

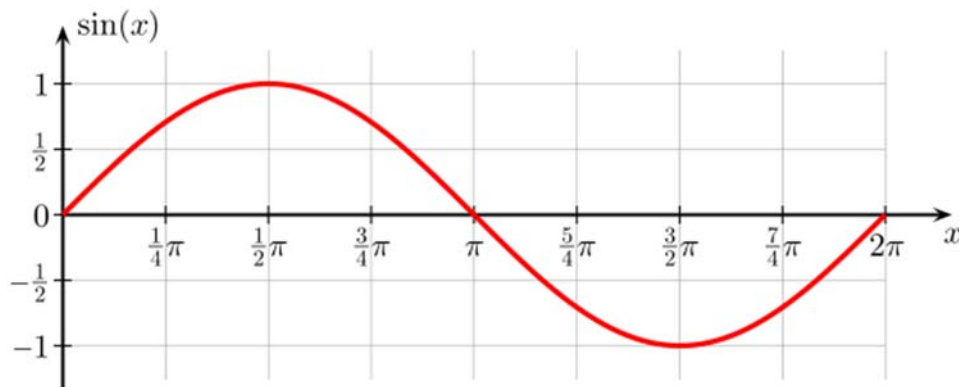
Notion d'onde et signaux

Activité 1 : Spectre d'amplitude d'un signal périodique

Document 1 : Fonction sinus

En analyse, la **fonction sinus** est une fonction de la variable réelle qui, à chaque réel α , associe le sinus de l'angle orienté de mesure α radians. C'est une fonction impaire et périodique.

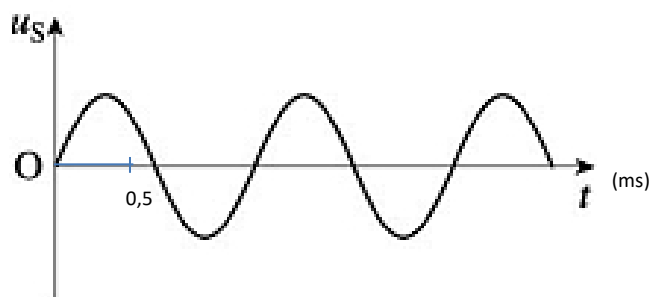
La fonction sinus est utilisée couramment pour modéliser des phénomènes périodiques comme les ondes sonores ou lumineuses ou encore les variations de température au cours de l'année.



Document 2 : Période et fréquence

La période temporelle T d'une onde progressive sinusoïdale correspond à la plus petite pour que chaque point du milieu se retrouve dans le même état vibratoire. Elle s'exprime en

Représenter une période sur le signal, pour déterminer sa valeur compléter le tableau.

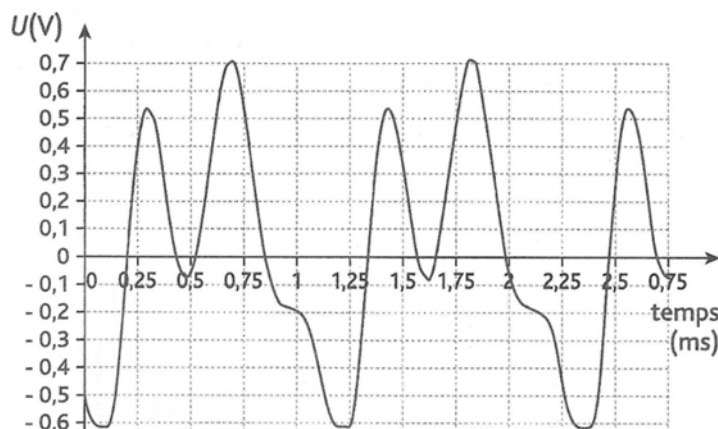


Echelle 0,5 ms		cm
T		cm

et $T =$

La fréquence f d'une onde progressive sinusoïdale correspond au nombre de période T par unité de temps.

- Calculer la fréquence de l'onde ci-contre :
- Calculer la période et la fréquence de l'onde



Définition : le spectre d'un signal est la représentation graphique de l'amplitude de ces composantes sinusoïdales en fonction de leur fréquence.

