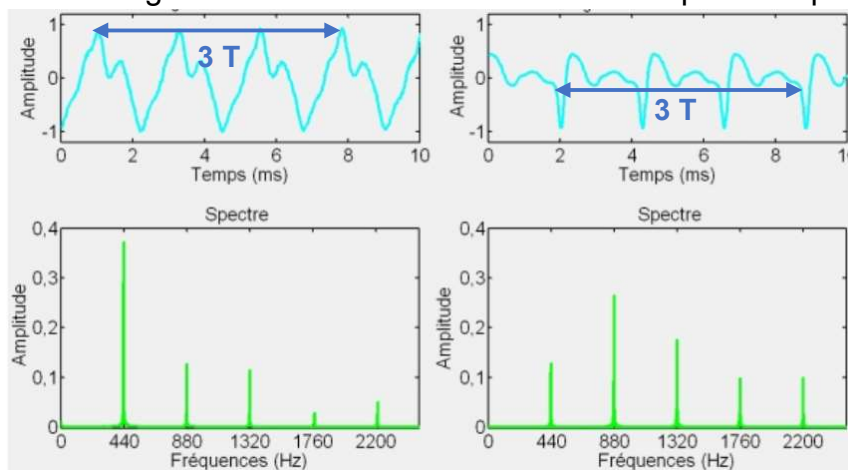


Corrigés des exercices 5 et 6 sur les spectres de sons (corrigés non terminés en classe)

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 : $3T = 7 \text{ ms}$ environ, soit $T = 2,3 \text{ ms}$ pour les deux.

b) en vous servant des spectres de Fourier.

Les deux spectres de Fourier ont le même pic fondamental $f_0 = 440 \text{ Hz}$.

Les deux instruments jouent la même note de fréquence 440 Hz .

Remarque c'est cohérent avec la mesure approximative de T précédente $T = 2,3 \text{ ms} = 0,0023 \text{ s}$

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

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.

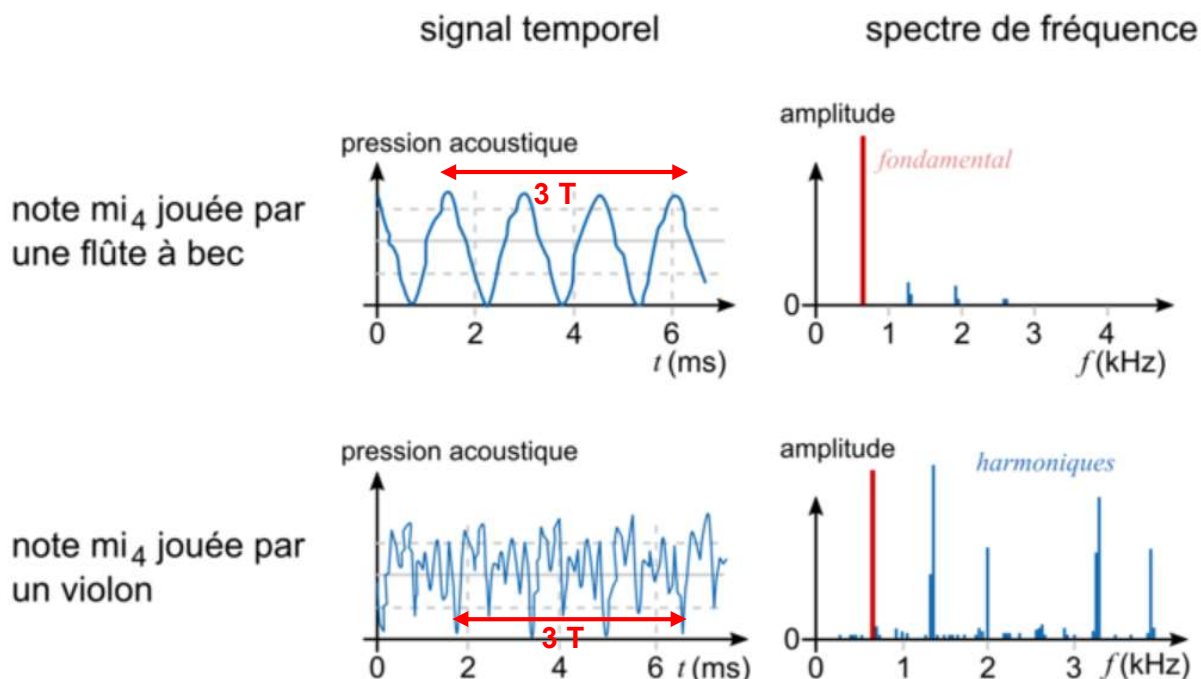
3. Le spectre en fréquence a été tronqué ; quelle fréquence aurait-eu le pic correspondant à l'harmonique 5 ?

L'harmonique suivante, de rang 5, serait l'harmonique de fréquence $f_5 = 6 \times f_0 = 6 \times 440 = 2640 \text{ Hz}$
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

Suite page suivante

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 $3T = 2,3 \times 2 = 4,6$ ms

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

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

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.

Suite page suivante

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 :

$f_5 = 6 \times f_0 = 6 \times 659,26 = 3955$ 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.