

! ? **Problématique** : Les émetteurs piézoélectriques (EP) permettent de produire des sons. Qu'est-ce qu'un son, comment le caractériser ? Les EP sont-ils capables de produire des sons fidèles ?

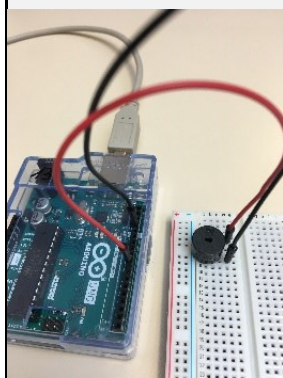
I. LES SONS : DES SIGNAUX PÉRIODIQUES

Pour produire des sons, il est possible d'employer un microcontrôleur connecté à un EP. Un programme informatique permet de commander le microcontrôleur pour choisir les sons produits. Ils sont ensuite enregistrés à l'aide d'un microphone et du logiciel de traitement du son Audacity® disponible sur l'ordinateur.

Sons et bruits

Les sons et les bruits peuvent être enregistrés à l'aide de microphones pour être étudiés. Un son, à la différence d'un bruit, est caractérisé par un *signal périodique*, c'est-à-dire qui se répète à l'identique et à intervalle de temps régulier. Cet intervalle est appelé *la période* du signal. La *fréquence* désigne quant à elle le nombre de répétitions du motif par unité de temps.

Microcontrôleur et EP



Un EP est branché par son pôle (+) à la fiche a5 de la platine de connexion, et par son autre pôle à la fiche a8. Un fil électrique relie la fiche d5 de la platine à la borne n° 8 du microcontrôleur, un second fil branché en d8 est relié à la borne GND du microcontrôleur. Le câble USB assure l'alimentation et la communication avec l'ordinateur.

Programme gamme_do_3.ino

```





1 //Programme qui fait jouer la gamme du Do3 par un EP branché sur le pin 8.
2
3 int ep = 8; // associe la variable « ep » au chiffre 8
4
5 void setup() { // fonction qui initialise le programme
6     pinMode(ep, OUTPUT); // déclare le EP en sortie n°8
6 } // fin de la fonction d'initialisation
7
8 void loop() { // fonction qui liste les instructions à exécuter en boucle
9     delay(2000); // pause de 2 000 millisecondes
10    tone(ep, 262, 500); // jouer un son de fréquence f = 262 Hz durant 500 ms (Do)
11    delay(1000); // pause de 1 000 ms
12    tone(ep, 293, 500); //
13    delay(1000); // pause de 1 000 ms
14    tone(ep, 330, 500); // jouer un son de fréquence f = 330 Hz durant 500 ms (Mi)
15    delay(1000); // pause de 1 000 ms
16    tone(ep, 349, 500); // jouer un son de fréquence f = 349 Hz durant 500 ms (Fa)
17    delay(1000); // pause de 1 000 ms
18    tone(ep, 392, 500); // jouer un son de fréquence f = 392 Hz durant 500 ms (Sol)
19    delay(1000); // pause de 1 000 ms
20    tone(ep, 440, 500); // jouer un son de fréquence f = 440 Hz durant 500 ms (La)
21    delay(1000); // pause de 1 000 ms
22    tone(ep, 494, 500); // jouer un son de fréquence f = 494 Hz durant 500 ms (Si)
23    delay(1000); // pause de 1 000 ms
24 // jouer un son de fréquence f = 523 Hz durant 500 ms (Do)
25 // pause de 1 000 ms
26 } // fin de la fonction de boucle

```



1. Rédiger dans le code informatique le commentaire manquant de la ligne n° 12.
2. Rédiger dans le code les instructions manquantes des lignes n° 24 et 25. **APPEL** 🙌.

Protocole

- Préparer un microcontrôleur et un EP comme présenté ;
- Connecter le microcontrôleur à l'ordinateur, ouvrir et compléter le fichier « gamme_do_3.ino » dans le logiciel Arduino de l'ordinateur ;
- Choisir le port puis téléverser le programme dans le microcontrôleur à l'aide du bouton suivant du logiciel :  ;
- Ouvrir le logiciel Audacity® de l'ordinateur puis réaliser un enregistrement de la séquence sonore produite par l'EP à l'aide des boutons  et  en plaçant le microphone près de l'EP. Débrancher ensuite le microcontrôleur ;
- Identifier la portion de la séquence sonore correspondant à la deuxième note, sélectionner avec la souris un extrait de la note puis zoomer sur la sélection à l'aide du bouton  (loupe +) jusqu'à voir apparaître distinctement la représentation temporelle du signal de cette note.

3. Mettre en œuvre le protocole.
4. À l'aide d'une phrase construite selon le modèle « plus ..., plus ... », relier la fréquence d'un son à son caractère grave ou aigu.
5. Indiquer si le signal observé est périodique. Justifier.

II. PÉRIODE ET FRÉQUENCE D'UN SIGNAL PÉRIODIQUE

1. À l'aide de la souris, sélectionner avec précision une portion du signal dans laquelle le motif du signal se répète dix fois (voir exemple ci-dessous).