➤ **Utiliser le simulateur sur le site ostralo.net/ondes/harmoniques**

« En 1822 Joseph Fourier montre que tout signal _____ de fréquence f_1 peut être décomposé en une _____ de signaux sinusoïdaux de fréquence f_n multiples de f_1 : $f_n =$ _____ »

Les signaux sinusoïdaux sont appelés les _____. L'harmonique de rang 1 appelée également _____ possède la même _____ que le signal périodique.

Le spectre d'un signal périodique est la représentation graphique de _____ en fonction de la _____ des différents harmoniques du signal. »

$$s(t) = A_0 + A_1 \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1) + A_2 \sin(2\pi f_2 t + \varphi_2) + \dots + A_n \sin(2\pi f_n t + \varphi_n)$$

Où : A_0 : amplitude de la composante continue (valeur moyenne)

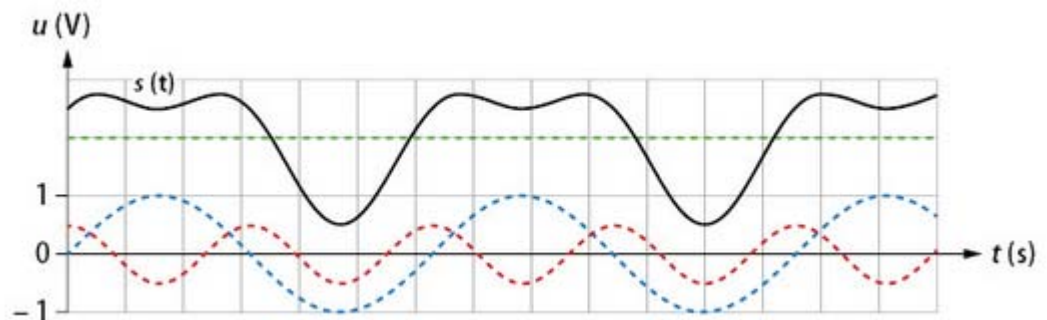
A_1, A_2, \dots, A_n : amplitude du signal sinusoïdal de fréquence f_1, f_2, \dots, f_n

$\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$: phase à $t = 0$ avec une valeur comprise entre $-\pi$ et π .

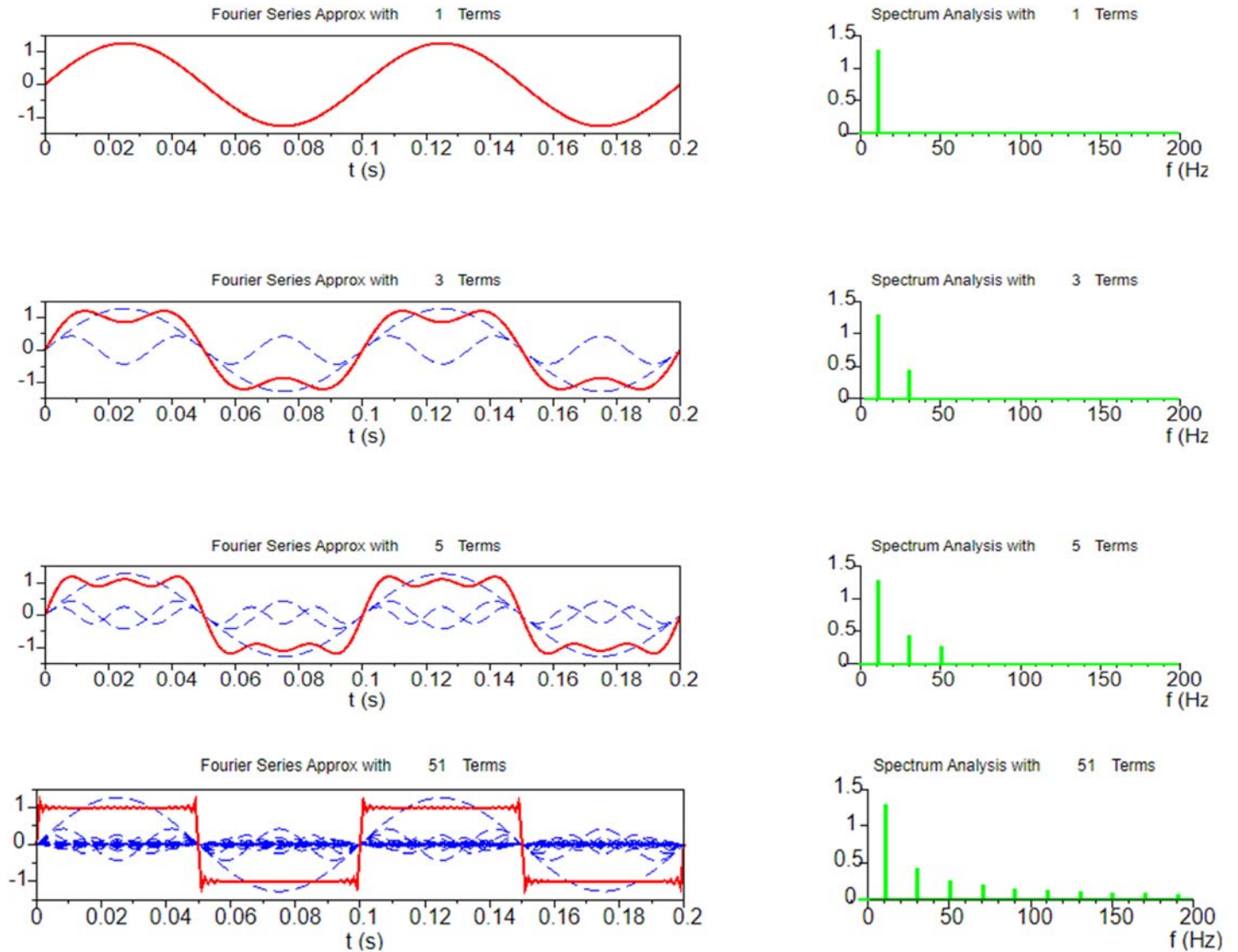
$s(t)$ est décomposé en 3 signaux :

