

Jauge de contrainte low-cost à base de graphite

Caractéristiques :

- Bon marché
- Ergonomique
- Respectueux de l'environnement
- Temps de réponse court
- Peu encombrant
- Flexible

Fonctionnement :

Ce capteur s'assimile à une jauge de contrainte à base de graphite. Il exploite la dépendance entre la conductivité électrique et l'espace moyen entre les particules de graphite déposées par écriture au crayon et apparentées à un système granuleux. Sa déformation provoque une variation de résistance réversible exploitable pour créer un extensomètre.

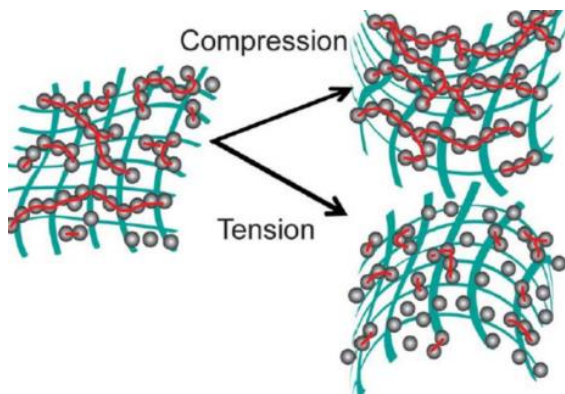


Figure 1 : Agencement des particules lors de la déformation du capteur graphite

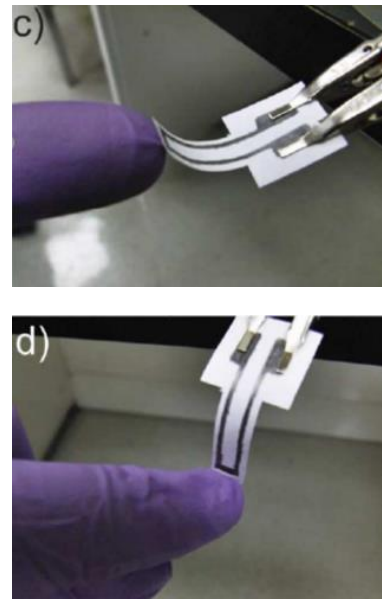


Figure 2 : Différentes déformations du capteur

Dimensions et description :

Le capteur est fabriqué à partir d'une feuille de papier d'épaisseur 0,3mm où un contour en forme de « U » est colorié avec un crayon de graphite. L'extrémité du capteur (PIN 1 et PIN 2) est reliée au PCB grâce à deux pinces crocodiles.

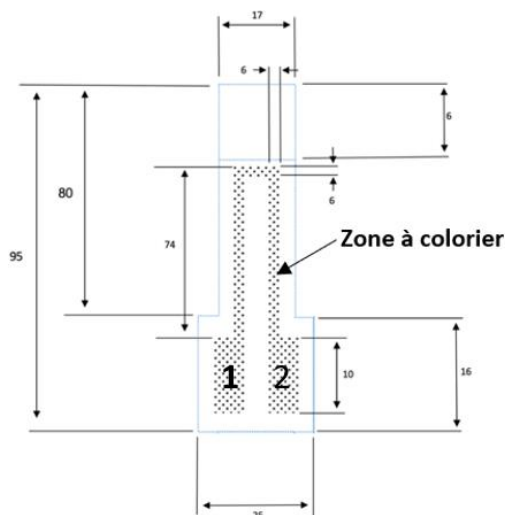


Figure 3 : Dimensions du capteur

Numéro de broche	Rôle
1	Entrée circuit transimpédance
2	VCC (+5V)

Spécifications :

TYPE	Jauge de contrainte à base de graphite
MATERIAUX	Papier et graphite
TYPE DE CAPTEUR	Passif
MESURANDE	Résistance
MESURE DE LA DEFORMATION	Mesure résistive
DIMENSIONS	Longueur : 37mm Largeur : 16mm Epaisseur : 0.3mm

Conditions d'utilisation standard :

	UNITE	VALEUR TYPIQUE
Température	°C	20±10

Caractéristiques électriques :

	UNITE	VALEUR		
		MIN	TYPIQUE	MAX
Tension de sortie (ADC)	V	0	/	5
Résistance HB	MΩ	98	≈180	205
Résistance H	MΩ	170	≈220	330
Résistance B	MΩ	52	≈122	172

Remarque : Ces valeurs dépendent de la quantité de graphite déposée sur le capteur.

