

Description :

Capteur passif, facile d'accès et bas coût, la jauge de contrainte en graphène provient des travaux de Cheng-Wei Lin, Zhibo Zhao, Jaemyung Kin et Jiaxing Huang, chercheurs du département des sciences de l'ingénierie et des matériaux de l'université Northwestern à Evanston, USA. Cette jauge possède une structure simple en U dessinée au crayon sur une feuille de papier de grammage connu, ici, 160g/m². Les caractéristiques électriques de ces jauges dépendent du type de crayon utilisé.

Propriétés générales :

- Low tech
- Peu cher
- Open-source
- Léger
- Imprimable

Fonctionnement :

Le principe de fonctionnement de ce capteur repose sur les propriétés conductrices des fines couches de graphène déposées sur le support en papier. Lors du dépôt, en fonction du type de crayon utilisé, des agglomérats plus ou moins gros et plus ou moins rapprochés vont se former, autorisant ou non le passage du courant appliqué aux bornes du capteurs.

La résistance est de l'ordre du mégaohm et le signal mesuré est un courant, il est donc nécessaire d'utiliser un amplificateur transimpédance pour réaliser vos mesures.

Ainsi, en fonction de la contrainte appliquée et donc de la déformation subie, ces agglomérats de particules de graphènes vont être plus ou moins écartés favorisant ou défavorisant le passage du courant. Dans le cas :

- D'une compression, les particules vont à l'inverse se voir rapprochant les unes des autres, favorisant la conductivité de notre fine couche conductrice, diminuant la résistance du capteur.
- D'une flexion, les particules de graphène vont se voir éloignées les unes des autres, diminuant les propriétés conductrices de la fine couche, augmentant la résistance du capteur.

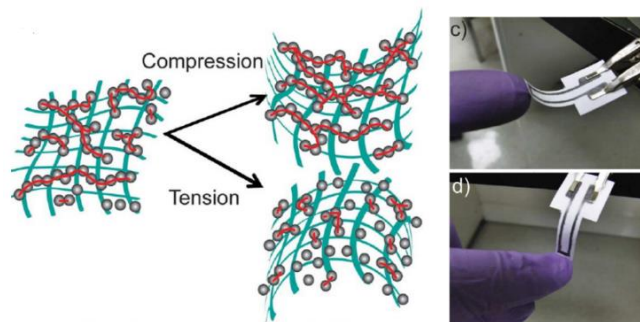


Figure 1 : Flexion/compression

Condition d'usage :

- **Température** : 10 °C à 30 °C
- **Humidité de l'air** : 30 % à 60 %
- **Grammage** : 160g/m²
- **Épaisseur du papier** : 0,19 mm
- **Dureté du crayon** : 6B à 2H

Descriptions des pins :

Pin	Spécification
1	Aucune
2	Aucune

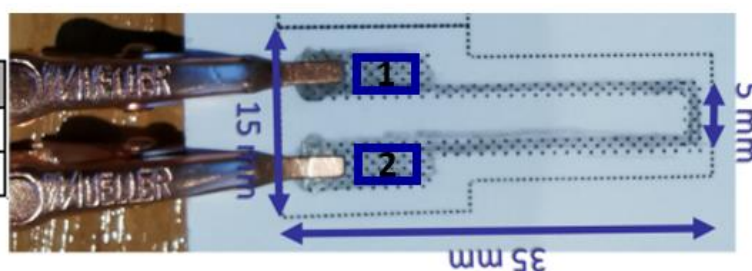


Figure 2 : dimension jaugé graphène

Spécification :

Nom	Jauge graphène
Type	Capteur passif
Matériels	Papier/Graphène
Crayon compatible	6B/3B/2B/B/HB/ $\frac{HB}{2}$ /2H
Mesurande	Résistance
Application	Jauge de contrainte

Exemple d'intégration :

