

CARACTERISTIQUES DES ONDES – FICHE 1 : ONDES PROGRESSIVES

1. Présentation

Définition d'une onde progressive

Nature d'une onde

Une onde (ex : onde sismique, onde acoustique) entraîne localement une modification de la position d'un point du milieu.

Une onde (ex : onde lumineuse) entraîne localement une modification du champ électrique ou magnétique

Type d'onde

Une onde est si la direction de la perturbation, en un point de milieu, est perpendiculaire à celle de propagation de l'onde. Exemples au verso :

Une onde est si la direction de la perturbation en un point de milieu, est parallèle à celle de propagation de l'onde. Exemples au verso :

Compléments :

Perturbation

Une perturbation est une modification locale et temporaire d'une des propriétés du milieu (température, pression, position d'un point, champ électrique ou magnétique, ...).

Directions de propagation et dimensions

Une onde se propage dans par le milieu de propagation.

Si le milieu, de par sa structure, ne permet une propagation que dans une seule direction, l'onde est à est à une dimension. Exemples au verso :

Si la propagation s'effectue dans un plan, l'onde est à deux dimensions : Exemples au verso :

L'onde peut-être à trois dimensions. Exemples au verso :

Milieu de propagation

Les ondes mécaniques ont besoin d'un milieu pour se propager.

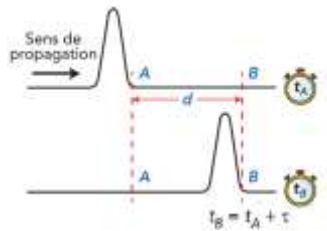
Les ondes électromagnétiques peuvent se propager dans

Croisement de deux ondes :

Deux ondes peuvent se croiser sans se perturber.

2. Célérité et retard

La célérité v d'une onde est la valeur de la Dans le cas d'une onde se propageant dans un milieu homogène d'un point A vers un point B, v est et la perturbation observée en A atteint B avec un certain retard τ. On peut donc écrire :



v = v : célérité de l'onde (en m.s^-1); d : distance parcourue par l'onde entre A et B (en m) tau : retard => durée mise par l'onde pour se propager de A à B (en s)

Influence de certains paramètres

- v dépend des caractéristiques du milieu : composition, rigidité du milieu (« résistance » du milieu à se déformer ; contraire d'élasticité), l'inertie du milieu (« résistances » à se déplacer). Ainsi, l'onde le long d'une corde est d'autant plus rapide que la corde est tendue (plus de rigidité) et de masse linéique en kg/m plus faible (moins d'inertie), ... ; v dépend du type d'onde (longitudinale ou transversale).

3. Amortissement

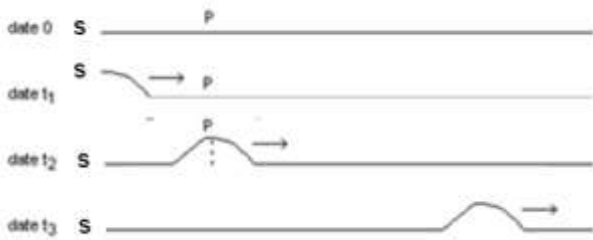
Les frottements ne modifient pas la d'une onde mais entraînent une perte de qu'elle transporte. Le milieu de propagation peut également absorber cette . L'onde est alors modifiée (son « amplitude » diminue à mesure au cours de sa propagation). On dit que l'onde ou qu'elle subit un

Remarque :

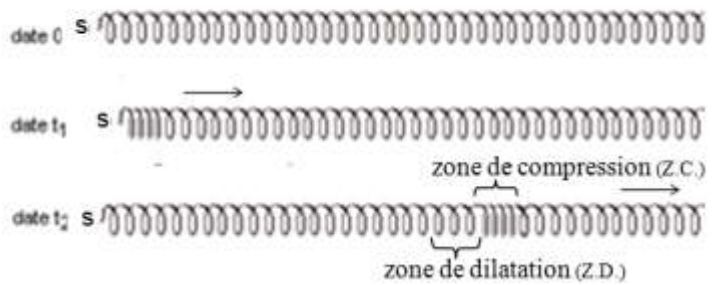
- Une onde à deux ou trois dimensions s'amortit naturellement du fait que l'énergie mise en jeu pour créer la perturbation se répartit, au cours de la propagation, sur un cercle ou une sphère dont le rayon augmente. L'effet du passage de l'onde en un point est donc d'autant moins important que le point est loin de la source.
- Pour déterminer la célérité d'une onde qui s'amortit, on choisit de préférence comme référence le début ou la fin de la perturbation.

