

**Capteur de graphite basé sur des systèmes
granulaires à composition différente (HB, B, ...)**

Fonctionnalités générales

- Simple d'utilisation
- Faibles courants
- Taille correcte
- Réponse rapide
- Peu coûteux
- Amplificateur trans-impédance inclus
- Module Bluetooth inclus
- Ecran OLED inclus

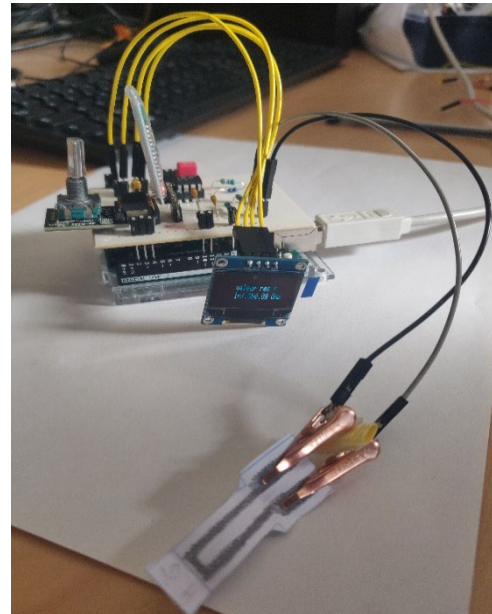


Figure 1 : capteur final

Description

Ce capteur de graphite développé pour mesurer la résistance en fonction de la courbure appliquée, ce dernier a été conçu à partir d'une carte Arduino, et un circuit PCB imprimé, le circuit est composé d'un amplificateur transimpédance, sur ce circuit, on peut connecter un module Bluetooth afin de le connecter à un smartphone Android et récupérer la courbe de variation de résistance, on pourra également intégrer un écran OLED afin d'y afficher la valeur exacte de la résistance mesurée par le capteur en graphite, comme on peut le voir dans la photo, on peut mettre 2 broches connectées au capteur qui est une feuille en papier sur laquelle on déposera du graphite avec différents types de crayons à papier (B, HB, 2H...).

Pinout

Pin	Usage
2	SWITCH (KY-040)
3	DATA (KY-040)
4	CLK (KY-040)
10	TX (module Bluetooth) envoi de données
11	RX (module Bluetooth) réception de données
A5 (analog IN)	SCK (écran OLED)
A4 (analog IN)	SDA (écran OLED)

