

## Arduino et ondes sonores

Comme une corde de guitare qui vibre et qui transmet sa vibration à l'air, pour produire un son avec un Arduino, il faut utiliser un matériel qui peut vibrer sur commande !

Pour cela on utilise un petit haut-parleur ou un buzzer (transducteur) piézo-électrique (communément appelé "piezo") connecté sur une des sorties de l'Arduino.

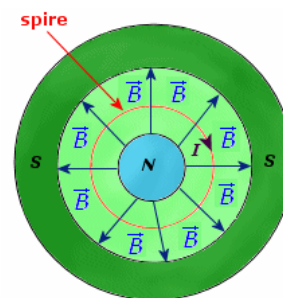
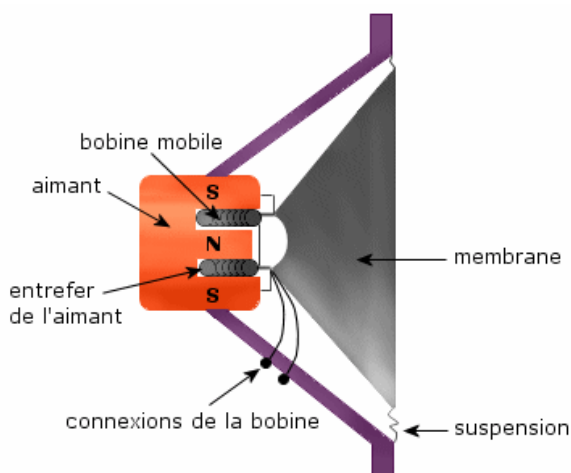
- Principe de fonctionnement du haut-parleur :



Le haut-parleur est constitué principalement :

- d'un **aimant** circulaire ;
- d'une **bobine circulaire** mobile placée autour d'un des pôles de l'aimant ;
- d'une **membrane** reliée à la bobine ;
- d'un **support** qui contient l'aimant, la bobine et la membrane.

Les fils de la bobine sont connectés à la sortie du haut-parleur.



Le champ magnétique créé par l'aimant est perpendiculaire en tout point au courant qui circule dans chacune des spires.

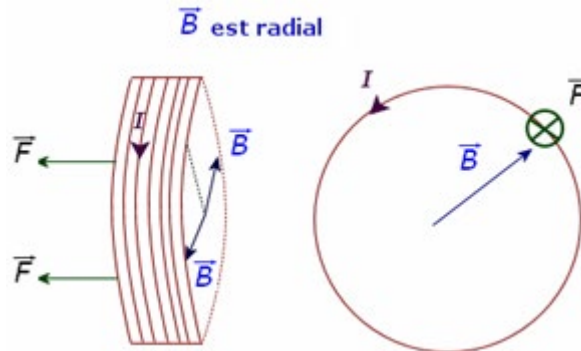
Lorsqu'un courant continu circule dans les spires, il se crée une force appelée force de Laplace. Cette force n'existe que lorsque les spires sont plongées dans un champ magnétique.

La valeur de cette force est proportionnelle à l'intensité du courant  $I$ , à la valeur du champ magnétique  $B$  et à la longueur  $L$  du conducteur qui subit la force.

On écrit :  $\mathbf{F} = \mathbf{I.L.B}$  lorsque le champ magnétique et le courant sont perpendiculaires.

F est exprimé en newton (N), I en ampère (A), L en mètre (m) et B en tesla (T).

La direction et le sens de cette force dépendent de la direction et du sens du champ magnétique et du sens du courant dans les spires.



La sortie de l'Arduino est connectée à la bobine mobile, le courant électrique venant de l'Arduino la traverse, et sous l'action du champ magnétique intense de l'entrefer, va pousser en avant la membrane ou la tirer en arrière suivant la polarité de cette tension électrique. En se déplaçant ainsi d'avant en arrière au rythme du signal électrique, la membrane crée une onde sonore qui se propage dans l'air.

#### - Principe de fonctionnement d'un buzzer (transducteur) piézo-électrique



Un matériau piézoélectrique est une substance qui produit un courant électrique lorsqu'il est déformé. Et inversement, lorsqu'une tension électrique est appliquée sur la substance, une déformation a lieu.

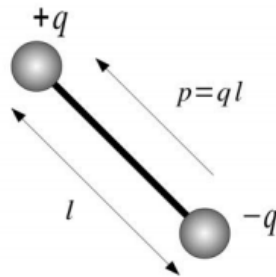
#### . **Description de la piézoélectricité :**

L'effet piézoélectrique résulte d'un déplacement des atomes (chargés positivement ou négativement) à l'intérieur de certains solides déformables (matériaux piézoélectriques), qui présentent des structures cristallines particulières (on parle de cristal piézoélectrique) ne présentant pas de centre de symétrie.

