EXERCICES D'APPLICATION – LES CORRIGÉS

Exercice 1 :

Indiquer si les affirmations ci-dessous sont vraies ou fausses

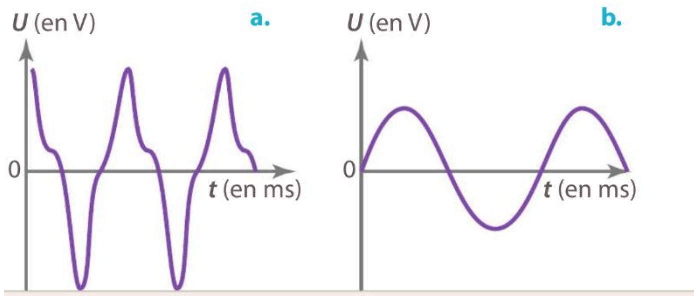
a. Le signal associé à un son pur est périodique.
b. Le signal associé à un son composé est sinusoïdal.
c. Le spectre d'un son permet de déterminer la valeur de sa fréquence fondamentale et de ses harmoniques éventuels.
d. Le spectre d'un son pur ne présente qu'un seul pic.
e. Sur le spectre d'un son composé, on observe plusieurs pics.
f. La fréquence fondamentale est la plus basse valeur lue sur le spectre d'un son.
g. Les fréquences des harmoniques d'un son composé sont des multiples de la fréquence fondamentale.

a- Vrai : un son pur est un son sinusoïdal et une sinusoïde est une fonction périodique
b- Faux : un son composé est périodique mais non sinusoïdal
c- Vrai : le spectre permet de lire les fréquences du fondamental et des harmoniques en abscisses du graphe
d- Vrai : chaque pic représente une sinusoïde. S'il n'y a qu'une sinusoïde (cas du son pur), il n'y a qu'un pic.
e- Vrai
f- Vrai : Attention. Le premier pic du spectre, celui qui a la plus petite fréquence est la fréquence fondamentale, mais ça n'a rien à voir avec l'intensité de ce pic qui se lit en ordonnées.
g- Vrai

Exercice 2 :

Le son a. est un son composé (car périodique mais non sinusoïdal)
Alors que le son b. est un son pur (sinusoïdal)

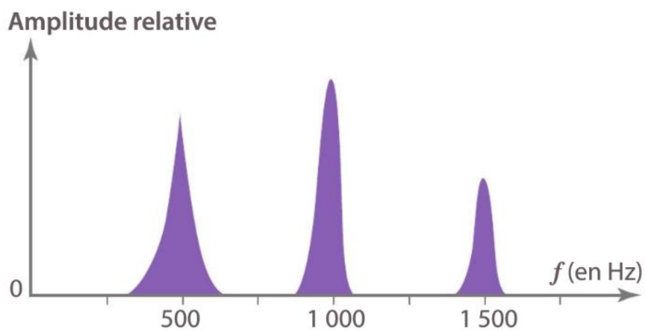
▶ Associer les signaux (a) et (b) ci-dessous à un son pur ou à un son composé.



Exercice 3 :

1. Expliquer pourquoi le spectre ci-dessous correspond à un son composé.

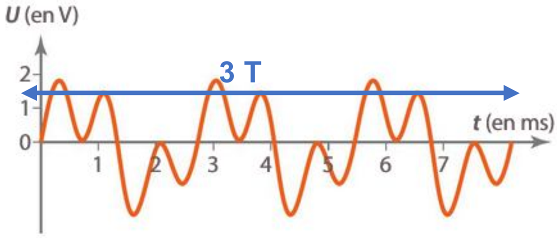
2. Déterminer la valeur de la fréquence fondamentale et de celles des harmoniques.



