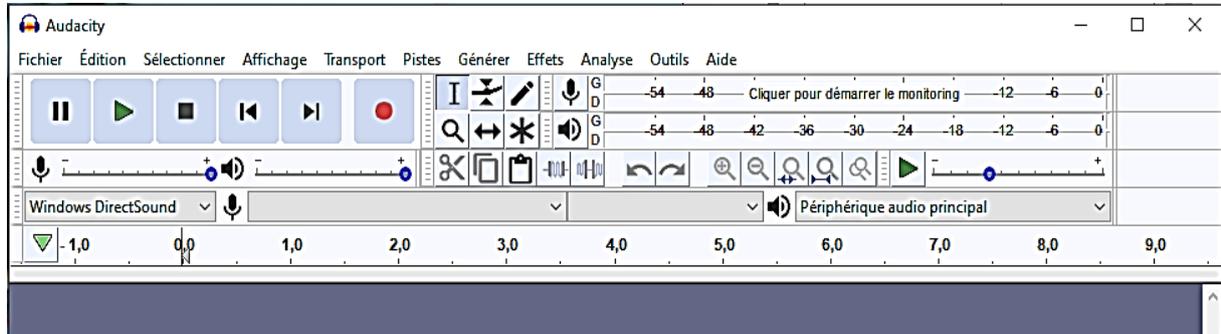


➤ L'objectif de ce TP est, dans une première partie, de générer un son complexe et de numériser un son.

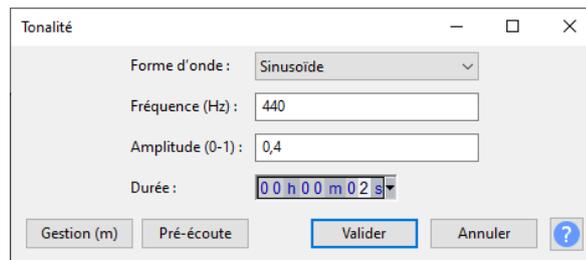
### I. Générer des sons

- Nous allons maintenant générer un son avec le logiciel Audacity : à télécharger gratuitement <https://www.audacityteam.org/download/>



### Protocole

- a) Menu Générer un son de 2s puis tonalité choisir la forme du signal, la fréquence et intensité relative du son pur désiré ou amplitude et la durée (avec la flèche choisir hh :mm:ss), valider.



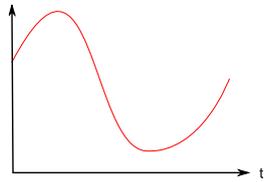
- b) A gauche dans la fenêtre, piste audio, nom : le nommer fondamental.
- c) Pour créer deux nouveaux sons pour des harmoniques de rang 2 puis 3 avec des amplitudes choisies entre 0,4 et 0,3 sur une durée identique de 2s dans le menu pistes ajouter nouvelle : piste mono puis refaire le protocole a) et b) en modifiant les paramètres fréquences et amplitudes.

- 1) Ecouter le son de chaque piste en utilisant l'icône lecture  et la souris pour sélectionner la piste écoutée
- 2) Avec l'icône loupe  et le clic gauche de la souris agrandir les trois pistes afin de voir apparaître les trois sinusoïdes. Pour chacune des sinusoïdes, sélectionner 10 périodes avec icône  noter les dates début fin sélection, déduire la durée des 10 périodes puis une période. Vérifier que les fréquences calculées à partir des périodes correspondent bien aux instructions que vous avez donné au logiciel.
- 3) Pour créer un son composé des trois précédents que faut-il faire ?
- 4) Protocole pour créer un son composé :  
Menu pistes : Mix Mix et rendu vers nouvelle piste. Que pouvez-vous dire du signal obtenu ?
- 5) Mesurer la période du signal mixé, en déduire la fréquence. Comparer cette fréquence avec les fréquences des trois pistes précédentes. Conclure.
- 6) Ecouter le son de ce signal composé.

