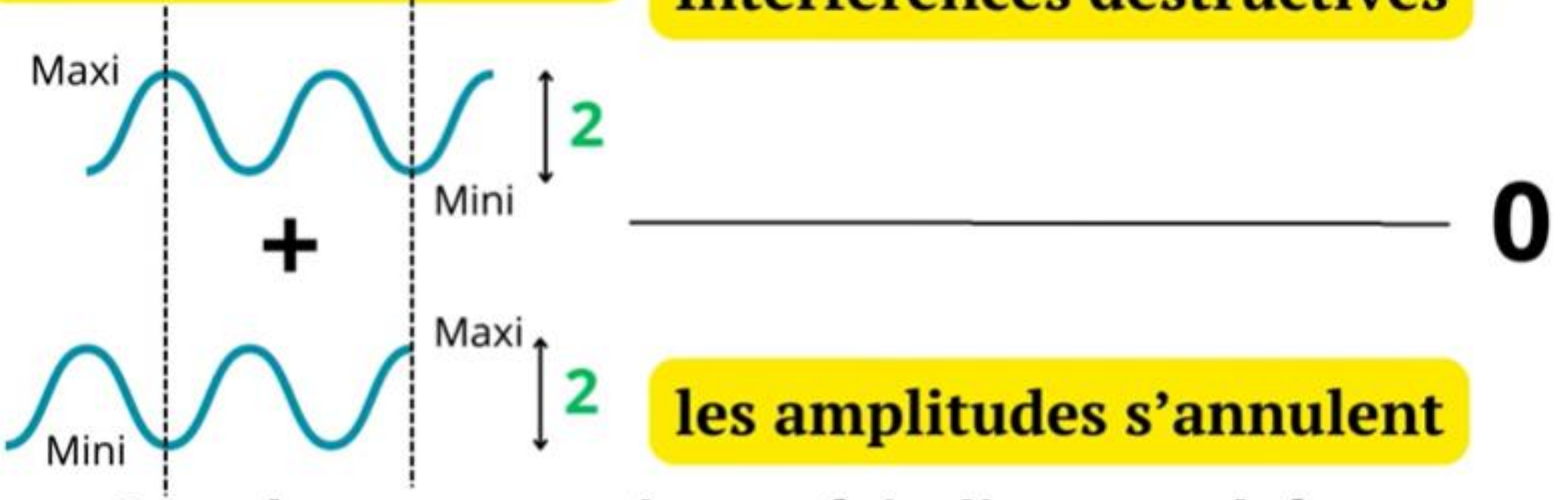
On a deux types d'interférences: constructives et destructives:




2 ondes progressives périodiques cohérentes =
de même fréquence (synchrones)
et de décalage initial (déphasage) constant