Schéma fonctionnel du PCB

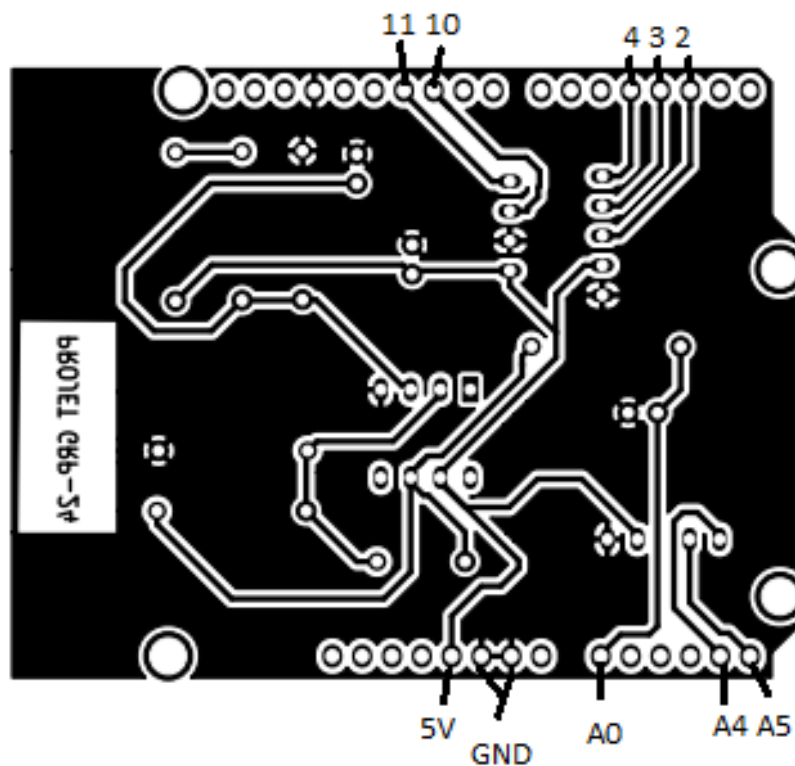


Figure 2 : schéma du PCB

Schéma électrique

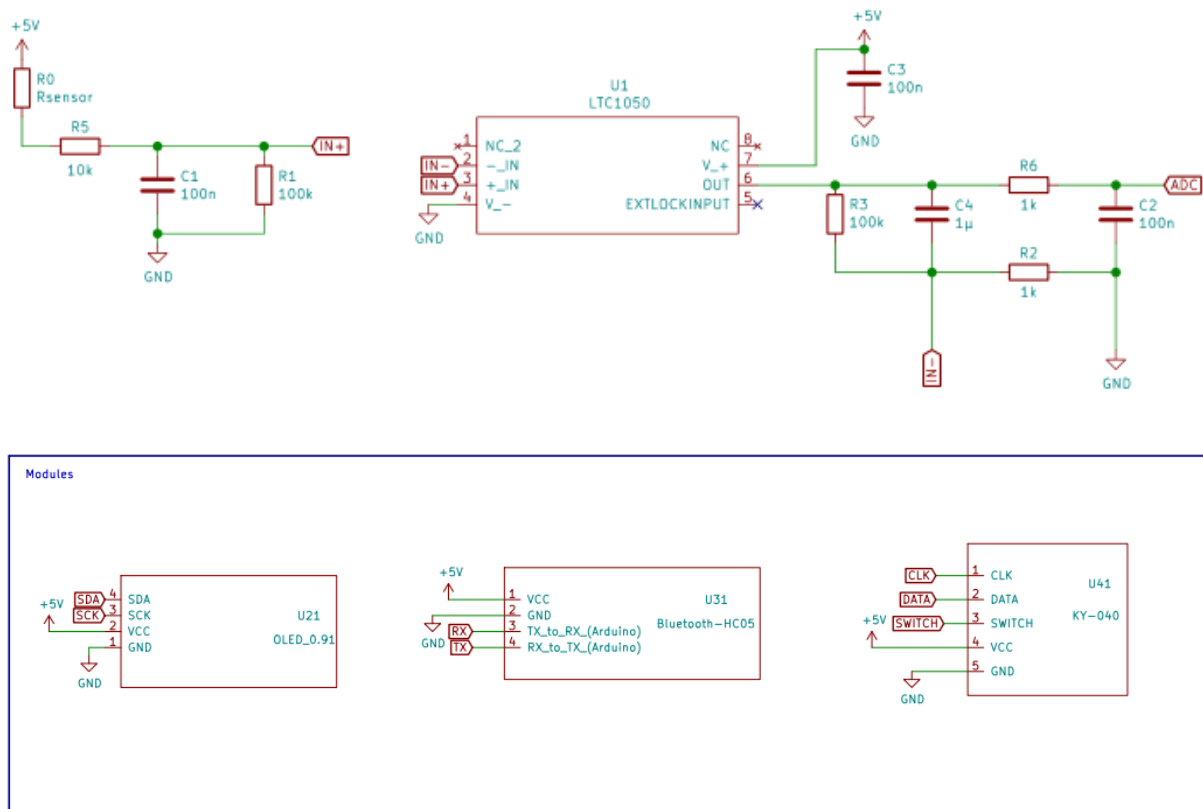


Figure 3 : différents composants et modules du circuit

Dimensions du capteur

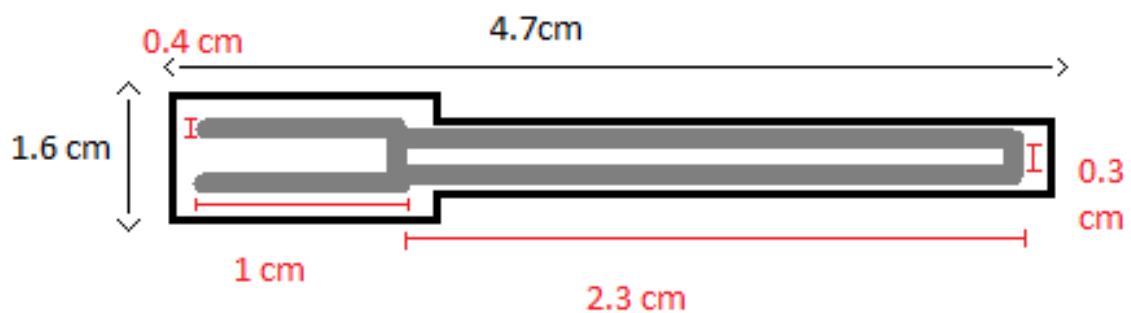


Figure 4 : Dessin représentatif des dimensions du capteur en papier

Fonctionnement physique du capteur

Notre capteur fonctionne à l'aide de tension/compression de ce dernier (étant en papier). Il se base sur la percolation d'un réseau de nanoparticules de graphite.

