

Chapitre 8 : Son et musique

Sommaire		
Activités	Page(s)	Autoévaluation
Travaux pratiques 1 : Décomposer un son	1-4	
Travaux pratiques 2: Les instruments de musique à travers le monde	5-8	
Activité documentaire : Notes de musique et intervalles	8-9	
Résolution de problème : Entre le décollage d'une fusée à 3km et une dizaine de milliers de moustiques à un mètre, quelle situation est la plus bruyante ?	10-11	
Cours	12-16	

Travaux pratiques 1: Décomposer un son

Introduction : En tapant sur un tambour ou en utilisant des synthétiseurs, des mouvements d'air se créent. Ces variations, semblables à une série de compressions et de dilatations des molécules de l'air se propagent sans être visibles mais sont audibles. C'est ainsi que naît le son, que ce soit de manière naturelle ou dans le contexte de la musique électronique.

Problématique : Comment utiliser l'analyse spectrale en musique électronique ?

Objectifs : Utiliser un logiciel permettant de visualiser le spectre d'un son. Savoir qu'un son pur est associé à un signal dépendant du temps de façon sinusoïdale. Savoir qu'un signal périodique de fréquence f se décompose en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences multiples entières de f . Savoir que le son associé à ce signal est un son composé. f est appelé fréquence fondamentale, les autres fréquences sont appelées harmoniques.

Document 1: Les débuts de l'analyse spectrale

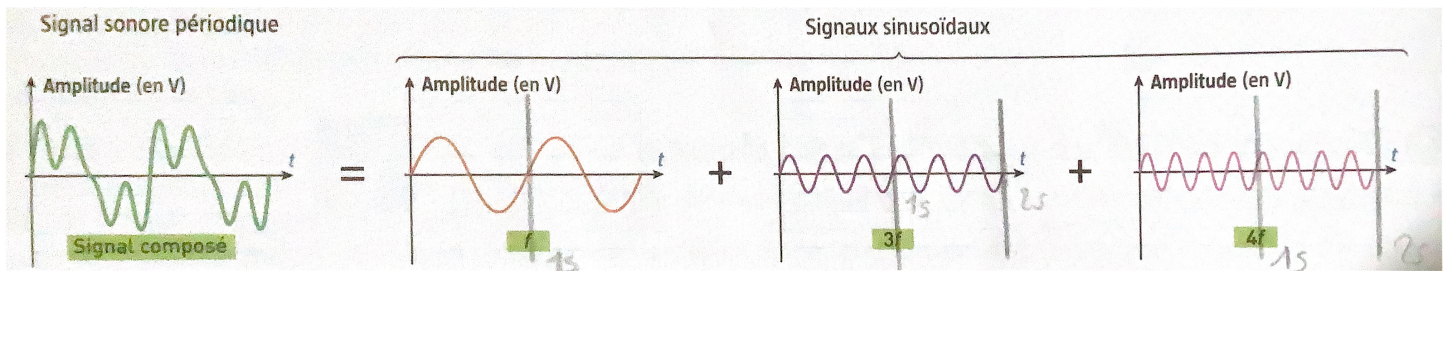
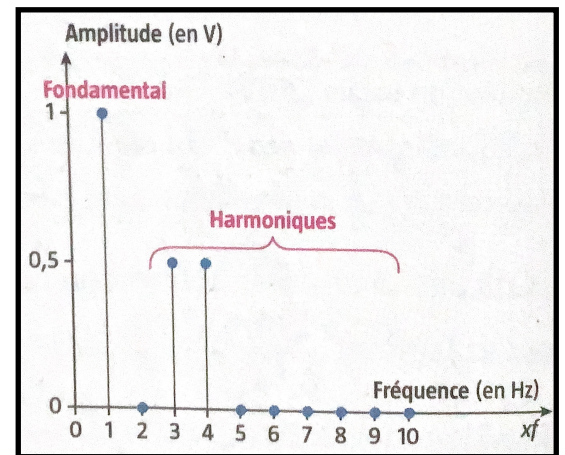
Joseph Fourier (1768-1830) a apporté une contribution majeure à la physique et aux mathématiques avec son étude de l'évolution de la température au sein d'un barreau métallique. Dans son travail, Fourier a introduit l'idée que toute fonction périodique de fréquence f peut être décomposée en une somme de fonctions sinusoïdales de fréquences multiples de f . Cette approche, connue sous le nom de série de Fourier, a donné naissance à l'analyse spectrale. L'analyse spectrale est une technique puissante et largement utilisée dans divers domaines tels que la télécommunication, le diagnostic médical, le filtrage et la synthèse du son, permettant de décomposer des signaux complexes en leurs composantes fondamentales.



Joseph Fourier

Document 2: Le spectre d'un son

Pour Fourier, un signal sonore périodique peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux. Le composant de base de cette décomposition est le fondamental, qui est une sinusoïde de la fréquence la plus basse présente dans le signal notée f . Les autres composantes sont les harmoniques, qui sont des sinusoïdes ayant des fréquences multiples de celle du fondamental ($f_n = n \times f$ avec n un entier supérieur à 1). Ainsi, un son complexe, que l'on perçoit dans la vie quotidienne, est en réalité une somme de sons simples, chacun étant une onde sinusoïdale. Cette décomposition s'appelle la transformée de Fourier. Lorsqu'on représente un signal sonore sous la forme de sa transformée de Fourier, on obtient un spectre. Sur ce spectre, l'axe des abscisses représente les fréquences en hertz (Hz), tandis que l'axe des ordonnées représente l'amplitude en volts (V).



1) **Déterminer** la période et la fréquence des quatre signaux représentés.

