

Un piano miniature... et numérique

Fiche à destination des enseignants

Durée prévue : 1h30

Notions et contenus du programme de seconde :

Résistances et systèmes à comportement de type ohmique. Loi d'Ohm. Loi des mailles.

Signal sonore périodique, fréquence. Perception du son : lien entre fréquence et hauteur.

Notions et contenus du programme d'enseignement scientifique pouvant être évoqués :

Intervalle entre deux sons, rapport de fréquences fondamentales, gamme, octave.

Capacités visées :

- Utiliser un dispositif avec microcontrôleur et capteur.
- Mesurer une tension.

Le savoir-faire "Construire la gamme tempérée à 12 notes" du programme de l'Enseignement Scientifique peut être également travaillé, en adaptant éventuellement les documents et les tâches proposées.

Capacités requises et exploitées :

- Exploiter la loi des mailles dans un circuit électrique comportant au plus deux mailles.
- Utiliser la loi d'Ohm.
- Mesurer une tension.

Le **matériel nécessaire** est précisé sur la fiche élève.

Commentaires, adaptations possibles

Cette activité peut aussi bien être traitée en classe de seconde (physique-chimie) qu'en classe de première (enseignement scientifique) à condition de l'adapter selon le contexte choisi.

Les consignes de la fiche élève sont données à titre indicatif, tout comme les documents proposés.

Au regard du nombre de composants et de fils à câbler il est sans doute préférable de proposer des montages déjà câblés (au moins en partie) aux élèves. Si les élèves commencent à être familiers avec les microcontrôleurs, on peut leur demander de compléter le montage et le code pour pouvoir choisir l'octave à laquelle le clavier va jouer, par branchement d'un fil, en utilisant à nouveau un diviseur de tension à trois conducteurs ohmiques (voir adaptation du code en fin de document).

Au lieu de demander la réalisation du montage, on peut inviter les élèves à faire le schéma à partir de la représentation du câblage (arduino + breadboard, proposé ci-dessous), ou de commenter le code fourni.

Le montage permet de jouer 14 notes (les 12 de la gamme chromatique + 2), mais on ne pourra jouer qu'une seule note à la fois. Le fil mobile qui permet de choisir la note est relié à la masse. Ceci permet d'éviter toute fluctuation générée par un fil relié à une entrée analogique qui serait "en l'air". La tension mesurée (entre analogique A0 dans l'exemple proposé ci-dessous) est la tension aux bornes de n conducteurs ohmiques en série, parmi les 17 soumis à une tension de 5V.

Il est souhaitable de réinvestir les notions et lois de l'électricité vue en seconde pour comprendre le principe de fonctionnement de montage.

Le potentiomètre permet d'ajuster la tension aux bornes du buzzer et donc l'intensité sonore. Une diode de contrôle peut être ajoutée : elle permet de tester le dispositif sans émission de son puisqu'elle est soumise à la tension d'alimentation du buzzer. Le dispositif permettant d'assurer le contact en chaque point du pont diviseur peut également être adapté (une barrette de connecteur est ici dans le dispositif photographié ci-dessous).

Les sons émis ne sont évidemment pas très harmonieux : c'est bien un signal numérique et non analogique qui est générée, à la fréquence demandée, par le microcontrôleur et envoyée au buzzer. C'est ce dernier qui se charge de la conversion numérique-analogique. Il n'est pas aisé avec Arduino de produire des signaux analogiques dépendant du temps.

Exemple de branchement (conforme au code fourni page suivante) :