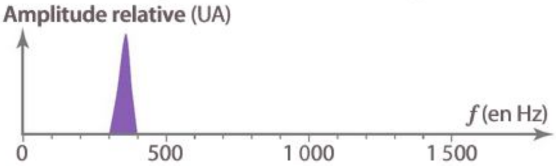
1. Le spectre est celui d'un son composé car il comporte plusieurs pics, les pics 2 et 3 (les harmoniques) ayant des fréquences multiples de la fréquence du premier pic (le fondamental)
2. Fréquence fondamentale f_0 = 500 Hz (c'est la fréquence qu'on entend à l'oreille)
   Fréquences des harmoniques : f_1 = 1000 Hz et f_2 = 1500 Hz

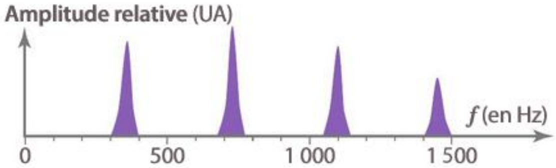
Exercice 4 :

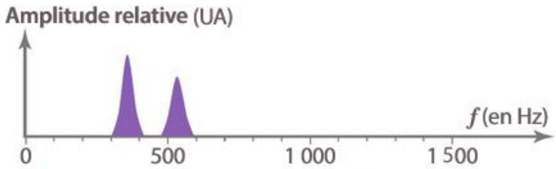
Le son émis par un instrument a été enregistré avec un logiciel d'acquisition.



▶ Parmi les spectres ci-dessous, retrouver celui qui correspond au son enregistré. Justifier votre réponse.







Il faut procéder par élimination.

Le spectre n°1 : ce serait le spectre d'un son pur car il n'a qu'un pic.
Or, le signal temporel fourni n'est pas une sinusoïde, ce n'est pas un son pur. On peut éliminer ce spectre.

Le spectre n°2 peut convenir car il y a une fréquence fondamentale (370 Hz environ) et des harmoniques multiples de la fréquence fondamentale ($f_1 = 2\times f_0 = 2\times370 = 740$ Hz
puis $f_2 = 3\times f_0 = 3\times370 = 1110$ Hz
puis $f_3 = 4\times f_0 = 4\times370 = 1480$ Hz)
Pour être sûr que ce spectre convient, il faut mesurer la fréquence du signal fourni et s'assurer qu'elle vaut f = 370 Hz.

On lit sur le signal 3 T = 8 ms soit T = $\frac{8}{3}$ = 2,67 ms = $2{,}67\times10^{-3}$ s

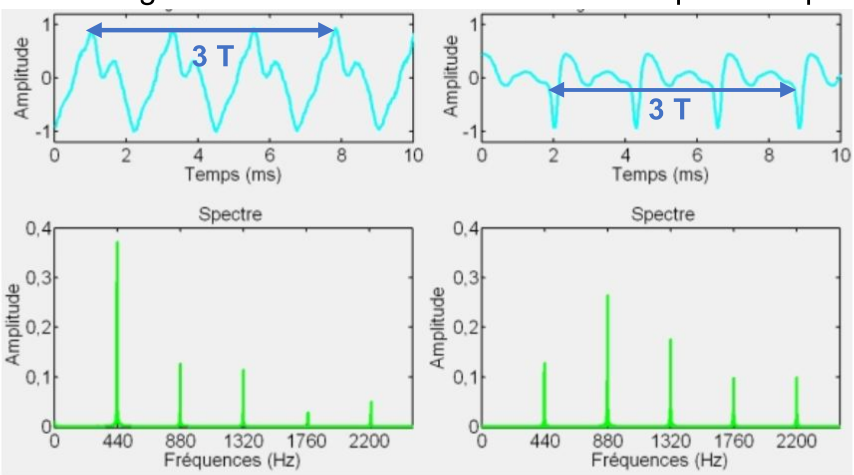
F = $\frac{1}{T} = \frac{1}{2{,}67\times10^{-3}}$ = 374 Hz
C'est cohérent ce spectre peut être le bon.

Le spectre n°3
Il comporte un pic fondamental et 1 pic d'harmonique mais la fréquence de l'harmonique (500 Hz) n'est pas un multiple du fondamental (370 Hz).
Ce spectre n'est pas le spectre d'un son périodique.

Le spectre à garder est le 2ème

Exercice 5 :

On donne ci-dessous l'enregistrement de 2 sons musicaux ainsi que leur spectre de Fourier associé.