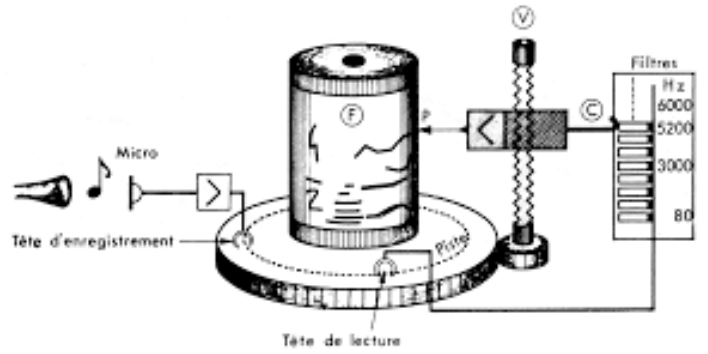
2) **Compléter** les graphiques des signaux sinusoïdaux avec les termes : fondamental et harmonique.

Rappel méthodologique : Déterminer le nombre maximal de motif entier visible. Mesurer la durée de tous ces motifs. Diviser la durée par le nombre de motif pour obtenir la période T .

Calculer la fréquence en utilisant la relation $f = \frac{1}{T}$.

Document 3: Le sonographe

Le sonographe, inventé en 1941 par Bell Laboratories, est un instrument utilisé pour analyser les sons. Il fonctionne avec un filtre de fréquence variable qui enregistre l'amplitude des différentes fréquences sur un cylindre recouvert de papier sensible. Cela permet de créer un spectre sonore en quelques minutes. Le sonographe visualise comment la fréquence et l'amplitude d'un son changent au fil du temps, fournissant une représentation graphique utile pour diverses analyses acoustiques.

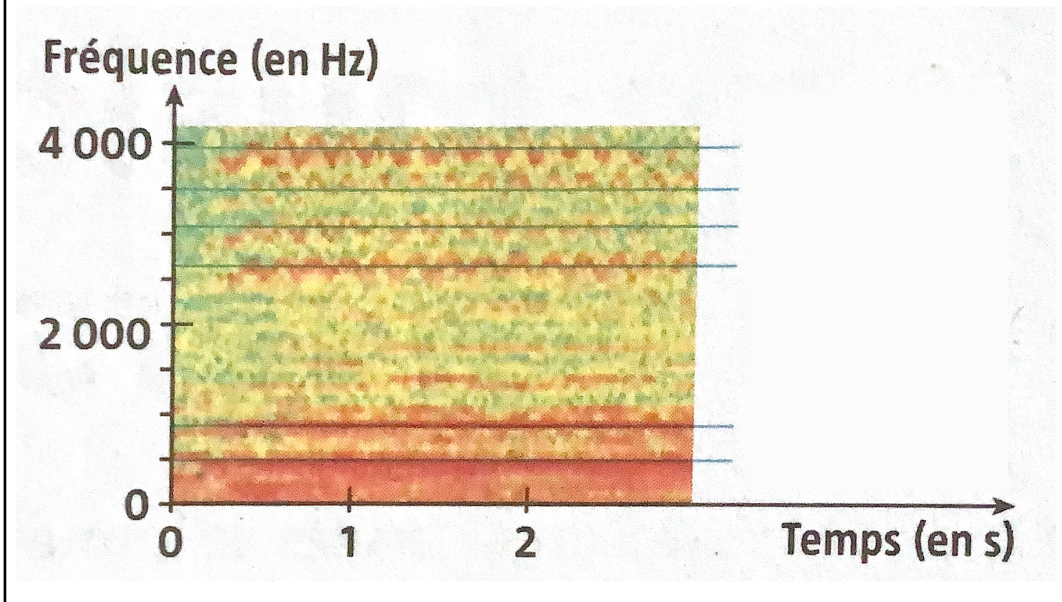


Document 4: Exemple de sonogramme sur l'enregistrement d'un La3 (441 Hz) de la cantatrice Maria Callas

Maria Callas, célèbre soprano grecque du 20ème siècle, est reconnue pour sa voix exceptionnelle et ses interprétations passionnées qui ont révolutionné l'art de l'opéra.



Maria Callas



3) **Trouver** et **indiquer** sur le sonogramme la fréquence fondamentale de valeur 441 Hz.

4) **Retrouver** les fréquences des 8 harmoniques présents et compléter le tableau.

Entier n	n = 1 Fontamental	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n = 9
Fréquence en Hz	441								

5) **Placer** les entiers n caractéristiques des harmoniques de fréquences f_n sur le sonogramme.

Document 5: Spectre instantané

Depuis les années 1960, l'électronique moderne a beaucoup évolué grâce aux transistors et aux circuits intégrés, menant à des technologies comme les ordinateurs et les téléphones portables. Un outil clé aujourd'hui est l'analyseur de spectre, qui mesure la distribution des puissances d'un signal en fonction de la fréquence. La Fast Fourier Transform (FFT), un algorithme permettant de transformer un signal temporel en un spectre de fréquences, rend l'analyse des signaux rapide et précise.

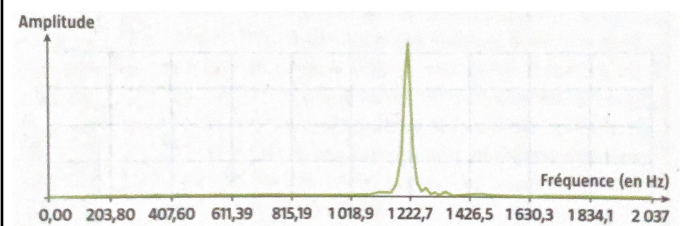
Document 6: Visualisation du spectre d'un son grâce à une FFT

Protocole : Lancer l'application Fizziq.

Aller sur l'icône "Microphone" puis sur "Spectre de fréquences".