Banc de test

L'objectif de ce banc de test est de déterminer la variation relative de résistance de notre capteur en fonction de la déformation appliquée. Pour cela, nous avons conçu un banc de test « low-tech » dont le matériel est présenté ci-dessous :

- Papier
- Crayon
- Compas
- Scotch

Des cercles d'un rayon variant de 3cm à 1cm, avec un pas de 0,5cm sont tracés sur une feuille de papier. Le capteur graphite est quant à lui scotché par une extrémité sur une autre feuille rigide, et pincé au niveau des pins de l'autre extrémité. L'objectif est de courber la feuille de papier rigide sur laquelle est scotché le capteur, afin que celui-ci adopte la forme des cercles de différents rayons.

Ainsi, on acquiert les différentes variations de résistance du capteur pour des rayons de courbure différente, en compression et en tension.

On définit alors la déformation **ϵ_{\max}** comme la déformation obtenue lorsque le capteur suit le plus possible le rayon de courbure des cercles tracés. Ici **e** représente l'épaisseur du capteur et **R** le rayon du demi-cercle tracé. On obtient ainsi la formule : **$\epsilon_{\max} = \frac{e}{2 \cdot R}$**

La variation relative de résistance se calcule avec la formule : $\frac{\Delta R}{R_0} = \frac{R_0 - R}{R_0}$

Ici R_0 est la valeur de résistance mesurée entre chaque déformation lorsque la déformation est nulle. En effet le capteur se déforme de manière destructive, il est donc important de mesurer sa résistance après déformation.

Ce banc de test présente des avantages : il est facile à reproduire, il nécessite du matériel commun et facile d'accès et est utilisable partout.

Cependant, le banc de test «very low-tech » est destructif, il endommage grandement le capteur , notamment lorsque ce dernier est en tension.

Variation de la résistance en fonction de la déformation :

