

Soutenance orale : Du capteur au banc de test

Par Nelly SCHEIBEL et Annaëlle CORVEC

Génie Physique 4^{ème} année
Année 2020-2021

Sommaire

- I. Description générale
- II. Présentation du banc de test
- III. Problèmes rencontrés
- IV. Caractéristiques typiques
 - Résultats
 - Analyse
- V. Pistes d'améliorations

I. Description générale

- ❖ **Jauge de contrainte** : Dépôt de graphite (type 6B à 2H)
- ❖ **Support et corps d'épreuve subissant les déformations** : Feuille de papier de 0.4mm d'épaisseur
- ❖ **Proportionnalité entre déformation et variation de résistance** : Changement de conductivité des réseaux percolés
- ❖ **Mesure de la tension**, amplification, puis calcul de la valeur de la résistance de la jauge

Datasheet



Rappel des caractéristiques générales

Connexion USB (faible consommation)
Facile d'utilisation, petit et léger
Bas coût
Temps de réponse rapide
Utilisation de plusieurs types de graphite
Visualisation en temps réel des variations de résistance

I. Description générale

- ❖ **PCB shield** comprenant → Circuit transimpédance + Module bluetooth + Écran OLED
- ❖ **Code Arduino** → Contrôle de l'acquisition des mesures de contrainte + Connexion bluetooth + Affichage OLED
- ❖ **APK Android** → Affichage de la valeur de la résistance et son changement relatif


INSA
TOULOUSE

Description

This graphite sensor (developed at the National Institute of Applicate Sciences of Toulouse) is a strain gauge. It consists in applying compressive or tensile forces on a sheet of paper whither graphite has been deposited with a pencil. Pencil traces drawn on the surface are composed of ultrafine graphite particle. They shape a thin conductive film made up of a percolated lattice. Thus, under compression or traction, the lattice conductivity properties are changed and lead to a resistance variation. This variation is then measured in terms of voltage thank to the signal conditioner supplied with the graphite sensor.

The acquisition chain is also made up of a PCB connected to an Arduino card. The Arduino code allows the analog reading of the voltage its conversion to the sensor resistance. The resistance value is then displayed on an OLED screen. At the same time, it is sent to a smartphone thank to a Bluetooth connection. We can receive the sensor data on an Android Application created on MIT. It displays the ADC value and resistance values in a graph in real time. Documents about the shield are available on the sensor GIT.

GPHSTNSNR



ARDUINO



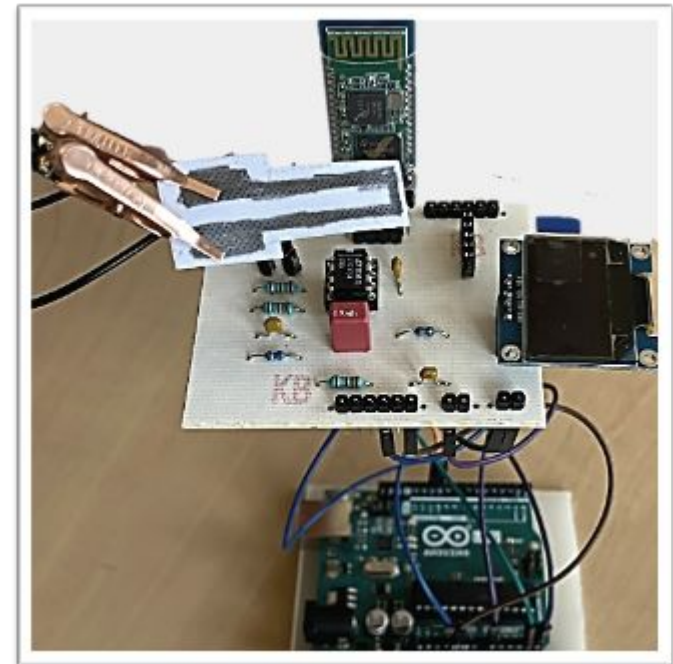
Figure 2 : Arduino card



MIT
APP INVENTOR



SCHEIBEL NELLY & CORVEE ANNAELLE 4ÈME ANNÉE GENIE PHYSIQUE INSA TOULOUSE MARS-AVRIL 2021 2



Zoom sur les ...