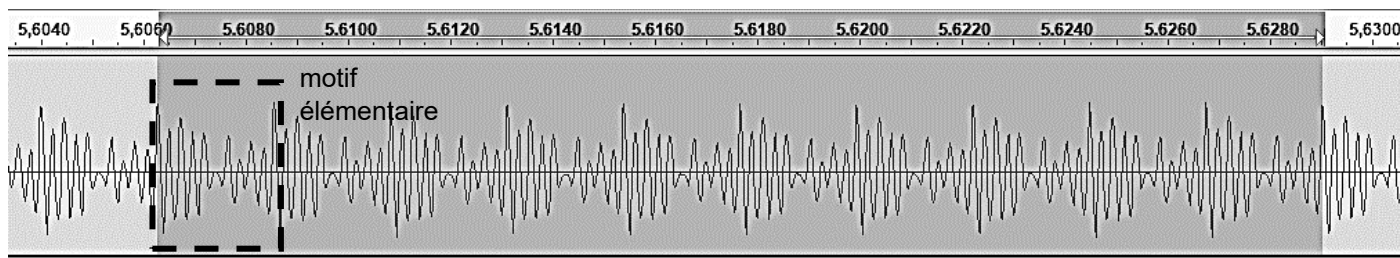


Figure 1. Exemple de sélection dans laquelle le motif se répète dix fois.

2. En bas de la fenêtre du logiciel, mesurer la durée en millisecondes de l'échantillon sélectionné (voir exemple ci-dessous).

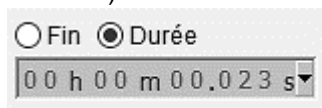


Figure 2. Exemple de mesure de durée de la sélection, ici 23 ms.

3. Compléter la troisième ligne « Période T mesurée en ms » du tableau suivant :

Note n°	1	2	3	4	5	6	7	8
Fréquence programmée en Hz	262	293	330	349	392	440	494	523
Période T mesurée en ms	3,8		3,0	2,9			2,0	1,9
Fréquence calculée en Hz								



4. La fréquence d'un signal périodique se calcule comme l'inverse de sa période : $f = \frac{1}{T}$. Le résultat obtenu s'exprime en Hertz à condition que la période soit exprimée en secondes. Compléter la dernière ligne du tableau précédent.
5. Vérifier qu'avec une tolérance maximale de 5 %, le microcontrôleur produit un son fidèle à l'instruction du programme. **APPEL** 🙌.

TP Le son des piézos – Éléments de correction

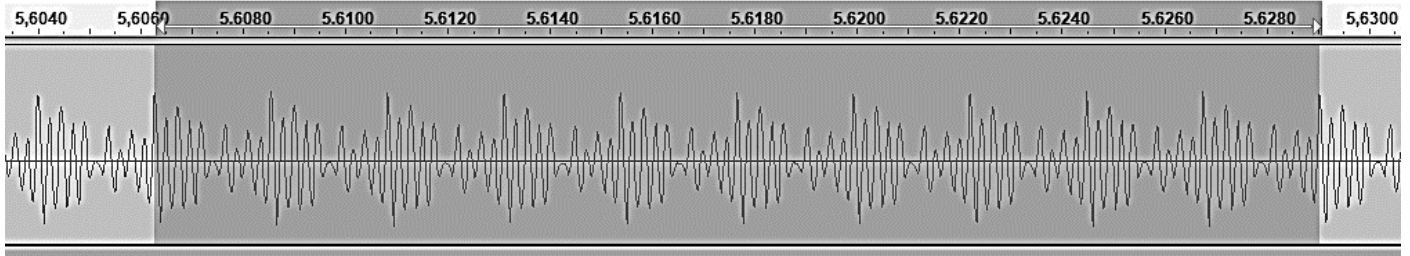
I.1. jouer un son de fréquence $f = 293 \text{ Hz}$ durant 500 ms (Ré)

I.2.

```
tone(ep, 523, 500);
delay(1000);
```

I.4. Plus la fréquence est importante, plus la note est aiguë.

I.5. Le signal obtenu est bien composé d'un motif élémentaire qui se répète à intervalle de temps régulier. Il s'agit bien d'un signal périodique.



II.3, 4 et 5

Pour la note n° 2, dix motifs durent 34 ms donc un motif dure $3,4 \text{ ms}$, ce qui revient à dire que la période du signal est égale à $3,4 \text{ ms}$.

Calcul de la fréquence de la note n°2 : $f_2 = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{3,4 \text{ ms}} = \frac{1}{3,4 \times 10^{-3} \text{ s}} = 294 \text{ Hz}$.

En procédant de la même manière pour toutes les notes, le tableau est complété comme suit :

Note n°	1	2	3	4	5	6	7	8
Fréquence programmée en Hz	262	293	330	349	392	440	494	523
Période T mesurée en ms	3,8	3,4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,0	1,9
Fréquence calculée en Hz	263	294	333	344	384	435	500	523
Écart relatif en %	0,3	0,3	0,9	1,4	2,0	1,1	1,2	0,5

Pour calculer l'écart en % entre la fréquence de la note commandée et la fréquence de la note produite, on réalise les calculs suivants :

$$\frac{\text{fréquence mesurée} - \text{fréquence commandée}}{\text{fréquence commandée}} \times 100$$

Tous les écarts sont inférieurs à la tolérance de 5% , on peut conclure que le buzzer produit des sons fidèles aux instructions du programme dans la gamme de fréquences étudiées.