**DOCUMENTS ASSOCIES A LA FICHE 1 : DES EXEMPLES D'ONDES MECANQUES PROGRESSIVES**

① Déformation le long d'une corde



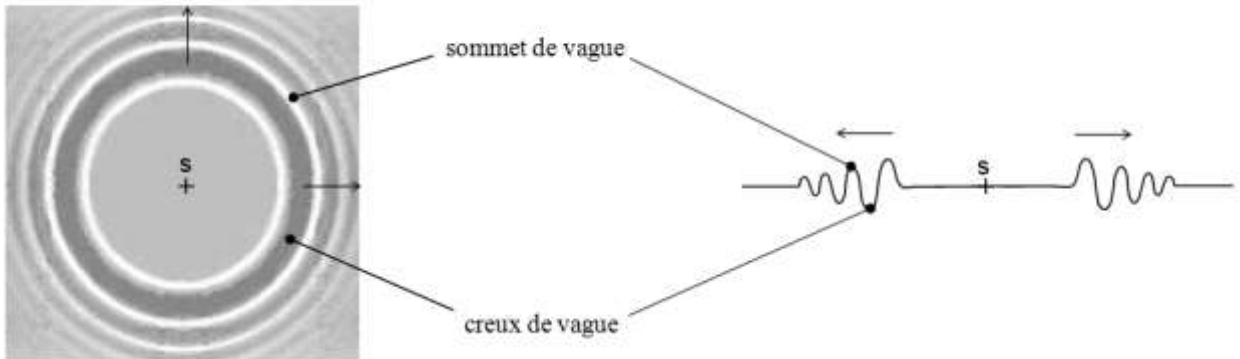
② Déformation le long d'un ressort



③ « Vaguelette » à la surface de l'eau (créée par une goutte qui tombe dans l'eau)

Vue de dessus (ou vue sur l'écran d'une cuve à onde)

