

ONDES ET SON

PGC-19

SENSIBILITÉ DE L'OREILLE HUMAINE

$$I = \frac{P_m}{S} \text{ intensité}$$

Notre oreille: un détecteur sonore:

- La plage de fréquence s'étend de 20 Hz à 20'000 Hz
- L'intensité audible minimale est de $10^{-12} \text{ W/m}^2 = I_0$
- L'intensité maximale admise (*seuil de douleur*) est en général 1 W/m^2

Notre perception sonore n'est pas directement proportionnelle à l'intensité.

- Pour que le volume sonore perçu double, il faut que l'intensité de l'onde sonore soit multipliée par 10.
- L'oreille est sensible au logarithme de l'intensité (loi de Fechner).

$$10^{-2} \text{ W/m}^2 \Rightarrow 10^{-3} \text{ W/m}^2$$

$$\beta = 10 \cdot \log_{10} I / I_0$$

Niveau sonore

$$I = 10^n I_0 \Rightarrow \beta = n \text{ Bel} = 10 \times n \text{ dBel.}$$

Source sonore	Niveau (dB)	Source sonore	Niveau (dB)
Avion à réaction	140	Concert de Rock	~120
Marteau piqueur	110	Circulation sur autoroute	75
Conversation normale	60	chuchotement	20



-10 dB

EFFET DOPPLER

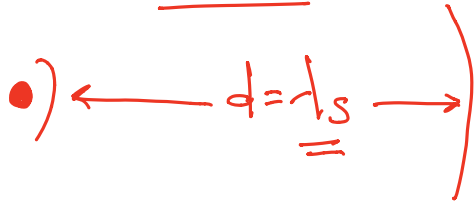
La perception de la fréquence d'une onde et de sa longueur d'onde peut être modifiée considérablement par un mouvement relatif entre l'observateur et la source.

Nous envisagerons les 3 situations suivantes :

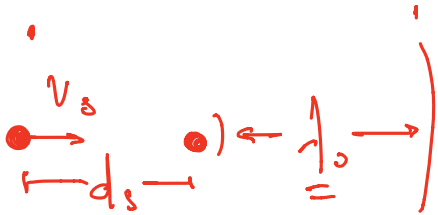
1. Source en mouvement, observateur au repos
2. Source au repos, observateur en mouvement
3. Source et observateur en mouvement (pas de démonstration)

SOURCE EN MOUVEMENT, OBSERVATEUR AU REPOS

REPOS



⊙ v_s



t

$$T = \frac{1}{f_s} = \frac{\lambda_s}{v}$$

$$d = \lambda_s = v \cdot T \quad \left\{ \begin{array}{l} \lambda_0 = d - d_s = \lambda_s - v_s T = \\ d_s = v_s \cdot T \end{array} \right. = \lambda_s - v_s \frac{\lambda_s}{v} = \lambda_s \left(1 - \frac{v_s}{v} \right)$$

$$\Delta \lambda = \lambda_0 - \lambda_s = -v_s \lambda_s / v$$

$$f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{\lambda_s \left(1 - \frac{v_s}{v} \right)} = f_s \frac{v}{v - v_s} \Rightarrow$$

S. rappro. $f_0 = f_s \frac{v}{v - v_s} \quad f_0 > f_s$

S. éloigne $f_0 = f_s \frac{v}{v + v_s} \quad f_0 < f_s$

SOURCE AU REPOS, OBSERVATEUR EN MOUVEMENT

λ_s : ne change pas!

La vitesse de défilement des crêtes : change.

$$v' = v + v_o \leftarrow \text{observ.}$$

$$f_o = \frac{\overset{\text{son}}{v'}}{\lambda_s} = \frac{v + v_o}{\lambda_s} = f_s \left(\frac{v + v_o}{v} \right) \quad \text{rapproche}$$

$$f_o = f_s \left(\frac{v - v_o}{v} \right) \quad \text{eloigne.}$$

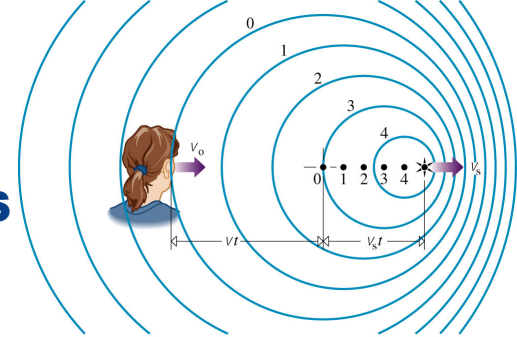
CAS GÉNÉRAL & APPLICATIONS

v_o v_s

$$f_o = f_s \left(\frac{v \pm v_o}{v \mp v_s} \right)$$

$v_o, v_s \sim v$

$v_o > v \quad \#$



EXEMPLE

Une voiture roule à 20.0 m/s en émettant un son de sirène de fréquence $f_s = 600$ Hz. Déterminez la fréquence perçue par un observateur immobile lorsque la voiture s'approche et quand elle s'éloigne.