Spécifications



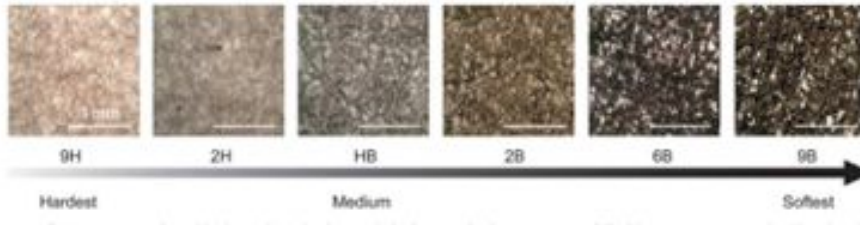
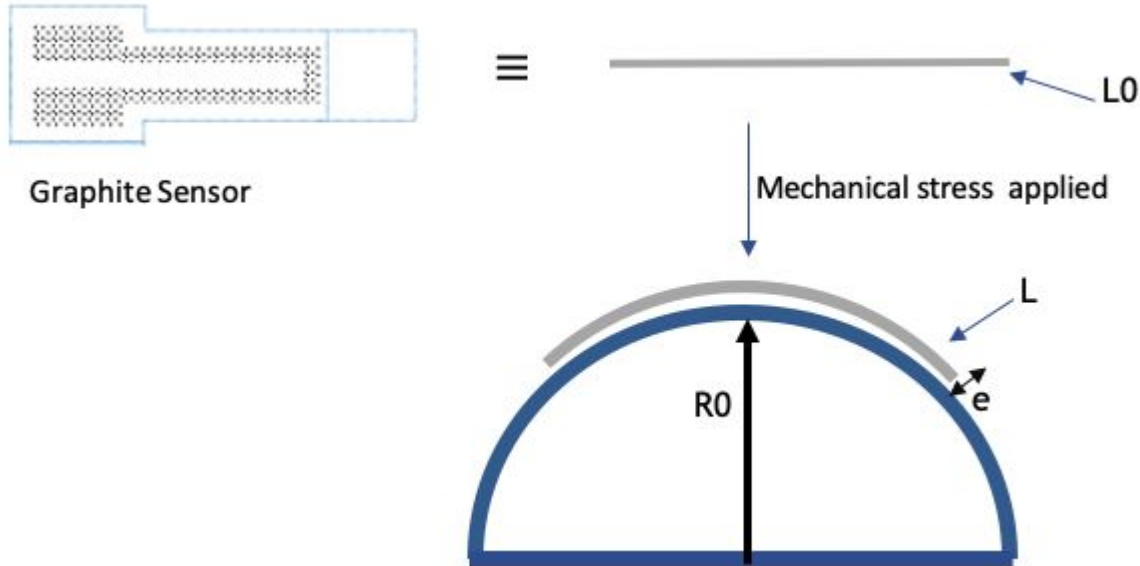
Type	Active sensor (thanks to a transimpedance amplifier circuit)
Sensing principle	<u>Strain sensor</u>
Materials	Graphite (several possibilities 6B, 3B, 2B, B, HB, 2H)
Power supply requirement	5V / USB port
Nature of output signals	Voltage
Nature of measurand	<u>Resistance Deformation</u>
Mounting	PCB shield and Arduino
Detectable Graphite	6B to HB
Typical response time	1 second

Measuring range	12.9 to 112 MΩ (depending on the graphite type)
Proof deformation	$8,00 \times 10^{-3}$ to 1.00×10^{-2}
Burst deformation	1.00×10^{-2} to 1.60×10^{-2}
Zero (<u>V_{out}</u> @0 PSI)	Depending of the Graphite (from 11.8 to 52.7 MΩ)
Linearity	Depending of the Graphite
Resolution	<u>Until +/- 0.1 MΩ</u>
Operating Temperature Range	25° C (ambient <u>temperature</u>)