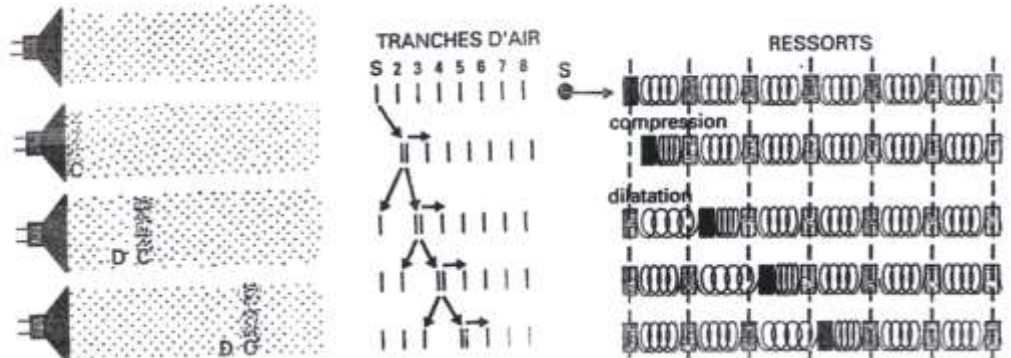
Vue en coupe



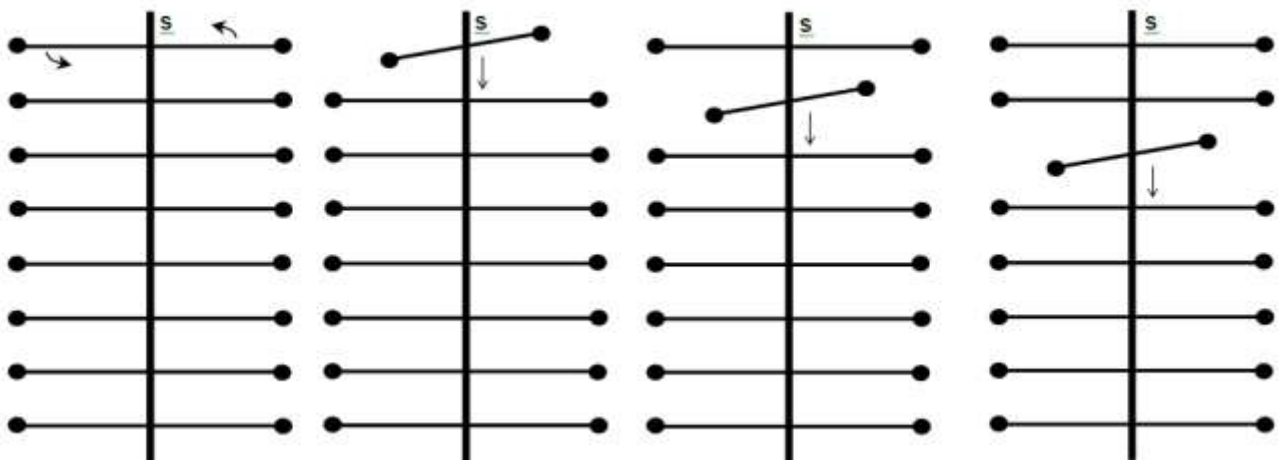
④ Son / « Clap » sonore

Propagation du son illustrée par le déplacement de « proche en proche » d'une tranche d'air comprimée.

C : Compression  
D : Dilatation



⑤ Echelle de perroquet



**CARACTERISTIQUES DES ONDES – FICHE 2 : ONDES PROGRESSIVES SINUSOÏDALES**

**1. Présentation**

**Onde progressive périodique**

Une onde progressive est périodique si la perturbation est périodique par rapport au temps c'est-à-dire si elle se répète identiques à elle-même à intervalles de temps égaux.

**Cas particulier d'une onde progressive sinusoïdale**

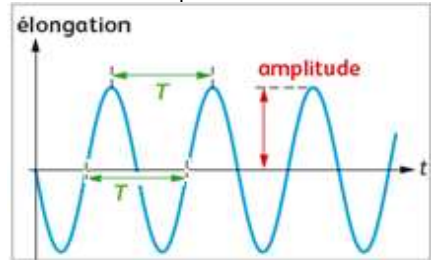
Une onde progressive est sinusoïdale si la perturbation en un point du milieu décrit une fonction sinusoïdale (voir exemple ci-contre).

**2. Onde doublement périodique**

Une onde sinusoïdale présente une double périodicité. En effet :

- en un point du milieu, la perturbation se répète identique à elle-même à intervalle de temps égaux (périodicité temporelle);
- à un instant donné, les points d'un dans le même état vibratoire sont équidistants les uns des autres (périodicité spatiale).

Exemple : Evolution au cours du temps de l'élongation\* d'un point du milieu de propagation d'une onde mécanique sinusoïdale.



\* L'élongation d'un point repère la position de ce point par rapport à sa position de repos. L'amplitude est l'élongation maximale.

**a. Période T**

La période  $T$  d'une onde sinusoïdale est .....

**b. Longueur d'onde  $\lambda$**

La longueur d'onde  $\lambda$  (« lambda ») est .....

Deux points vibrants en phase dont séparés d'une distance de ....., ....., ....., ..... avec  $n$  entier non nul.

Deux points en opposition de phase dont séparés d'une distance de ....., ....., ....., ..... avec  $n$  entier non nul.

**c. Relation entre fréquence, période ou longueur d'onde**

La fréquence  $f$  d'une onde sinusoïdale est de nombre de période par unité de temps (la fréquence en Hz est donc le nombre perturbation élémentaire par .....

La longueur d'onde  $\lambda$  est .....

$f =$  et  $\lambda =$  avec  $\lambda$  : longueur d'onde en .....  
 $f$  : fréquence en .....  
 $T$  : période en .....  
 $v$  : célérité de l'onde .....

**2. Cas des ondes électromagnétiques (O.E.M.)**

Une onde électromagnétique peut se propager dans le vide et dans les milieux matériels dits transparents.

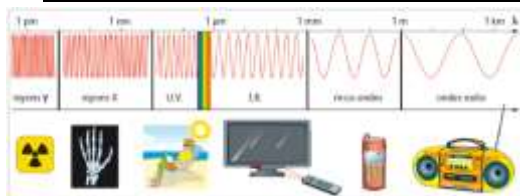
Dans un milieu matériel, une onde électromagnétique se propage en ligne droite avec une célérité :  
 $v = \frac{c}{n}$   $n$  : **indice de réfraction**, sans dimension et  $n > 1$  (ex :  $n_{air} = 1,00$  et  $n_{eau} = 1,33$ )  
 $c$  : célérité d'une onde électromagnétique dans le vide.  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

La fréquence d'une onde électromagnétique est souvent notée  $\nu$  (« nu »).