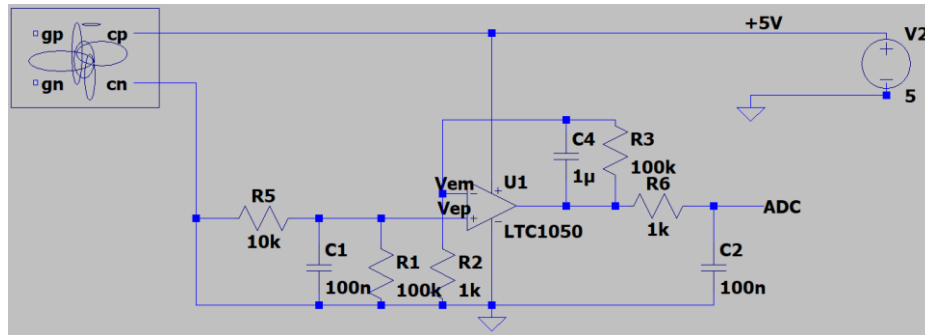


Figure 3 : exemple d'intégration dans un montage amplificateur transimpédance

Via ce montage, on a le rapport :

$$\frac{V_{cc}}{V_{adc}} = \frac{R_{capteur} + R1 + R5}{\left(1 + \frac{R3}{R2}\right) R1}$$

On peut donc remonter à la valeur de la résistance du capteur :

$$R_{capteur} = \left(1 + \frac{R3}{R2}\right) R1 * \frac{V_{cc}}{V_{adc}} - R1 - R5$$

L'amplificateur opérationnel ici est le LTC 1050. Il accepte en entrée un très faible courant et possède un offset de tension très faible.

Il y a 3 filtres dans ce montage amplificateur transimpédance :

- En entrée, passe-bas passif (R5,C1) avec une fréquence de coupure de 16 Hz permettant de filtrer les bruits sur le signal en entrée fournis par nos capteurs.
- Un deuxième passe-bas avec une fréquence de coupure de 1.6 Hz (R3,C4) couplé à l'AOP permettant de filtrer la composante du bruit à 50 Hz provenant du réseau électrique.
- En sortie de l'amplificateur, passe-bas (R6,C2) avec une fréquence de coupure de 1.6 kHz permettant de filtrer le bruit provenant du fonctionnement du LTC1050 (bruits des alimentation, de l'horloge, etc...).

La résistance R5 en entrée protège l'AOP contre les décharges électrostatiques et permet d'obtenir la conversion du signal en tension. La résistance R1 sert de résistance de shunt entre la source de courant et la masse.

Caractéristiques électriques des différents capteurs :

Valeur Poto 25000	Unité	Min compression	Au repos	Max flexion
HB	MΩ	6,27	8,99	12,6
2B	MΩ	21,2	39,3	73
3B	MΩ	4	6,97	10,5
6B	MΩ	0,472	0,583	0,691

Valeur Poto 12500	Unité	Min compression	Au repos	Max flexion
HB	MΩ	5,48	8,39	10,3
B	MΩ	65,7	102	307
2B	MΩ	20,8	32,8	51,1
3B	MΩ	3,53	6,09	8,39

Valeur Poto 125	Unité	Min compression	Au repos	Max flexion
2H	MΩ	207	258	323

Graphique des caractéristiques électriques des différents capteurs :