Appuyer sur le rond rouge pour enregistrer le spectre du son sur le téléphone. Le spectre peut alors être étudié.

Document 7: Exemple de spectre d'un sifflement



6) **Tracer** le spectre d'un son d'un sifflement grâce à l'application Fizziq. On doit obtenir un spectre ayant l'allure de celui dans le document 7 ci-dessus. C'est le spectre d'un son constitué essentiellement d'une seule fréquence. On parle alors de son pur.

7) **Indiquer** la fréquence du son pur ainsi créé.

8) **Compléter** le texte à trou en répondant à la question suivante : Comment commence-t-on le processus de création de sons électroniques à partir d'instruments acoustiques ou de la voix ? Pour créer des sons électroniques à partir d'instruments acoustiques ou de la voix, on commence par réaliser une _____ des sons que l'on souhaite reproduire. Cette étape permet d'identifier les _____ spectrales des sons, y compris leurs fréquences et _____.

9) **Compléter** le texte à trou en répondant à la question suivante : Que fait-on une fois les caractéristiques spectrales des sons identifiées ?

Une fois les caractéristiques spectrales des sons identifiées, on utilise _____ à l'envers pour reproduire un son périodique. Cela implique d'additionner des sons _____ produits électroniquement pour recréer le son d'origine.

10) **Compléter** le texte à trou en répondant à la question suivante : Qu'est-ce que la synthèse sonore et comment est-elle réalisée ?

La synthèse sonore est le processus de création de sons en ajoutant des sons purs. Pour cela, on utilise des _____ électroniques pour générer des ondes sinusoïdales correspondant aux différentes _____ identifiées dans l'analyse spectrale. En additionnant ces ondes, on obtient un son _____ correspondant au son d'origine.

Travaux pratiques 2: Instruments de musique à travers le monde

Introduction : Les instruments de musique, avec leur diversité de formes, de tailles et de principes de fonctionnement, offrent une richesse sonore inégalée. Qu'ils soient à cordes, à vent, à percussion ou électroniques, chacun possède des caractéristiques uniques qui lui permettent de produire une gamme variée de sons. Malgré cette diversité, tous les instruments partagent le même rôle fondamental : produire des sons différents correspondant à des notes musicales, contribuant ainsi à la création et à l'interprétation de la musique.

Problématique : Comment les instruments sont-ils conçus pour émettre des sons de fréquences différentes ?

Objectifs : Savoir que la corde tendue d'un instrument à cordes émet en vibrant un son composé dont la fréquence fondamentale ne dépend que de ses caractéristiques (longueur, tension, masse par unité de longueur). Dans les instruments à vent, un phénomène analogue se produit par vibration de l'air dans un tuyau.

Document 1 : Une portée, des notes

Les notes composant la gamme, dite de do majeur, sont regroupées sur une portée. Celle ci-dessous donne les notes de la 3ème octave et le début de la 4ème octave.



Une octave est l'intervalle entre deux notes dont la fréquence est doublée ou divisée par deux, et les octaves sont numérotées pour indiquer leur hauteur sur l'échelle musicale, comme Do4 pour le Do central.

Ces notes correspondent à des sons différents, avec des fréquences fondamentales différentes.

Note	La	Si	Do	Ré	Mi	Fa	Sol
Fréquence (en Hz)	440	494	523	587	659	698	784

Document 2 : La gamme tempérée

La gamme chromatique tempérée, popularisée par Johann Sebastian Bach, divise l'octave en 12 demi-tons égaux, permettant une justesse relative en toutes tonalités. Dans cette gamme, le rapport de fréquence entre deux demi-tons successifs est constant et égal à $2^{1/12}$. Par exemple, si une note a une fréquence f , la note un demi-ton plus haut aura une fréquence de $f \times 2^{1/12}$. Cette égalité permet aux instruments de jouer juste dans toutes les tonalités.

Document 4: Méthode de construction de la gamme du Do de Pythagore

1 Construisons une gamme entre ce do et son octave. Pour passer d'une note à sa quinte, il faut multiplier sa fréquence par $\frac{3}{2}$.

2 Allons jusqu'à la première quinte.

3 Poursuivons jusqu'à la deuxième quinte. Sortie d'octave ! Divisez votre fréquence par 2.

4 Bon, repartons vers la troisième quinte.

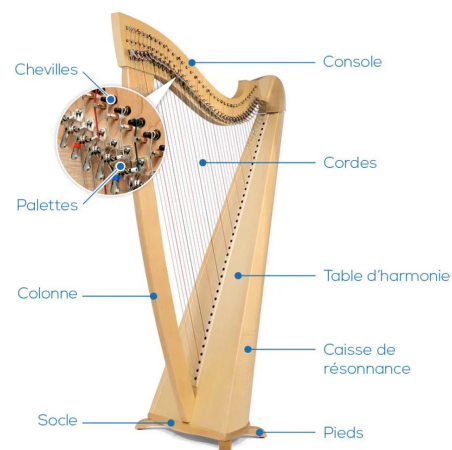
5 Poursuivons jusqu'à la quatrième quinte. Sortie d'octave ! Divisez votre fréquence par 2.

6 Etc.

Les noms des notes n'existaient pas à l'époque de Pythagore, mais nous leur attribuons ici les noms des notes les plus proches afin de les repérer plus facilement.

3) Donner deux paramètres dont dépend la note jouée par une harpe celtique.

4) Indiquer comment un musicien peut accorder sa harpe, c'est-à-dire la régler pour que le son des notes des différentes cordes corresponde exactement à la note souhaitée.



