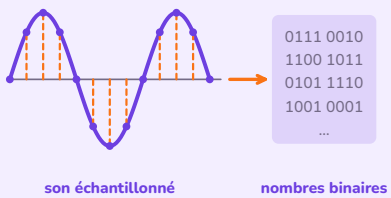
ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE · PREMIÈRE GÉNÉRALE

La musique, les nombres et le son numérique

7 notions, l'essentiel à retenir et les pièges à éviter.



son échantillonné — nombres binaires

1 Intervalles

intervalle = f_2 / f_1

- La hauteur d'une note est la fréquence de son fondamental.
- Un intervalle se mesure par le rapport des fréquences, pas par leur différence.
- Octave : rapport 2. Quinte : 3/2. Quarte : 4/3. Enchaîner des intervalles, c'est multiplier leurs rapports.

2 Gamme de Pythagore

- Notes obtenues par quintes successives (× 3/2), ramenées dans l'octave (÷ 2).
- Do 1, ré 9/8, mi 81/64, fa 4/3, sol 3/2, la 27/16, si 243/128.
- Deux intervalles : le ton 9/8 et le limma 256/243 (mi-fa, si-do).

3 Comma pythagoricien

comma = $(3/2)^{12} / 2^7 \approx 1{,}0136$

- Douze quintes ne font pas exactement sept octaves : le cycle des quintes ne se referme pas.
- Une quinte du cycle sonne faux : la justesse dépend de la tonalité.

4 Gamme tempérée

$f = 440 \times r^n$, avec r = racine douzième de 2 $\approx$ 1,059

- L'octave est partagée en 12 demi-tons égaux, de rapport racine douzième de 2 ≈ 1,059.
- Référence : la3 = 440 Hz. do4 ≈ 523,3 Hz, mi4 ≈ 659,3 Hz, la4 = 880 Hz.
- Quinte tempérée ≈ 1,498 : presque pure ; on peut transposer librement.

5 Échantillonnage

$$f_e > 2 \times f_{max}$$

- Numériser : mesurer le signal analogique à intervalles réguliers T_e.
- Fréquence d'échantillonnage $f_e = 1 / T_e$. CD : 44,1 kHz.
- Critère de Shannon : f_e doit dépasser le double de la plus grande fréquence du son.

6 Quantification

- Chaque échantillon est arrondi au niveau le plus proche, puis codé en binaire.
- n bits donnent 2^n niveaux ; un bit de plus double ce nombre.
- CD : 16 bits, soit 65 536 niveaux.

7 Débit, taille, compression

- Débit D = $f_e \times n \times$ nombre de voies, en bit/s. Taille = D × durée, ÷ 8 pour les octets.
- Une minute de CD stéréo : 1 411 200 bit/s × 60 s ÷ 8 ≈ 10,6 Mo.
- Sans perte : le son d'origine est retrouvé exactement. Avec perte (MP3) : fichier plus léger, information perdue.

Pièges à éviter

- Soustraire les fréquences pour mesurer un intervalle : c'est leur rapport qui compte.
- Additionner des rapports : deux quintes font 3/2 × 3/2 = 9/4, pas 3/2 + 3/2.
- Croire que les demi-tons tempérés ont le même écart en hertz : c'est leur rapport qui est constant.
- Oublier le facteur 2 du critère de Shannon, ou le nombre de voies (× 2 en stéréo) dans le débit.
- Confondre bits et octets : on divise par 8 pour passer des bits aux octets.