Période  $T$  et fréquence  $\nu$  (ou  $\lambda_0$  longueur d'onde dans le vide) caractérisent la couleur d'une radiation (onde électromagnétique monochromatique).

$\nu =$  et  $\lambda_0 =$  avec  $\lambda_0$  : longueur d'onde dans le vide en mètre (m)  
 $\nu$  : fréquence en hertz (Hz)  
 $T$  : période en seconde (s)  
 $v$  : célérité de l'onde (en  $\text{m.s}^{-1}$ )

**Pour une radiation dans le domaine visible**, la longueur d'onde  $\lambda_0$  dans le vide est comprise entre environ 400 nm (indigo) et 800 nm (rouge) soit  $\nu$  est de l'ordre de  $10^{14}$  Hz.



Application des O.E.M. en fonction de leur longueur d'onde dans le vide

NB : Dans un milieu matériel d'indice  $n$ , la longueur d'onde

$$\text{est } \lambda = vT = \frac{c}{n\nu} = \frac{\lambda_0}{n}$$

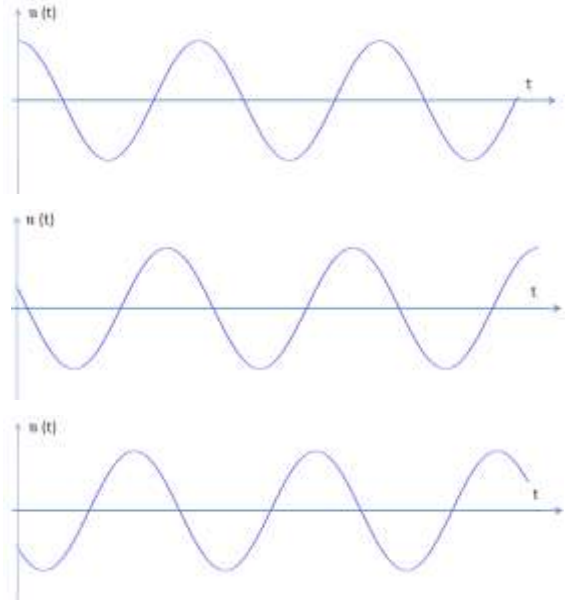
**ONDES SONORES – FICHE 3 : QUALITES PHYSIOLOGIQUES DES SONS**

Introduction : Expression d'un signal sinusoïdal

$$u(t) = U_{\max} \cos\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right) \text{ ou } u(t) = U_{\max} \cos(2\pi f t + \varphi)$$

avec :

- $u(t)$  : ..... (en m, en V, en Pa, etc, selon le phénomène étudié) désigne « un écart par rapport à l'équilibre » à l'instant de date  $t$
- $T$  : ..... (en s) de  $u(t)$
- $f = \frac{1}{T}$  : ..... (en ..... ) de  $u(t)$
- $U_{\max}$  : ..... (en m, en V, en Pa, ... selon le phénomène étudié) de  $u(t)$ . C'est l'élongation .....
- $\varphi$  : phase à l'origine des dates. On choisit  $-\pi < \varphi \leq \pi$ .



**1. Intensité sonore et niveau d'intensité sonore**

L'intensité sonore au voisinage d'un point I est donnée par la relation :

$$I = \frac{P}{S}$$

$P$  : puissance du transfert de l'énergie reçue en watt (W)  
 $S$  : aire de la surface du récepteur en mètre carré (m<sup>2</sup>)  
 $I$  : intensité sonore en watt par mètre carré (W.m<sup>-2</sup>)

Si deux sources génèrent chacune en un point un son d'intensité sonore égale à  $I_1$ , **les intensités sonores s'ajoutent**: l'intensité du son résultant double ( $I = 2I_1$ ). Un auditeur perçoit effectivement une augmentation de l'intensité sonore, mais il n'a pas la sensation que le niveau sonore double.