Quand le capteur est soumis à une flexion que se soit tension ou compression, résistance du réseau de nanoparticules de graphite change. En effet, lors d'une tension le taux de percolations entre atomes diminue (distance entre atomes augmente) ce qui implique une augmentation de la résistance de la couche de graphite. Inversement, lors d'une compression le taux de percolation augmente (distance entre atomes diminue) induisant une diminution de la résistance de la couche.

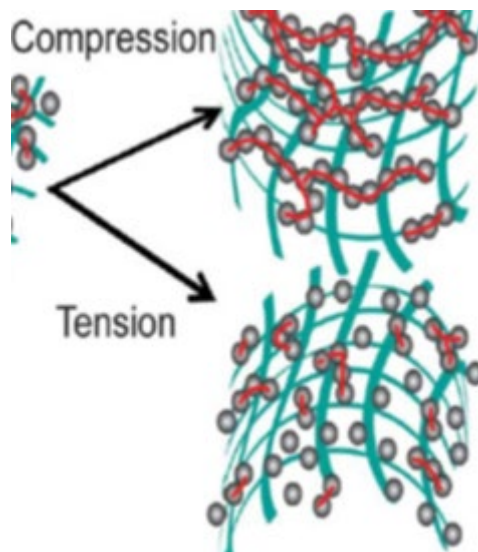


Figure 5 : Représentation des percolations d'un réseau atomique selon le type de flexion

Calcul théorique de la résistance

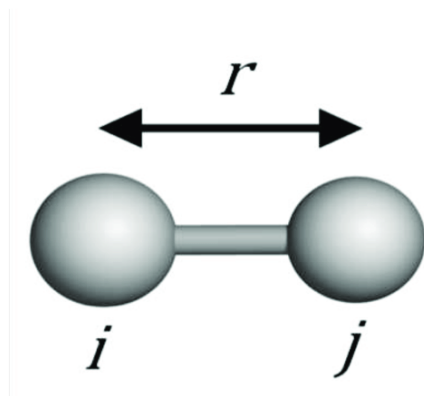


Figure 6 : Distance interatomique

$$R_{tot} = \frac{Lr}{wd} R_{ij}$$

r : distance interatomique

L : longueur totale du réseau d'atomes

w : largeur de la couche de graphène

d : épaisseur de la couche de graphène

Mesure expérimentale de la résistance : On utilise un objet formé de 7 « ponts » contenant différents rayons pour différentes mesures de flexion.

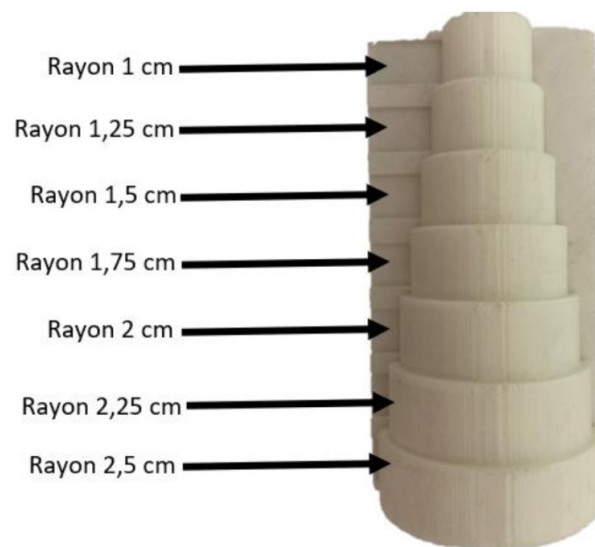


Figure 7 : Banc de test, objet constitué de 7 « ponts »

La déformation se calcul tel que :

$$\varepsilon = \frac{e}{2R}$$

Avec « e » l'épaisseur du papier et « R » le rayon de courbure.