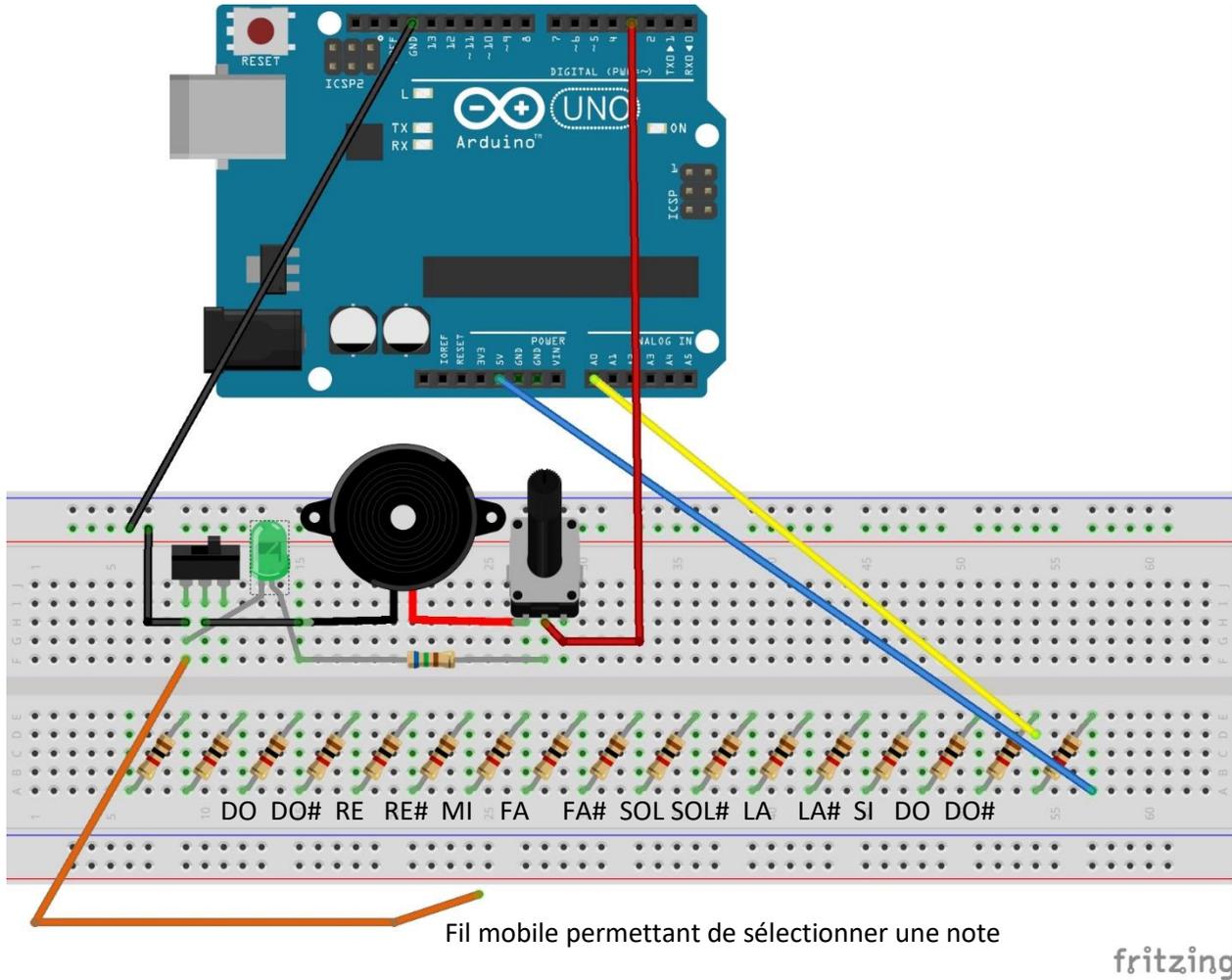
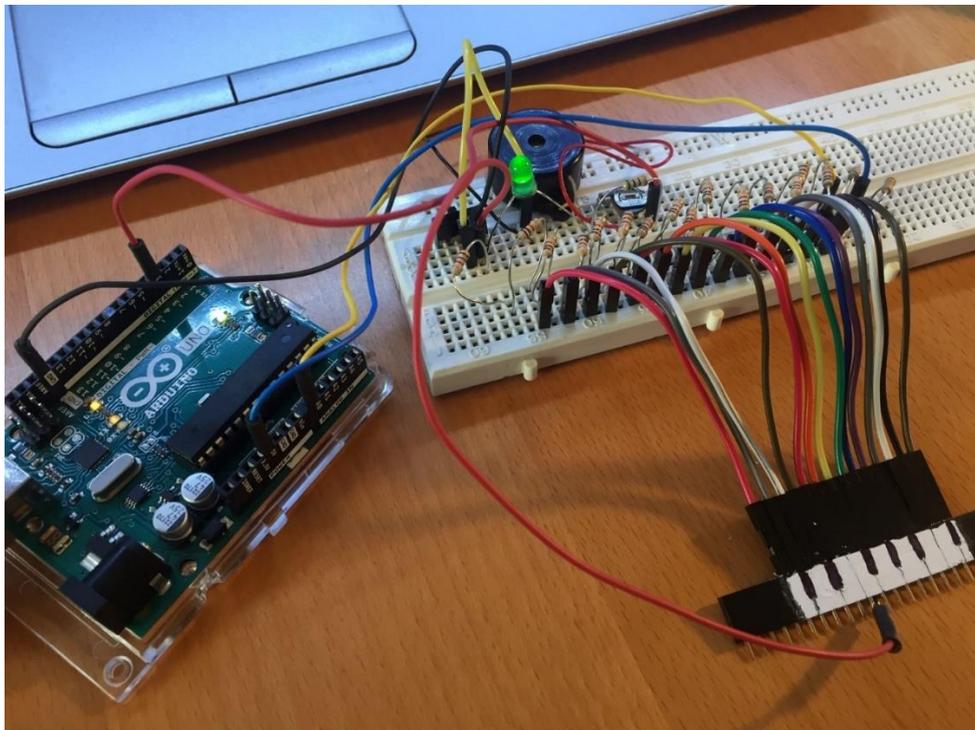