un signal continu, un signal sinusoïdal de fréquence f_1 et un autre signal

$$s(t) = A_0 + A_1 + A_2$$



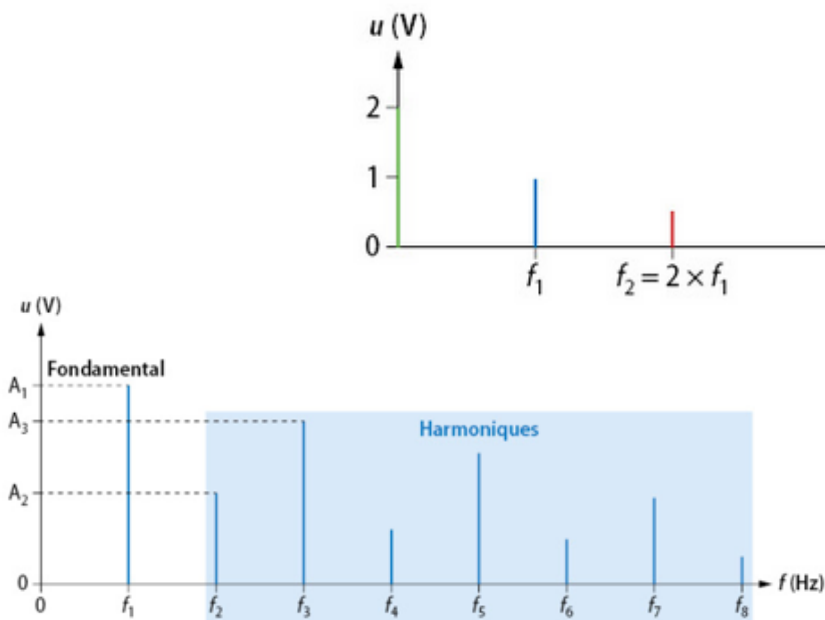
Document 4 : Signaux pur et complexe



Document 5 : Spectre d'amplitude

Le spectre d'amplitude d'un signal périodique permet de déterminer :

