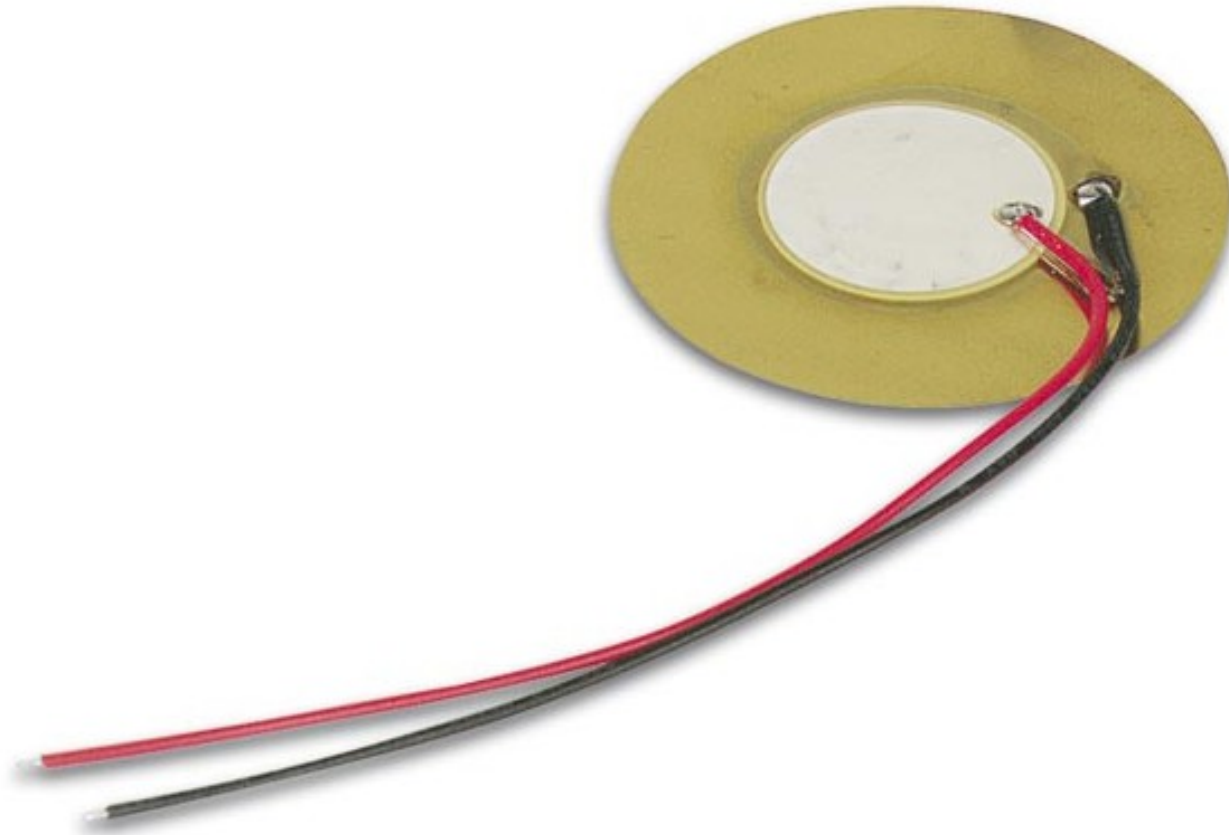


TIPE : Étude de l'effet piézoélectrique en tant que capteur



Problématique :

En quoi l'utilisation de l'effet piézoélectrique serait pertinente dans la conception d'un capteur repérant la position d'un choc ?

Quelle serait alors la précision d'un tel dispositif ?

Plan :

I – Première approche d'un matériau piézoélectrique et d'Arduino :

