



PRODUCTION D'UN SON

1. Citer des émetteurs sonores.
2. Préciser leurs éventuelles différences.
3. Conclusion : quelles sont les deux fonctions que doit remplir un instrument de musique pour produire un son ?

Une fois émis, le son se propage jusqu'au récepteur sonore (microphone, oreille) ; le principe de propagation de l'onde sonore a été étudié dans la partie "Ondes".

UN RECEPTEUR SONORE : L'OREILLE

- Brancher un haut-parleur aux bornes d'un GBF délivrant un signal sinusoïdal de fréquence 440 Hz, et fixer la valeur de la tension de sortie U, qui ne devra pas être modifiée.
 - Diminuer la fréquence et noter la valeur f_{\min} à partir de laquelle le son n'est plus audible.
 - Augmenter la fréquence et noter la valeur f_{\max} au-delà de laquelle le son n'est plus perceptible.
1. Quel est le domaine des fréquences audibles ?
 2. Cette bande de fréquence est-elle identique pour tout le monde ?
 3. Comment évoluent, à l'oreille, les sons quand on augmente la fréquence ?
 4. La bande de fréquences audibles dépend-elle de la tension appliquée au GBF, c'est-à-dire à l'intensité du son ?
- Fixer à nouveau la fréquence à 440 Hz.
 - Augmenter, puis diminuer la tension délivrée par le GBF.
 - Pour une valeur de la tension U donnée, suivre l'évolution du son quand on s'éloigne du haut-parleur.
5. Conclure sur les résultats de ces dernières expériences.

Niveau et intensité sonore

L'intensité sonore est la puissance acoustique reçue par unité de surface ; elle s'exprime donc en W.m^{-2} . Dans le domaine audible, cette intensité sonore évolue entre $I_0 = 1.10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ (seuil d'audibilité) à 25 W.m^{-2} , c'est-à-dire sur une large étendue. L'utilisation d'une échelle logarithmique permet d'atténuer ces différences : le niveau sonore L (de l'anglais level) est défini par

$$L = 10. \log \frac{I}{I_0} \quad \text{avec } I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}. \quad L \text{ est en décibel (dB)}$$

6. Calculer le niveau sonore correspondant au seuil de douleur.
7. Comment évolue le niveau sonore quand l'intensité sonore est multipliée par 2 ? par 4 ?

LES SONS MUSICAUX

Grandeurs caractéristiques d'un son musical

- Brancher le microphone sur la platine **ORPHY** en reliant une borne à la **REF** et l'autre à l'entrée **EA6**.
- Ouvrir les logiciels **Regressi** puis **win-GTS direct**
- Dans « sélection des voies » , sélectionner **EA6 (voltmètre 0/2V)** « synchronisation » **Aucune** « référence » **Alternatif**
- Dans « choix du mode d'enregistrement »  sélectionner « abscisse » temps, 1 mesure toutes les **104 μs**, durée totale d'enregistrement **20,8 ms**
- **Enregistrer**  le son émis par un diapason.

- **Transférer**  le signal vers **Regressi** avec comme **commentaire** « diapason ».
- Double cliquer sur la variable U6 pour changer le symbole de la grandeur par **s** (comme signal sonore)
- Quelle est l'allure de la courbe s(t) obtenue ?
- Dans le **mode spectre**  sur une période  apparaît le résultat de l'analyse de Fourier du signal sonore ; superposer l'**évolution temporelle** .
- Déterminer, à l'aide du curseur , l'abscisse du pic observé. Que représente cette valeur ?
 1. Le son émis par un diapason est appelé son pur. Qu'est-ce-qu'un son pur ?
 2. Que représente le pic observé dans le mode spectre pour le diapason ?
 3. A quoi est liée l'intensité sonore ?