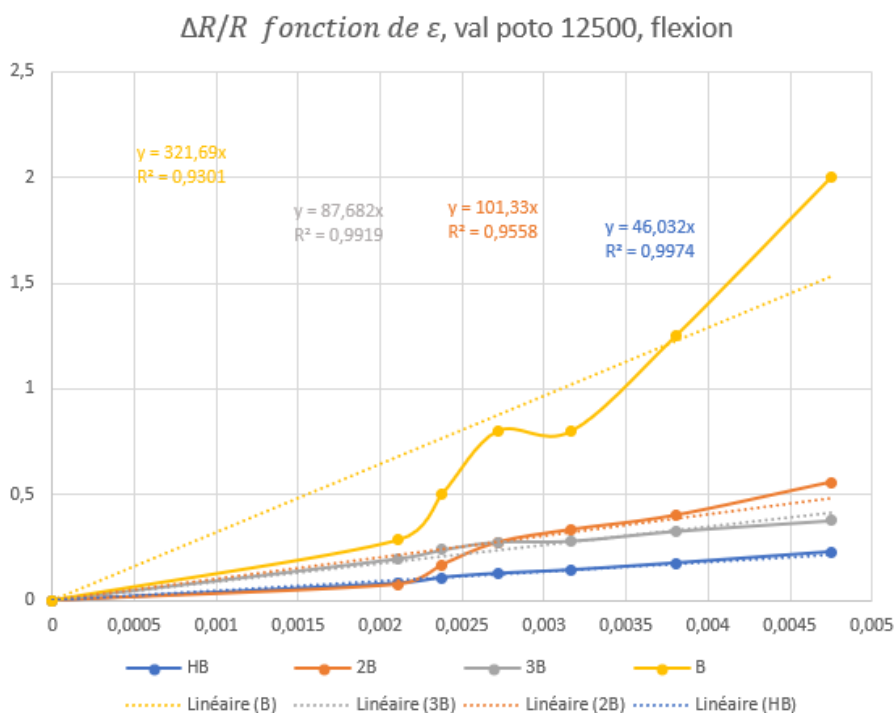


Figure 4 : graphique de la variation relative de résistance en fonction de la déformation, flexion

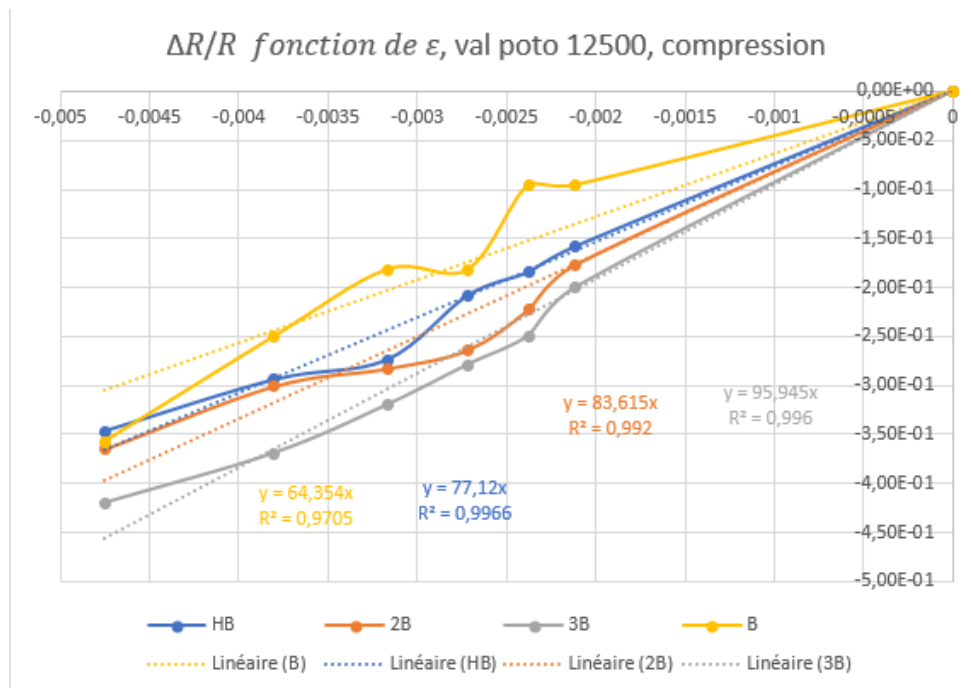


Figure 5 : graphique de la variation relative de résistance en fonction de la déformation, compression