- 1) Montage expérimental
- 2) Programmation

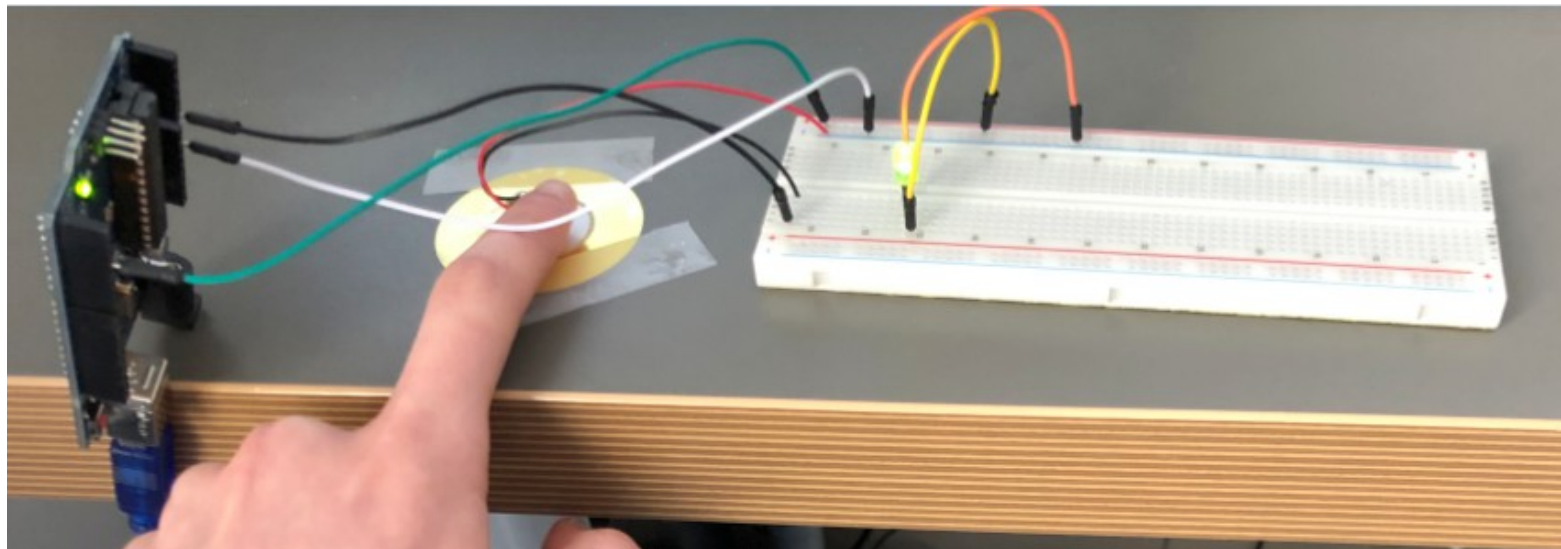
II – Capteur de position sur une ligne (1 dimension) :

- 1) Problèmes rencontrés
- 2) Montage expérimental
- 3) Programmation

III – Capteur de position sur une surface (2 dimensions) :

