

PHENOMENE SINUSOÏDAL

1. Phénomène variable avec le temps

La grandeur y décrit un phénomène en fonction du temps t .
(position d'un point, intensité, pression...)

$$y = f(t)$$

A chaque instant t , y a une valeur instantanée.

Phénomène **périodique**, qui se répète identique à lui-même à des intervalles de durée T .

T : **période** du phénomène.

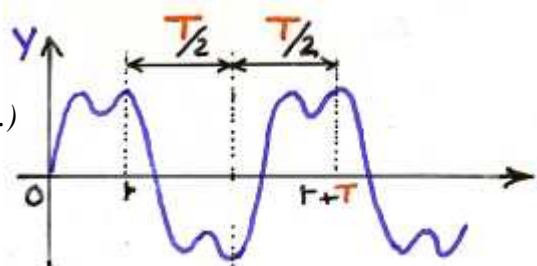
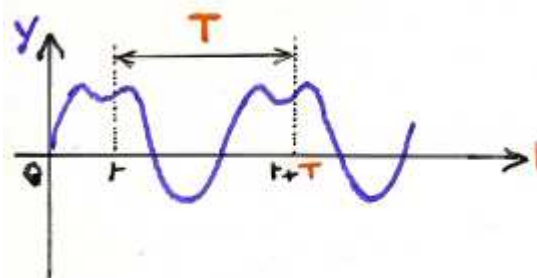
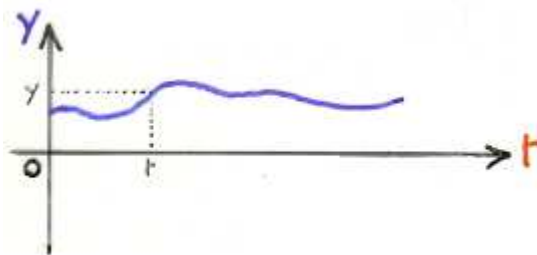
f : **fréquence** du phénomène

T en s ; f en hertz (Hz ou s^{-1})

$$f = \frac{1}{T}$$

Phénomène **alternatif**, qui au bout d'une demi-période ($T/2$) reprend la même valeur instantanée changée de signe.

(une alternance positive, une alternance négative...)



2. Phénomène sinusoïdal

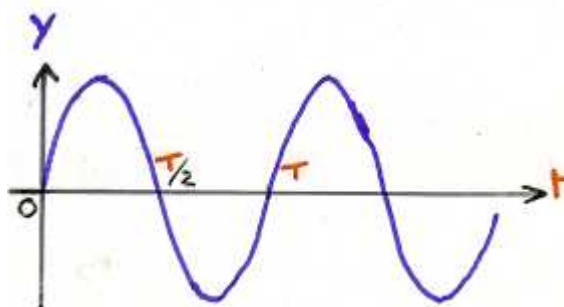
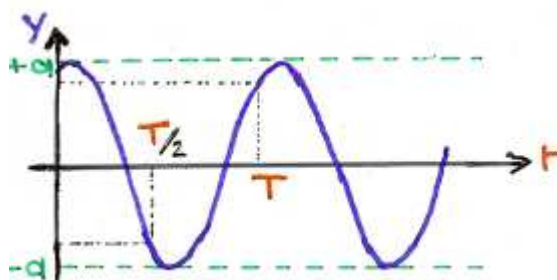
La valeur instantanée suit une loi de variation sinusoïdale en fonction du temps.

$$y = a \sin(\omega t + \varphi)$$

φ : phase à l'origine $t = 0$

ω : pulsation

a : amplitude



$$y = a \sin \omega t$$

Applications : ondes électromagnétiques, ondes sonores, mouvement,...

3. Comment retrouver une fonction sinusoïdale ?

Un **vecteur tournant** \vec{V} de **norme** a .

Il tourne dans le plan autour du point O (*son origine*), avec une **vitesse angulaire** ω (rad.s^{-1}) constante, dans le sens trigonométrique.

Son extrémité décrit une **circonférence**.

La durée d'une **période** T (s) représente le temps mis par le vecteur pour effectuer un tour.

A $t = 0$, la phase φ (*angle initial*) est la position angulaire du vecteur par rapport à l'axe \overline{Ox} .

A l'instant t , l'angle a pour valeur $(\omega t + \varphi)$.

Projetons \vec{V} sur l'axe \overline{Oy} .

Le mouvement du point H , est **rectiligne sinusoïdal** d'**amplitude** a .

La valeur algébrique d' \overline{OH} , son **élongation** est une **fonction sinusoïdale du temps**.