Document 5 : La flûte de pan

La flûte de pan, souvent associée à la culture andine et au dieu grec Pan, est un instrument à vent composé de plusieurs tubes de différentes longueurs apparue en Grèce antique. Chaque tube produit un son unique en fonction de sa taille et de la longueur de la colonne d'air qui vibre à l'intérieur. Les sons sont générés en soufflant horizontalement à travers les ouvertures des tubes, ce qui fait vibrer la colonne d'air à une fréquence dépendante de la longueur du tube. Il existe des flûtes de pan avec des tubes ouverts à une extrémité et bouchés à l'autre, ainsi que des variantes où les tubes peuvent être bouchés à deux extrémités.



Document 6 : Modéliser une flûte de pan

Prendre 5 tubes à essais sur un support.

Ouvrir l'application Fizziq sur un téléphone et aller dans la partie "Microphone" puis "Fréquence fondamentale".

Tester de souffler dans un tube vide devant le téléphone afin de visualiser la valeur de la fréquence du son émis. On placera le bord du tube sur le haut du menton et on soufflera vers le bas.

Par mesures de fréquences successives, mettre la quantité d'eau adéquate dans chaque tube afin d'avoir une note (parmi les 5 de la partition de la question 2) par tube.

Prendre en main le support et jouer la partition comme si c'était une flûte de pan.

5) **Réaliser** l'expérience et indiquer de quel côté de la flûte de pan se trouvent les notes les plus aiguës.

6) **Déterminer** le morceau de musique joué grâce à la partition de la question 2.

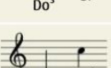
Activité documentaire 3 : Note de musique et intervalles

Introduction : Une note est définie par sa fréquence fondamentale mais aussi ses harmoniques en fonction de l'instrument de musique utilisé. Cependant, en musique, afin d'aboutir à un air harmonieux, on peut jouer simultanément une multitude de notes à des fréquences différentes.

Problématique : Mais peut-on définir mathématiquement un intervalle entre deux notes en musique ? Et qu'est-ce qu'une octave ?

Document 1: Tableau des intervalles en musique

En musique, on appelle « intervalle » le rapport entre les fréquences fondamentales de deux notes choisies.

Nom de l'intervalle	Exemple
Seconde	 Do ³ Ré ³
Tierce	 Do ³ Mi ³
Quarte	 Do ³ Fa ³
Quinte	 Do ³ Sol ³
Sixte	 Do ³ La ³
Septième	 Do ³ Si ³
Octave	 Do ³ Do ⁴

Objectifs : Savoir qu'en musique, un intervalle entre deux sons est défini par le rapport de leurs fréquences fondamentales. Deux sons dont les fréquences sont dans le rapport 2/1 correspondent à une même note, à deux hauteurs différentes. L'intervalle qui les sépare s'appelle une octave. Une gamme est une suite finie de notes réparties sur une octave.

Document 2: Fréquence fondamentale des notes pour une octave

Le chiffre indiqué en indice en haut à droite de la note spécifie l'octave à laquelle est jouée la note.

Exemple : Do³ est le do de la 3^{ème} octave.

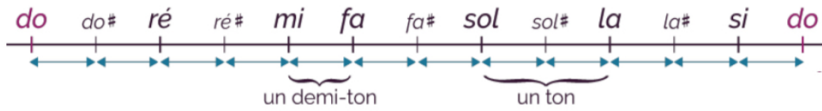
Sur les touches du piano ci-dessous, on a relevé la fréquence de chaque note de cette 3^{ème} octave :

Do# 278	Ré# 312	Fa# 371	Sol# 416	La# 467			
Do3 262	Ré 294	Mi 330	Fa 350	Sol 393	La 441	Si 495	Do 524

Document 3: Les octaves sur un clavier

La gamme tempérée correspond à la division d'une octave en 12 intervalles égaux ; chaque intervalle correspond à un demi-ton.

Les limites physiologiques de notre système auditif permettent de percevoir 10 octaves, alors que nos cordes vocales nous permettent de n'en chanter que deux. Parmi les instruments de musique, le piano de grand concert classique et l'orgue de cathédrale détiennent le record, avec sept octaves complètes sur une étendue de 4000 Hz.



Document 4: Jingle de la SNCF



1) Combien d'octaves **sont** représentées sur la photo du piano ci-dessous ?



2) A quelle octave **appartient** un mi⁶ ?

3) a) **Calculer** l'intervalle entre les notes Do⁴ et Do³.

b) **En déduire** le rapport des fréquences fondamentales qui définit une octave.

4) a) Pour le jingle de la SNCF du document 4, **identifier** le nom de l'intervalle entre les deux premières notes.

b) **Calculer** le rapport des fréquences fondamentales de ces deux notes.

5) a) **Calculer** l'intervalle correspondant à un demi-ton dans la gamme tempérée.

b) « La gamme tempérée étant constituée de 12 demi-tons », **retrouver** par le calcul l'intervalle entre deux notes qui constituent une octave.

Activité documentaire 4 : Entre le décollage d'une fusée à 3km et une dizaine de milliers de moustiques à un mètre, quelle situation est la plus bruyante ?

Consignes : En vous appuyant sur les documents ci-dessous, proposer et mettre en œuvre une méthode de résolution permettant de répondre à la problématique posée.

Problématique : Mais peut-on définir mathématiquement un intervalle entre deux notes en musique ? Et qu'est-ce qu'une octave ?

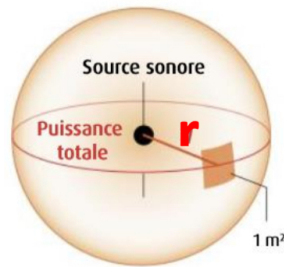
Objectifs : La puissance par unité de surface transportée par une onde sonore est quantifiée par son intensité. Son niveau d'intensité sonore est exprimé en décibels selon une échelle logarithmique. Utiliser l'échelle logarithmique de niveau d'intensité sonore pour relier l'intensité sonore au niveau d'intensité sonore.