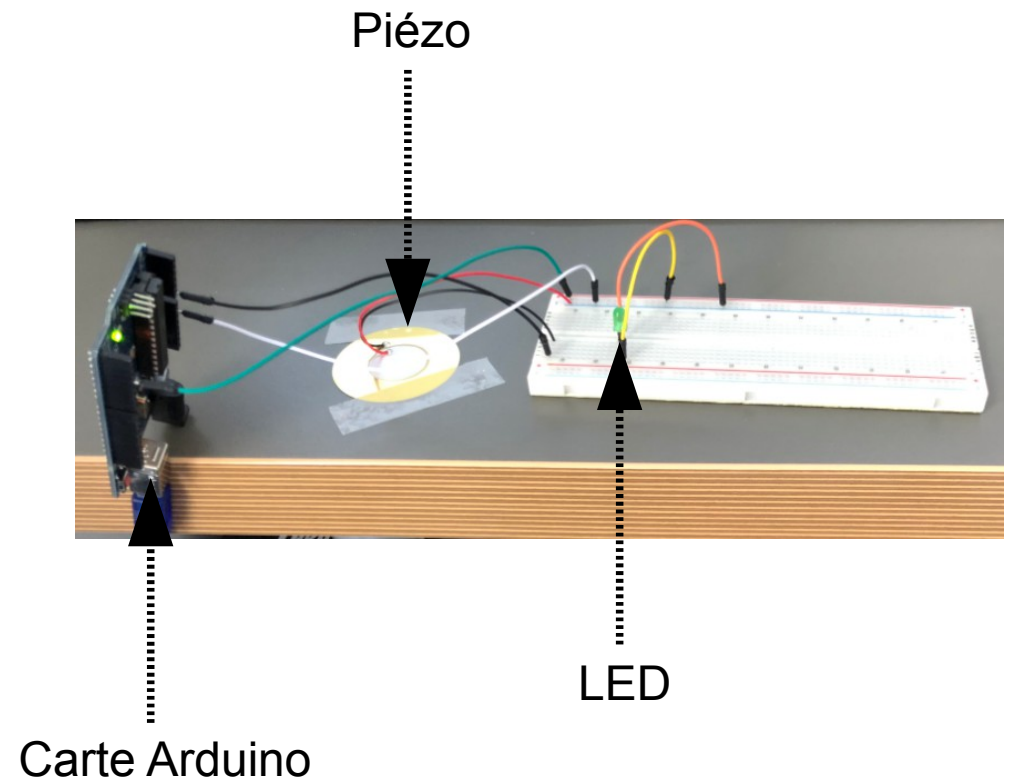
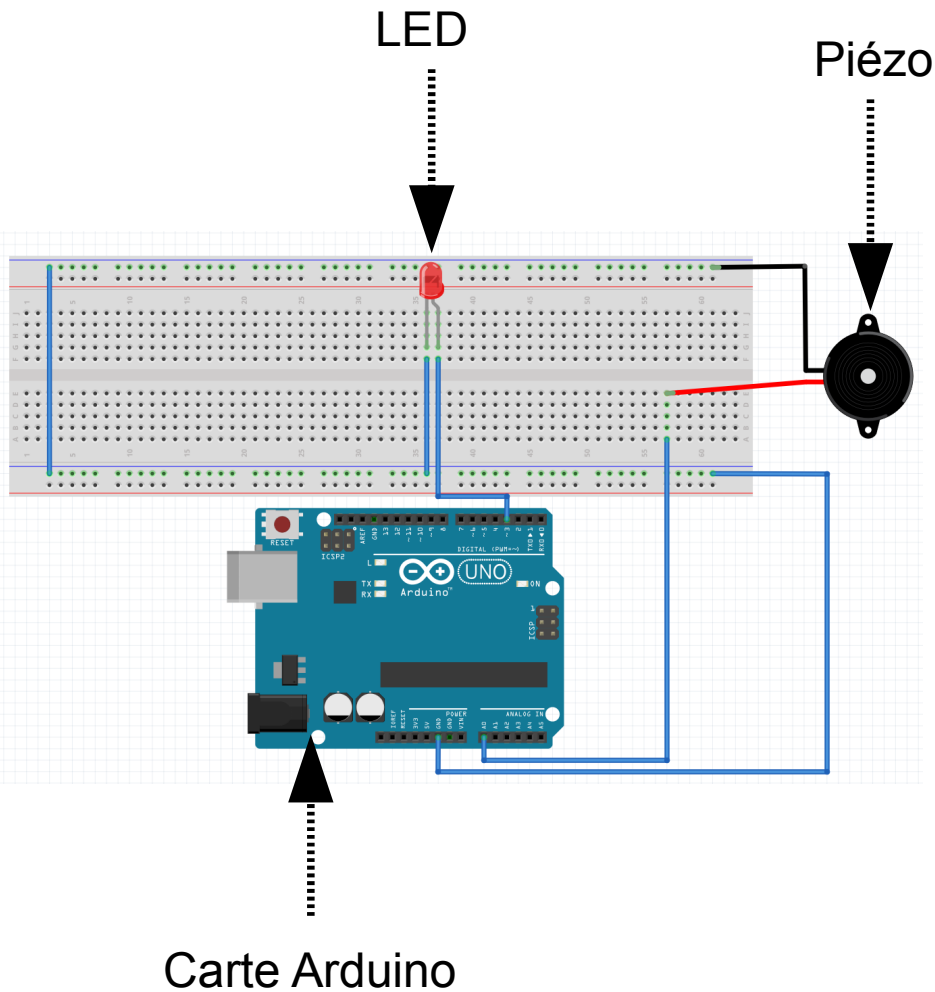
- 1) Montage expérimental
- 2) Incertitudes de mesures

I – Première approche du piézoélectrique et d'Arduino



Interrupteur piézoélectrique

1) Montage expérimental :



2) Programmation :

```
int U=0;
boolean ON = false;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(3, OUTPUT);
  digitalWrite(3, LOW);
}

void loop()
{
  delay(500);
  U = analogRead(A0);
  Serial.println(U);
  if (U >= 100 and not(ON))
  {
    digitalWrite(3, HIGH);
    ON = true;
  }
  else if (U >= 100 and ON)
  {
    digitalWrite(3, LOW);
    ON = false;
  }
}
```

Condition $U \geq 100$ unité arduino ($\approx 0,5$ V)
à cause d'un bruit

II – Capteur de position (1 dimension)

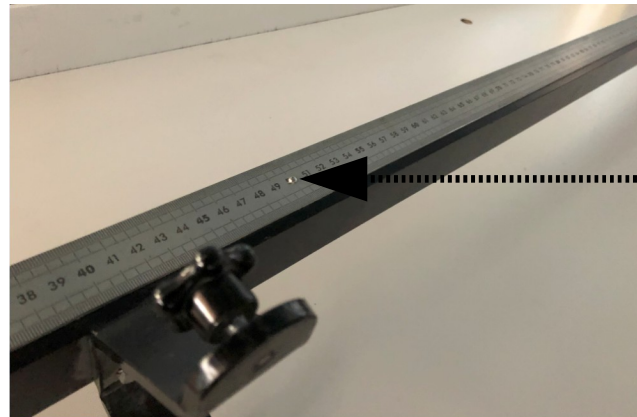


1) Problèmes rencontrés :