1. Montrer que les 2 sons correspondent à la même note jouée :
   a) en vous servant des signaux temporels

A l'aide des signaux temporels, on vérifie que les deux notes ont la même période T et donc la même fréquence f, soit la même note jouée.
Ici des deux côtés on voit qu'on a la même flèche bleue : **3T = 7 ms** environ, soit T = 2,3 ms pour les deux.

   b) en vous servant des spectres de Fourier.

Les deux spectres de Fourier ont le même pic fondamental f_0 = 440 Hz.
Les deux instruments jouent la même note de fréquence 440 Hz.
Remarque c'est cohérent avec la mesure approximative de T précédente T = 2,3 ms = 0,0023 s

soit f = $\frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}0023}$ = 434 Hz

2. Les sons enregistrés peuvent-ils provenir d'un diapason ? Justifier.

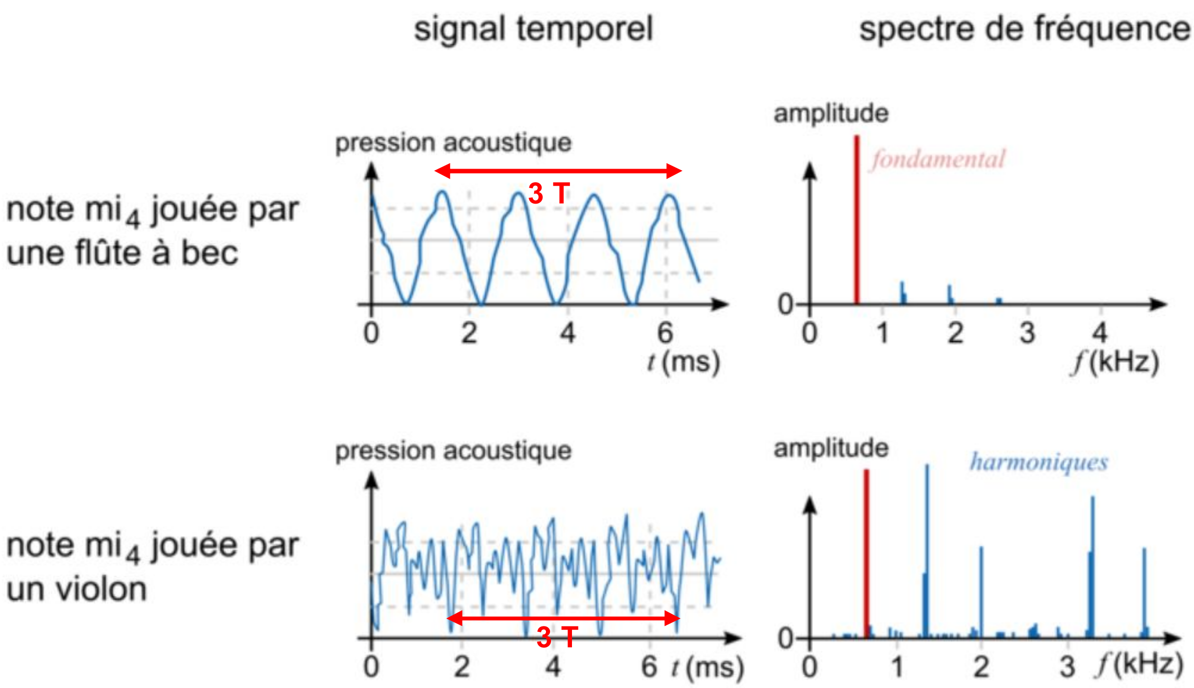
Les sons ne peuvent pas avoir été émis par un diapason car il ne s'agit pas de sons purs : les courbes temporelles ne sont pas des sinusoïdes et les spectres comportent plusieurs pics.

3. Le spectre en fréquence a été tronqué ; quelle fréquence aurait-eu le pic correspondant à l'harmonique 5 ?

L'harmonique suivante, de rang 5, serait l'harmonique de fréquence $f_5 = 6 \times f_0 = 6 \times 440 = 2640$ Hz
Attention, il y a un décalage entre le nombre en indice et le coefficient multiplicatif car la première harmonique f_1 s'obtient en multipliant f_0 par 2

Exercice 6 :

On donne les enregistrements et transformées de Fourier de deux notes identiques jouées avec des instruments différents.