**ondes en opposition de phase**

**Interférences destructives**

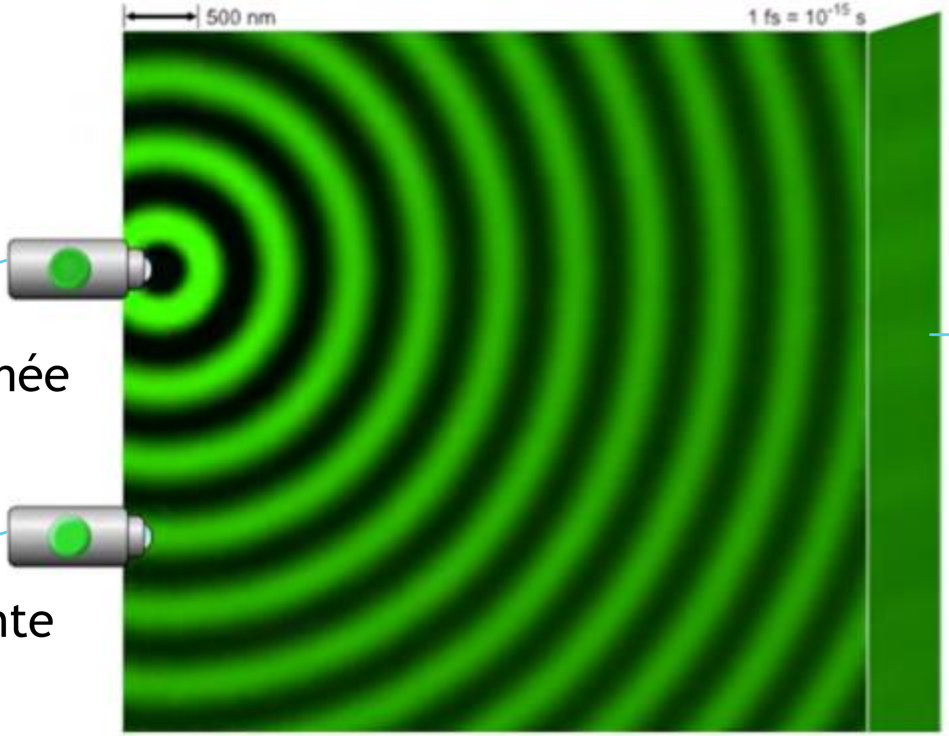



**les amplitudes s'annulent**

**2 ondes progressives périodiques cohérentes =**
**de même fréquence (synchrones)**
**et de décalage initial (déphasage) constant**

# Aspect ondulatoire de la lumière

Expérience:

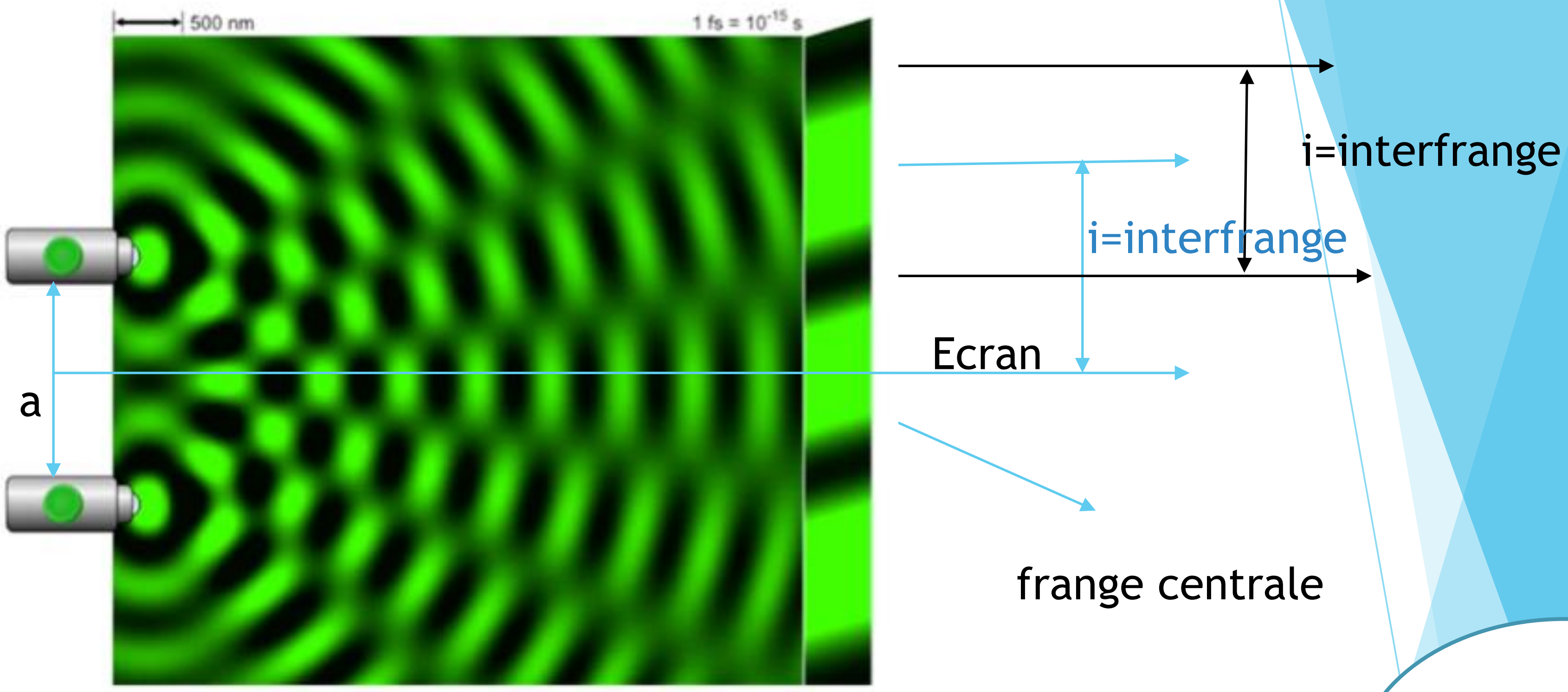



Source lumineuse allumée

Source lumineuse éteinte

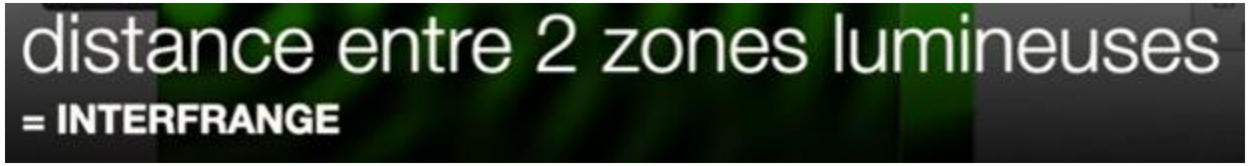
Ecran: la lumière finit par se propager sur tout l’ecran.

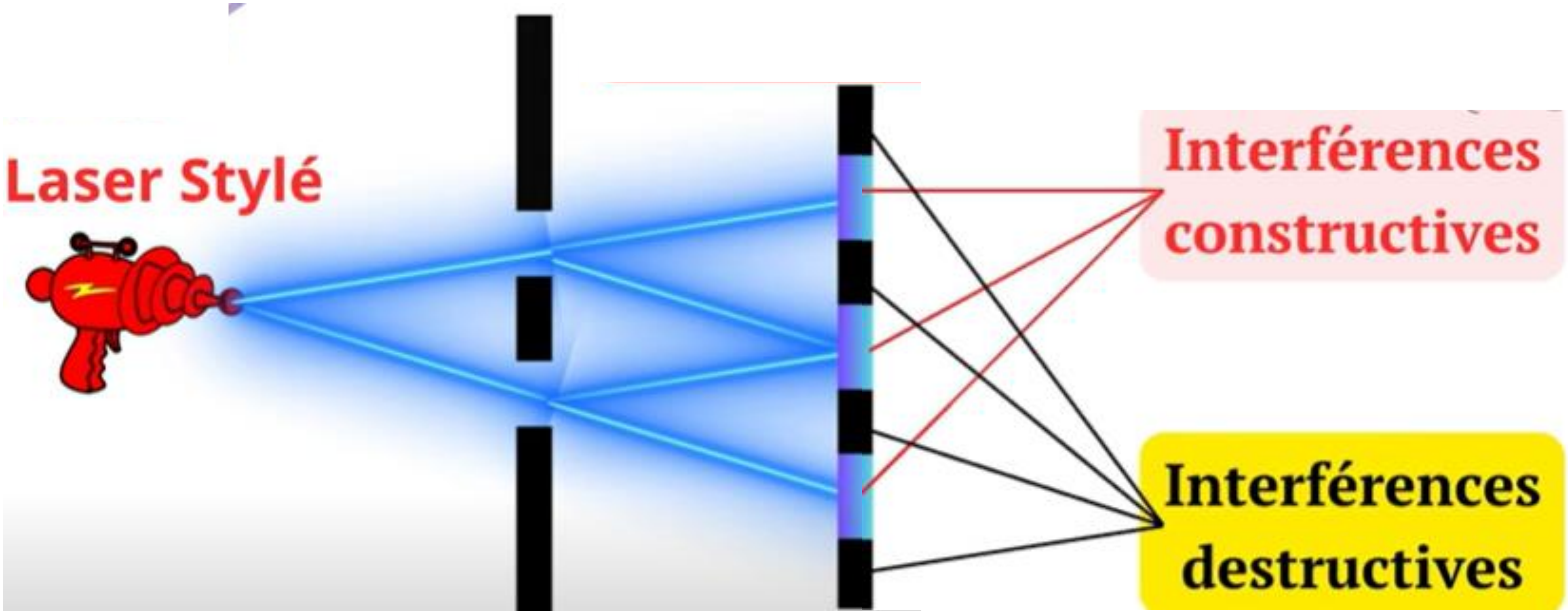
Deux Sources lumineuses identidques allumées