- Forme de la masse :

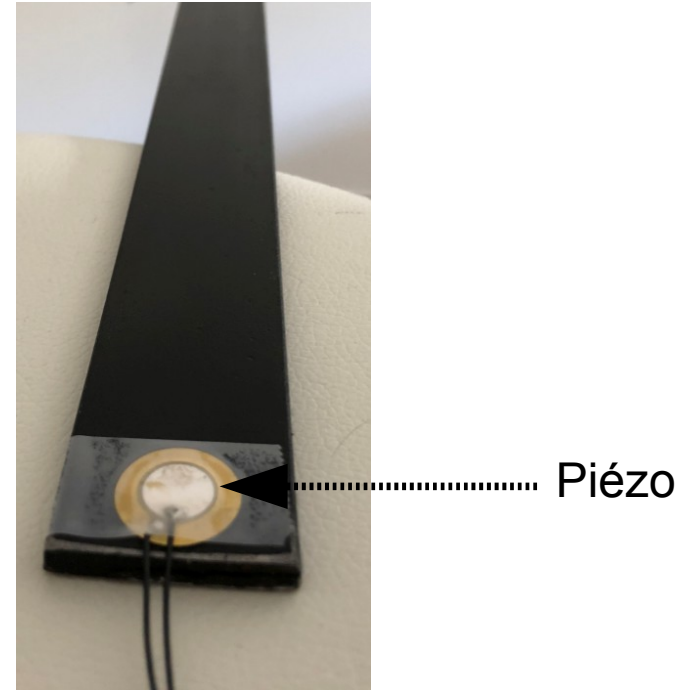
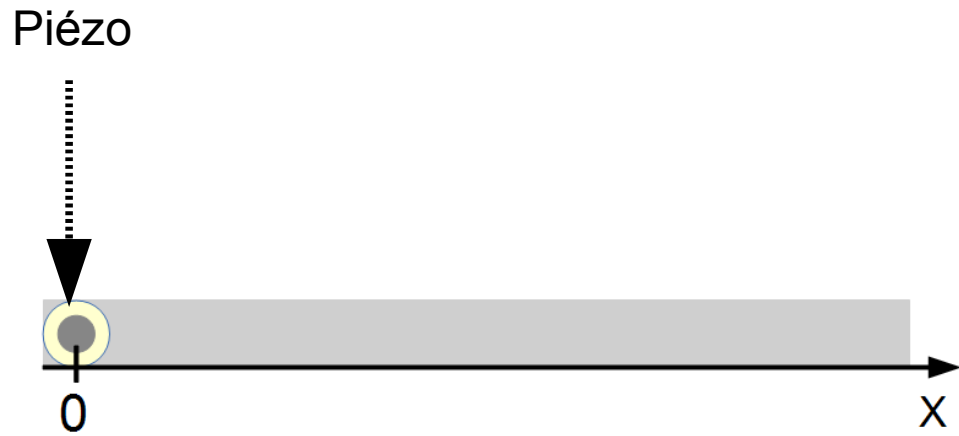


- Type de support :