L'effet piézoélectrique peut être considéré à l'échelle microscopique comme un déplacement interne du barycentre des charges électriques positives et du barycentre des charges électriques négatives dans une même structure cristalline, lorsque tous les

atomes se déplacent les uns par rapport aux autres sous l'effet d'une déformation du cristal.

Lorsque ces barycentres de charges positives et négatives sont distincts, il y a polarisation (électrique) du cristal, qui se traduit par un moment  $p = ql$ , où  $q$  est la charge et  $l$  la distance séparant les deux charges (cf figure).



Moment dipolaire

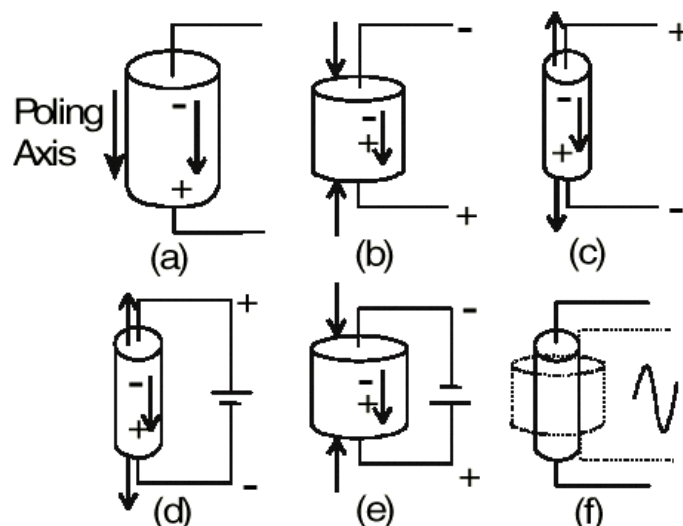
L'effet piézoélectrique peut être considéré à l'échelle macroscopique comme une polarisation électrique d'un solide déformable, sous l'effet de forces appliquées sur sa surface.

Si les faces du solide sont métallisées on peut ramener le problème à un condensateur plan au sein duquel on voit "apparaître" des charges lorsque des forces sont appliquées sur le solide (**figures b et c**)

Réciproquement, si on applique une tension sur les faces du "condensateur", on voit apparaître un champ électrique à l'intérieur du matériau (**figures d, e et f**).

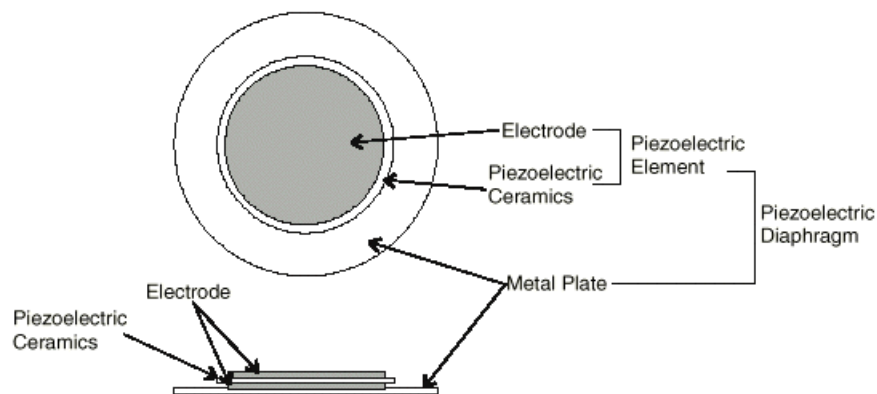
Ce champ sépare les barycentres des charges positives et négatives présentes à l'intérieur du matériau, ce qui peut se traduire soit par une déformation du matériau (si le matériau est libre de se déformer), soit par l'apparition d'une force (si on empêche le matériau de se déformer).

Le schéma ci-dessous illustre l'effet piézo-électrique :



Pour les applications acoustiques, les transducteurs piézoélectriques couramment utilisés sont basés sur le dispositif suivant :

- une plaque piézoélectrique (matériau piézoélectrique entre 2 électrodes métalliques) est collée sur une plaque en laiton, formant ainsi un bilame ;



- lorsqu'un potentiel électrique est appliqué sur les électrodes portées par chaque face du matériau piézoélectrique, celui-ci s'étire ou se comprime, ce qui produit la flexion dans un sens ou dans l'autre de la plaque en laiton et donc du bilame :



- En appliquant une tension sinusoïdale sur les électrodes, le bilame se déforme dans un sens ou dans l'autre à la fréquence du signal appliqué ce qui va créer une onde sonore qui se propage dans l'air :