Photo d'un exemple de montage réalisé :



Programme Arduino (avec commentaires)

```

piano3 | Arduino 1.8.5
Fichier Édition Croquis Outils Aide

piano3 $
float DO2 = 130.8 ;
float DO3 = 261.6 ;
float DO4 = 523.3 ;
float DO5 = 1046 ;
float n = 1 ;
int rang = -1 ; // le rang dans la gamme, le rang 0 étant le DO de la fréquence de base
float frequence ;
float frequencebase = DO5 ; //
float a = 1.059463094 ; // a est la racine douzième de 2, raison de la suite géométrique
void setup(){
  //ne pas oublier d'alimenter le diviseur de tension avec la sortie 5V
  pinMode(3,OUTPUT); //alimente le buzzer
  Serial.begin(9600) ;
}
void loop(){
  delay(50);
  n = float((float(1024))/float(float(1024)-analogRead(A0)));
  //n est le numéro d'étage compris entre 0 et 16 tel que A0=(n-1)1024/n
  rang=int(15-n+0.2) ; // l'ajout de 0.2 permet d'être sûr de la valeur entière (arrondi par défaut)
  Serial.println(rang) ;
  if (rang != -2 && rang != -1)
  {
    frequence = (frequencebase*pow(a,float(rang))); //on calcule la bonne fréquence
    tone (3,frequence); //on joue la note
  }
  else |
  {noTone(3);}
}
    
```

Code :

```

float DO2 = 130.8 ;
float DO3 = 261.6 ;
float DO4 = 523.3 ;
float DO5 = 1046 ;
float n = 1 ;
int rang = -1 ;
float frequence ;
float frequencebase = DO5 ;
float a = 1.059463094 ;
void setup(){
  pinMode(3,OUTPUT);
  Serial.begin(9600) ;
}
void loop(){
  delay(50);
  n = float((float(1024))/float(float(1024)-analogRead(A0)));
  //n est le numéro d'étage compris entre 0 et 16 tel que A0=(n-1)1024/n
  rang=int(15-n+0.2) ; // l'ajout de 0.2 permet d'être sûr de la valeur entière (arrondi par défaut)
  if (rang != -2 && rang != -1)
  { frequence = (frequencebase*pow(a,float(rang)));
    tone (3,frequence); //on joue la note }
  else
  {noTone(3);}
}
    
```

Code à ajouter éventuellement pour le choix d'octave :

```

int octave = 3 ;

octave = map(analogRead(A2),0,1023,3,5);
switch (octave) {
  case 3: frequencebase = DO3;
    break;
  case 4: frequencebase = DO4;
    break;
  case 5: frequencebase = DO5;
    break;
  default: frequencebase = DO3;
}
    
```

Un piano miniature... et numérique

Fiche à destination des élèves

Dans cette activité, vous allez reproduire à l'aide d'un microcontrôleur les touches d'un piano sur une octave et jouer les notes correspondantes par contact électrique.

Vous disposez pour ceci des documents ci-dessous, du montage quasiment entièrement réalisé et du programme permettant de donner les instructions au microcontrôleur.

Les questions qui suivent les documents permettent d'aider la réalisation de la tâche.

Document ① : La gamme tempérée

En musique, la gamme tempérée est la suite de notes souvent connues par la liste DO-RÉ-MI-FA-SOL-LA-SI-DO. Elle comporte en fait douze notes car une octave (d'un DO au DO plus aigu suivant) est découpée en 12 intervalles pour obtenir ce qu'on appelle les tempéraments par division multiple : il faut tenir compte des dièses et des bémols.