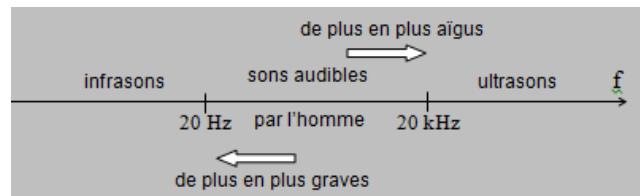
Le **niveau d'intensité sonore (ou simplement niveau sonore)** est donné par la relation :

$$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$I$  : intensité sonore (W.m<sup>-2</sup>)  
 $I_0$  : intensité de référence  $I_0 = 10^{-12}$  W.m<sup>-2</sup>  
 $L$  : niveau sonore en décibel (dB)

**2. Hauteur d'un son**

La hauteur d'un son est mesurée par sa .....: son grave si celle - ci est ..... et son aigu si elle est .....



**3. Timbre d'un son**

**Harmoniques et spectre d'un son**

Un son périodique de fréquence  $f$  peut être décomposé en une **somme** de sons purs appelés **harmoniques** de fréquences :

$$f_n = \dots\dots\dots$$

$n$ : entier non nul.  
 $f_n$  est la ..... n en (Hz)

**Le son de fréquence  $f_1$  est appelé le .....** Sa fréquence est égale à celle du son :  $f_1 = \dots$

- **Le spectre d'un son** est une représentation qui indique l'importance relative de chaque harmonique de ce son. Il prend souvent la forme d'un diagramme en bâton représentant l'amplitude (ou l'amplitude relative) de chaque harmonique en fonction de leur fréquence. Sur un spectre, la lecture de la **fréquence du fondamental** permet d'indiquer la **hauteur du son**.

**Timbre et harmoniques d'un son**

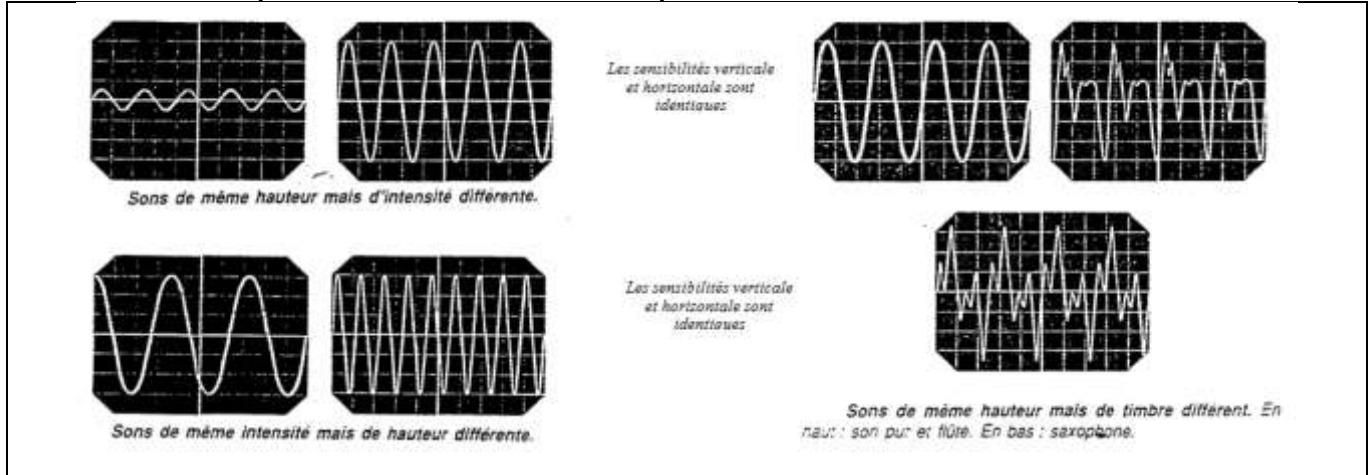
Deux sons de même hauteur peuvent donner des sensations différentes de par leur .....  
 Deux signaux de timbres différents se distinguent par la ..... des signaux obtenus sur un enregistrement, ou encore leurs transitoires d'..... ou d'..... du son.

Le timbre d'un son est lié à sa composition spectrale (*présence d'harmoniques et importance relative des harmoniques*) et l'évolution de cette composition spectrale au cours du temps (*durée de chacun des harmoniques*).