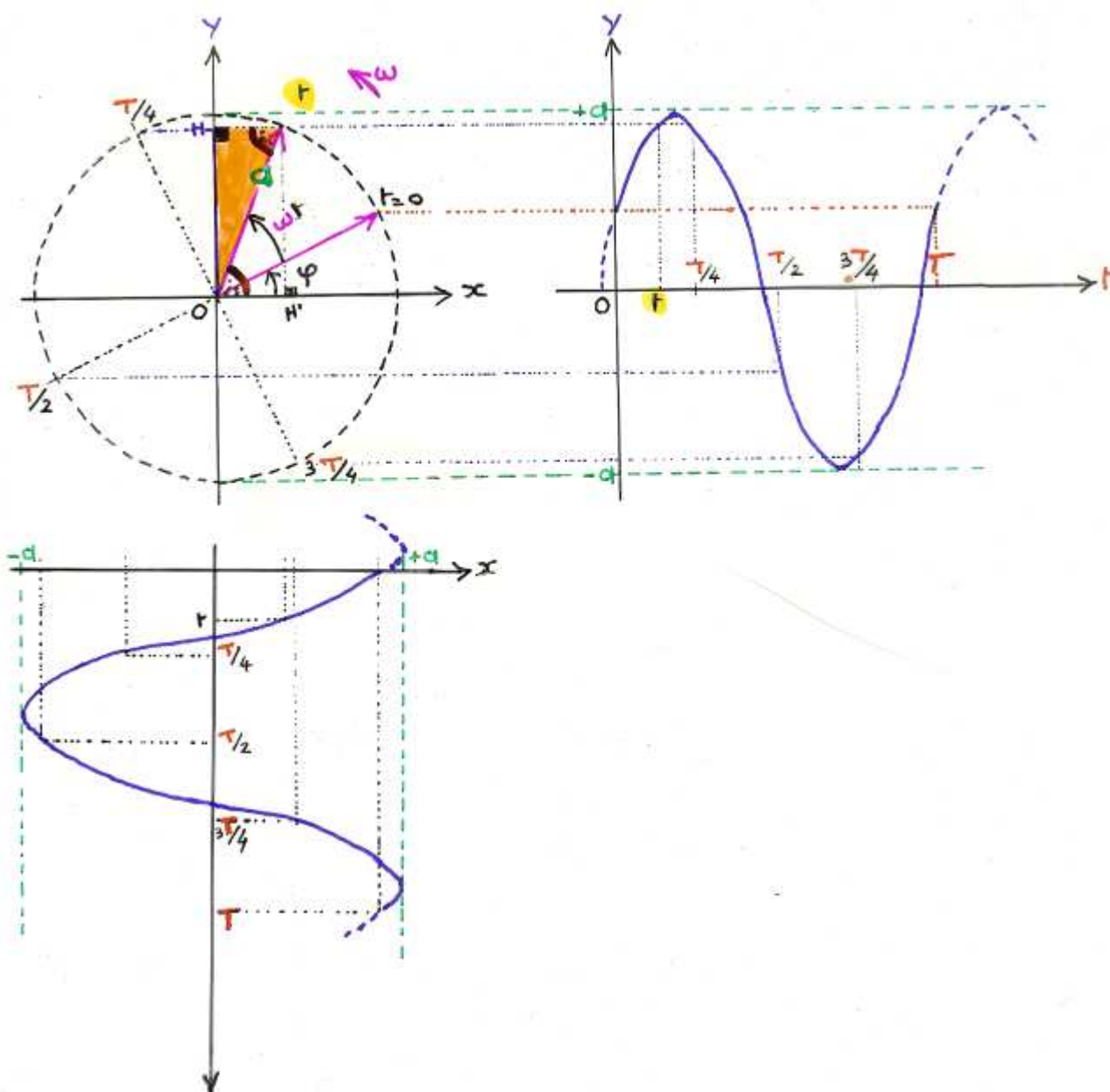
$$y = a \sin(\omega t + \varphi)$$

φ est la **phase initiale**

ω est la **pulsation** du mouvement sinusoïdal

a est l'**amplitude** du mouvement sinusoïdal

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi.f$$



Remarque : on aurait pu projeter le vecteur sur l'axe \overline{Ox} : $x = a \cos(\omega t + \varphi)$

4. SPECTACLE « LUMIERE et SON »

4_A La LUMIERE

4_A1 origine

Pour expliquer l'énergie qu'elle transporte on considère un déplacement de **photons**, particules sans masse porteuses d'énergie $\Delta E = E' - E = h.f$

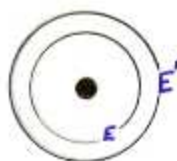
Dans un atome, les électrons sont répartis sur des niveaux d'énergie croissantes.