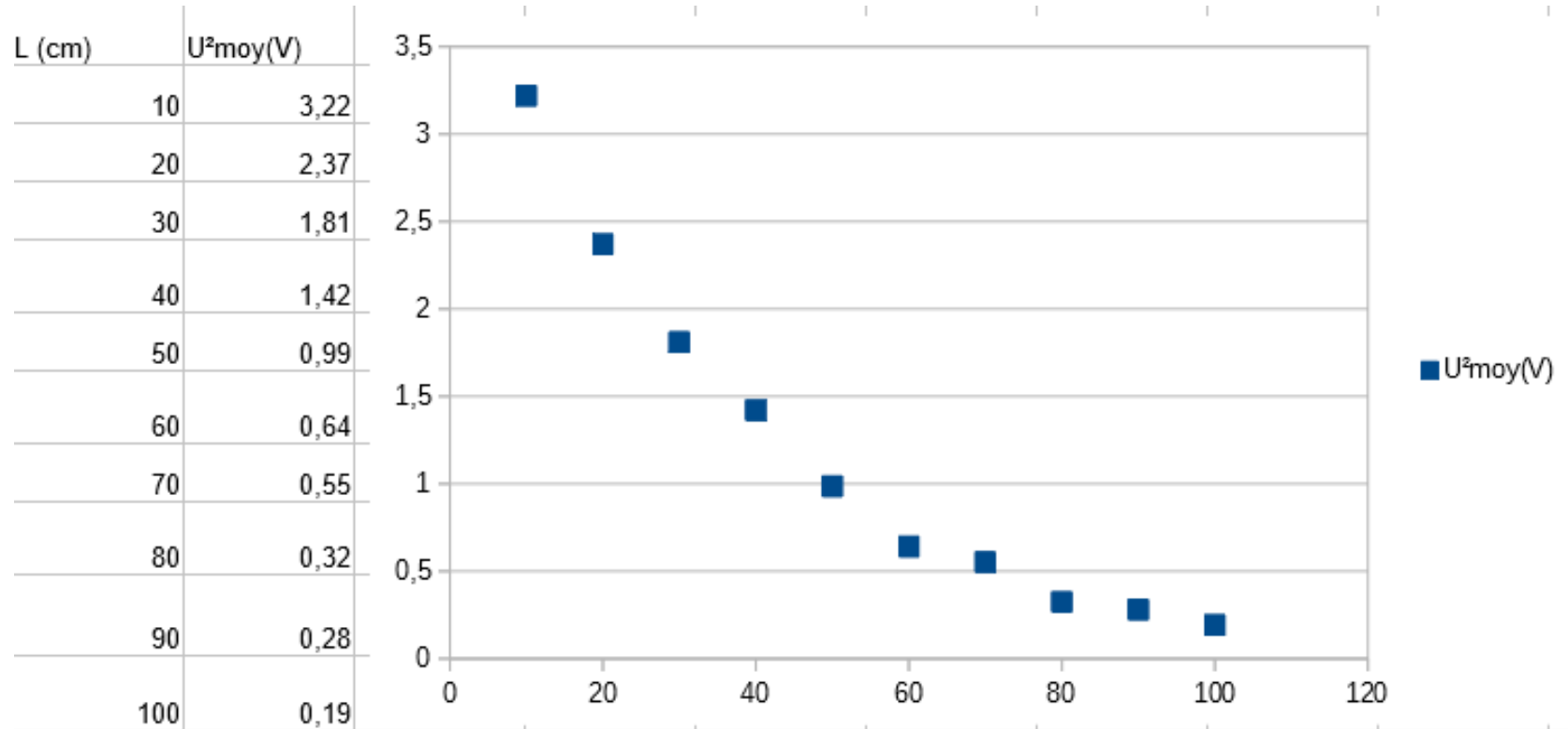


Vis

2) Montage expérimental (1 dimension) :

