

## 1. Introduction

### 1.1) Le son

Voir pour plus de précision le cours de sciences physiques. Le son est une vibration (une onde), invisible, qui se propage dans un gaz, un liquide ou un solide. L'image ci-dessous à la surface de l'eau est associée à un autre type d'onde. Cette image permet d'imaginer, à condition de voir dans les trois dimensions, la propagation d'une onde sonore.



Le son se propage par une variation continue (au sens mathématique) de la pression dans l'air.

L'être humain perçoit les sons d'une fréquence variant de 20Hz à 20kHz.

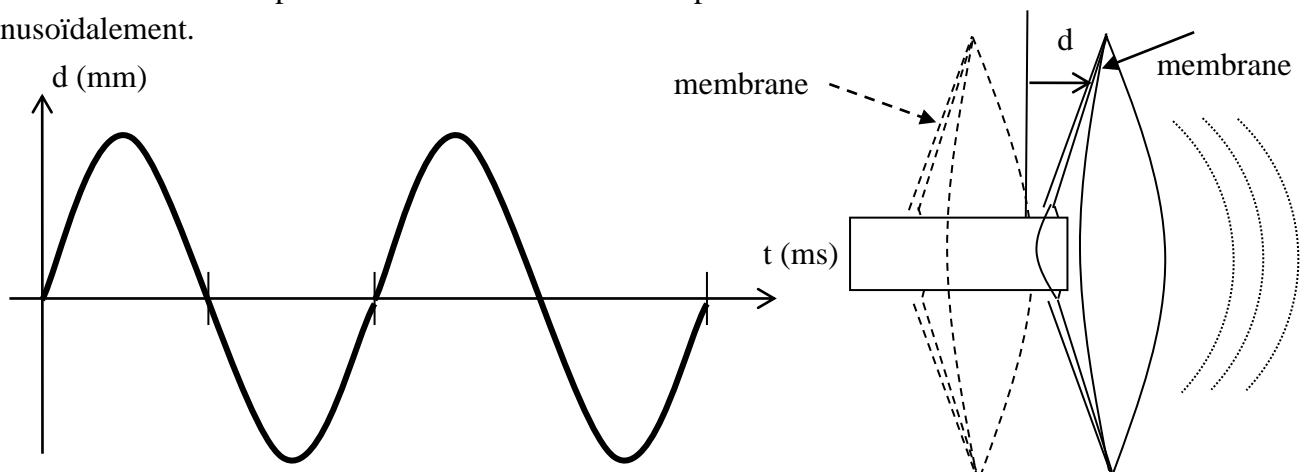
### 1.2) Le haut parleur

Le dispositif électronique physique qui permet de transmettre un son est le haut-parleur. La membrane du haut-parleur, grâce à sa vibration, émet une onde sonore dans le milieu de propagation (l'air par exemple).

La vibration continue (au sens mathématique) de cette membrane est obtenue par un dispositif d'alimentation électrique. Un signal électrique variable (mais continu au sens mathématique !) permet donc de mouvoir une membrane et reproduire la vibration de l'air qui transmettra un son donné.

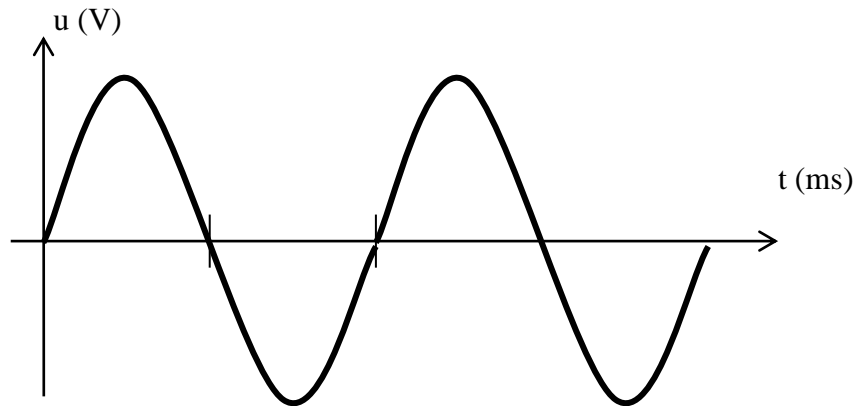
#### Exemple:

La note la à 440Hz d'un son pure est associé à un signal sinusoïdal de fréquence 440Hz. La membrane du haut parleur va vibrer 440 fois par seconde. La distance  $d$  varie sinusoïdalement.



