

Le son est une onde mécanique qui transporte de l'énergie et une information.

COURS

La musique

Prof-TC
ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE

La musique est basée sur la production de sons périodiques. Un son musical est caractérisé par sa hauteur (fréquence), son timbre (forme du signal) et son intensité (amplitude).
Depuis l'Antiquité, les musiciens et les mathématiciens ont recherché des rapports simples entre les fréquences pour construire des gammes harmonieuses.

I Les intervalles en musique

1. L'école pythagoricienne

Dans l'Antiquité (VIe siècle av. J.-C.), l'école pythagoricienne considérait que les nombres entiers et leurs rapports expriment l'harmonie musicale et celle de l'Univers.

2. Les intervalles consonants

Définition

En musique, l'**intervalle** entre deux sons correspond au rapport de leurs fréquences fondamentales.

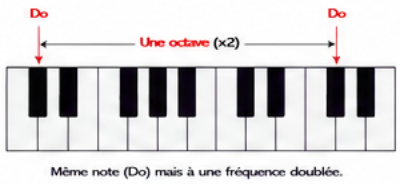
L'écoute de différents intervalles musicaux provoque des sensations plus ou moins agréables. Les sons **consonants** (qui "sonnent" bien) sont liés à des rapports simples d'entiers : ils ont alors des harmoniques en commun.

Quelques intervalles consonants

Intervalle	Rapport des fréquences	Exemple
Octave	2/1	Do → Do (à l'octave supérieure)
Quinte juste	3/2	Do → Sol
Quarte juste	4/3	Do → Fa
Tierce majeure	5/4	Do → Mi
Tierce mineure	6/5	Do → Mi b

Définition

Deux notes séparées par une octave correspondent à une même note, à des hauteurs différentes.



Même note (Do) mais à une fréquence doublée.

II Les gammes de Pythagore

Les disciples de Pythagore ont utilisé uniquement deux intervalles très consonants : l'octave (rapport 2/1) et la quinte (rapport 3/2).

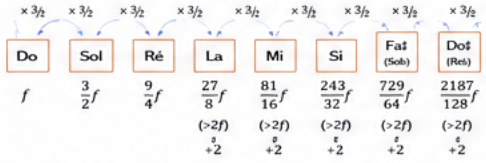
Définition

Les gammes de Pythagore sont créées par une succession de quintes (× 3/2) et de réductions à l'octave (÷ 2).

1. Construction d'une gamme avec le cycle des quintes

- On part d'un son de fréquence f. Ex. : Do de fréquence f.
- On multiplie par $\frac{3}{2}$ pour obtenir la quinte suivante.
- Si la fréquence obtenue est > $2f$, on la ramène dans l'octave en divisant par 2.
- On recommence.

Cycle des quintes (exemple à partir de Do)



On obtient ainsi 7 notes différentes avant de retrouver une note très proche du Do initial (mais légèrement plus aiguë).

2. Gammes à 5, 7 et 12 notes

Le cycle des quintes retombe "presque" sur la fréquence de départ pour 5, 7 et 12 notes :

$$3^5 \approx 2^8, \quad 3^7 \approx 2^{11}, \quad 3^{12} \approx 2^{19}.$$

Ces approches permettent d'utiliser des gammes de 5, 7 ou 12 notes.

Gamme à 5 notes (pentatonique)	Multiplication par $\frac{3}{2}$ successivement, puis à l'octave. Rapport final : $3^5 \approx 2^8$ → très proche de l'octave.
Gamme à 7 notes (heptatonique)	Cycle donnant les 7 notes visibles ci-dessus. Rapport final : $3^7 \approx 2^{11}$ → légèrement plus aigu que l'octave.
Gamme à 12 notes chromatique pythagoricienne)	On poursuit le cycle jusqu'à 12 quintes. Rapport final : $3^{12} \approx 2^{19}$ → plus aigu que l'octave, d'où la "quinte du loup".