Quand l'atome « reçoit » de l'énergie (chaleur, réaction chimique,...), certains électrons situés sur le niveau d'énergie E « sautent » sur un niveau d'énergie plus élevée ($E' > E$), puis reviennent au niveau d'énergie E , en restituant l'énergie reçue sous forme de « lumière ».

E : énergie des électrons du niveau fondamental

E' : énergie des électrons du niveau excité

f : fréquence de l'onde lumineuse émise.



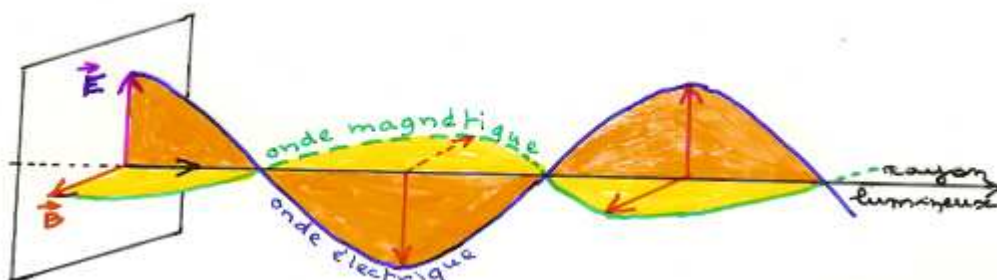
4_A2 propriétés

Pour expliquer les phénomènes de **réflexion**, de **réfraction**, de dispersion, de **diffraction**, d'**interférences**... on considère le déplacement d'une **onde électromagnétique**.

(champ électrique $E = E_m \sin \omega t$ et champ magnétique se déplaçant simultanément)

On a une **vibration sinusoïdale** de **longueur d'onde λ** .

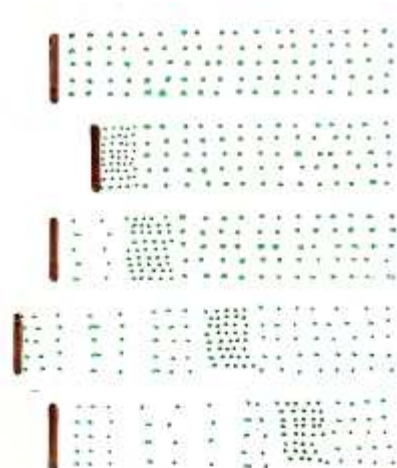
La lumière (onde électromagnétique) se propage dans le vide et dans les milieux matériels transparents.



4_B Le SON

4_B1 Tout corps qui entre en vibration, émet un son

a- mise en évidence



(cordes vocales, haut-parleur, diapason, instrument de musique, sirène, moteur...)

Le son se propage dans un milieu matériel (solide et fluide) élastique, pas dans le vide.

La membrane du haut-parleur vibre.

La fréquence est le nombre de fluctuations par seconde de la pression acoustique autour de la pression atmosphérique.

La fréquence des ondes acoustiques ainsi émises est alors identiques à celle de la membrane.

b- vibrations et pression

Les vibrations produisent alternativement des compressions et des dépressions dans les couches d'air voisines.

(ondes de pression)

$$P = P_m \cdot \sin \omega t$$

c- propagation

C'est une propagation tridimensionnelle d'un ébranlement*, sans transport de matière, mais avec transport d'énergie.

d- milieu inélastique

Dans un milieu inélastique, les signaux* acoustiques ne se propagent pas, il amortit ou élimine bruits et sons.

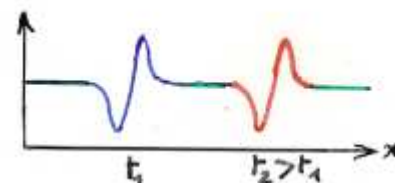
C'est un isolant phonique.

(polystyrène, feutre, ouate...)

e- signal

*Signal (ébranlement): création d'une perturbation brève et locale...

- transversal (corde, surface de l'eau...)
- longitudinale (ressort, son...)

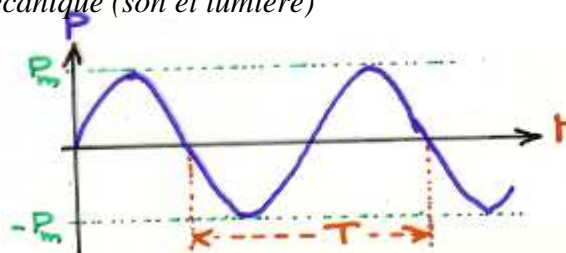
**f- onde**

Ensemble des points atteints à un instant donné par la perturbation.

g- milieu de propagation

Milieu élastique dans lequel les points écartés de leur position d'équilibre par l'ébranlement, y reviennent d'eux-mêmes...*tout en transmettant cet ébranlement aux points voisins.*

- milieu matériel : *signal mécanique (son et lumière)*

4_{B2} Pression acoustique**a- pression acoustique instantanée**

(Variation de la pression acoustique instantanée à la source en fonction du temps)

P : pression acoustique instantanée

Différence entre la pression existant en un point donné et la pression statique de l'air en l'absence de toute vibration acoustique.

$$P = P_{\text{maximale}} \cdot \sin \omega t \quad (P_m \cdot \sin \omega t)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f \quad (f = \frac{1}{T})$$

ω (rad.s⁻¹) : pulsation...