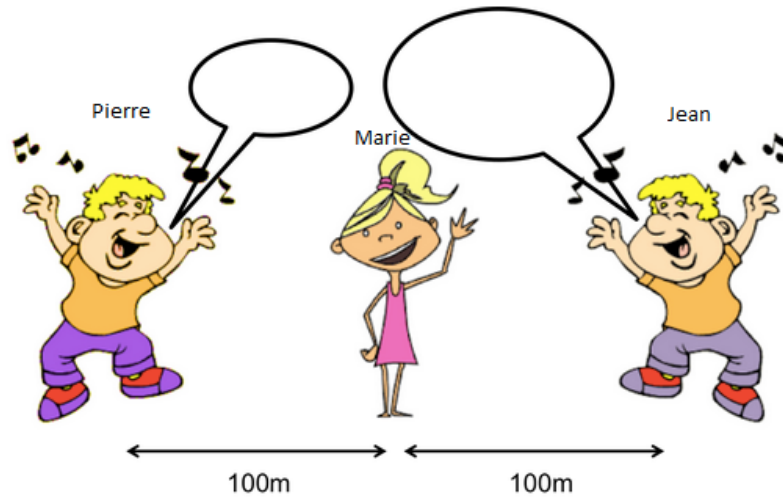
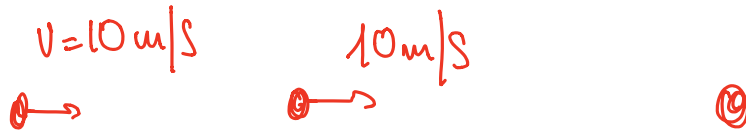
$$v_s = 20 \text{ m/s} \quad f_s = 600 \text{ Hz}$$

$$v_o = 0$$

$$a) \quad f_o = f_s \frac{v}{v - v_s}$$

$$b) \quad f_o = f_s \frac{v}{v + v_s}$$

QUESTION



PROPRIÉTÉS THERMIQUES ET LA CHALEUR

PGC-20

KEYWORDS

Température, chaleur, énergie thermique.

Thermodynamique.

T

V

P

Chaleur

n

N

Q_M, E_{th}

TEMPÉRATURE

...pour mesurer le “degré d'échauffement”.