- **Courbes caractéristiques selon le type de Graphene testé :**

On pose :

Res : la mesure de résistance en flexion

Res0 : la mesure de résistance à l'état d'équilibre (sans flexion)

ΔRes : Res – Res0

On trace pour chaque type de Graphene en flexion normale et inverse (tension et compression respectivement) $\frac{\Delta\text{Res}}{\text{Res0}}$ en fonction de ε

Caractéristiques du capteur résistif

Afin de tracer les courbes caractéristiques, on a mesuré la résistance du papier a l'aide d'un objet avec 7 « ponts » de différents rayons de courbure, on a déposé le capteur en papier dessus en faisant attention à reproduire à chaque mesure la même expérience et en déposant le papier au même endroit.

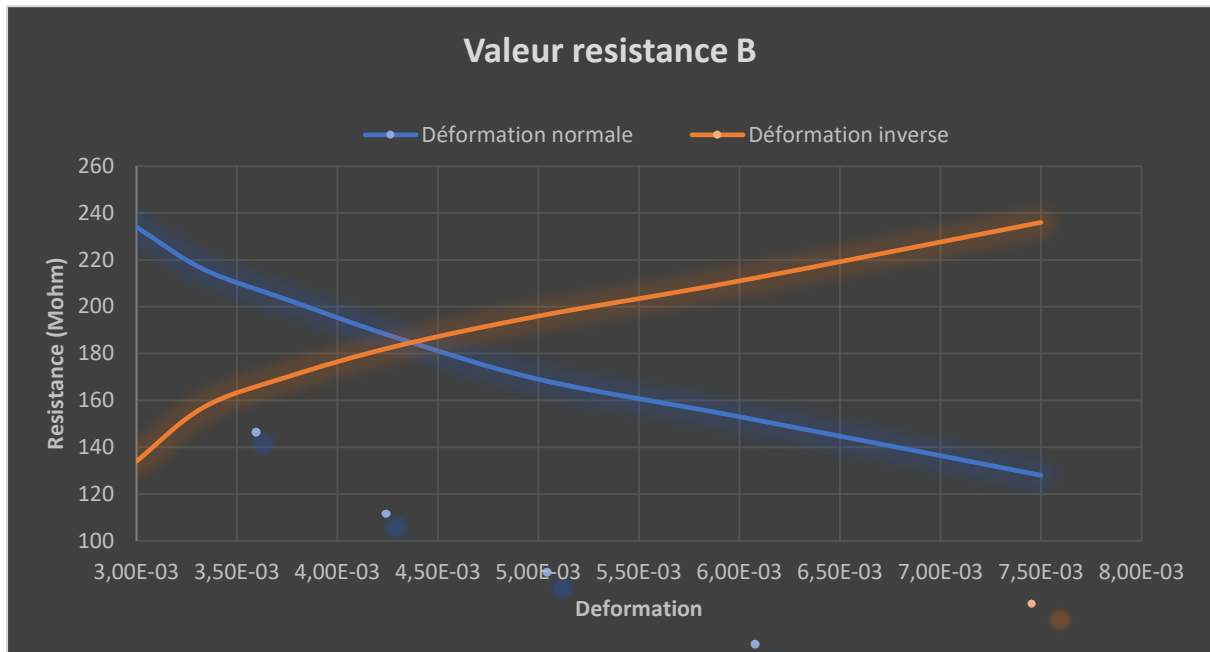


Figure 8 : caractéristique du capteur au crayon type B

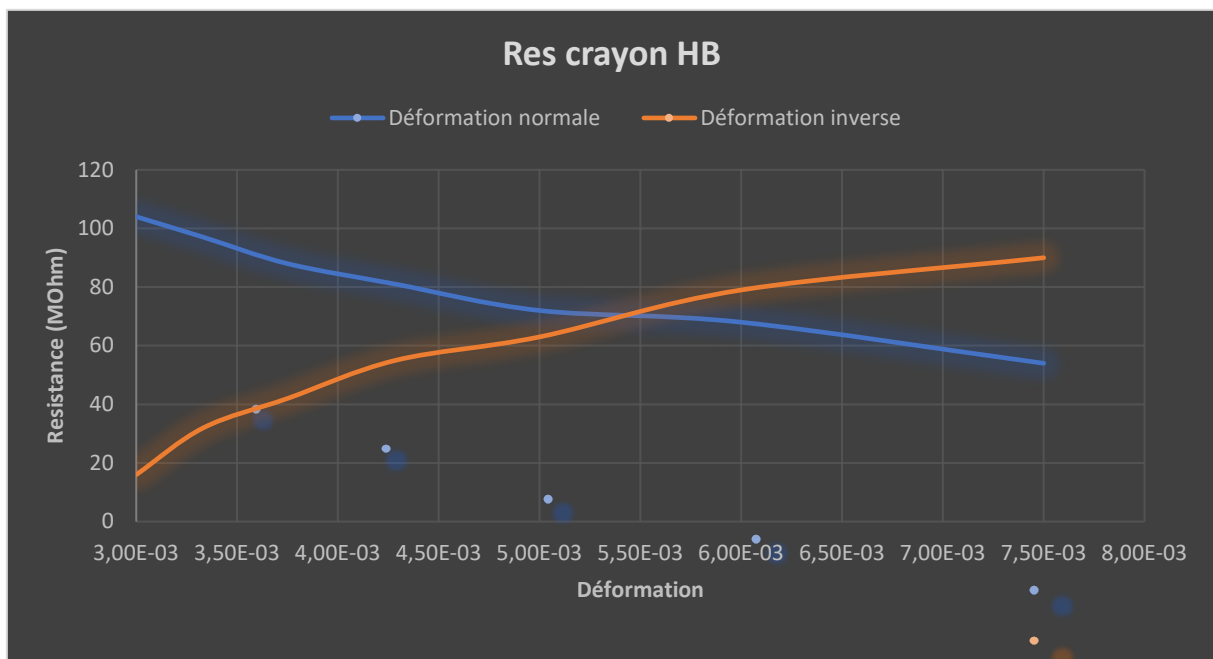


Figure 9 : caractéristique du capteur au crayon type HB

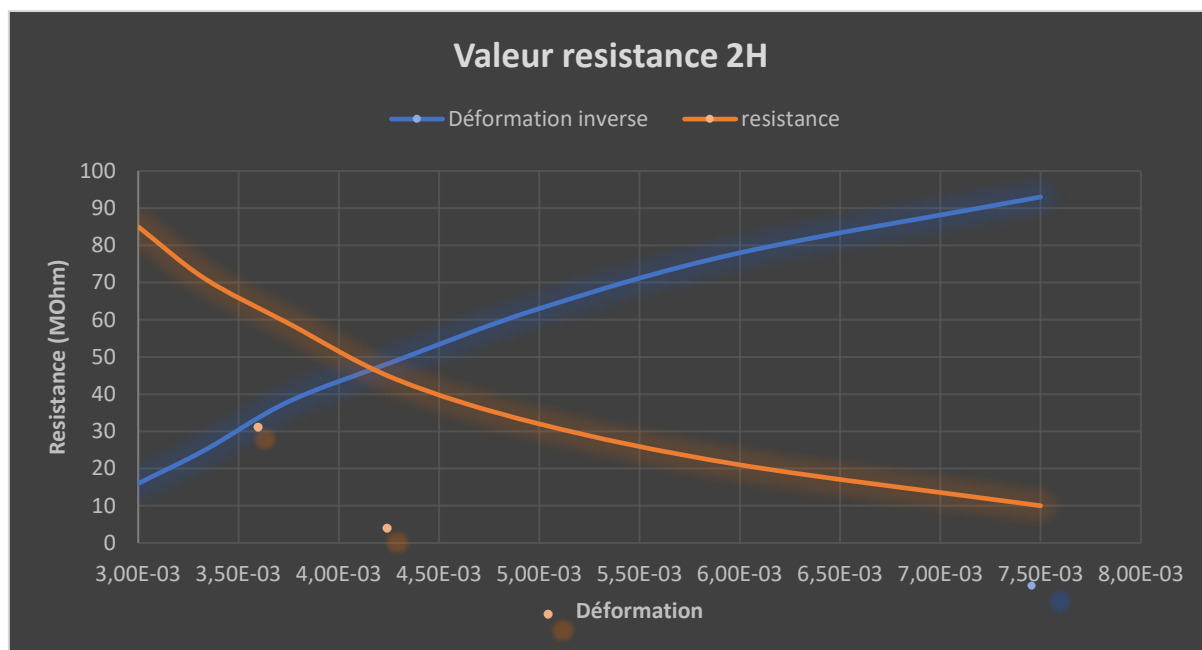


Figure 10 : caractéristique du capteur au crayon type 2H