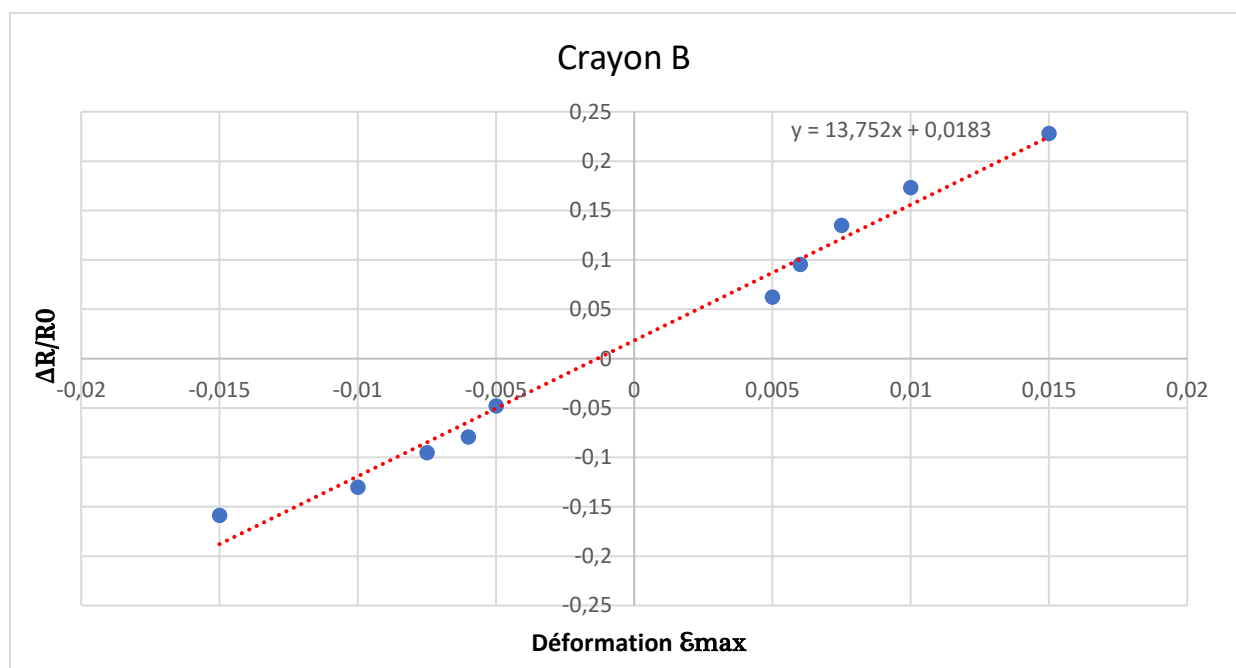


Figure 4 : Influence de la déformation sur le capteur, crayon B

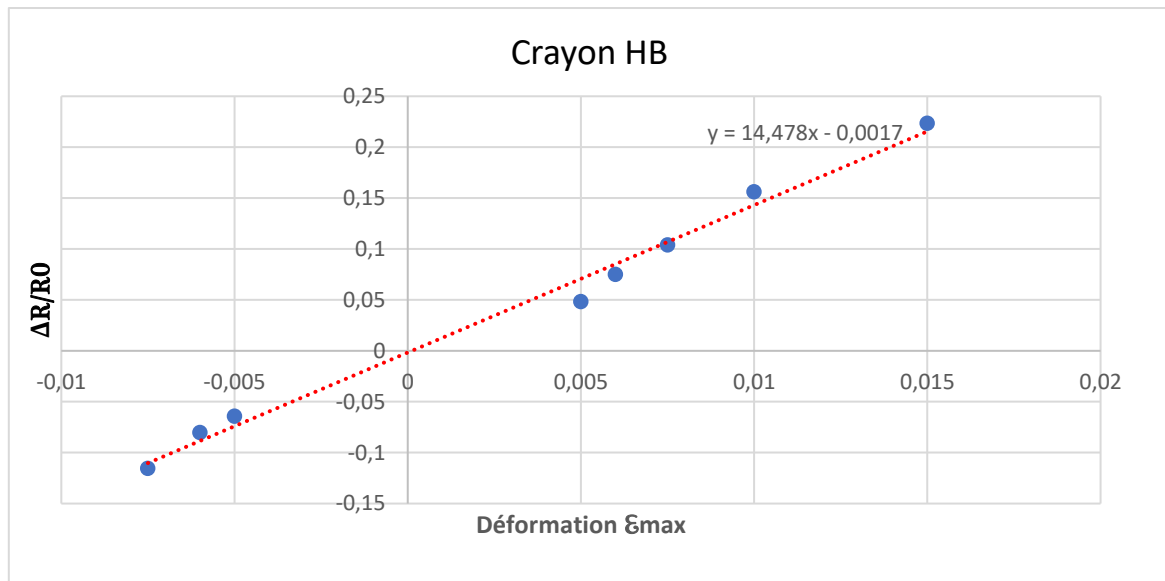


Figure 5 : Influence de la déformation sur le capteur, crayon HB

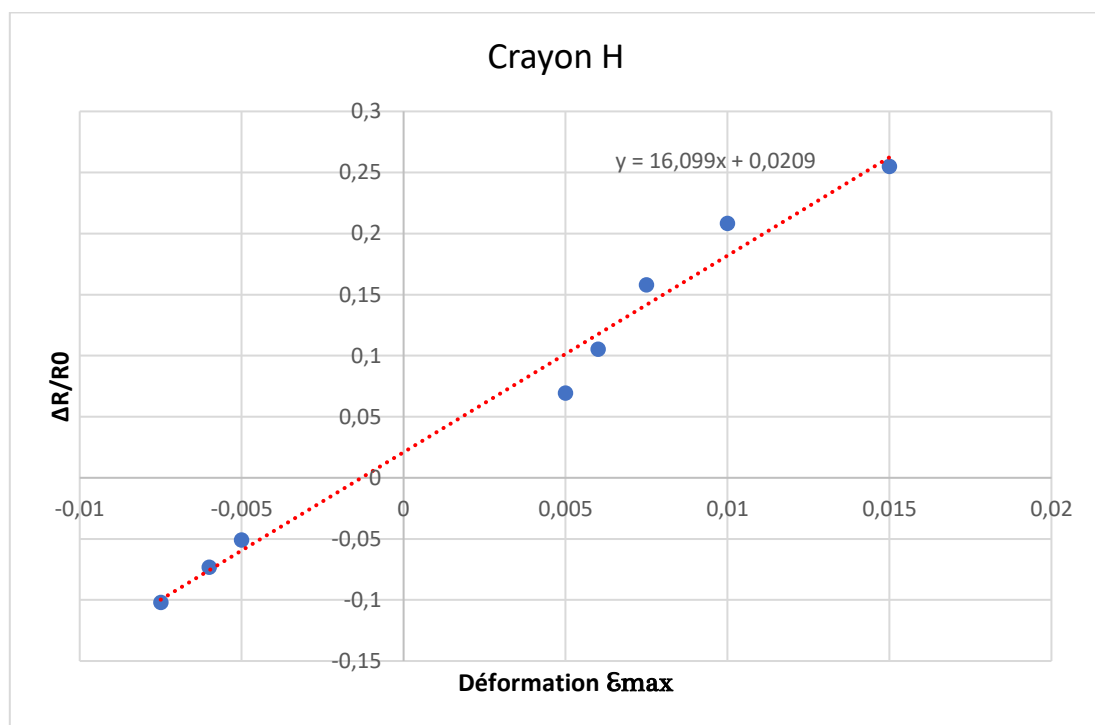


Figure 6 : Influence de la déformation sur le capteur, crayon H

Le bon fonctionnement du capteur est garanti dans le domaine de déformation où la courbe est linéaire.