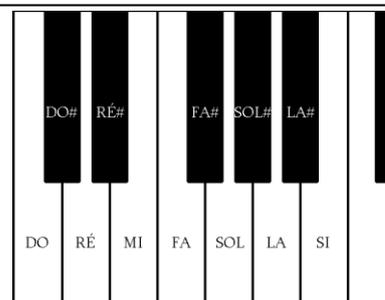
Les théoriciens ont recherché, dans la tradition pythagoricienne, les rapports exacts entre les fréquences des notes. Le rapport d'octave étant égal à 2 (ce qui signifie que la fréquence du DO3 est deux fois plus grande que la fréquence du DO2) et contenant douze intervalles égaux (12 demi-tons) en progression géométrique, soit $2 = r^{12}$, il faut multiplier 12 fois la fréquence du DO2 par r pour obtenir le DO3. On passe d'une fréquence d'une note à la fréquence du demi-ton suivant en multipliant par r , qui vaut environ 1,059. Le tableau ci-contre fournit les fréquences en hertz (Hz) des notes pour la troisième octave.

Note	Gamme tempérée
do	261,63
do#	277,18
ré	293,66
mi♭	311,13
mi	329,63
fa	349,23
fa#	369,99
sol	392,00
sol#	415,30
la	440,00
si♭	466,16
si	493,88
do	523,25

d'après Wikipédia

Document ② : les touches d'un piano

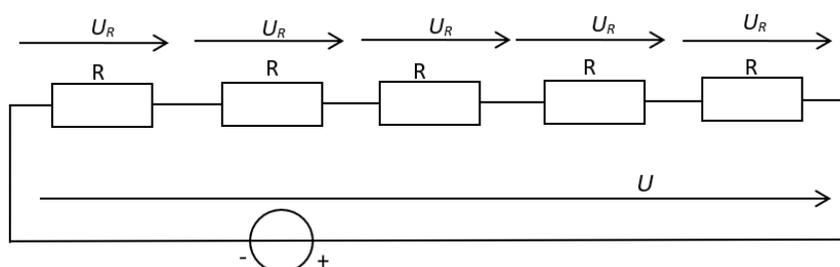
Un clavier de piano présente des touches blanches et des touches noires. Les touches noires correspondent aux notes "dièse". Les notes MI et FA ainsi que les notes SI et DO ne sont séparées que d'un demi-ton : c'est la raison pour laquelle, sur une octave, il n'y a pas de touche noire entre les touches correspondant à ces notes.



Document ③ : le diviseur de tension

Lorsque N conducteurs ohmiques identiques sont en série et qu'on impose une tension U aux bornes de l'ensemble, la tension aux bornes d'un des conducteurs ohmiques est une fraction de la tension totale. Cette tension est la même pour chaque conducteur ohmique et est exprimée par $U_R = \frac{U}{N}$.

On a donc divisé la tension du générateur par N : c'est la raison pour laquelle on parle de *diviseur de tension*.



Questions

- 1) Montrer par un calcul que si la note DO a une fréquence qui vaut 261,3 Hz, alors la note Ré correspond bien à la fréquence indiquée dans le document ①.
- 2) En utilisant les lois de l'électricité, montrer la relation donnée dans le document ③.

Pour aller plus loin...

Montrer que si on met le fil mobile, relié à la masse après le 4^e conducteur ohmique (en partant du fil relié à la borne 5V), alors la tension mesurée sur l'entrée analogique A0 est $\frac{4 \times U}{5}$ (il est conseillé de faire un schéma ou de compléter le schéma du document ③).

Travail à effectuer

- Copier le programme fourni dans le logiciel Arduino.
- Ajouter des commentaires dans ce programme pour indiquer la fonction des instructions qui ne sont pas commentées.
- Téléverser le programme.
- Vérifier que vous pouvez jouer une note.
- Ajuster la résistance variable de façon à ajuster l'intensité sonore.
- En vous aidant du document ①, réaliser le branchement pour jouer la suite de note DO-RÉ-MI-FA-SOL-LA-SI-DO.
- En utilisant le contrôleur série (Ctrl+Maj+M) et en modifiant le programme, à l'aide de la commande Serial.println(), faire afficher la fréquence de la note jouée en temps réel.

Pour aller plus loin...

En utilisant un autre diviseur de tension à trois conducteurs ohmiques, proposer une amélioration au montage et au programme pour choisir facilement l'octave de la gamme par déplacement d'un fil (trois positions possibles, une par octave).

Matériel nécessaire

- ✓ Un buzzer
- ✓ Un potentiomètre 100 kΩ ou 10 kΩ
- ✓ Une DEL
- ✓ Une résistance de protection de la DEL (220 Ω par exemple)
- ✓ 17 conducteurs ohmiques de résistance R = 1 kΩ
- ✓ Un interrupteur (ou switch double)
- ✓ Un connecteur (20 points male/femelle par exemple)
- ✓ Quelques fils
- ✓ Une carte Arduino® UNO
- ✓ Un breadboard

En option, pour contrôler l'octave :

- ✓ 3 conducteurs ohmiques identiques supplémentaires