- Basculer vers WIN-GTS
- **Enregistrer**, avec une intensité sonore suffisante, la note « la »
- Transférer vers **Regressi** comme **nouvelle page** avec pour **commentaire** le prénom de l'expérimentateur suivi de la.
- Faire l'analyse de Fourier du « la ».
 1. Quelle différence fondamentale existe-t-il entre les spectres du diapason et du « la » ?
 2. Déterminer, à l'aide du curseur, les abscisses des pics observés.
 3. Que remarque-t-on ?
 4. Le « la » est-il un son pur ?
 5. L'expérimentateur a-t-il chanter juste ?

- Ouvrir le logiciel **Regavi - Lecture d'un fichier.Wav.**

- Dans l'option **lecture d'un fichier.wav** , ouvrir le fichier « flûte TraversièreLa3.wav » présent dans le dossier de votre classe.
- Sélectionner une partie du signal sonore obtenu à l'aide des curseurs bleu turquoise  (environ 20 ms) et le transférer vers **Regressi** avec comme **commentaire** « flûte traversièreLa3 ».
- Faire l'analyse de Fourier du « la » en superposant l'évolution temporelle.
- Recommencer pour les fichiers « violonLa3.wav » et « »
 1. Quelles différences existe-il entre les différents spectres ?
 2. Qu'est ce qui est identique ?
 3. Expliquer de quoi dépend, selon l'instrument, le timbre d'un son.

Analyse de Fourier

- Dans Regressi, ouvrir un Fichier Nouveau Simulation.
- Créer le signal sinusoïdal s1 d'expression $s_1 = 2 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot t / 0.001)$, de période $T = 0,001$ s, d'amplitude $S_m = 2$ (V). Les variables de contrôle sont celles indiquées ci-dessous.

Paramètres		Variables		Expressions	
Variable de contrôle					
Nom	t	Mini	0	Nbre	256
Unité	s	Maxi	0.01	Δt	.906E-05
Grandeur	$s = 2 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot t / 0.001)$				

ATTENTION : $\pi/2$ et non 90°

- Faire l'analyse de Fourier du signal s1 en superposant l'évolution temporelle. Quelle est la fréquence de ce signal ?
- Créer alors les signaux s2 et s3 tels que $s_2 = 1.5 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot t / 0.0005)$ et $s_3 = \sin(2 \cdot \pi \cdot t / 0.002)$.
- Dans « coordonnées », sélectionner « **superposition type analyseur logique** » et ajouter les trois courbes $s_1 = f(t)$, $s_2 = f(t)$ et $s_3 = f(t)$.
- Faire l'analyse de Fourier de s1, s2 et s3 en sélectionnant ces trois signaux dans l'option ordonnées  et en « **superposition type analyseur logique** », à cocher dans options . Noter la fréquence de chaque signal.
- Créer le signal $S = s_1 + s_2 + s_3$; observer dans le mode graphe, les 4 signaux en mode superposition analyseur logique. Déterminer, à l'aide du curseur données, la période de ce signal ; en déduire sa fréquence.

- En conservant la superposition type analyseur logique et en sélectionnant les 4 signaux, faire l'analyse de Fourier.
- Conclure sur l'intérêt d'une analyse de Fourier.

ETUDE D'UNE GAMME MUSICALE

La gamme étudiée a été jouée à la flûte ; elle s'étend du do 4 au do 5.

- Ouvrir le logiciel **Regressi**, puis le module **Regavi**.

Dans l'option **lecture d'un fichier.wav**, ouvrir le fichier gamme.wav présent dans le dossier de votre classe. Pour chaque note, sélectionner une tranche d'une durée d'environ 20ms et la transférer vers **Regressi**, sur une **nouvelle page**, avec son nom comme **commentaire**.