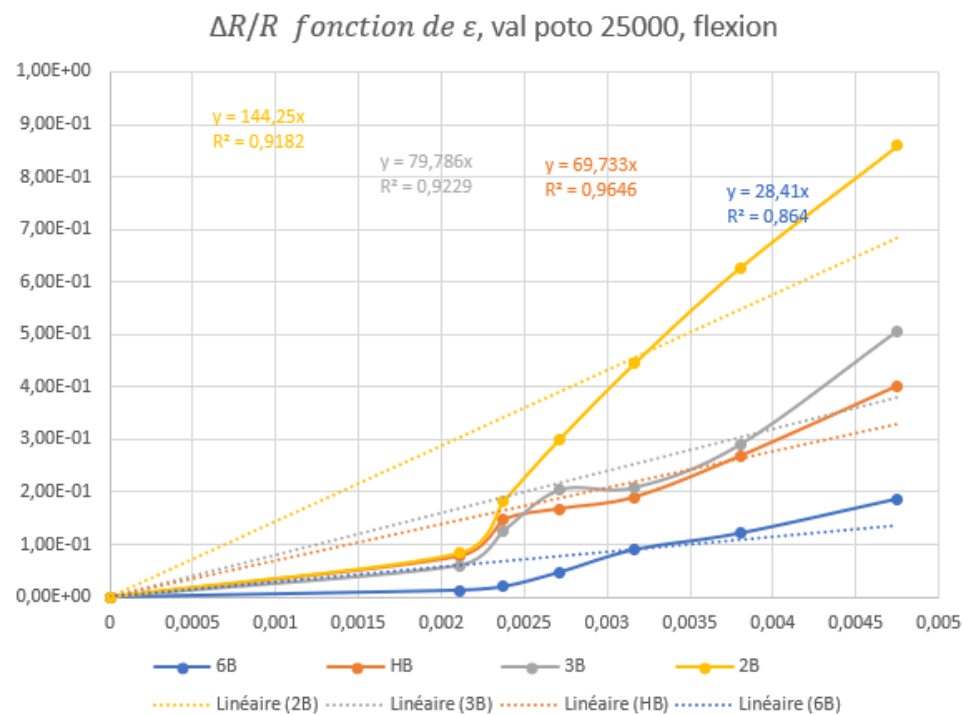


Figure 6 : graphique de la variation relative de résistance en fonction de la déformation, flexion

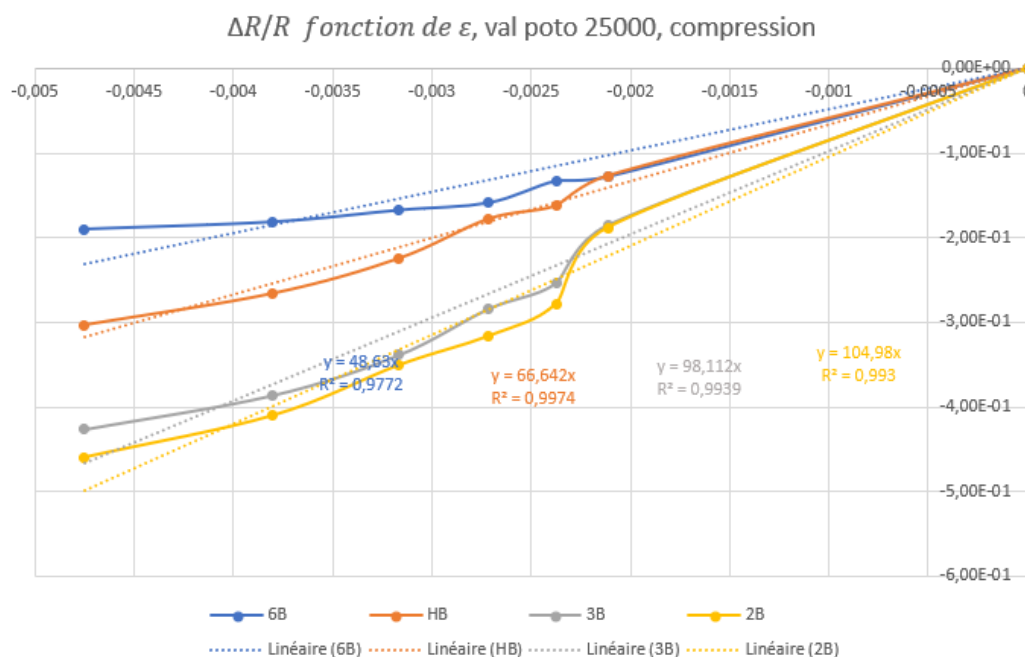


Figure 7 : graphique de la variation relative de résistance en fonction de la déformation, compression