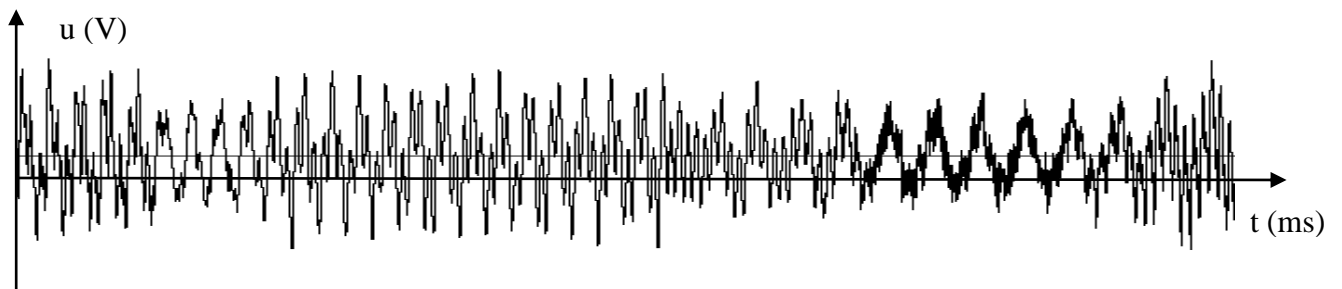
### 1.3) Le signal électrique de commande d'un haut-parleur

On se place toujours dans l'exemple de reproduction d'un son pure, la note La à 440Hz. La tension de commande du haut-parleur serait elle aussi sinusoïdale.



On parle de signal analogique pour faire la différence avec un signal numérique.

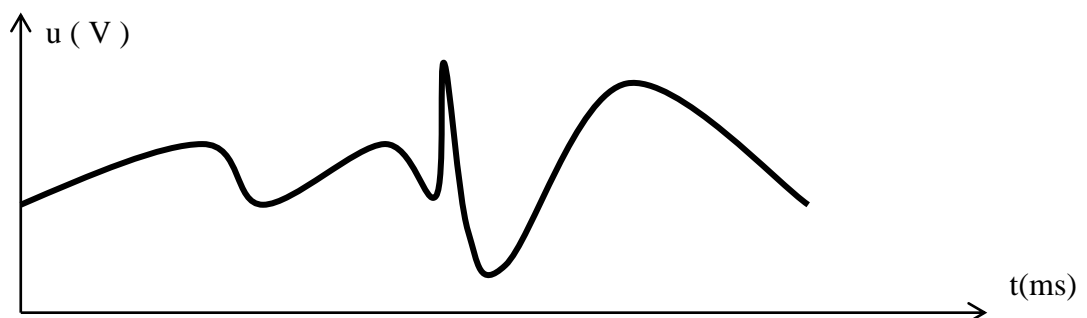
Pour reproduire un signal de musique (vibration très complexe du haut parleur), le signal électrique de commande du haut parleur ressemblerait à ceci.



Le signal analogique de commande d'un haut-parleur est une fonction mathématique continue du temps.

## 2. Codage numérique d'un son

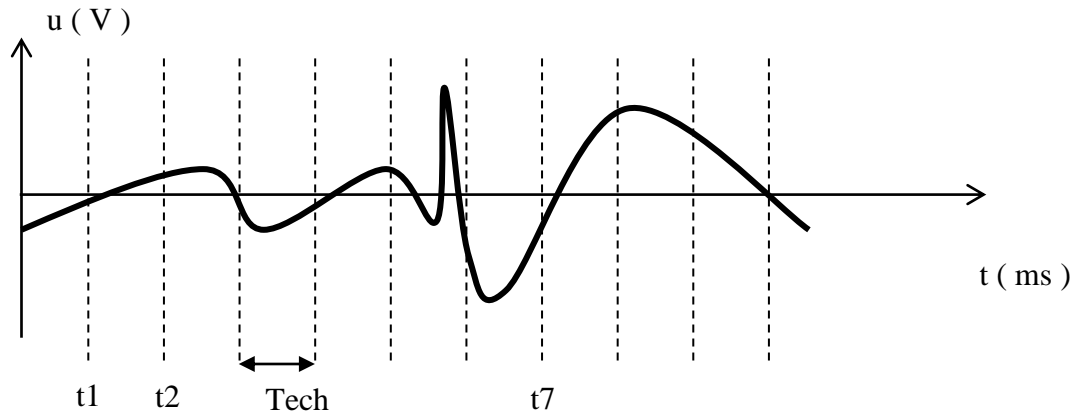
On va utiliser le signal analogique électrique suivant



## 2.1) Echantillonnage

La mémoire d'un ordinateur n'est pas infinie, on ne peut pas coder toutes les valeurs réelles associées à la variable de temps  $t$ , leur nombre est infini !