Conditions standards
d'utilisation

II. Présentation du banc de test



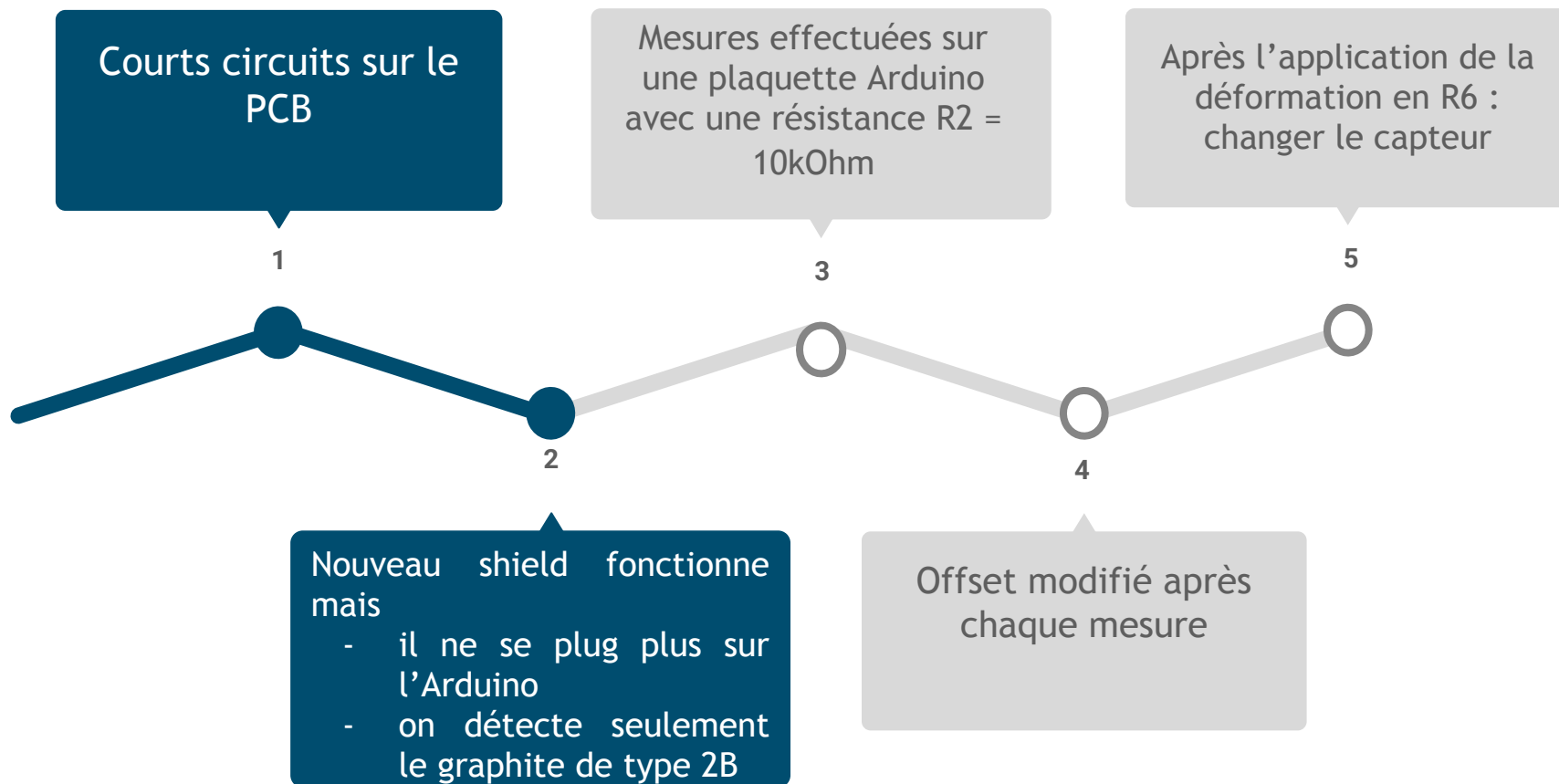
Deformation ε :