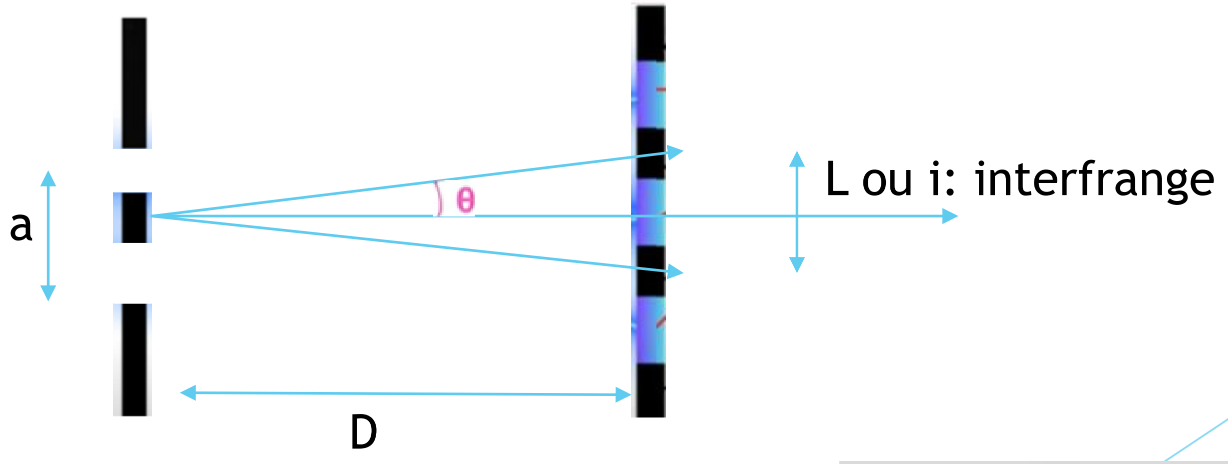



Si $a$ ↗ alors $i$ ↘

On observe des franges d’interférences équidistantes et alternées: franges lumineuses et franges sombre.
L’intensité lumineuse est maximale dans la frange centrale et diminue en s’éloignant du centre. De même l’intensité du noir dans les zones sombres diminue en s’éloignant du centre.






$\theta = \lambda/a = L/2D$

## Interprétation:

Lorsque les deux ondes en phase se superposent, on voit une zone brillante et

lorsque les deux ondes en opposition de phase se superposent on observe une

frange sombre.

Les ondes issues de deux sources, certaines sont en phase et d'autre en opposition de phase.