- Pour chaque note, dans **Regressi**, choisir le mode **Spectre** avec l'option **graphe temporel**.
 1. Préciser ce que représente chaque pic.
 2. Comparer le nombre de pics à l'allure de la courbe. Commenter.
 3. Quel est le pic fondamental ? Pourquoi ?
 4. Que représentent les autres ? Quel lien les unit au fondamental ?
 5. Superposer les pages du do grave et du do aigu, commenter. Quelle serait la fréquence du do 3 ? du do 6 ?
 6. Superposer les pages du do grave et du sol, commenter. Effectuer le même travail avec les pages du do 3et du mi, commenter.
 7. Superposer les pages du do 3, mi, sol et do 4. En quoi un accord do-mi-sol-do peut-il être qualifié de parfait ?

- Dans le mode **Grandeurs**  créer deux **paramètres expérimentaux** : d le degré et f la fréquence fondamentale.

Calculer les degrés des notes de la gamme à partir de 0 sur une octave et saisir les valeurs dans le **tableau paramètres** (une octave compte 12 degrés ou demi-tons ; voir tableau ci-dessous).

Pour chaque note de la gamme, utiliser le **curseur données ou réticule** sur le spectre pour mesurer la fréquence du pic fondamental et saisir les valeurs dans le **tableau paramètres**. Pour des raisons de commodité, dans la barre d'outils, choisir, dans **Fenêtre, mosaïque verticale** afin d'avoir côte à côte le tableau des paramètres (fenêtre Grandeur) et le spectre de Fourier (fenêtre Spectre).

- Dans le mode **Graphe des paramètres**  , le graphe f(d)se trace automatiquement.

Vérifier que les points ne sont alignés que si on prend une échelle logarithmique pour la fréquence (option coordonnées).

Si $\log(f)=a+b*d$ alors $f=10^a*(10^b)^d$, donc **modéliser** avec une fonction de type **f=fo*r^d**.

Vérifier que la raison r est une racine n-ième de 2 avec $n = 1/12$, autrement dit que $f = fo*2^{(d/12)}$.

Ceci signifie que lorsque la note monte d'un 1/2 ton ,la fréquence est multipliée par $2^{(1/12)}$.

Application : Compléter le tableau suivant :

Fréquence (Hz)	Note	Intervalle
	do 4	1 ton
	ré	1 ton
	mi	1/2 ton
	fa	1 ton
	sol	1 ton
	la	1 ton
	si	1/2 ton
	do 5	

Il y a un ton entre le do 4 et le ré, 1 ton entre le ré et le mi, 1/2 ton entre le mi et le fa, ..

- Revenir au module **Regavi** pour saisir la durée la plus grande possible de la gamme, la sauver sous **Regressi** et dans le mode **Spectre**, choisir l'option **sonogramme** en dB. Le sonogramme (ou sonagramme) est un graphe montrant les différentes fréquences apparaissant au cours de la durée du son. Commenter le graphe obtenu. Retrouver les résultats obtenus aux questions 5, 6 et 7.

LEXIQUE

- ✓ La hauteur d'un son est caractérisée par sa fréquence. Elle permet de distinguer un son grave (faible fréquence) d'un son aigu (fréquence élevée).
- ✓ Un spectre sonore faisant apparaître différentes fréquences de valeur f , $2f$, $3f$,... est caractéristique d'un son complexe. La fréquence f est appelée fondamentale, c'est la hauteur du son ; les autres sont appelées harmoniques.
- ✓ Le timbre d'un son complexe dépend de sa composition en harmoniques.
- ✓ L'accord entre deux notes est caractérisé par le rapport de leurs fréquences, appelé intervalle.
- ✓ Deux notes dans le rapport $2/1$ s'accordent toujours bien ; c'est le cas de la première et de la huitième note d'un ensemble quelconque de notes. Cet intervalle est appelé octave.
- ✓ Deux sons sont qualifiés d'harmonieux* si le rapport de leur fréquence est $3/2$.
- ✓ L'intervalle de quinte est un rapport de $3/2$.

* il y a d'autres définitions de sons harmonieux.

EXERCICES

N° 6, 7, 8, 10, 11, 14 p73 et suiv.