On effectue alors un échantillonnage temporel, soit une lecture à intervalle de temps régulier de la valeur du signal analogique.



La période d'échantillonnage en seconde est l'intervalle de temps entre deux instants d'échantillonnage. Elle est notée  $T_{ech}$  sur la figure ci-dessus. On remarque ici que l'on a besoin de 10 emplacements mémoire pour stocker numériquement ce signal.

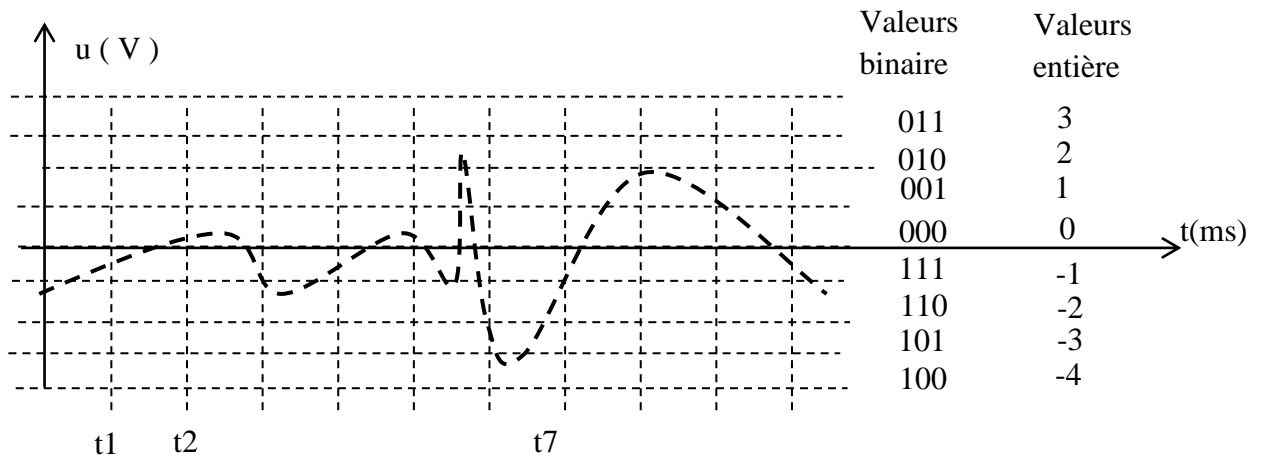
La fréquence d'échantillonnage, notée  $f_{ech}$  est égale à  $1/T_{ech}$ , elle s'exprime en Hertz.

Le théorème de Shannon précise que pour reproduire fidèlement un son il faut l'échantillonner à une fréquence double de la fréquence maximale audible. La fréquence maximale audible pour l'être humain est 20kHz. L'échantillonnage doit donc se faire à une fréquence d'au moins 40kHz.

## 2.2) Quantification

Les deux éléments essentiels qui permettent de passer du domaine électrique analogique au domaine numérique de l'ordinateur, et inversement, sont les convertisseurs analogique-numérique et numérique-analogique présent dans une carte son.

Ces deux fonctions électroniques ne fonctionnent qu'avec des données numériques binaires. Exemple pour un mot de 3bits, il y a 8 valeurs possibles de codage, il faut alors couper l'axe des ordonnées en 8 intervalles associés un à un à un codage numérique unique, c'est la quantification.



Les convertisseurs actuels fréquents sont des convertisseurs (pour la partie numérique) à 16bits ou 24bits. Avec ces convertisseurs on peut coder respectivement 65536 intervalles et 16777216 intervalles.

16bits représente deux octets (8bits, byte en Anglais), 24bits représente trois octets.

instant	t1	t2	..	..	..	..	t7	..	..	..
échantillon n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
valeurs binaires										
valeurs entières										

Conclusion sur la numérisation d'un son : dans notre exemple, pour 10 échantillons, il faut 10 emplacements de 3bits en mémoire.

C'est avec ce type de données que l'on fera tous les traitements numériques d'un son sur un PC, la gravure d'un CD en est un exemple.