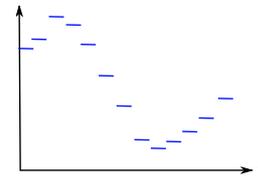
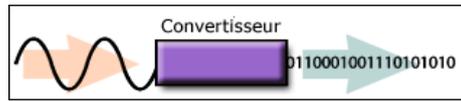
## II. Numérisation

### 1. Signal analogique et signal numérique

- La voix et le son des instruments de musique sont des signaux sonores analogiques, c'est-à-dire que leurs variations sont continues au cours du temps. Les fichiers audio écoutés avec un smartphone ou en streaming sont quant à eux des signaux numériques c'est-à-dire par paliers, en prenant des valeurs discrètes. Seuls types de signaux pouvant être traités par un ordinateur.
- Les ordinateurs ne traitent que des données binaires (0 ou 1). Pour numériser un signal, il faut **discrétiser** les informations et réaliser le codage grâce à un convertisseur analogique-numérique (CAN).
- La numérisation est d'autant meilleure que le signal numérique se rapprochera du signal analogique initial



Signal analogique



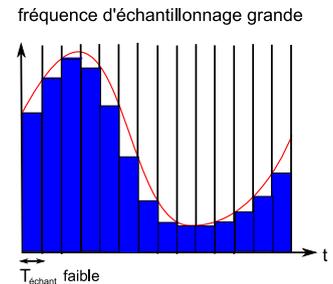
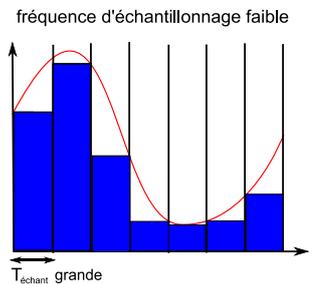
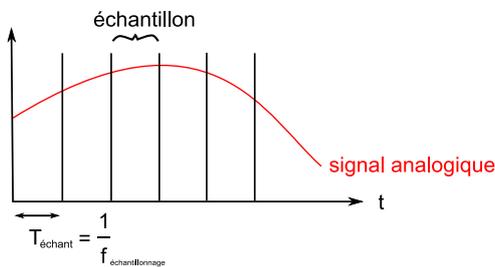
Signal numérique

- La numérisation s'effectue en trois étapes : l'échantillonnage et la quantification (la discrétisation) puis le codage par un nombre binaire.

1.1. Donner un exemple de données autre que le son dont la mesure est analogique.

### 2. L'échantillonnage

- Cette première étape consiste à ne conserver que des échantillons du signal : on prélève à des intervalles de temps égaux la valeur prise par le signal analogique. La durée séparant deux échantillons successifs est la période d'échantillonnage  $T_E$ .
- La fréquence d'échantillonnage correspond au nombre d'échantillons acquis en une seconde. Ainsi :  $f_E = \frac{1}{T_E}$ .



### Théorème de Shannon

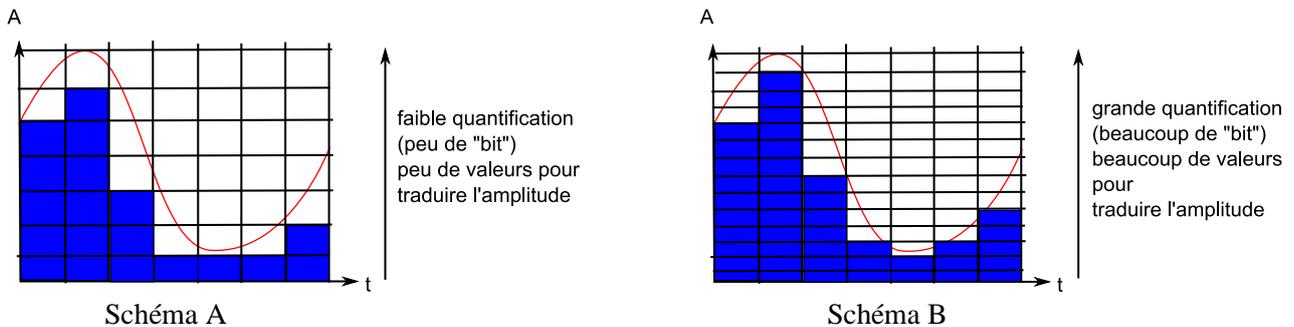
- Pour numériser convenablement un signal sinusoïdal de fréquence  $f$ , il faut que la fréquence d'échantillonnage soit au moins deux fois supérieure à la fréquence du signal à numériser

Type de support	$f_E$ (kHz)
CD audio	44,1
DVD	48
Téléphonie	8
Radio numérique	22,5