Document 1: Propagation sphérique du son

Lorsqu'une source sonore de puissance P émet dans toutes les directions dans un milieu matériel donné, on peut considérer que tout point de la sphère formée de surface S par l'onde sonore possède la même intensité sonore I égale à :

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

w/m^2 m^2



Document 3: L'additivité des intensités sonores

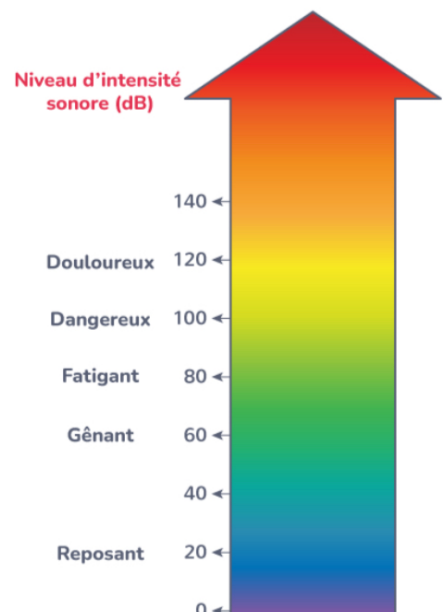
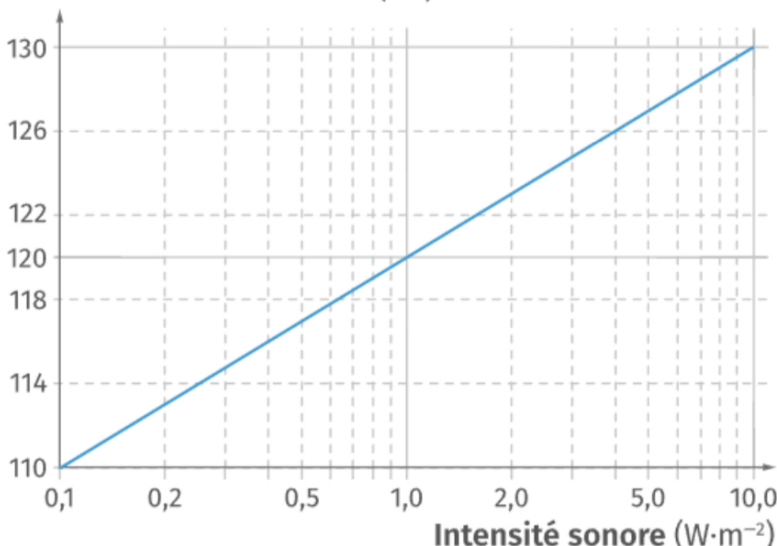
Le bruit cumulé de plusieurs sources sonores se traduit par une augmentation de l'intensité sonore perçue par un auditeur. Plus précisément, l'intensité sonore totale I_t perçue est égale à la somme des n intensités sonores I_n perçues séparément :

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

Document 2: Niveau d'intensité sonore

Le niveau d'intensité sonore L exprimé en décibel (dB) est plus représentatif de notre sensation auditive. Il suit une loi logarithmique :

Niveau d'intensité sonore (dB)



Document 4: Influence de l'augmentation de l'intensité sonore sur le niveau d'intensité sonore

L'augmentation du niveau d'intensité sonore L n'est pas proportionnelle à l'augmentation de l'intensité sonore I . En effet si l'on double l'intensité sonore, le niveau sonore n'augmente que de 3 dB. Le tableau suivant présente l'augmentation, en décibel (dB), du niveau d'intensité sonore lorsque l'on multiplie par un facteur n l'intensité sonore :

Coefficient multiplicateur n	2	10	20	100	200	1000	2000	10000
Augmentation du niveau d'intensité sonore L (dB)	3,0	10,0	13,0	20,0	23,0	30,0	33,0	40,0

Document 5: Lanceur Saturn V sur le pas de tir pour sa première mission Apollo en novembre 1967

Saturne V était le lanceur utilisé à la fin des années 1960 par la NASA pour envoyer des fusées dans l'espace. Ce lanceur a notamment contribué à la réussite de la mission Apollo 11 durant laquelle les deux hommes Niel Armstrong et Buzz Aldrin ont posé pour la première fois le pied sur la Lune. Au décollage, une partie de l'énergie s'est dissipée autour de la fusée, se propageant dans l'air de manière sphérique sous forme d'ondes sonores.

La NASA estime à environ 350MW la puissance dispersée sous forme d'ondes sonores lors du décollage.



Lanceur Saturn V sur le pas de tir pour sa première mission Apollo en novembre 1967

Document 6: Le moustique-tigre

Une femelle moustique appartenant à l'espèce *Aedes albopictus*, plus connue sous le nom de moustique-tigre.

Qui n'a jamais soupiré en percevant le bruit si caractéristique du moustique s'approcher de soi ? Impossible à surprendre en pleine journée lorsque le bruit ambiant le couvre, il s'avère nettement moins discret lorsque l'on s'apprête à s'endormir. Ce bruit si désagréable possède un niveau d'intensité sonore L égal à 35 dB lorsqu'il se trouve à un mètre de soi.