T (s) : période...

f (Hz) : fréquence...

...de l'onde

P : inférieure, voire très inférieure à 30 Pa

b- pression efficace

Pression efficace

$$P_{\text{eff}} = \frac{P_{\text{maximale}}}{\sqrt{2}}$$

Exercice 1 :

La pression acoustique en un point varie en fonction du temps suivant la relation :

$$P = 0,125 \cdot \sin 1500 \pi t$$

- 1) Que représente P ?
- 2) Calculer :
 - a- la pression efficace
 - b- la pulsation
 - c- la période
 - d- la fréquence
- 3) Ce son est-il audible pour l'oreille humaine ?

4_{B3} Célérité du sonC : **célérité du son** (vitesse de propagation)

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots \text{dans un solide}$$

$$C = \sqrt{\frac{c_p \cdot P}{c_v \cdot \rho}} \quad \dots \text{dans un gaz} \left(\frac{c_p}{c_v} = \gamma \right)$$

(formule de Laplace)

E : module d'Young

solide	acier	cuivre	verre	aluminium	plomb	bois	caoutchouc
E (N.m ⁻²)	21.10 ¹⁰	20.10 ¹⁰	7,5.10 ¹⁰	7.10 ¹⁰	2,2.10 ¹⁰	1.10 ¹⁰	2.10 ⁵

ρ : masse volumique (kg.m⁻³)

P : pression du gaz (Pa)

c : capacités thermiques massiques à pression constante c_p et à volume constant c_v pour les gaz : $\frac{c_p}{c_v} = \gamma$

matériaux	polymères		béton	glace	eau
	mous	durs			
célérité C (m.s ⁻¹)	50 à 80	1700 à 2000	1000 à 4000	3200	1500

Exercice 2 :

Calculer la célérité du son dans les matériaux suivants :

*acier, cuivre, verre, plomb, bois, caoutchouc*Calculer la célérité du son dans l'**AIR**, à la pression atmosphérique de 101325 Pa et à 0°C.Exercice 3 :

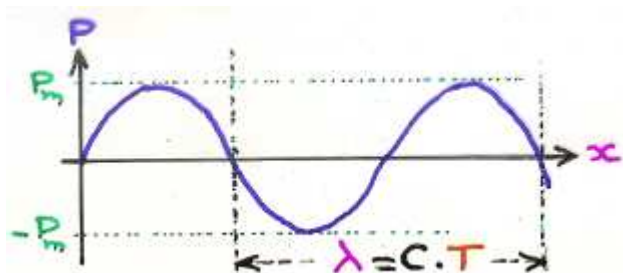
En conjuguant la formule de Laplace et la relation des gaz parfaits (P.V = n.R.T), montrer que la célérité

du son dans un gaz peut s'écrire aussi : $C = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}}$; T et M représentent la température absolue et la masse molaire du gaz, R étant la constante des gaz parfaits.

(Remarque : puisqu'on évoque V, ρ, M et n il faut aussi utiliser les relations dans lesquelles m désigne la masse du gaz : m = ρ.V et m = n.M)

4_{B4} longueur d'onde (son et lumière)

Aspect de l'onde à un instant donné



λ : longueur d'onde ($\lambda = \frac{C}{f}$)

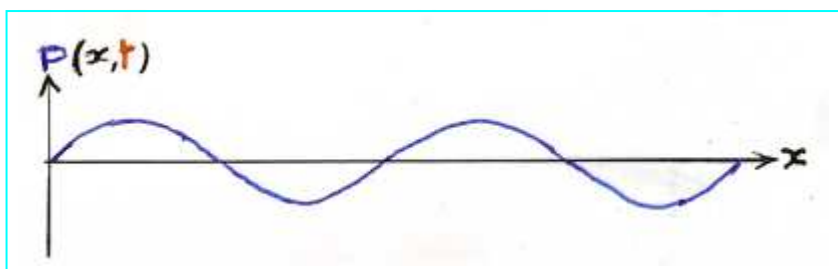
Elle représente la période spatiale de l'onde. à un instant donné, elle représente la distance au bout de laquelle la surpression se répète de façon identique à elle-même. C'est, aussi, la distance parcourue par l'onde sonore en une période.