- 2.1. Pour qu'un signal analogique soit le plus proche d'un signal numérique, doit-on augmenter ou diminuer la fréquence d'échantillonnage ? Que devient alors la période d'échantillonnage ?
- 2.2. Utiliser le logiciel Audacity, pour un signal soit enregistré ou créé, en utilisant l'icône Loupe, zoomer jusqu'à observer les points mettant en évidence que le signal est numérique. Evaluer l'ordre de grandeur de la période d'échantillonnage qui correspond au temps qui sépare deux points successifs du signal. En déduire l'ordre de grandeur de la fréquence d'échantillonnage du CAN. Comparer avec la valeur indiquée à gauche du signal dans la fenêtre.
- 2.3. Dans le menu d'Audacity : pistes cliquer sur Rééchantillonner et choisir une fréquence d'échantillonnage plus faible. Qu'observez-vous ?
- 2.4. La fréquence du fondamentale moyenne la plus haute pour la voix parlée est de 1500Hz. Pourquoi est-il parfois difficile de reconnaître la personne qui parle au téléphone ?
- 2.5. La fréquence du fondamentale de la note la plus élevée d'un piano est 4186 Hz. Quel est le support le mieux adapté pour enregistrer et écouter « La nocturne Op 9 No 2 de Chopin » ?

### 3. Quantification et codage :

- L'étape permet d'associer chaque échantillon à l'une des valeurs prédéfinies par le CAN (phase de quantification). Les valeurs des échantillons sont ainsi exprimées sous la forme d'un nombre binaire (phase de codage).
- Le nombre de valeurs possibles dépend de la quantification Q, liés au nombre de bits que propose le CAN et choisie par l'utilisateur
- La valeur quantifiée du signal est alors associée à une valeur numérique exprimée en bit (binary digit).
- Un « bit » est un chiffre binaire (0 ou 1)
  - Avec 2 bits, on peut écrire : 00, 01, 10 et 11 soit  $2^2 = 4$  valeurs, la quantification est alors  $Q = 2^2 = 4$  valeurs
  - Avec 3 bits, on peut écrire : 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111 soit  $2^3 = 8$  valeurs possibles ; alors  $Q = 2^3 = 8$
  - Avec n bits, on peut écrire  $Q = 2^n$  valeurs = n bits
- Un octet est constitué de 8 bits.



- 3.1. Quelle est le nombre de valeurs que peut prendre le signal du schéma A ? En déduire sa quantification. Répondre aussi pour le schéma B.
- 3.2. Sur l'enregistrement de la piste par Audacity, retrouver à gauche la quantification du signal ? La numérisation est-elle meilleure que le schéma B ?

### 4. La taille d'un fichier audio :

- La taille N d'un fichier audio s'exprime en octets (o). Elle dépend bien sûr de la durée du titre, mais aussi des paramètres avec lesquels le fichier a été numérisé : la fréquence d'échantillonnage et la quantification. Elle se calcule en utilisant la formule :  $N = f_E \times \frac{Q}{8} \times n \times \Delta t$

où  $f_E$  est la fréquence d'échantillonnage en Hz ;

Q= quantification en bit, cette quantification est divisée par 8 pour avoir des octet (o) ;

N= nombre de voies (1 pour un signal mono, 2 pour un signal stéréo)

$\Delta t$  : durée de l'enregistrement.

- 4.1. Calculer pour votre piste audio (celle d'Audacity) la taille du fichier.

### 5. La compression d'un fichier

- Après numérisation, les fichiers multimédias (audio, vidéo) ont vocation à être stockés ou partagés via divers supports (carte SD, smartphone, ordinateur, etc.). Il faut alors leur faire subir des traitements informatiques comme la compression. La compression consiste à diminuer la taille d'un fichier afin de faciliter son stockage et de diminuer la durée de son transfert. Les techniques de compression spécifiques au son éliminent les informations sonores auxquelles l'oreille est peu sensible.
- Les fichiers audio sont d'abord enregistrés et numérisés sans compression au format .wav (waveform audio file format). L'opération de compression, réalisée par des algorithmes, transforme ce fichier en format .mp3 (9 fois moins volumineux que le fichier wav).
- La performance des algorithmes qui réalisent ces compressions est caractérisée par le taux de compression T (tau) :
  - Remarque : on peut multiplier par 100 le taux de compression pour avoir un pourcentage.
  - Décompresser un fichier compressé ne permet pas de récupérer des données perdues

- 5.1. Calculer le taux de compression d'un algorithme transformant des fichiers wav en mp3. Traduire par une phrase en pourcentage.