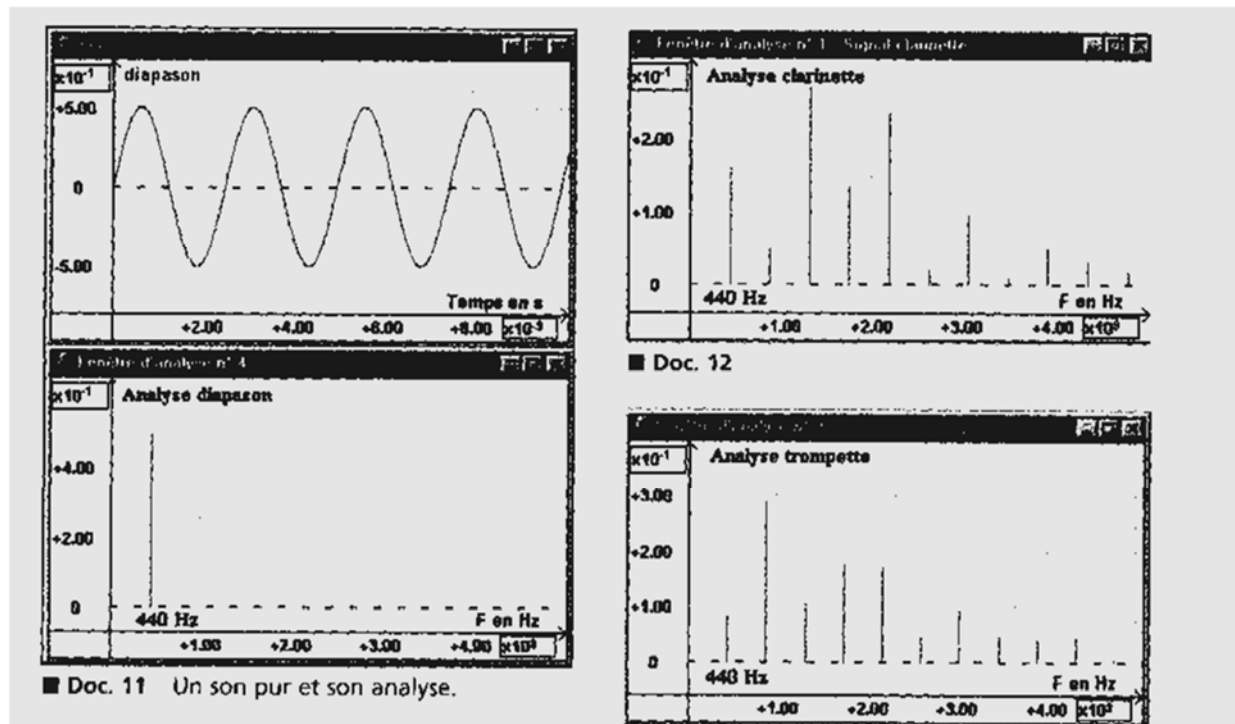
- La valeur absolue de la composante continue (à 0 Hz)
- L'amplitude et la fréquence des signaux sinusoïdaux le composant
- La fréquence du fondamental f_1 correspond à la fréquence la plus petite du spectre en amplitude, différente de 0 Hz



Détermination du rang d'un harmonique :

A partir du spectre d'amplitude il est possible de déterminer la fréquence f_1 du fondamental et f_n des harmoniques.

Application 1 :

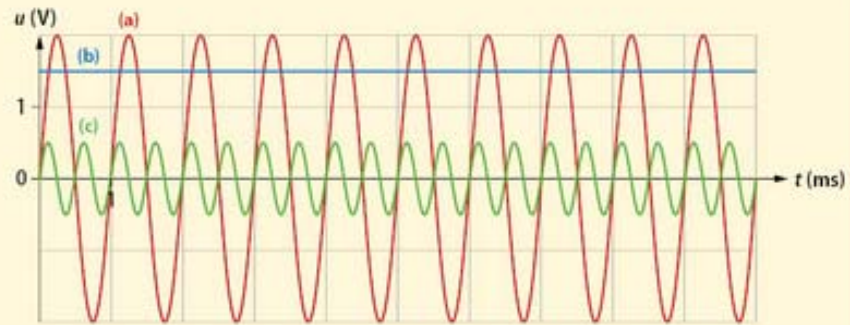


- Quel est le spectre d'amplitude qui correspond au son pur ?
- Quelle est la fréquence des signaux représentés sur les spectres d'amplitude ?
- Est-ce que les signaux sont identiques ?

Application 2 :

■ Mixage de trois signaux

Un signal périodique est produit en mixant les trois signaux (a), (b) et (c) suivants :



1. Donner la valeur de la composante continue (b).

← RÉALISER - Lire l'ordonnée correspondante.