Remarque : on parle aussi de longueur d'onde pour la lumière.

Exercice 4 :

Calculer la longueur d'onde d'un son de fréquence $f = 2000$ Hz émis qui se propage à la célérité $C = 331$ m.s⁻¹ dans l'air.

•4_{B5} La double périodicité de la pression



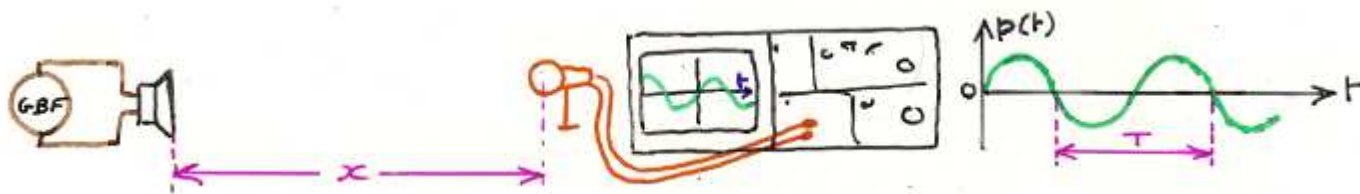
Périodicité temporaire (en fonction du temps : t) et spatiale (en fonction de la distance : x).

La propagation des ondes n'est pas instantanée, il existe un retard entre la pression acoustique en un point de l'axe de propagation et la vibration de la source ($P = P_m \cdot \sin \omega t$).

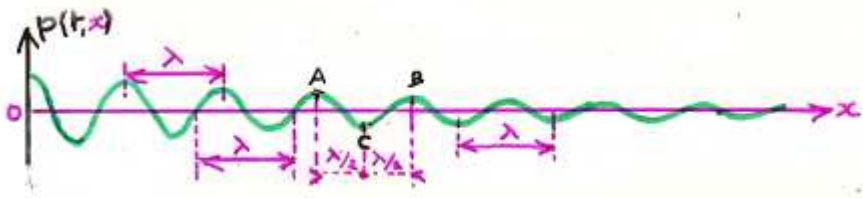
$$P = P_m \cdot \sin \left[\omega \cdot \left(t - \frac{x}{C} \right) \right]$$

x représente la distance du récepteur à la source temps de retard : x/C .

•Exercice 5 : onde acoustique sphérique.



En se propageant une onde garde la même pulsation ω (T, f, λ inchangés), mais avec la distance sa pression acoustique diminue.



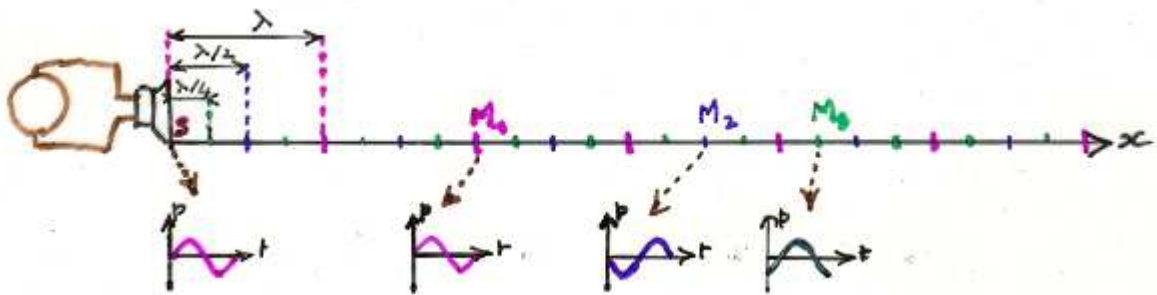
Compléter le tableau suivant pour une onde acoustique sphérique dans l'air ($C = 331 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

x (m)	temps de propagation $\frac{x}{C}$ (s)	f (Hz)	λ (m)	P_{eff} (Pa)	$P = P_m \cdot \sin \left[\omega \left(t - \frac{x}{C} \right) \right]$
1					$P = 3,12 \cdot \sin 2000 \pi \left(t - 3,02 \cdot 10^{-3} \right)$
10					
	0,1				
40				20	

Exercice 6 :

Citer une propriété qui permet d'affirmer qu'un son est une onde élastique et non une onde électromagnétique.