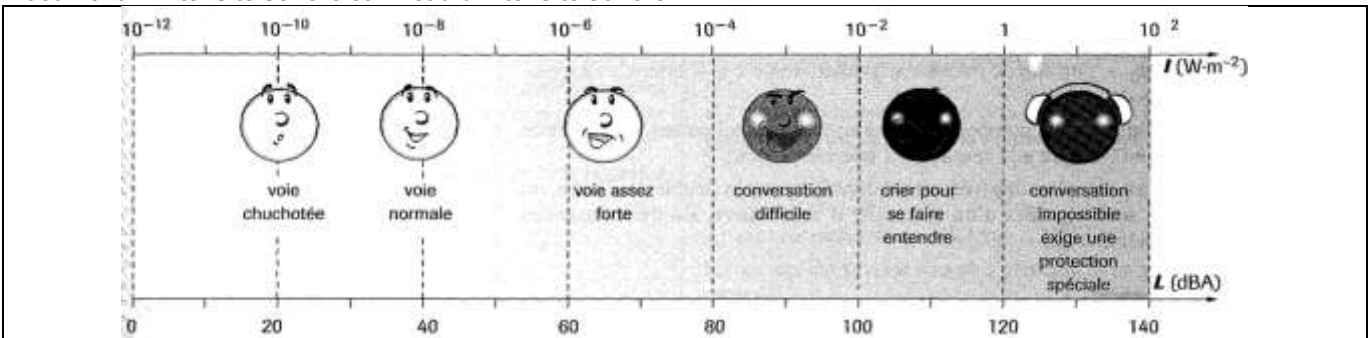


DOCUMENTS ASSOCIES A LA FICHE 3

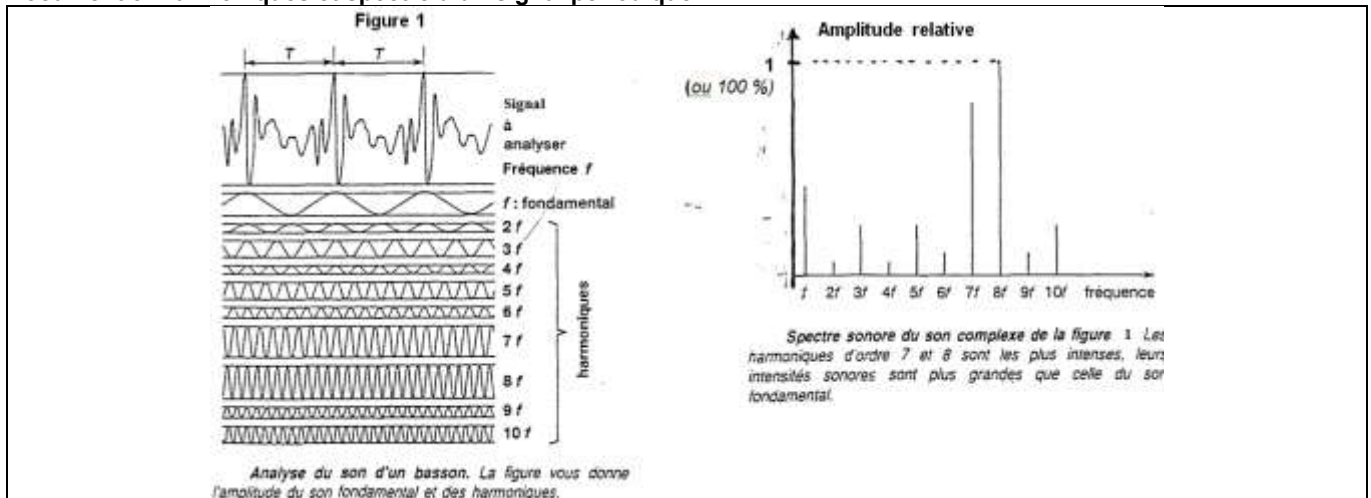
Document 1. Quelques observations à l'oscilloscope



Document 2. Intensité sonore et niveau d'intensité sonore



Document 3. Harmoniques et spectre d'un signal périodique



Document 4. Timbre et harmoniques d'un son

L'étude de l'enveloppe du signal délivré par un microphone captant un son d'instrument met en évidence deux phases. Une première correspond à l'établissement du son, c'est l'attaque du son. Après une durée plus ou moins brève, le son s'atténue, c'est l'extinction du son.

Le document ci-contre représente les enregistrements de la tension pendant toute la durée d'un son de même hauteur (la note sol) pour deux instruments différents, au piano pour l'enregistrement **a**, et à la flûte à bec pour l'enregistrement **b**.

Dans le cas de la flûte à bec, la durée d'extinction 2 est beaucoup plus courte que dans le cas du piano. Les durées d'attaque 1 sont sensiblement les mêmes.