Le domaine de déformation linéaire le plus étendu dans le cas de l'utilisation d'un shield (voir ci-après) est pour le crayon B, avec une plage de $\{-0,015 ; 0,015\}$. Les domaines de déformation linéaire pour les crayons HB et H sont plus étroits, la déformation en tension est beaucoup moins linéaire.

Le crayon B possédant une mine tendre donc grasse a une sensibilité moins importante que les crayons HB et H avec des mines plus sèches. La sensibilité est directement reliée à la distance entre les particules de graphite déposées. Les mines sèches déposent moins de graphite sur le papier, l'écart entre les particules est donc plus important et lors d'une déformation, la sensibilité sera plus grande.

Exemple d'application typique du capteur :

Le capteur peut être utilisé dans un circuit analogique amplificateur transimpédance :

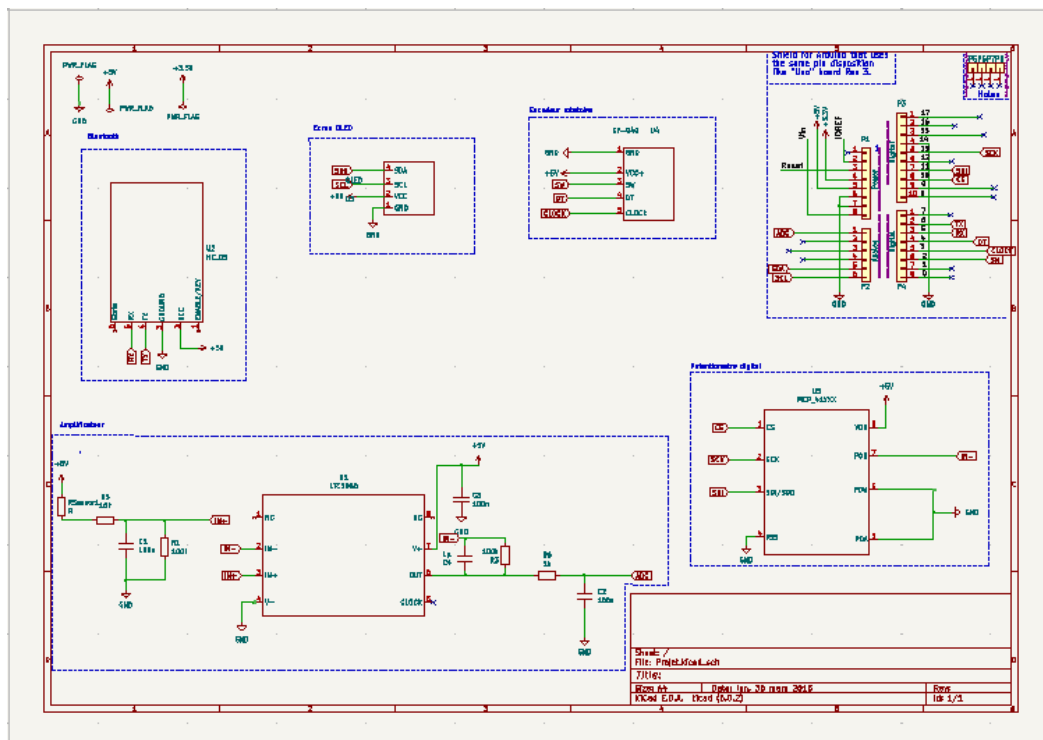


Figure 7 : Schéma électrique complet du shield

Le capteur est relié à une carte Arduino Uno sur lequel est également monté :

- Un module Bluetooth permettant de récupérer les valeurs de résistance à travers un graphique sur l'application Android MIT App Inventor
- Un écran OLED permettant d'afficher les valeurs de résistance
- Un potentiomètre digital afin de faire varier la résistance R2 (voir figure 7) pour éviter une saturation de la sortie ADC de la carte