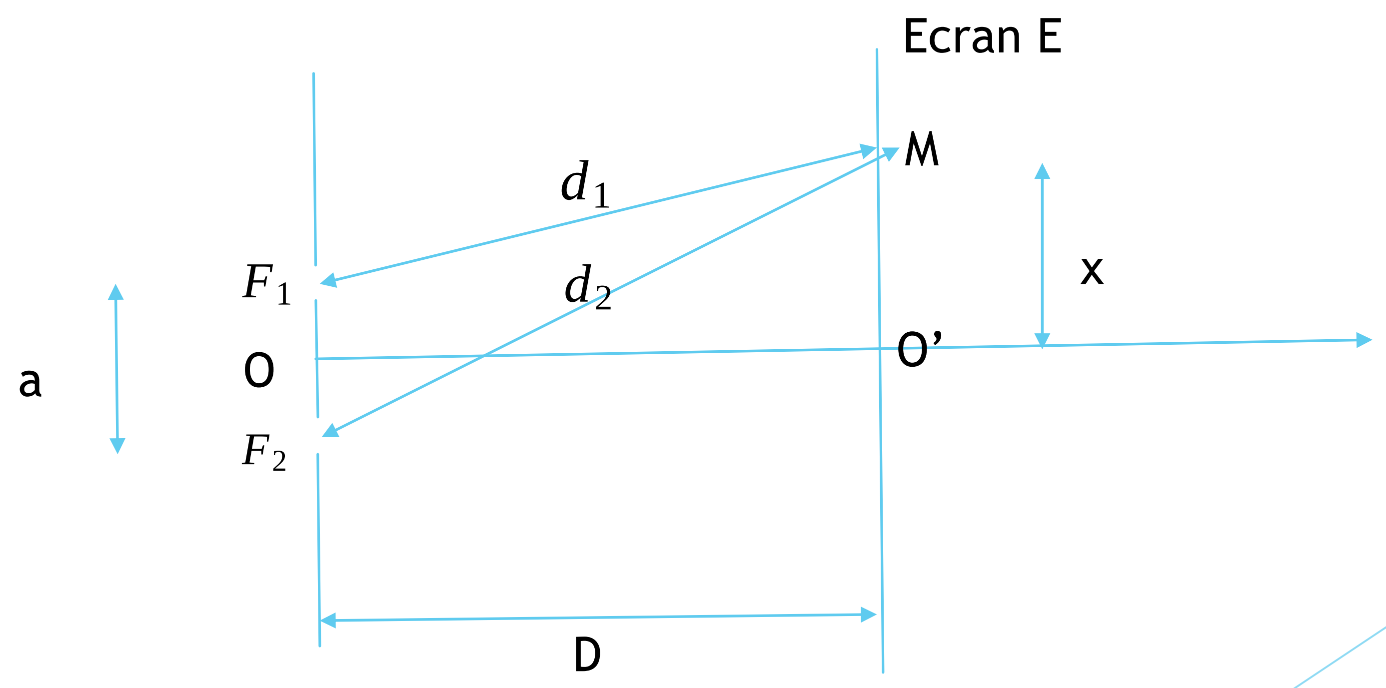
Frange brillante FB correspond à une interférence constructive

Frange sombre FS correspond à une interférence destructive

## Etude analytique:

Expérience de Young 1801

On a deux sources lumineuses de même longueur d'onde $\lambda$ ou de même on a une source lumineuse qui traverse deux fentes et dont la lumière est projetée sur un ecran $E$.



Soit $\delta = |d_2 - d_1|$ la différence de marche.

$M$ un point de l'ecran. On voudrait déterminer si $M$ est un point de $FB$ ou de $FS$.

Soit $x$ l'abscisse de $M$ à partir de $O'$ le centre de la frange centrale:

$$\delta = \frac{ax}{D}$$

1- Si $\delta = k\lambda$ et donc $x = \dfrac{\kappa\lambda D}{a}, k \in \mathbb{Z}$ alors $M \in FB$

2- Si $\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$ et donc $x = \dfrac{(\kappa + \frac{1}{2})\lambda D}{a}, k \in \mathbb{Z}$ alors $M \in FS$

$n^{ième}$ $FB$ veut dire $k = n$

$n^{ième}$ $FS$ veut dire $k = n - 1$

X est en m

Par exemple $M$ appartient à la $3^{ième}$ $FB$ donc $x = \dfrac{3\lambda D}{a}$.

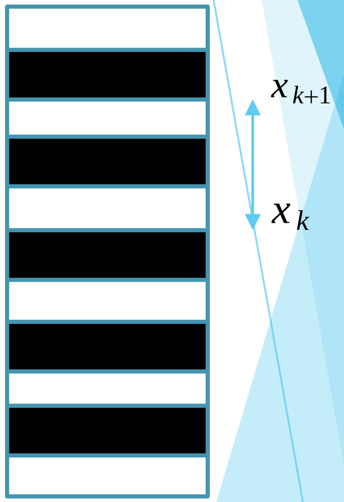
$M$ appartient à la $3^{ième}$ $FS$ donc $x = \dfrac{(2 + \frac{1}{2})\lambda D}{a}$.