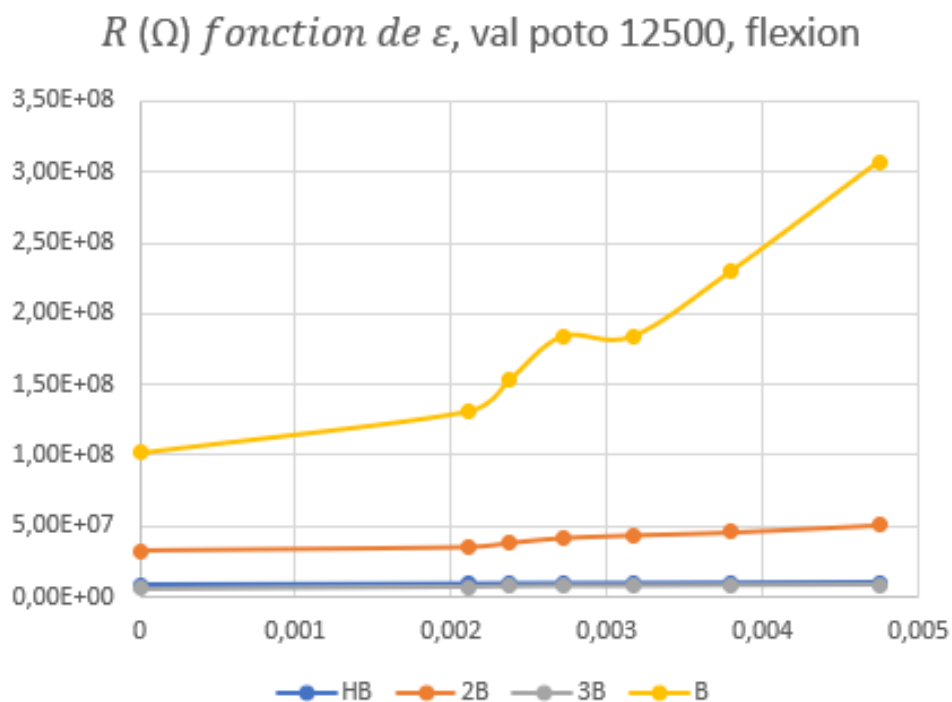


Figure 8 : graphique de la variation de résistance en fonction de la déformation, flexion

R (Ω) fonction de ε , val poto 12500, compression

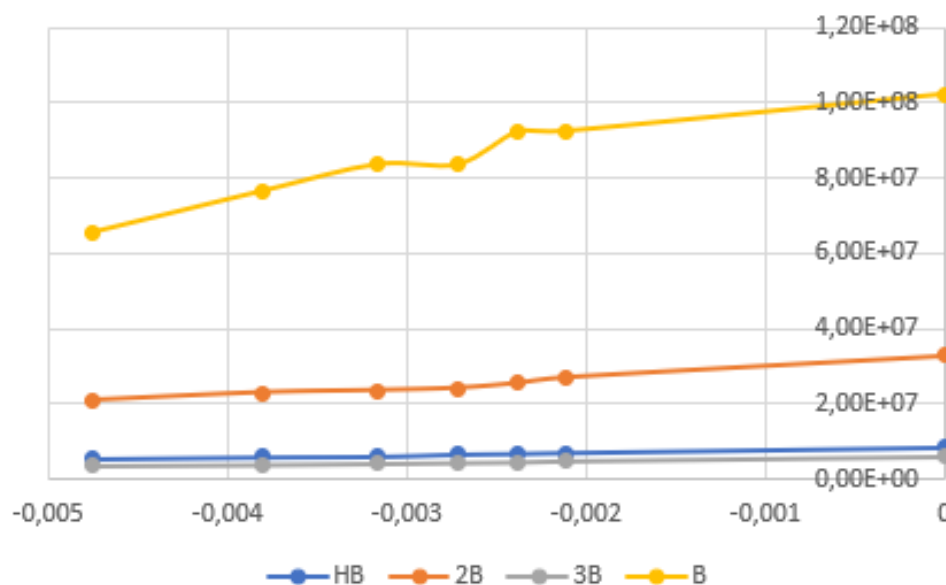


Figure 9 : graphique de la variation de résistance en fonction de la déformation, compression