Cours (Synthèse des activités)

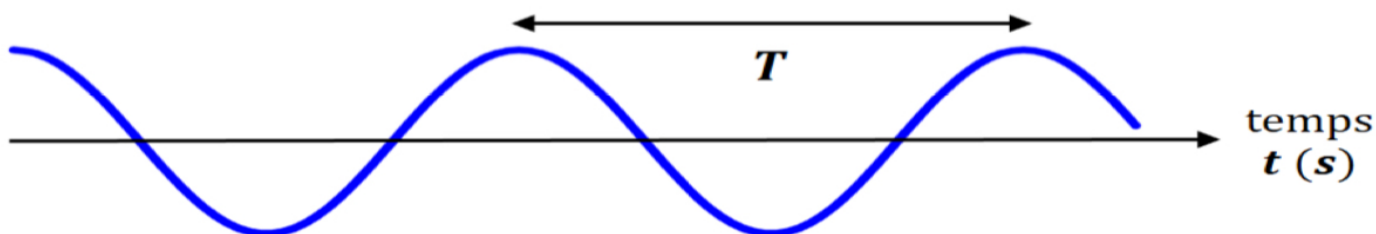
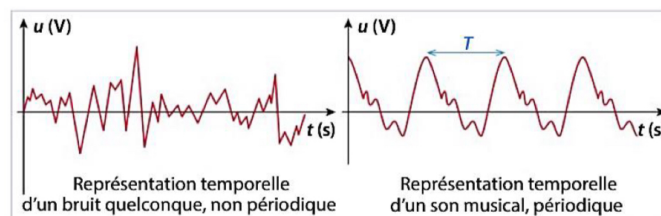
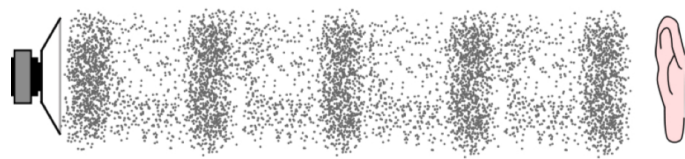
I) Rappel : les signaux sonores

Une onde sonore dans l'air est constituée d'une succession de compressions et de dilatations des molécules de l'air.

On peut constater que, pour un **son musical**, un morceau de la courbe se répète régulièrement. On le qualifie de « **signal périodique** ». Le morceau de la courbe qui se répète est le **motif élémentaire**.

La **période** d'un signal périodique correspond à la durée d'un motif élémentaire. La période se note **T** et se mesure en **seconde** (symbole : s).

La **fréquence** correspond au nombre de répétitions du motif élémentaire par seconde. Elle se note **f** et se mesure en **hertz** (symbole : Hz).

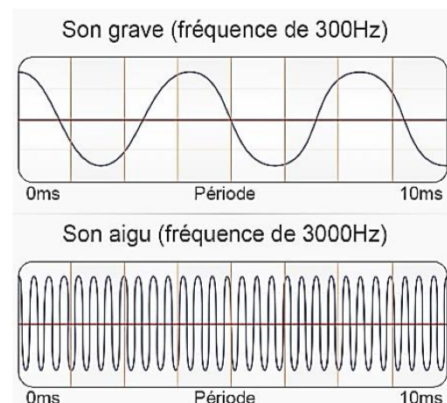


II) Les sons purs et les sons complexes

A) La fréquence d'un son

La **fréquence** d'un son correspond à une **hauteur de son**, repérée par une note de musique.

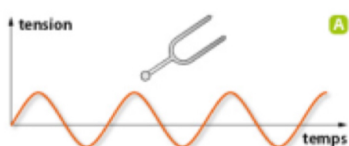
Un son aigu a une fréquence plus élevée qu'un son grave.



B) Le timbre

Deux instruments de musique différents jouant la même note peuvent être différenciés par l'oreille car les deux sons émis n'ont pas le même timbre.

Le timbre est lié à la **forme du motif élémentaire**. Il correspond à l'identité sonore d'un instrument ou d'une voix.



C) Les transformées de Fourier

Si on enregistre au cours du temps le son produit par un diapason, on observe sur l'écran une série de « vagues » parfaites appelées sinusoïde (de la fonction mathématique « sinus »). Le son est alors dit pur.

Une note jouée par un instrument de musique n'est en général pas un son pur. Sa représentation en fonction du temps n'est pas une sinusoïde, mais elle reste quand même périodique.

Le son est alors dit complexe (ou composé).

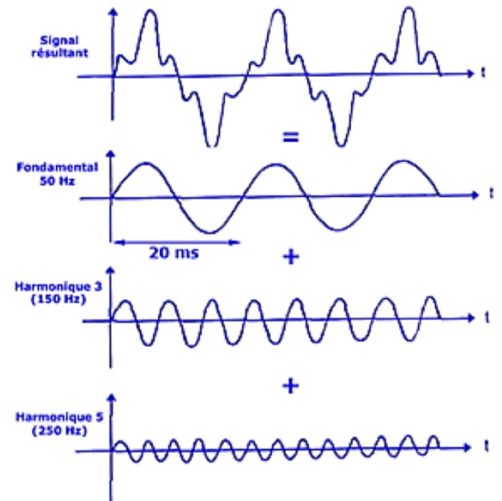
Au début du XIXe siècle, un mathématicien et physicien français **Joseph Fourier** (1768-1830) élabore une méthode qui ouvrira des perspectives considérables aux scientifiques.

Il affirme que toute fonction périodique de fréquence f , peut s'écrire comme une somme de fonctions sinusoïdales de fréquence multiple de f .

Sa méthode appelée « **Transformée de Fourier** », donne naissance à une nouvelle branche de la physique : l'analyse spectrale. Ses applications sont incontournables dans de nombreux domaines : les télécommunications, les courants électriques, le traitement d'image, l'analyse des sons.