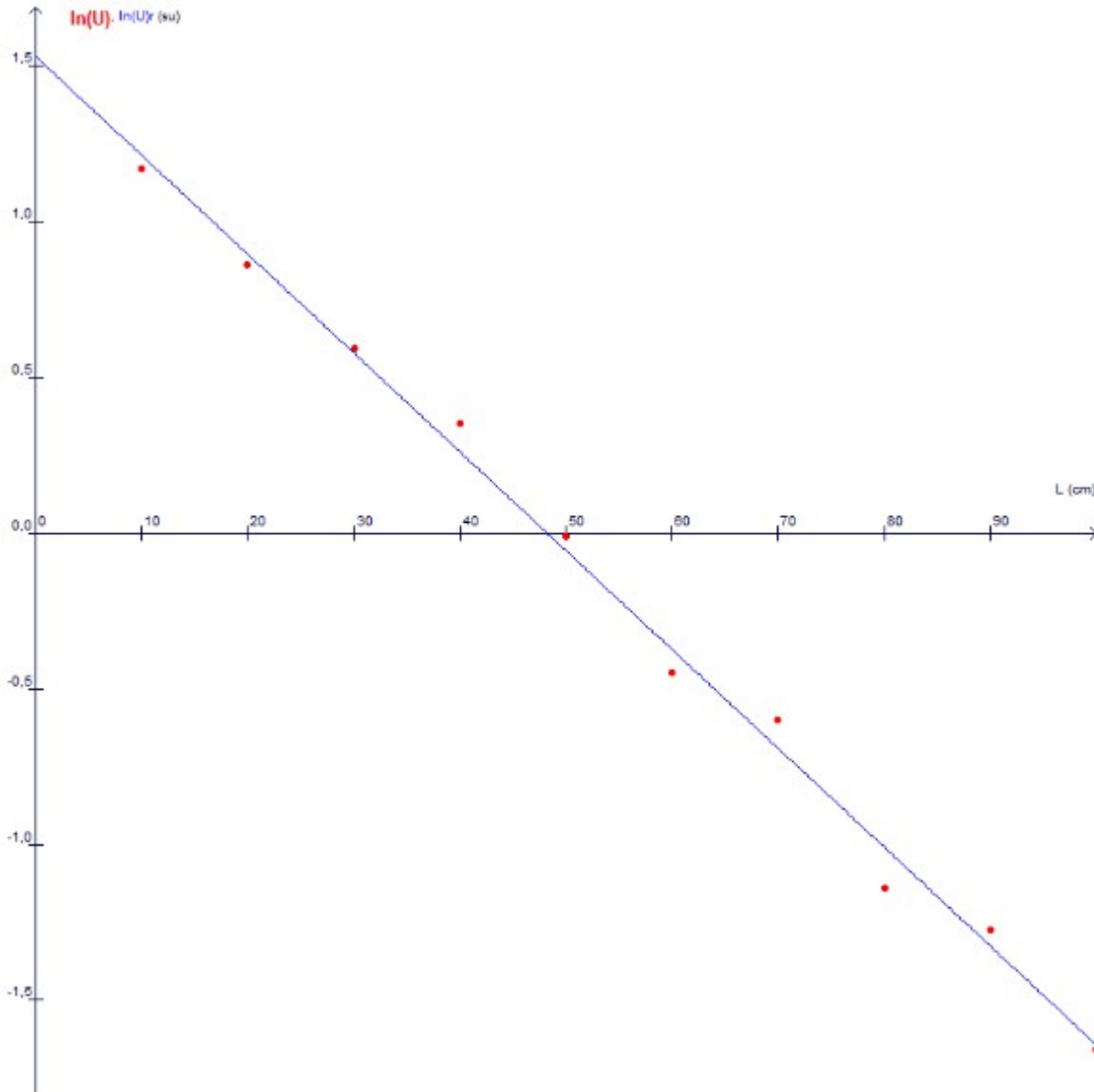


Tracé du modèle expérimental :



Décroissance de la moyenne quadratique de la tension (V) en fonction de la longueur (cm)

Régression :



$$U = U_0 \cdot \exp(\alpha \cdot L)$$

d'où $\ln(U) = \ln(U_0) - \alpha \cdot L$

Coefficient de corrélation :
 $R = 0,997 \approx 1$

$$\ln(U_0) \approx 1,53$$

d'où $U_0 \approx \exp(1,53) \approx 4,6 \text{ V}$

$$\text{Pente : } -\alpha = -3,2 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$$

3) Programmation :

```
float Modele[101];
float Difference[101];
float U0 = 4.6;
float alpha = 0.032;
int Bruit = 0.5;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  for(int i = 0; i<101; i = i+1) //Création du tableau modèle
  {
    Modele[i] = U0*exp(-alpha*i);
  }
}

void loop()
{
  float U = analogRead(A0)*0,005; //Lecture de la tension émise par le piézo
  if(U > Bruit)
  {
    float S = 0;
    float t = 0;
    while (t < 1000) //Calcul de la moyenne quadratique
    {
      S = S + analogRead(A0)*analogRead(A0);
      t = t+10;
      delay(10);
    }
    float Um = sqrt((S)/100);
    for(int i = 0; i<101; i = i+1)
    {
      Difference[i] = abs(Modele[i]-Um);
    }
    float delta_Um_min = 5;
    for(int i = 0; i < 101; i = i+1)
    {
      if (Difference[i] < delta_Um_min)
      {
        delta_Um_min = Difference[i];
      }
    }
    float L = (log(U0) - log(delta_Um_min))/alpha;
    Serial.print(L);
  }
}
```

Création d'un tableau Modele contenant 101 valeurs théoriques dont la i-ème vaut $U0 \cdot \exp(-\alpha \cdot i)$

Calcul de la moyenne quadratique U_m de la tension émise par le piézo

Création d'un tableau Difference contenant 101 valeurs dont la i-ème vaut $Mod[i] - U_m$

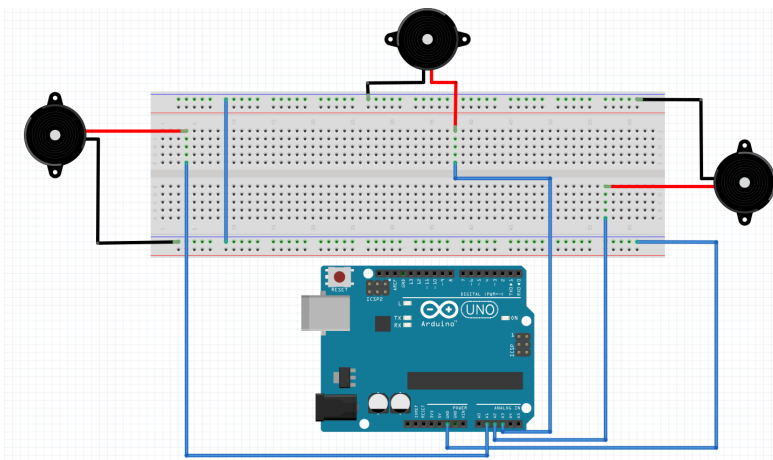
Recherche du minimum du tableau Difference