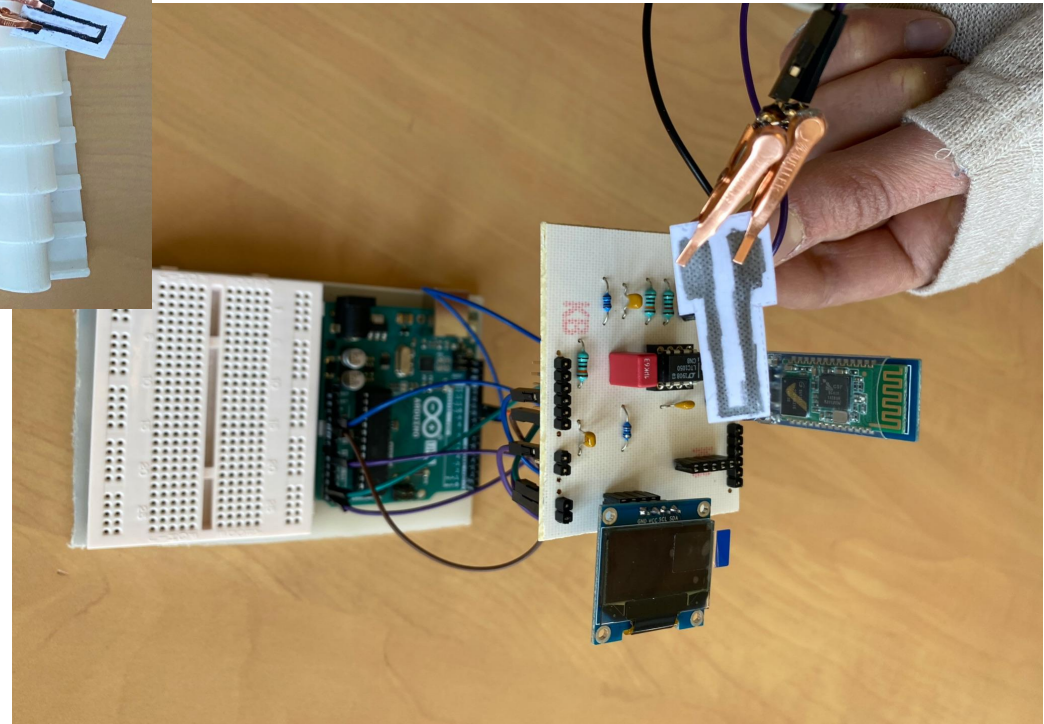
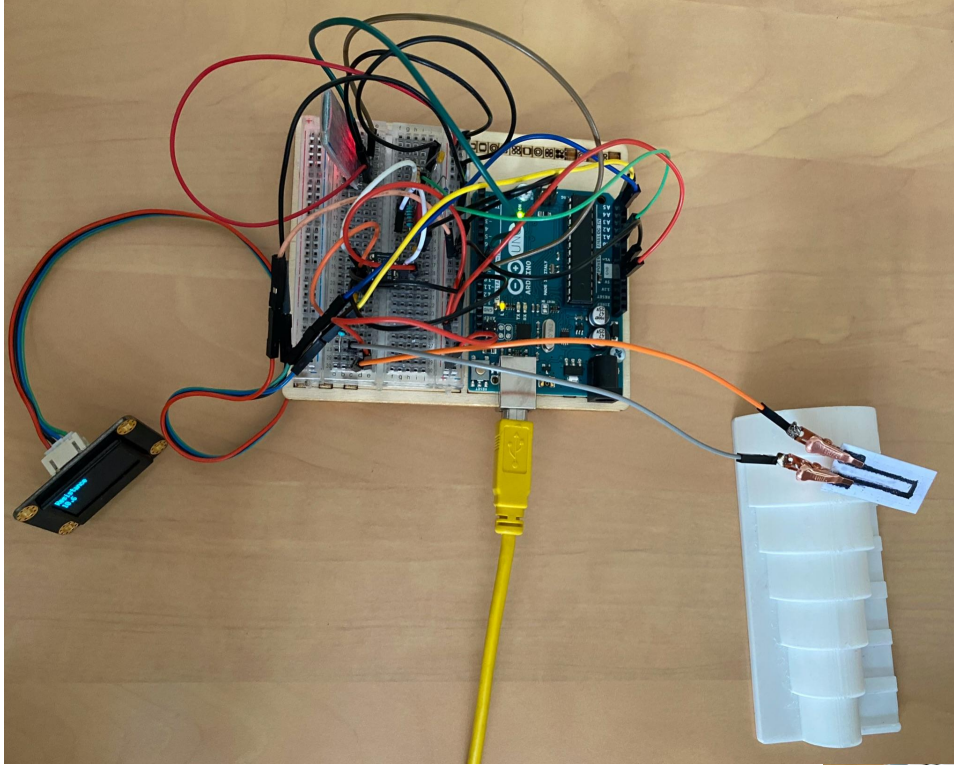
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{L - L_0}{L_0} \approx \frac{e}{2 \cdot R_0}$$