2. Déterminer le plus précisément possible la période T des signaux sinusoïdaux (a) et (c).

← RÉALISER - Pour une meilleure précision, ne pas mesurer une seule période, mais plusieurs.

3. Pour les signaux (a) et (c), donner leurs équations sous la forme $s(t) = A \times \sin(2\pi ft)$.

← S'APPROPRIER - Reconnaître les termes dans cette équation. RÉALISER - Lire l'ordonnée correspondante. Attention aux unités pour effectuer le calcul de f , connaissant T .

4. En déduire la fréquence du fondamental et le rang de l'harmonique du signal obtenu en mixant les signaux (a), (b) et (c).

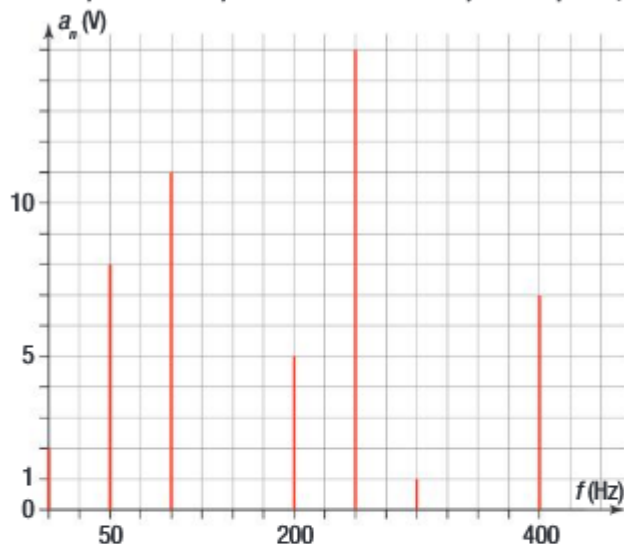
← S'APPROPRIER - Signification des mots « fondamental » et « harmonique ».

5. Tracer le spectre d'amplitude du signal produit en mixant les signaux (a), (b) et (c).

← S'APPROPRIER - Grandeurs utilisées dans un spectre d'amplitude en abscisses et ordonnées. RÉALISER - Utiliser les réponses précédentes pour les regrouper dans le spectre d'amplitude.

Application 3 :

Soit le spectre d'amplitude d'une tension périodique $u(t)$.



a) Quelle est la valeur de la valeur absolue de la composante continue de la tension $u(t)$?

b) Quelle est la fréquence du fondamental ?

c) Quelle est l'amplitude du fondamental ?

d) Quelle est l'amplitude et la fréquence de l'harmonique de rang 6 ?

e) Quelle est l'amplitude de l'harmonique de rang 3 ?

f) Quelle est la fréquence de la tension $u(t)$? En déduire sa période.

Notion d'onde et signaux

Travaux pratique 1 : Spectre d'un son

Document 1 : Matériel à votre disposition

Ordinateur + interface Logger pro
Micro Logger pro
Diapason + marteau
Synthétiseur

Document 2 : Protocole expérimental

- Brancher l'interface et les micros sur *CH1* et *CH2*.
- Ouvrir le logiciel Logger pro.
- Appuyer sur l'icône **Paramètres** et cliquer sur l'onglet synchronisation.
- Régler la durée d'acquisition sur 15 *ms*.
- Disposer un des micros à proximité de la caisse de résonance du diapason.
- Frapper le diapason avec le marteau puis démarrer aussitôt l'acquisition : **Mesure**
- Appuyer sur l'onglet **Analyse** puis **Examiner** pour mesurer le décalage du signal sur le graphique.
- Pour obtenir Analyse spectrale (ou de Fourier) : menu *insérer* choisir graphe supplémentaire puis *FTR*



Spectre d'un son pur

✂ **Réaliser le protocole ci-dessus** (Votre enregistrement doit posséder environ 20 périodes)

1. Reproduire l'allure du signal sonore enregistré.



L'analyse de Fourier donne un spectre du signal analysé.

2. Reproduire l'allure du graphe obtenu en légendant les axes du repère.



3. Déterminer la fréquence du premier pic (appelé le fondamental), conclure

Spectre d'un son complexe

✂ A l'aide du synthétiseur et de Logger Pro déterminer le spectre de la note marquée par une croix rouge, le dessiner



4. Quelle différence il y a-t-il entre le spectre d'un son pur et celui d'un son complexe ?

- Notion de timbre.