degré Celsius °C

$T = 0^{\circ}\text{C}$ congélation eau

$T = 100^{\circ}\text{C}$ ébullition eau

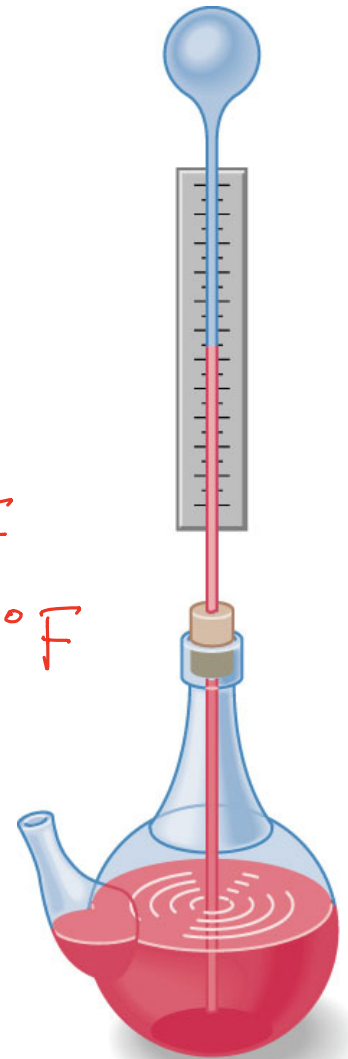
degré F

$$T_{\text{F}} = 32^{\circ} + \frac{9}{5} T_{\text{C}}$$

{SI} $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$

32°F

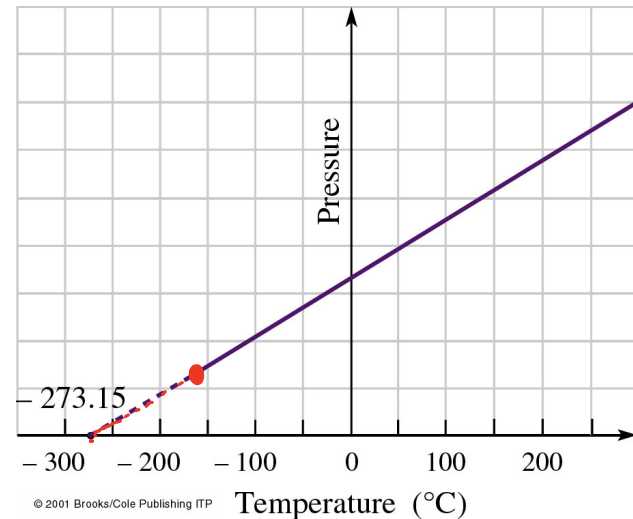
212°F



LA TEMPÉRATURE ABSOLUE ET LE ZERO ABSOLU

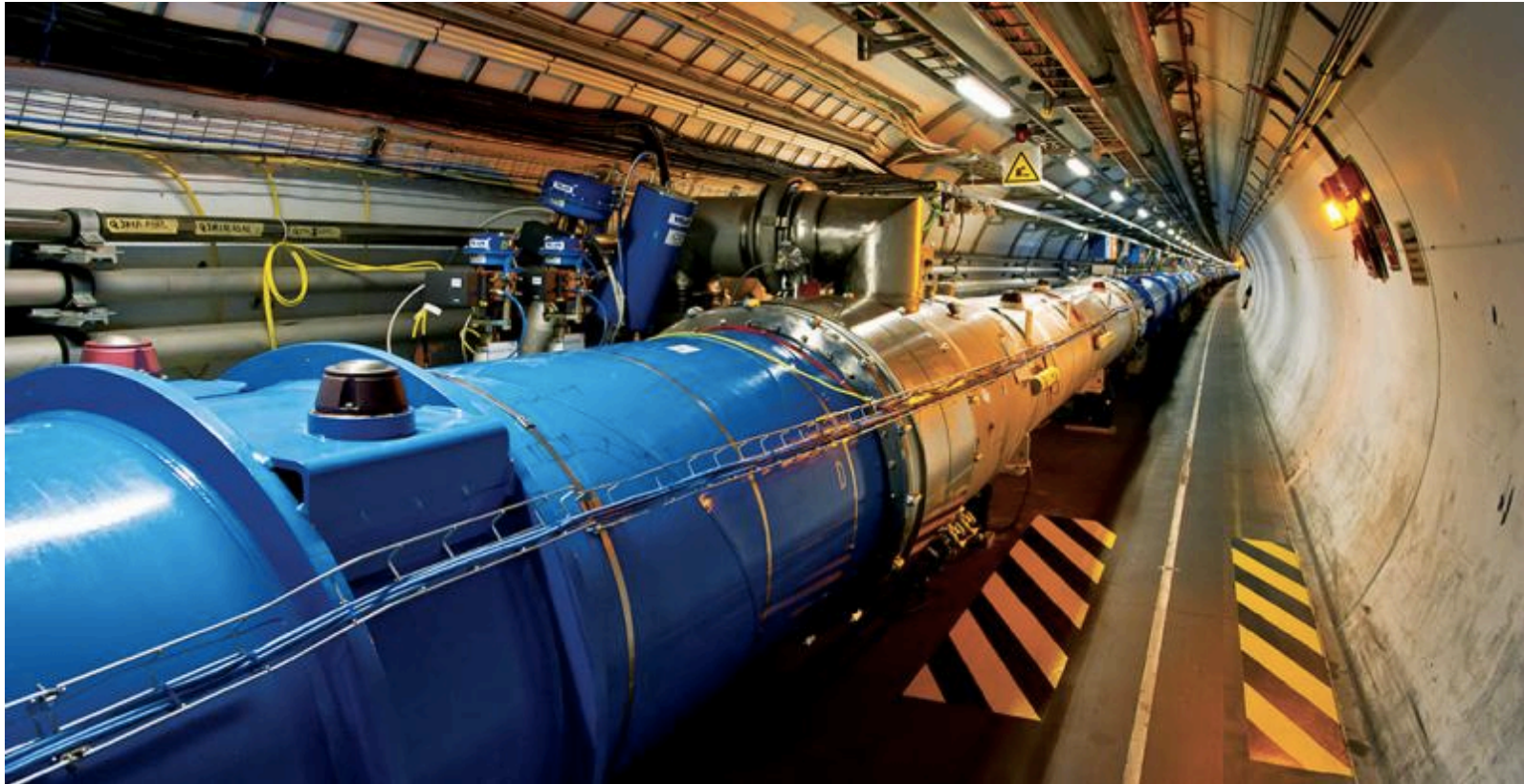
$P=0 \Rightarrow$ zero absolu -273.15°C

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$$



$$T(\text{espace}) = 2.7 \text{ K} \quad T(\text{Aimant CERN}) = 1.9 \text{ K}$$

PRÈS DU ZERO ABSOLU



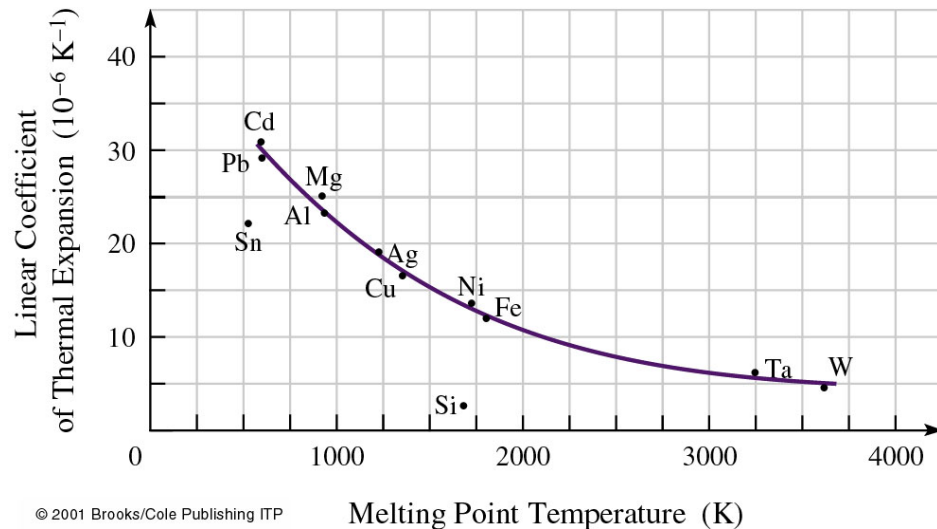
QUELQUES TEMPERATURES TYPIQUES

°C	Phénomènes	K
-273,2	zéro absolu	0
-269	Ebullition de l'hélium	4,2
-196	Ebullition de l'azote	77,2
-183	Ebullition de l'oxygène	90,2
-79	Congélation de la neige carbonique	194,2
-39	Congélation du mercure	234,2
0	Congélation de l'eau	273,2