$$U_{m_{\min}} = U0 \cdot \exp(-\alpha \cdot L)$$

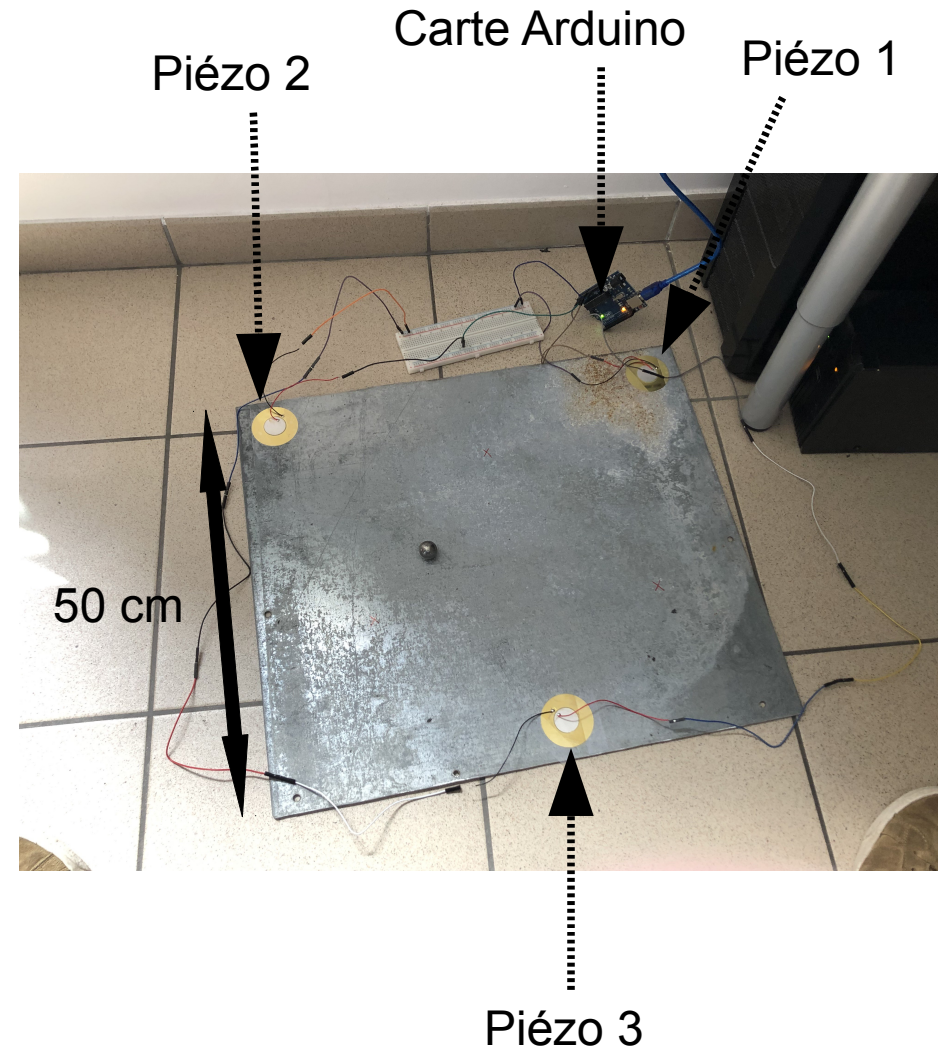
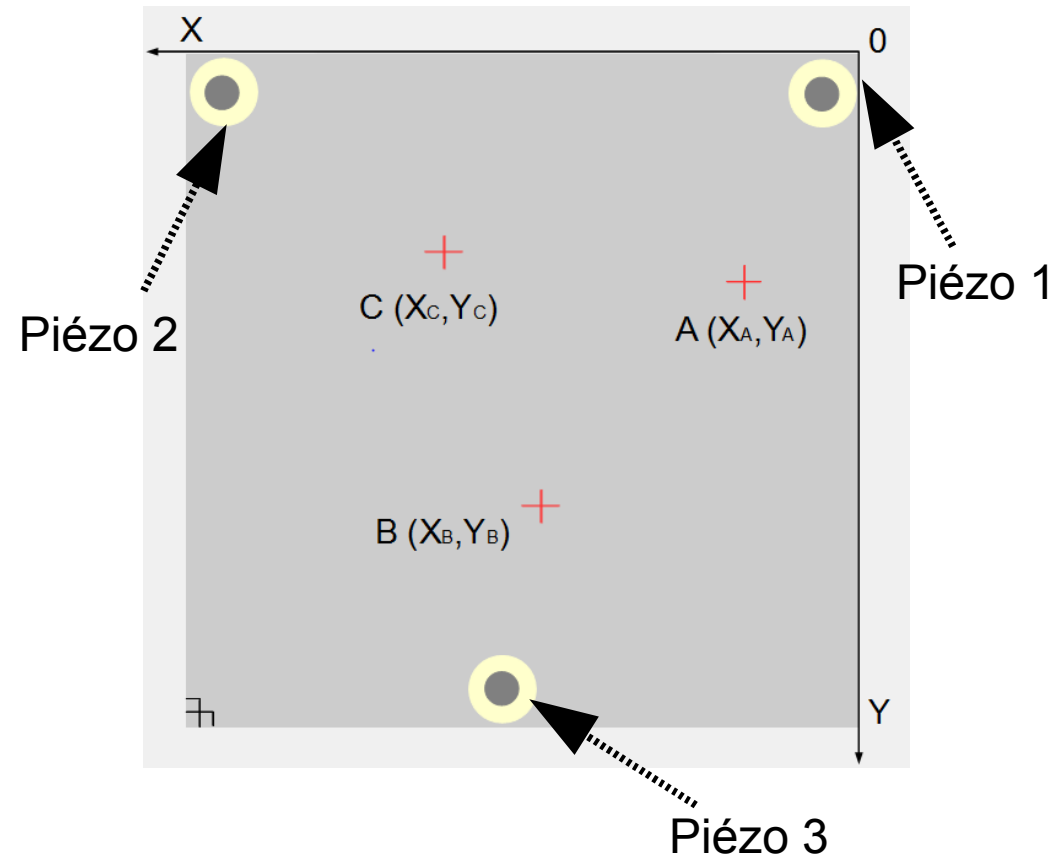


