TS - Analyse harmonique d’un son

*Objectif*: Utiliser un logiciel de simulation pour comprendre l’analyse harmonique des sons.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| BO : | Ondes sonores et ultrasonores. Analyse spectrale. Hauteur et timbre. | *Réaliser l’analyse spectrale d’un son musical et l’exploiter pour en caractériser la hauteur et le timbre.* |

Au préalable, l’acquisition numérique de quelques notes de musique jouées par différents instruments a été réalisée. Ces signaux ont des évolutions temporelles périodiques sinusoïdales ou non.

1. **Modélisation d’une fonction sinusoïdale**

Il s’agit de construire la modélisation d’une fonction sinusoïdale dont les paramètres influençant la forme sont associés à des curseurs.

* Quelle est l’expression générale d’une fonction sinusoïdale ?

Réalisation technique :

Dans le logiciel GeoGebra, créer deux curseurs :

* + A allant de 0 à 5 par pas de 0,1
  + n allant de 1 à 5 par pas de 0,1

Dans la fenêtre de saisie de la feuille « analyse-harm-vierge.ggb », saisir la fonction :  
u(x) = A\*sin(2n\*x). L’abscisse x modélise l’axe des temps en physique. On utilisera le clavier visuel pour insérer .

Ne pas modifier la configuration des graduations des axes de la façon suivante : X allant de -0,4 à +2,2 et Y allant de -24 à +14 de manière à conserver l’aspect graphique du spectre de Fourier.

Agir sur les curseurs pour observer l’évolution de la représentation graphique u(x).

* Décrire l’évolution de la forme de u(x) avec les variations de A et n.
* En faisant l’analogie avec l’acquisition numérique d’un son pur au cours du temps, quelle grandeur modélise A ?
* Pour quelques valeurs de n, mesurer graphiquement la période T de la fonction u(x).
* Calculer, avec l’aide éventuelle du tableur de Géogébra, la fréquence F du signal.
* En déduire la relation entre n et F.

1. **Somme de fonctions sinusoïdales de fréquences multiples entiers de n.**

Cette partie propose de construire la modélisation d’une somme de fonctions sinusoïdales particulières et de visualiser l’effet de différents paramètres sur sa forme.

Créer de nouveaux curseurs B, C, D, E allant de 0 à 3 par pas de 0,1.

Afficher la représentation graphique de la fonction :  
v(x) = A\*sin(2\*n\*x) + B\*sin(4\*n\*x) + C\*sin(6\*n\*x) + D\*sin(8\*n\*x) + E\*sin(10\*n\*x).

* Quelle est la fréquence de chaque terme sinusoïdal de cette somme ?
* Pour différentes valeurs de A, B, C, D, E et n, comparer à l’aide de la simulation, la période de u(x) et de v(x). En déduire une relation entre leur fréquence.
* À partir de l’observation, énoncer une propriété concernant la fréquence de la fonction somme de fonctions sinusoïdales dont les fréquences sont des multiples entiers d’une même fréquence F.

Inversement, Joseph Fourier a montré que toute fonction périodique de fréquence F pouvait être décomposée en une somme de fonctions sinusoïdales dont les fréquences sont des multiples entiers de F.

Ainsi, tout son complexe (fonction périodique non sinusoïdale de fréquence F) peut se représenter sous la forme d’une somme de sinusoïdes dont les fréquences sont des multiples entiers de F appelée fréquence fondamentale.

* Quelle caractéristique physiologique du son est modifiée lorsqu’on change F ?
* Quelle caractéristique du son est modifiée quand les amplitudes des fonctions sinusoïdales changent ?

1. **Spectre en fréquences**

Le spectre en fréquences est une représentation simplifiée de cette somme de sinusoïdes.

* Sur la zone « spectre en fréquence » figurant sur le graphique, quelles sont les grandeurs portées en abscisses ? en ordonnées ?
* Quelle sont l’amplitude et la fréquence de la fonction u(x) ?
* Comment sera représentée cette fonction dans un spectre en fréquences ?

Mêmes questions pour chaque terme de la somme de sinusoïdes qui composent v(x).

*Construction du spectre en fréquences :*

Placer 5 points sur l’axe des fréquences (ordonnée -20) aux abscisses F, 2F, 3F, 4F, 5F.

Placer 5 autres points aux mêmes abscisses, de sorte que les segments verticaux les reliant deux à deux, mesure respectivement A, B, C, D et E.

Relier par un segment les points de mêmes abscisses. Masquer l’affichage des points de construction des segments.

* Observer simultanément l’évolution de la représentation graphique de v(x) et du spectre en fréquence lors de la modification des curseurs. Proposer deux spectres en fréquences pouvant représenter la même note de musique jouée par des instruments différents.

*Synthèse harmonique :*

* Expliquer comment on peut construire une fonction périodique à partir de son spectre en fréquences.
* À quel dispositif technologique ce procédé peut-il être utile ?