R (Ω) fonction de ε , val poto 25000, flexion

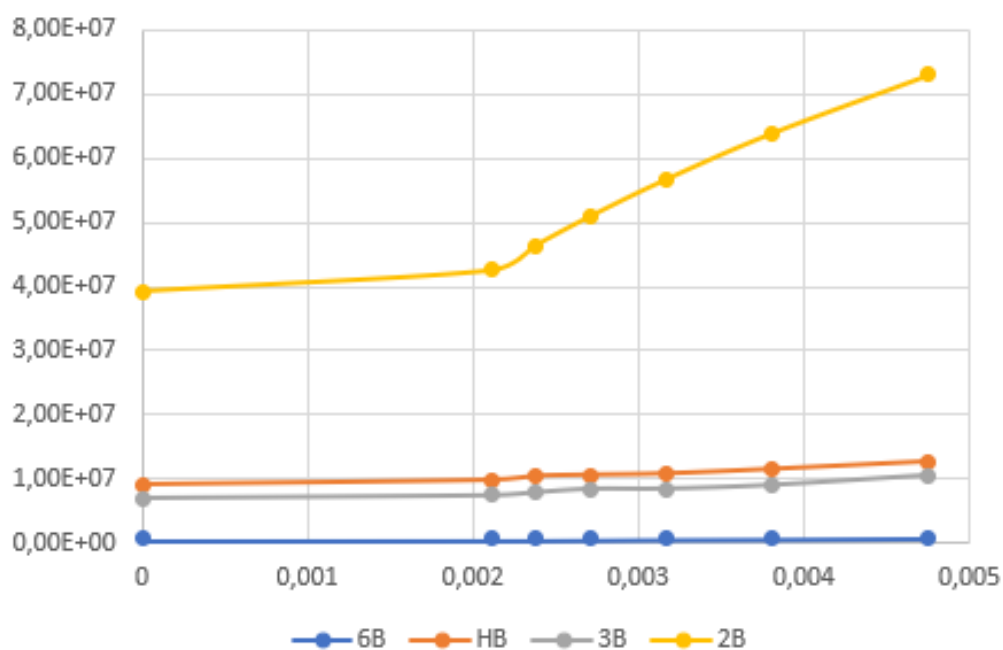


Figure 10 : graphique de la variation de résistance en fonction de la déformation, flexion

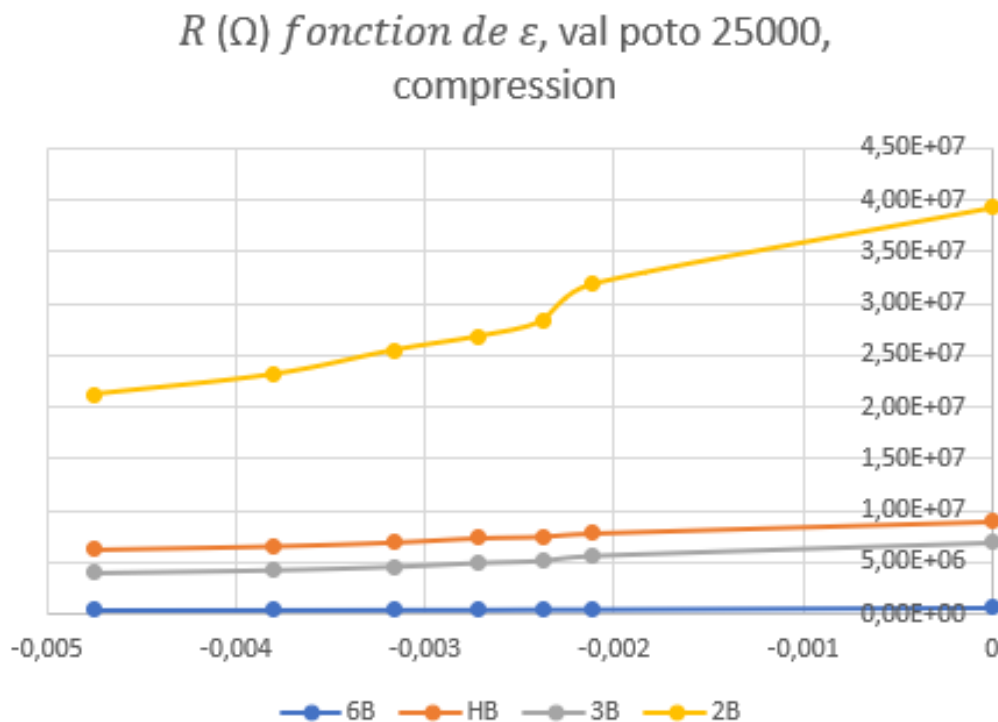


Figure 11 : graphique de la variation de résistance en fonction de la déformation, compression

Remarque : On constate sur les graphiques des valeurs de résistance que les résistances du capteur HB sont anormalement basses. La jauge utilisée a été réalisée en forçant grandement sur la mine engendrant un fort dépôt et donc une augmentation de la conductivité de la jauge.