$$L = (\ln(U0) - \ln(U_{m_{\min}})) / \alpha$$

III – Capteur de position (2 dimensions)



1) Montage expérimental (2 dimensions) :



Nouveau modèle :

$$U_0 = 4,4 \text{ V}$$

$$\alpha = 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$$

2) Incertitudes de mesures :

Point	A	B	C
X (cm)	11	26	31
Y (cm)	17	34	15

20 lancers successifs sur 3 points A, B et C de la plaque (incertitudes de type A).

Incertitude pour A (X_A , Y_A) :

X_A :

	Mesures
1	12
2	15
3	13
4	9
5	8
6	11
7	10
8	10
9	12
10	13
11	12
12	11
13	14
14	17
15	8
16	6
17	13
18	12
19	11
20	13

Incertitude élargie:

1.20043162362705

Au taux de: %

Y_A :

	Mesures
1	21
2	22
3	15
4	16
5	13
6	17
7	18
8	15
9	14
10	21
11	23
12	17
13	19
14	18
15	21
16	16
17	15
18	19
19	21
20	17

Incertitude élargie:

1.34876386042335

Au taux de: %

Incertitude pour B (X_B , Y_B) :

X_B :

Incertitude élargie:

2.61903259909045

Au taux de: %

	Mesures
1	23
2	18
3	26
4	24
5	32
6	18
7	24
8	21
9	27
10	20
11	35
12	24
13	23
14	31
15	16
16	15
17	32
18	27
19	24
20	30

Y_B :

Incertitude élargie:

2.31978558241267

Au taux de: %

	Mesures
1	38
2	32
3	35
4	34
5	46
6	31
7	49
8	42
9	31
10	40
11	32
12	34
13	38
14	35
15	37
16	41
17	35
18	36
19	31
20	35

Incertitude pour C (X_C , Y_C) :

X_C :

	Mesures
1	34
2	32
3	28
4	37
5	34
6	27
7	30
8	29
9	34
10	22
11	33
12	32
13	36
14	28
15	38
16	19
17	34
18	35
19	36
20	33

Incertitude élargie:

2.2901517259127

Au taux de: %

Y_C :

	Mesures
1	12
2	16
3	18
4	12
5	16
6	15
7	13
8	9
9	18
10	11
11	8
12	13
13	21
14	14
15	15
16	19
17	13
18	12
19	16
20	18

Incertitude élargie:

1.581474699659

Au taux de: %

Bilan des incertitudes (type A) pour 3 positions (en cm) :

Point	A	B	C
X (cm)	$11,5 \pm 1,20$	$24,5 \pm 2,62$	$31,6 \pm 2,29$
Y (cm)	$17,9 \pm 1,35$	$36,6 \pm 2,32$	$14,5 \pm 1,58$

Conclusion

- Capteur limité à un type de choc et à un matériau
- Efficacité du programme améliorable
- Poursuites possibles : ajouter des céramiques piézoélectriques, utiliser un autre matériau piézoélectrique (polymère)