~ 37	Température du corps humain	~ 310
78	Ebullition de l'alcool	351
100	Ebullition de l'eau	373,2
327	Fusion du plomb	600
1063	Fusion de l'or	1336
1000-1400	Fusion du verre	1273-1673
1300-1400	Fusion de l'acier	1573-1673
6000	surface du soleil	6273
15×10^6	Intérieur du soleil	15×10^6

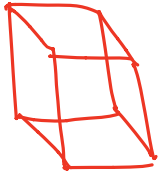
DILATATION THERMIQUE (SOLIDES)

Dilatation linéique $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$

α : coefficient de dilati. linéique



DILATATION THERMIQUE (SOLIDES)



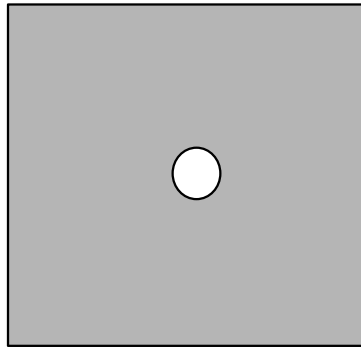
$$\Delta V = V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$
$$\beta \approx 3\alpha$$

Matériau	α (K ⁻¹)	β (K ⁻¹)	Temp. (°C)
Aluminium	22.1×10^{-6}		-23
Aluminium	23.0×10^{-6}	72×10^{-6}	20
Aluminium	33.5×10^{-6}		527
Ciment	$\sim 12 \times 10^{-6}$	$\sim 35 \times 10^{-6}$	20
Acier	12×10^{-6}	36×10^{-6}	20
Verre (Pyrex)	3×10^{-6}	9×10^{-6}	20