## Interfrange:

L'interfrange est la distance qui sépare les milieux de deux $FB$ ou deux $FS$ consécutives

$$i = x_{k+1} - x_k$$

On sait que pour une $FB$ on a $x = \dfrac{k\lambda D}{a}$ et donc $i = (k+1)\dfrac{\lambda D}{a} - \dfrac{k\lambda D}{a}$ :




$$i = \frac{\lambda D}{a}$$

$\Rightarrow$ $i$ est à l'ordre de $mm$.

## Ordre d'interférence:

Noté $p(M) = \frac{\delta(M)}{\lambda} = \dfrac{\text{différence de marche}}{\text{longueur d'onde}}$. or $\delta(M) = \dfrac{ax}{D}$ d'où: $p = \dfrac{x}{i}$ (sans unité)

$p$ soit entier soit entier et demi:

$$p = 1, 2, 3....ou \;\; 1.5, \;\; 2.5, \;\; 3.5 \cdots$$

Si $p$ est un entier alors $M \in FB$

Si $p$ est un entier et demi alors $M \in FS$.

On peut remplacer les deux sources lumineuses par deux sources sonores, ainsi la FB C'est la zone où on entend le plus et la FS est la zone où on entend le moins.

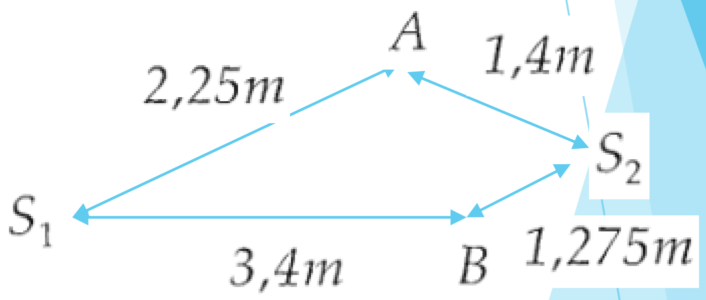
La première FB (frange centrale) c'est la zone où le son est maximal, la FS qui est juste avant ou juste après, c'est la zone où le son est minimal.

## Conclusion

**Les ondes sonores peuvent subir le phénomène d'interférence. La superposition de deux sons peut créer le silence.**

## Exemple

*Deux sources sonores, $S_1$ et $S_2$, de même amplitude et en phase, émettent un son de fréquence $f = 400$ Hz qui se propage dans l'air. La célérité du son dans l'air est alors $340 m/s$.*
*Trouvez les amplitudes des vibrations résultantes aux points A et B, sachant que A est situé à $2{,}25m$ de $S_1$ et $1{,}4m$ de $S_2$ et que B est à $3{,}4m$ de $S_1$ et à $1{,}275m$ de $S_2$.*




La longueur d'onde λ de l'onde sonore émise est:

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{340}{400} = 0{,}85 \text{ m.}$$

La différence de marche entre les vibrations arrivant au même instant en A est:

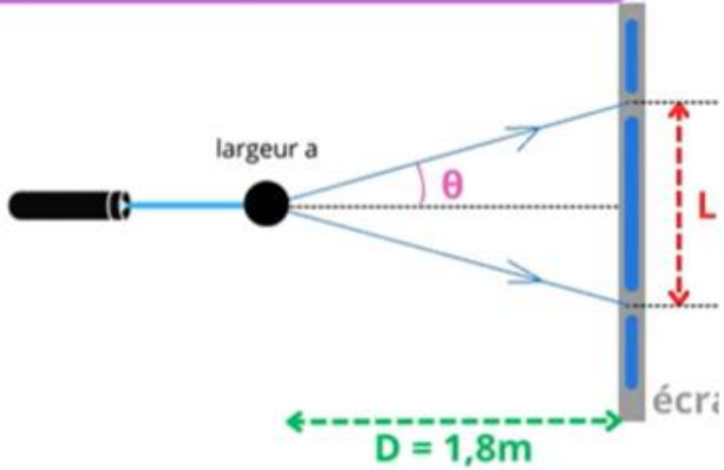
$AS_1 - AS_2 = 2{,}25 - 1{,}4 = 0{,}85 = \lambda$; en A, l'air vibre avec une amplitude maximale. → $\delta = k\lambda$ → (FB)