Sons produits par des instruments de musique

Un son produit par un instrument de musique est un son complexe. L'analyse spectrale, par transformée de Fourier, permet d'étudier l'importance relative (amplitude) de chaque harmonique de ce son.

Deux instruments de musique différents jouant une même note donnent des sensations auditives différentes : on dit que ces sons ont une même hauteur mais un timbre différent.

5. Indiquer un protocole permettant d'illustrer cette définition

.....

.....

.....

.....

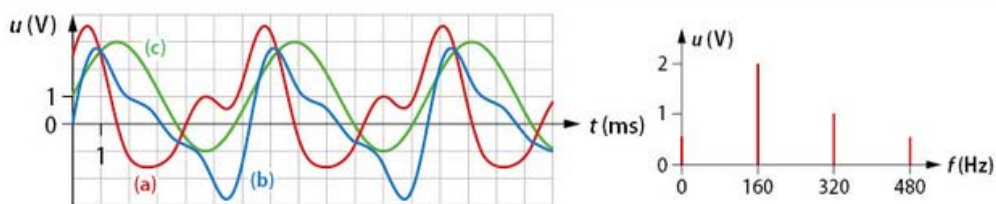
.....

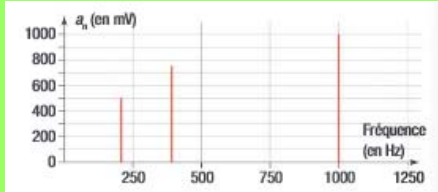
Faire les enregistrements nécessaires et conclure

Exercices

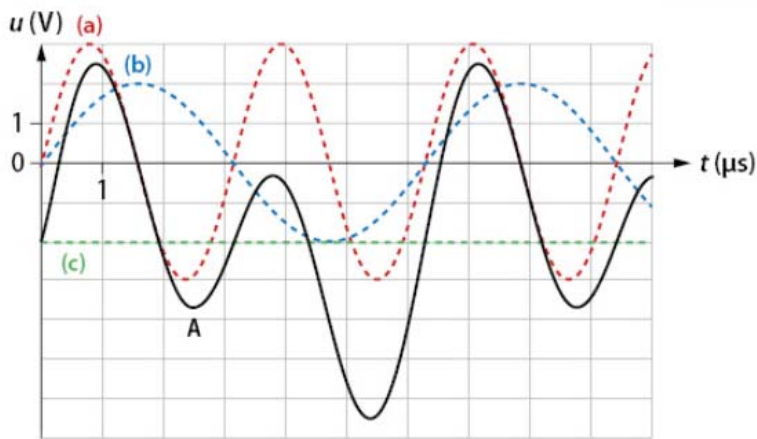
QCM

Voici l'évolution temporelle de trois signaux A, B et C, ainsi que le spectre d'amplitude du signal A.