•4_{B6} Déphasage



M_1 vibre **en phase** avec la source S ($x = k \cdot \lambda$)

M_2 vibre **en opposition de phase** avec S ($x = (2k + 1) \lambda/2$)

M_3 vibre **en quadrature de phase** avec S ($x = (2k + 1) \lambda/4$)

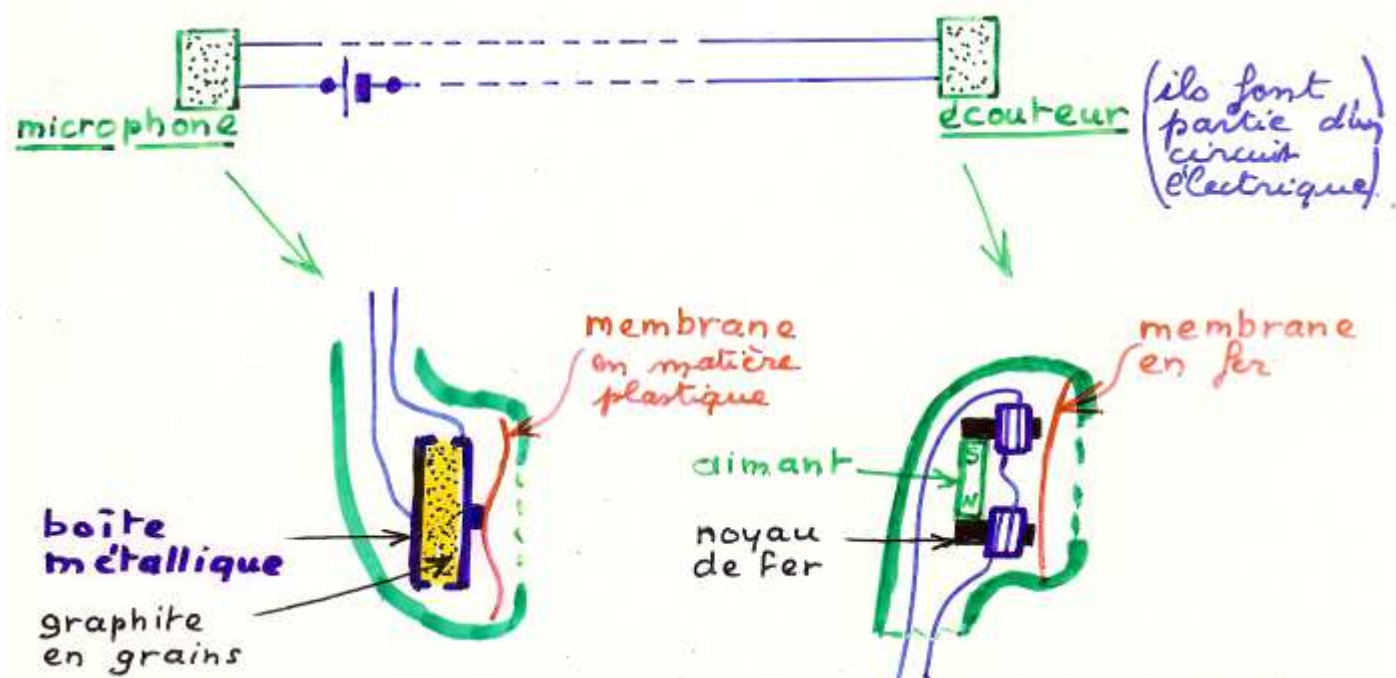
Exercice 7 :

1) BTS [scbh 1993](#)