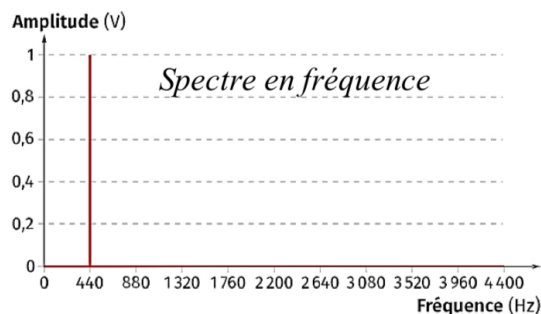
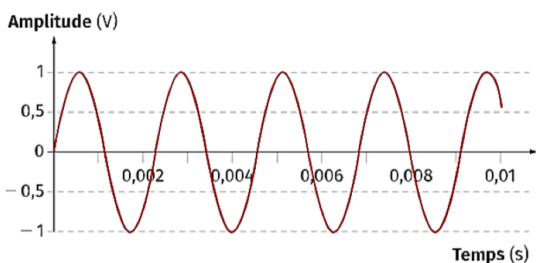
Joseph Fourier



D) Les sons purs

Un **son pur** est représenté par un **signal périodique sinusoïdal**.

Le spectre montre la présence d'une **seule fréquence** (un seul pic).

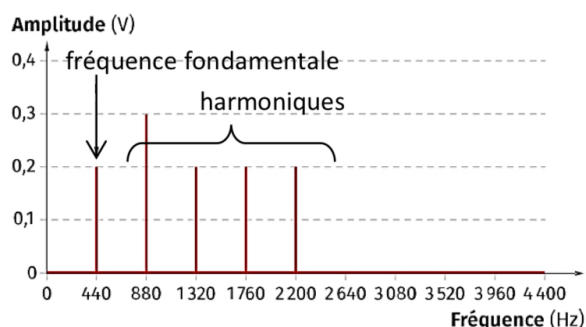
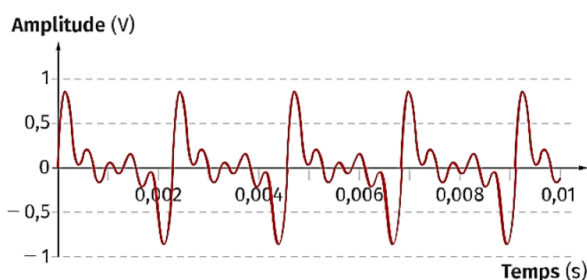


E) Les sons complexes

Un son complexe est représenté par un **signal périodique mais non sinusoïdal**.

Le spectre montre la présence de **plusieurs fréquences** (plusieurs pics).

Son spectre présente une fréquence fondamentale f_0 , ainsi qu'un ensemble de fréquences f_n , dites harmoniques, **multiples de la fréquence fondamentale** : $f_n = n \times f_0$



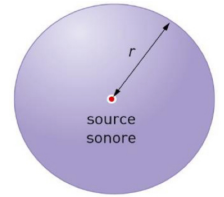
Remarque : La hauteur d'une note de musique (grave ou aigüe) est liée à la fréquence fondamentale.

Le timbre d'une note est lié à la présence des harmoniques et à leur amplitude.

III) La puissance et le niveau d'intensité sonore

1) Intensité sonore

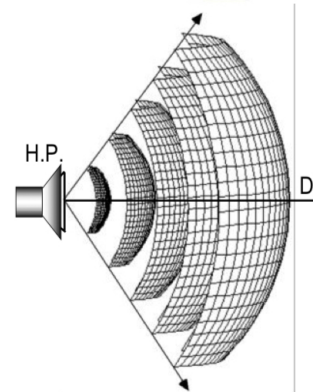
La **puissance** d'une onde sonore produite par une source se note P et se mesure en watt (symbole : W). Elle représente **l'énergie fournie au phénomène par unité de temps**.



Le son se propage dans **toutes les directions de l'espace**.

La puissance donnée à l'onde au départ se répartit donc sur une surface de plus en plus grande.

Dans un milieu homogène (une pièce sans obstacle), la puissance du son produit par une source sonore se **répartit sur une sphère**, ayant pour centre la source sonore.



L'intensité sonore se note I et représente la puissance de l'onde sonore reçue par unité de surface S . Elle se mesure en watt par mètre carré ($W.m^{-2}$).

$$I = \frac{P}{S} \quad \text{avec } I : \text{Intensité sonore en } W.m^{-2}$$

P : Puissance de l'onde sonore en W

S : surface en m^2

Plus on s'éloigne de la source, plus l'intensité sonore diminue car la puissance de l'onde sonore produite par la source se répartit sur une surface de plus en plus grande.

2) Niveau d'intensité sonore

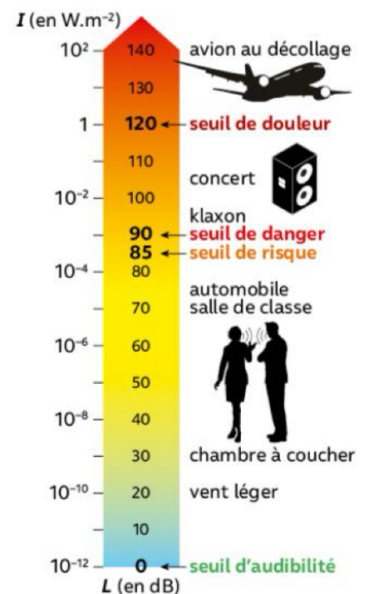
Le **niveau d'intensité sonore** se note L (comme level) et se mesure en décibel (symbole : dB). Il se mesure avec un sonomètre. Il se

calcule par la formule : $L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$

Avec L : niveau d'intensité sonore en décibel (dB)

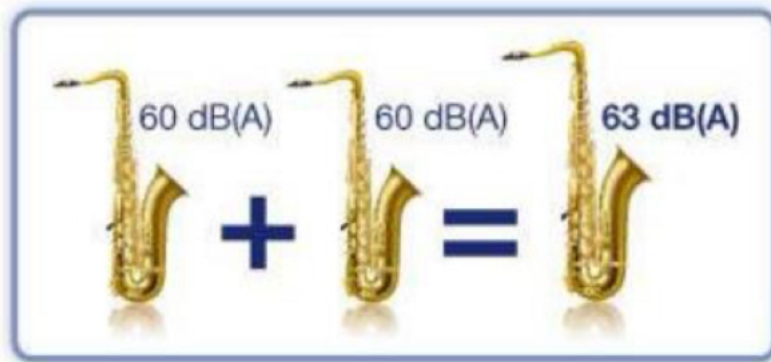
I : Intensité sonore en $W.m^{-2}$

$I_0 = 10^{-12} W.m^{-2}$ (seuil d'audibilité)



Le niveau d'intensité sonore L et l'intensité sonore I ne sont pas proportionnels.