- e : sensor thickness
- R_0 : radius of curvature
- L_0 : initial length
- L : length after deformation



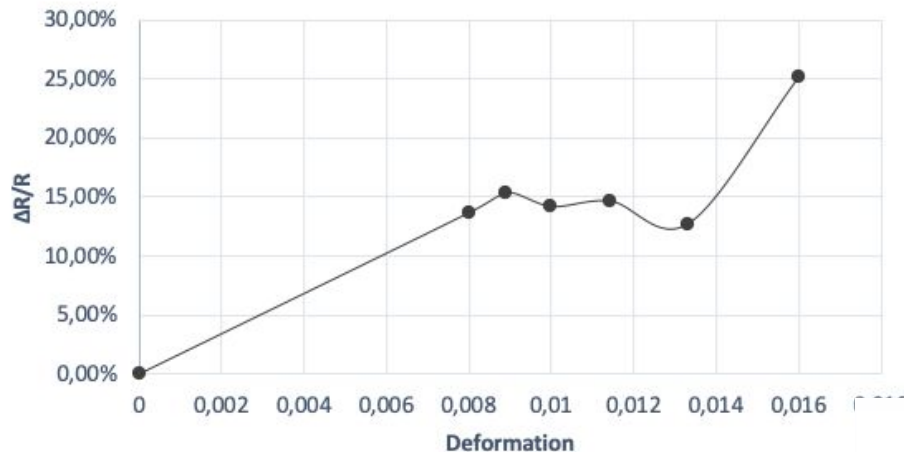
III. Problèmes rencontrés





IV. Caractéristiques typiques ➡ Résultats

GRAPHITE 6B



Mine 6B : la plus concentrée en graphite

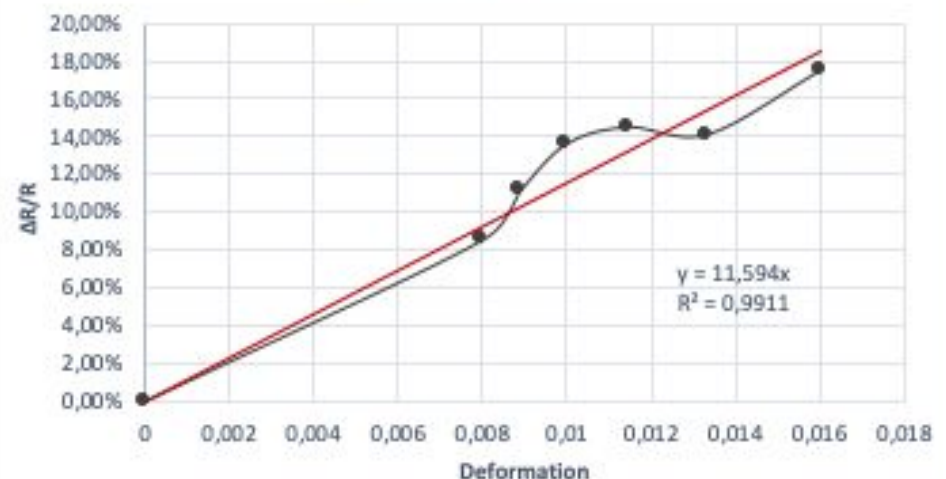
Les 5 premières déformations :
Variation relative comprise entre
13,6% et 15,3%