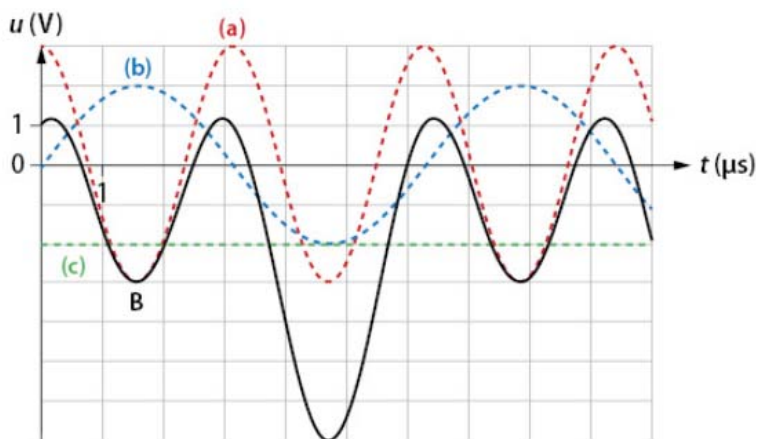


	A	B	C
Parmi les 3 signaux a, b et c ci-dessus, il y en a-t-il un qui n'est pas périodique ?	le signal A	le signal C	aucun des 3
Parmi les 3 signaux a, b et c ci-dessus, il y en a-t-il un qui n'a pas de composante continue ?	<i>le signal A</i>	<i>le signal B</i>	<i>aucun des trois</i>
Que peut-on dire de la période des 3 signaux ?	Ils ont tous une période différente	Ils ont tous la même période	Seuls A et B ont la même période
La fréquence du fondamental du signal A vaut :	0 Hz	160 Hz	320 Hz
La fréquence de l'harmonique de rang 3 est :	160 Hz	320 Hz	480 Hz
Dans la décomposition d'un signal périodique de formule $u(t) = 2 + 1,5 \times \cos(2\pi \times 50 \times t)$, la valeur de la composante continue vaut :	2 V	1,5 V	50 V
Une des harmoniques a pour expression $2 \times \sin(2\pi \times 600 \times t)$. La fréquence du fondamental a pour valeur :	200 Hz	125 Hz	350 Hz
 <p>Ce son est-il pur ?</p>	Oui	Non	On ne sait pas

Exercice 2



▲ Signal A et ses composantes (a), (b) et (c)



▲ Signal B et ses composantes (a), (b) et (c)

- 1.** Donner la valeur absolue de la composante continue (c).
- 2.** Donner les amplitudes des composantes (a) et (b) des signaux A et B.
- 3.** Déterminer, le plus précisément possible, les périodes T des composantes (a) et (b) des signaux A et B.
- 4.** En déduire les fréquences f des composantes (a) et (b) des signaux A et B.
- 5.** Déterminer la phase φ des composantes (a) et (b) des signaux A et B.
- 6.** En déduire les équations mathématiques $s(t)$ des signaux A et B.
- 7.** Donner les spectres d'amplitude des signaux A et B.
- 8.** Quels sont les points communs et différences que vous pouvez constater en comparant les signaux et leurs spectres d'amplitude ?
- 9.** Un spectre d'amplitude caractérise-t-il un seul signal périodique ?

Accorder un instrument

Maths

» Analyser • Réaliser

Afin de vérifier son travail, un accordeur a effectué l'enregistrement d'une note émise par un instrument de musique. Il veut savoir si le son émis est bien un mi.



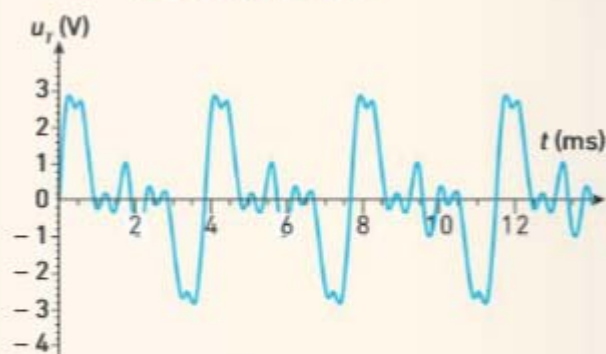
1. Étude de l'enregistrement.

- Le son émis est-il pur ou complexe ?
- Quelle est la hauteur de la note émise ? L'instrument est-il correctement accordé ?

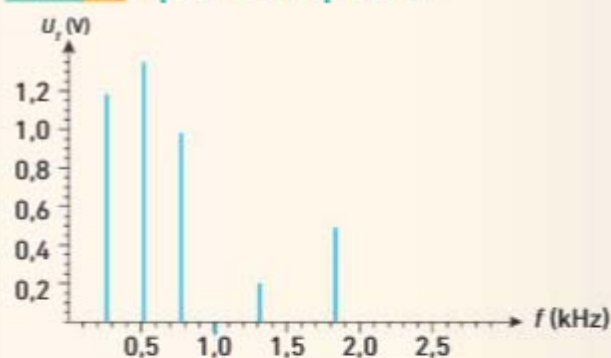
2. Étude du spectre d'amplitude.

- Déterminer, le plus précisément possible, la fréquence et l'amplitude de chaque pic.
- Indiquer la fréquence fondamentale et la fréquence de chaque harmonique en citant son rang.
- L'enregistrement peut-il correspondre au spectre proposé ?

DOC. 1 Enregistrement du son de l'instrument.



DOC. 2 Spectre d'amplitude.



Extrait de la gamme tempérée (octave 3) :

Note	DO	RÉ	MI	FA
Fréquence (Hz)	261,63	293,66	329,63	349,23

Note	SOL	LA	SI
Fréquence (Hz)	392,00	440,00	493,88