De même, $BS_1 - BS_2 = 3{,}4 - 1{,}275 = 2{,}125 = \frac{5\lambda}{2}$; l'amplitude au point B est nulle et l'air en ce point est au repos. → $\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$ → (FS)

# Exercices (TD4)

**Exercice 1 :** On veut déterminer la longueur d'onde λ d'un laser. Pour ce faire, on mesure la largeur de la tache centrale de diffraction produite par des objets de largeur a placés à une distance D d'un écran.

| Épaisseur a (µm) | 20,0 | 40,0 | 80,0 | 100 | 140 |
|---|---|---|---|---|---|
| Largeur L (cm) | 10,0 | 5,1 | 2,5 | 2,1 | 1,4 |
| θ en rad | | | | | |
| 1/a en $m^{-1}$ | | | | | |




**θ = λ/a = L/2D**

**1.Calculer θ pour chaque mesure**

**2.Calculer 1/a pour chaque mesure**

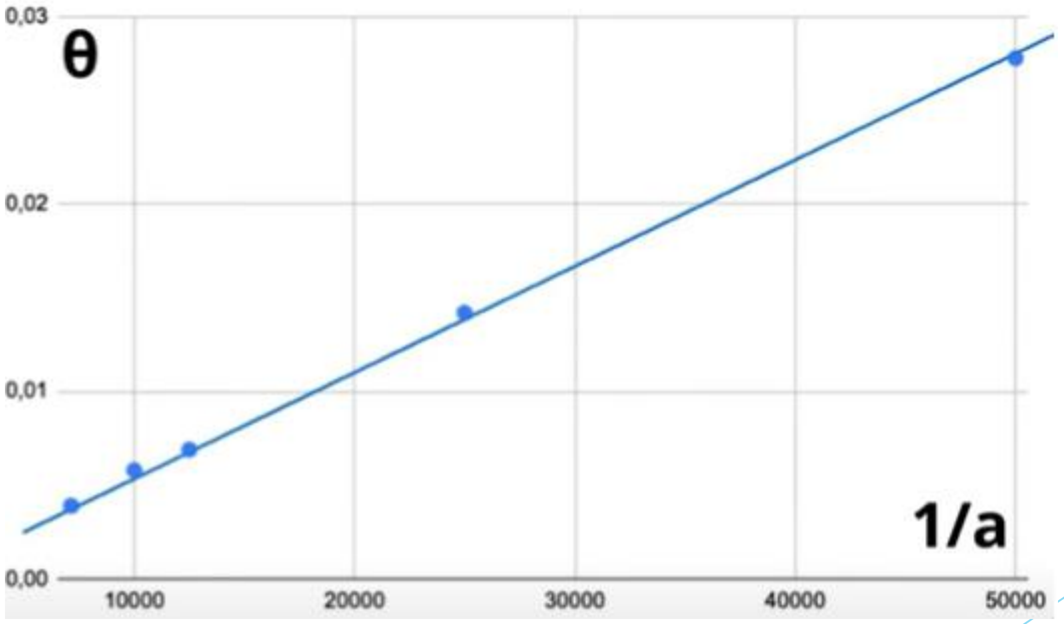
**3.Tracer θ en fonction de 1/a**

**4.En déduire λ**

1) et 2)

| Épaisseur a (μm) | 20,0 | 40,0 | 80,0 | 100 | 140 |
|---|---|---|---|---|---|
| Largeur L (cm) | 10,0 | 5,1 | 2,5 | 2,1 | 1,4 |
| θ en rad | **0,0278** | **0,0142** | **0,0069** | **0,0058** | **0,0039** |
| 1/a en $m^{-1}$ | 50000 | 25000 | 12500 | 10000 | 7140 |

3)