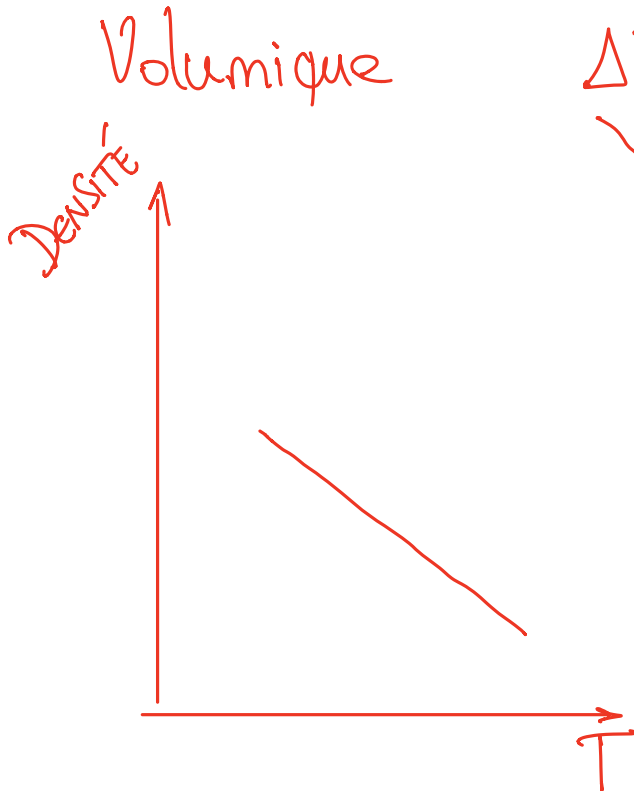
QUESTION

Une plaque d'acier a une trou au milieu de diamètre de 2cm.

Si on chauffe la plaque, la diamètre du trou augmente ou diminue?



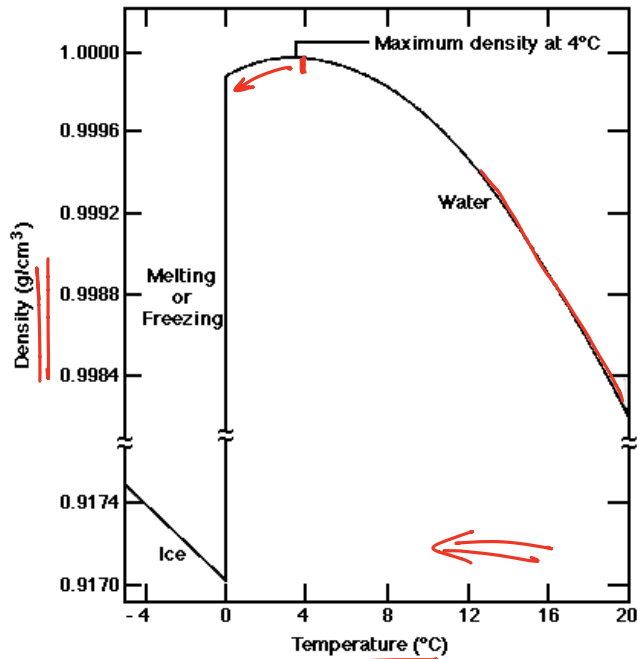
DILATATION THERMIQUE (LIQUIDES)



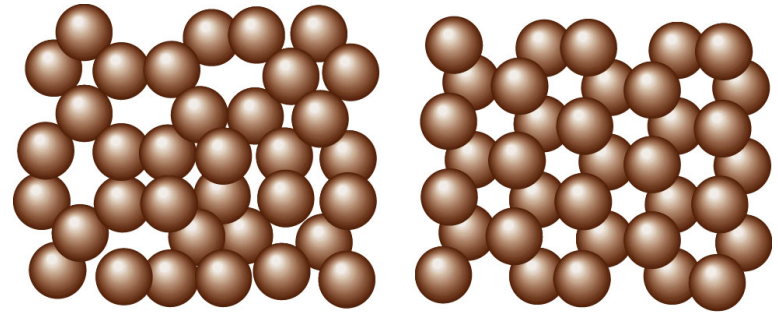
$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

Matériau	β (K^{-1})	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)
Acétone	1487×10^{-6}	20
Mercure	181×10^{-6}	20
Ether	1630×10^{-6}	20
Eau	207×10^{-6}	20

CAS PARTICULIER DE L'EAU



Density of water (and ice) as a function of temperature. Note maximum density of water at 4°C. (Data from Pauling 1953 and Hutchinson 1957: 204.)



Water

(a)

Ice

(b)