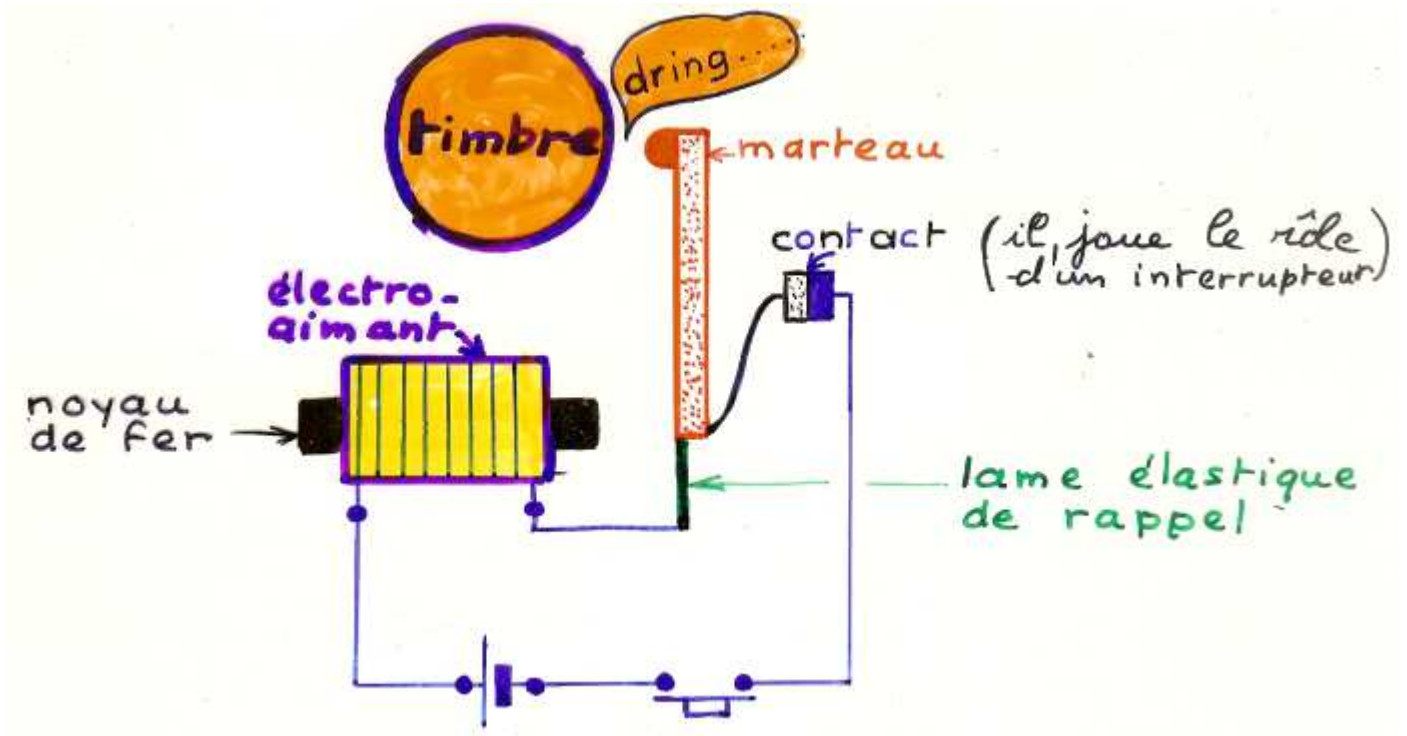
•2) BTS [eec 1996](#)

5. DOCUMENTS...acoustiques

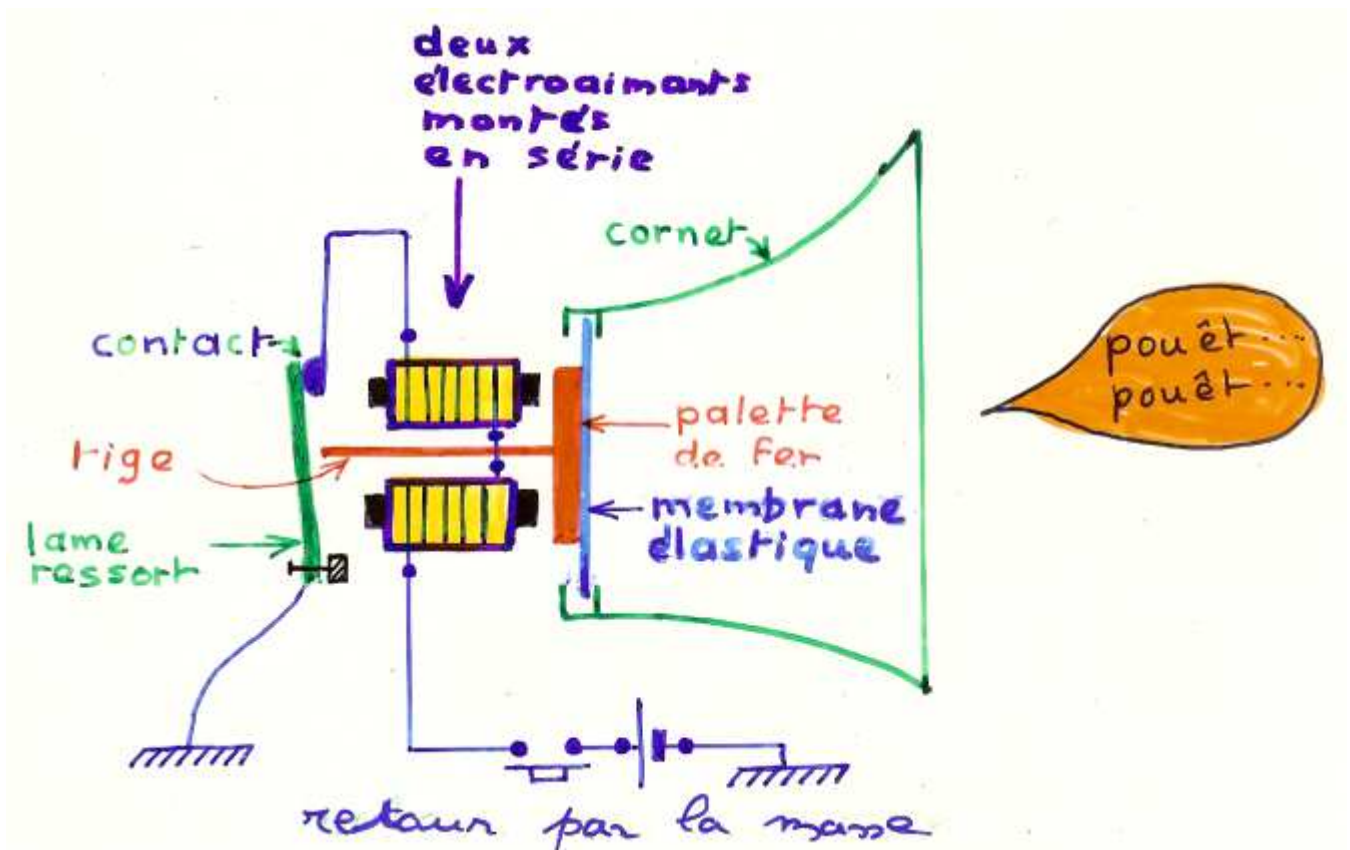
Principe du téléphone...avant !