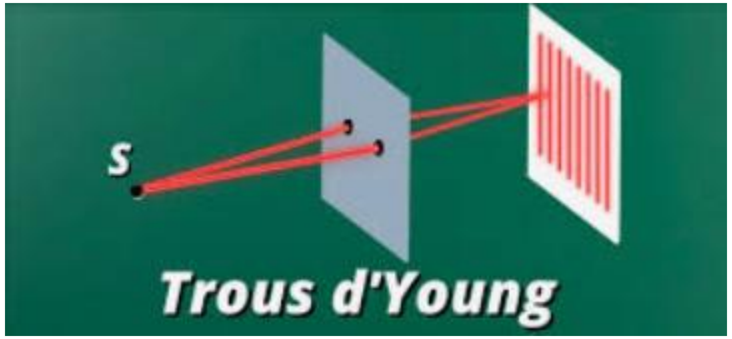


**Exercice 2 : Un dispositif d'Young est constitué de deux fentes verticales distantes de a = 1,0 mm, éclairées par une source de lumière laser de longueur d'onde λ=520 nm. L'écran d'observation es situé à une distance D=1,80 m.**

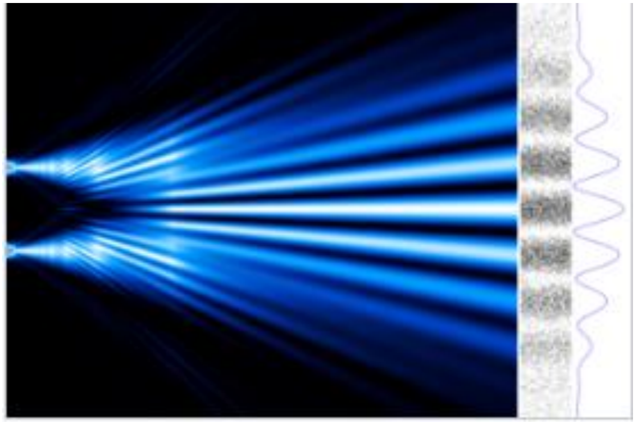
**1. Décrire la figure observée sur l'écran.**

**2. Calculer l'interfrange i.**

**3. La lumière laser est remplacée par une autre lumière de longueur d'onde λ=430 nm. Préciser en justifiant si l'interfrange est plus grande ou plus petite.**




Fentes horizontales: Franges verticales



Fentes verticales: Franges horizontales


Le son commence aigu

Le son finit grave

Quand l'émetteur s'approche du récepteur

**freçue = fémise x c/(c-v)**

Quand l'émetteur s'éloigne du récepteur

**freçue = fémise x c/(c+v)**

V étant la vitesse de la voiture

$C - V < C$ et donc $\dfrac{C}{C-V} > 1$ par conséquent $f_{\text{reçue}} < f_{\text{émise}}$, le son est plus aigu

$C + V > C$ et donc $\dfrac{C}{C+V} < 1$ par conséquent $f_{\text{reçue}} > f_{\text{émise}}$, le son est plus grave


Un radar mesure le décalage Doppler et déduit la vitesse V du véhicule

Exercice 3 : Un observateur fixe reçoit une onde sonore émise par une source mobile ayant une vitesse v.
On donne : vson=340 m/s
si la source s‘approche : frec = fem·vson/(vson − v)
si la source s‘éloigne : frec = fem x vson/(vson + v)

1.Calculer la fréquence reçue si la source s’approche avec une vitesse v = 40 m/s en émettant une fem = 600Hz
2. Calculer la fréquence reçue si la même source s’éloigne
3. Si on trouve une fréquence reçue = 700 Hz pour un véhicule qui s’approche en émettant une fréquence fem = 500 Hz, à quelle vitesse v se déplace le véhicule ?

## Exercice 4

Une sirène d'alerte émet un son de fréquence 1200 Hz. Avec quelle fréquence ce son est-il perçu par un conducteur de voiture se déplaçant à la vitesse de 20 $m.s^{-1}$:

a) s'il s'éloigne de la sirène?

b) s'il se dirige vers la sirène?

## Exercice 5

Une voiture de police, munie d'une sirène émettant un son de fréquence 1000 Hz, se déplace à la vitesse de 90 $km.h^{-1}$.
Quelle est la fréquence apparente de ce son pour un observateur immobile vers lequel la voiture se déplace?

## Exercice 6

Une voiture de course s'éloigne d'un observateur immobile. Si la fréquence du bruit de son moteur est perçu par l'observateur avec une réduction de 20 % de sa valeur réelle (voiture au repos), quelle est la vitesse de la voiture?