III Les gammes au tempérament égal

1. Le problème de transposition

Une transposition consiste à adapter une mélodie au registre de la voix ou d'un instrument en la déplaçant vers l'aigu ou la grave.

Propriété

Les gammes de Pythagore ne facilitent pas la transposition, car les intervalles entre les différentes notes de la gamme sont inégaux.

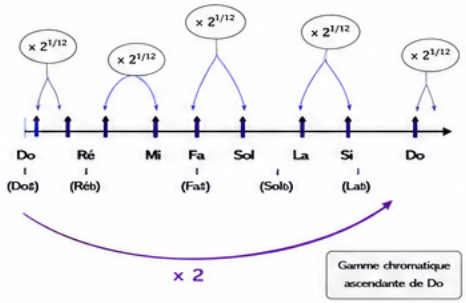
2. La gamme tempérée à 12 notes

Le tempérament égal (adopté au XVIIIe siècle) permet de transposer une mélodie dans toutes les tonalités sans la déformer.

Définition

La gamme tempérée à 12 notes est une gamme dont tous les intervalles sont égaux. L'intervalle d entre deux notes successives de la gamme est égal à la racine douzième de 2.

$$d = \sqrt[12]{2} \approx 1{,}05946$$



L'oreille humaine tolère bien le tempérament égal même si aucun intervalle, sauf l'octave, n'est dans un rapport simple.

IV Bilan

1. Le cycle des quintes et les gammes de Pythagore

Propriété

Le cycle des quintes retombe "presque" sur la fréquence de la note de départ pour un nombre de notes égal à 5, 7 et 12.

En effet : $3^5 \approx 2^8$, $3^7 \approx 2^{11}$, $3^{12} \approx 2^{19}$
Des gammes à 5, 7 et 12 notes ont donc été utilisées pendant des siècles.

2. La quinte du loup

Un raisonnement mathématique montre qu'il n'existe aucune suite de notes construite sur le cycle des quintes qui reboucle exactement.

Définition

La dernière quinte de la gamme à 12 sonne un peu faux : c'est la **quinte du loup**.

3. Les fréquences des notes

a) Rapports de fréquences

Note	Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
Gamme de Pythagore	1	9/8 (1,125)	81/64 (1,266)	4/3 (1,333)	3/2 (1,5)	27/16 (1,688)	243/128 (1,896)	2
Gamme tempérée (12 notes)	1	$2^{2/12}$ (1,122)	$2^{4/12}$ (1,260)	$2^{5/12}$ (1,335)	$2^{7/12}$ (1,498)	$2^{9/12}$ (1,682)	$2^{11/12}$ (1,888)	2

b) Valeurs numériques des fréquences (en Hz)

Fréquence de référence : Do central = 261,63 Hz

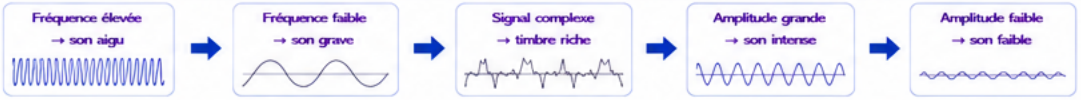
Note	Do	Ré	Mi	Fa	La	La	Si	Do
Gamme de Pythagore	261,63	294,33	331,13	348,84	392,44	441,50	496,69	523,26
Gamme tempérée (12 notes)	261,63	293,66	329,63	349,23	392,00	440,00	493,88	523,26

À retenir

Tous les instruments de musique ont un point commun : ils mettent en vibration un objet qui communique ces vibrations à l'air, et produit un signal sonore perçu par notre oreille.

À retenir l'essentiel

- Un son musical est produit par la vibration d'un objet (corde, colonne d'air, membrane, etc.).
- La hauteur (aigu ou grave) dépend principalement de la fréquence de vibration.
- Le timbre dépend de la forme du signal et de la nature de l'objet vibrant.
- L'intensité dépend de l'amplitude de la vibration.



Les caractéristiques d'un son musical : hauteur, timbre et intensité, sont à la base de la musique.