Sonnerie électrique



Avertisseur sonore (klaxon)

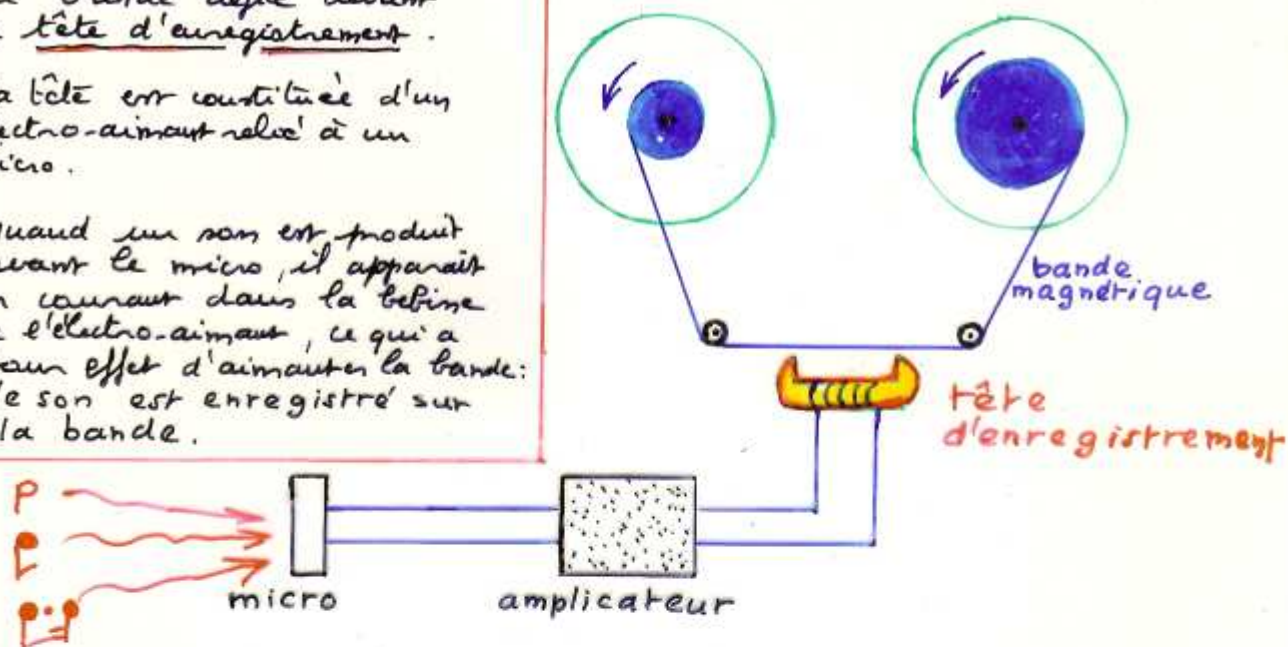


Magnétophone

Il utilise une bande magnétique (ruban de matière plastique imprégnée d'une poudre magnétique)

1. il ENREGISTRE des SONS :

- la bande défile devant la tête d'enregistrement.
- la tête est constituée d'un électro-aimant relié à un micro.
- quand un son est produit devant le micro, il apparaît un courant dans la bobine de l'électro-aimant, ce qui a pour effet d'aimanter la bande: le son est enregistré sur la bande.



2. il REPRODUIT des SONS :

- la bande défile devant la tête de lecture.
- le déplacement de la bande fait apparaître dans la bobine un courant, qui, après amplification, fait vibrer la membrane du haut-parleur; reproduisant ainsi le son du départ.