Si une source sonore est **deux fois plus intense** (deux instruments au lieu d'un seul), l'intensité sonore est doublée mais le niveau d'intensité sonore L **perçu augmente seulement de 3 dB**. L'oreille ne perçoit pas un son « deux fois plus fort » mais « un petit peu plus fort ».

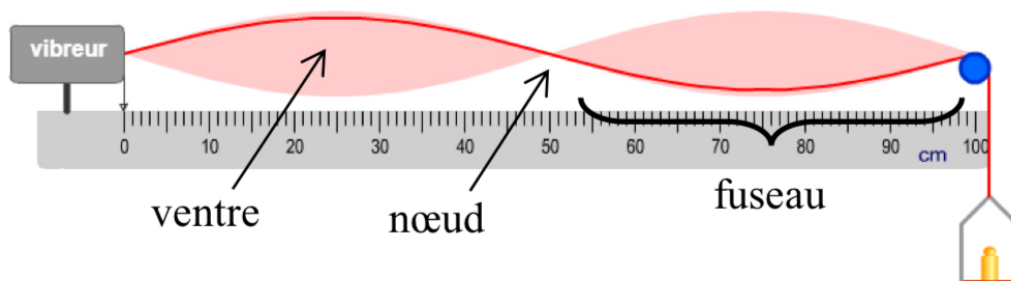


IV) La production d'un son en musique

1) Les instruments à cordes

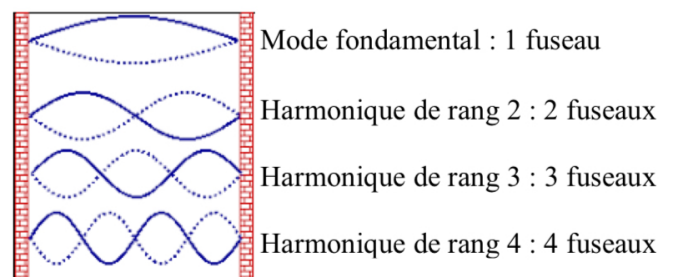
Lorsque l'on pince la corde d'une guitare ou que l'on frappe la corde d'un piano, elle se met à vibrer. **Cette vibration engendre un son complexe.**

Lorsqu'une telle corde vibre dans toute sa longueur, la déformation initiale se propage de l'une à l'autre des extrémités fixes de la corde en donnant naissance à une onde appelée onde stationnaire.



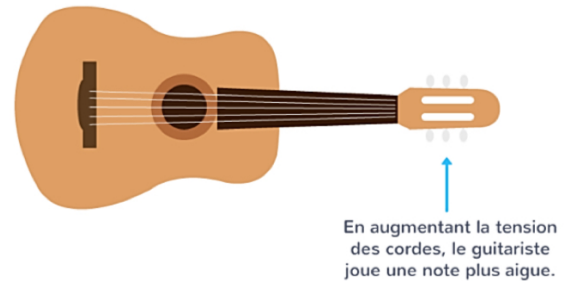
La vibration de la corde peut se décomposer en une somme de vibrations plus simples appelées **modes de vibration**.

- Le premier mode vibre à la fréquence **fondamentale**. Il correspond à une corde ne présentant qu'un seul fuseau.
- Les fréquences des autres modes correspondent aux **harmoniques** du signal sonore. Ils correspondent à une corde présentant plusieurs fuseaux.



A) Influence de la tension de la corde

Le changement de la masse de l'objet suspendu permet de tendre plus ou moins la corde, en changeant sa tension.

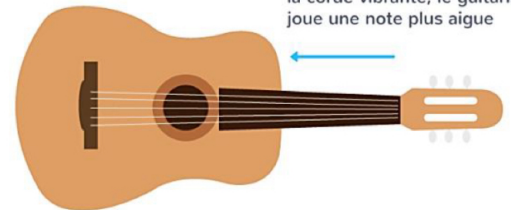


B) Influence de la longueur de la corde

Il est possible de diminuer la longueur de la corde qui vibre en appuyant sur des cases situées entre deux frettes du manche de la guitare.



En diminuant la longueur de la corde vibrante, le guitariste joue une note plus aigue



C) Influence de l'épaisseur de la corde

Il est possible d'augmenter l'épaisseur de la corde qui vibre sur une guitare en changeant de corde. Cela augmente la « masse linéique » de la corde.



D) Formule

La relation pour déterminer la fréquence de la note jouée

sur une corde est : $f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

Avec L la longueur de la corde (en m), T la tension (en N) et μ la masse par unité de longueur (ou masse linéique en kg.m^{-1})

2) Les instruments à vent

Pour les instruments à vent, le son est produit par la vibration de l'air dans le tuyau.

La hauteur de la note jouée dépend de la longueur L du tuyau et de la masse volumique de l'air qui vibre dans l'instrument. Plus la colonne d'air est courte, plus le son est aigue.



Le flûtiste fait varier la longueur de la colonne d'air pour produire des notes différentes