1. Calculer approximativement la fréquence du mi4 à l'aide des signaux temporels.

Avec les signaux temporels, il faut mesurer la durée de plusieurs motifs identiques pour en tirer T, puis calculer f.
Pour être précis, il faut utiliser une règle graduée :
Avec la règle on relève l'échelle : sur l'axe des abscisses pour 3 cm, on a 6 ms.

Échelle : 1 cm correspond à 2 ms

Pour les deux instruments on a : la flèche 3T mesure 2,3 cm, soit 3T = 2,3×2 = 4,6 ms

Donc $T = \frac{4,6}{3}$ = 1,53 ms = $1,53 \times 10^{-3}$ s

Calcul de f = $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,53 \times 10^{-3}}$ = 654 Hz

2. Ce résultat est-il cohérent avec le spectre de chaque son ? Expliquer.

Cette fréquence calculée avec le signal temporel doit être la fréquence du premier pic du spectre du son.
Dans les deux cas, la fréquence du pic fondamental est très imprécise, elle se situe avant 1kHz, soit avant 1000 Hz, ce qui est cohérent avec le calcul précédent. On est proche de 0,7 kHz soit 700 Hz, mais c'est très approximatif.

3. Ce résultat est-il cohérent avec le tableau ci-dessous ? Justifier.

Dans le tableau, on trouve le mi4 à la fréquence f = 659,26 Hz. Nos calculs ont donné 654 Hz sur un graphe tout petit et peu lisible, c'est plutôt pas mal !

Octave Note	0	1	2	3	4	5	6	7
Do	32,70	65,41	130,81	261,63	523,25	1046,50	2093,00	4186,01
Do#	34,65	69,30	138,59	277,18	554,37	1108,73	2217,46	4434,92
Ré	36,71	73,42	146,83	293,66	587,33	1174,66	2349,32	4698,64
Ré#	38,89	77,78	155,56	311,13	622,25	1244,51	2489,02	4978,03
Mi	41,20	82,41	164,81	329,63	659,26	1318,51	2637,02	5274,04
Fa	43,65	87,31	174,61	349,23	698,46	1396,91	2793,83	5587,65
Fa#	46,25	92,50	185,00	369,99	739,99	1479,98	2959,96	5919,91
Sol	49,00	98,00	196,00	392,00	783,99	1567,98	3135,96	6271,93
Sol#	51,91	103,83	207,65	415,30	830,61	1661,22	3322,44	6644,88
La	55,00	110,00	220,00	440,00	880,00	1760,00	3520,00	7040,00
La#	58,27	116,54	233,08	466,16	932,33	1864,66	3729,31	7458,62
Si	61,74	123,47	246,94	493,88	987,77	1975,53	3951,07	7902,13

4. Calculer la fréquence précise du dernier pic représenté dans le spectre de Fourier du son joué par le violon.

Si le violon joue juste, sa fréquence fondamentale est à f_0 = 659,26 Hz
Dans le spectre du violon, on voit les harmoniques 1 et 2. Puis il y a un trou au niveau de l'harmonique 3, et on retrouve ensuite les harmoniques 4 et 5.
Toutes les harmoniques ne sont pas présentes avec tous les instruments de musique.
La fréquence du dernier pic est donc 6 fois la fréquence du fondamental :
$f_5 = 6\times f_0 = 6x\ 659{,}26 = 3955$ Hz soit sur le graphe environ 4 kHz
Attention, il y a un décalage entre le nombre en indice et le coefficient multiplicatif car la première harmonique f_1 s'obtient en multipliant f_0 par 2

5. Le fait d'avoir un spectre de Fourier plus riche pour le son émis par le violon était-il prévisible au vu de son signal temporel ?

Le signal temporel de la flute à bec est assez proche d'une sinusoïde. Il n'est pas étonnant que son spectre soit proche d'un son pur.
Le violon a un signal temporel complexe qui suggère la présence de nombreuses harmoniques.