Mine 3B : Les meilleurs résultats

Choix d'une régression linéaire sur
l'ensemble des mesures

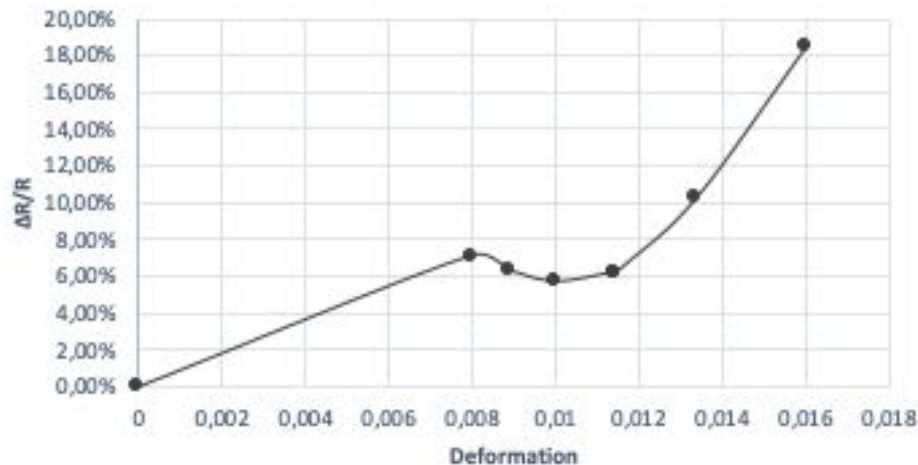
Variation relative entre 8,5% et
17,4%

GRAPHITE 3B



IV. Caractéristiques typiques ➡ Résultats

GRAPHITE 2B



Mine 2B : Légère linéarité pour les trois dernières déformations

Variation relative entre 7,1% et 18,5%

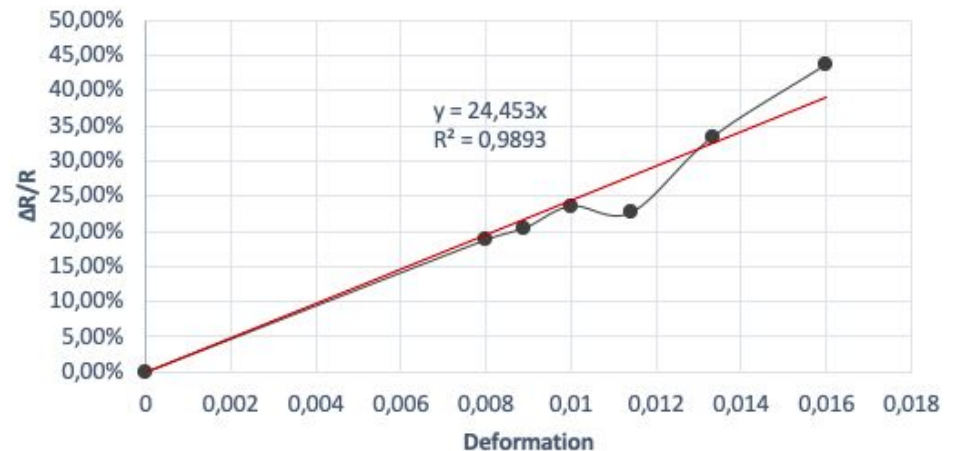


Mine B : Variation plutôt linéaire

Variation relative plus élevée :
de 18,8% à 43,7%

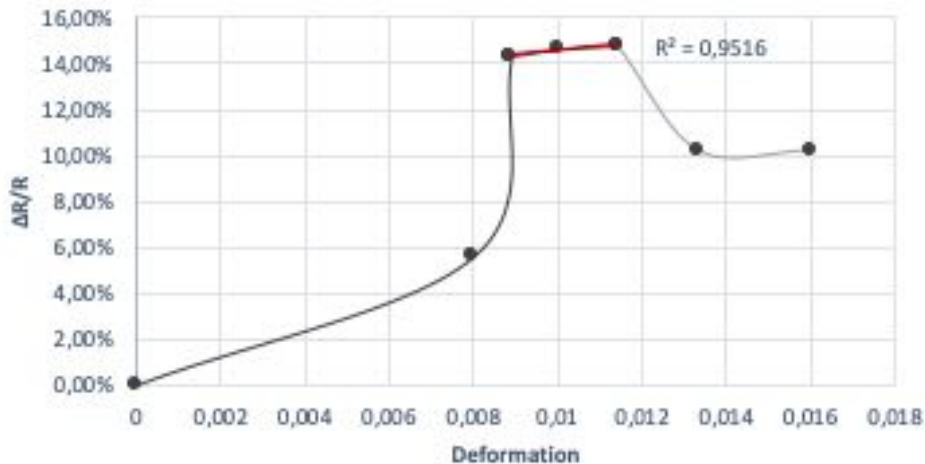


GRAPHITE B



IV. Caractéristiques typiques ➡ Résultats

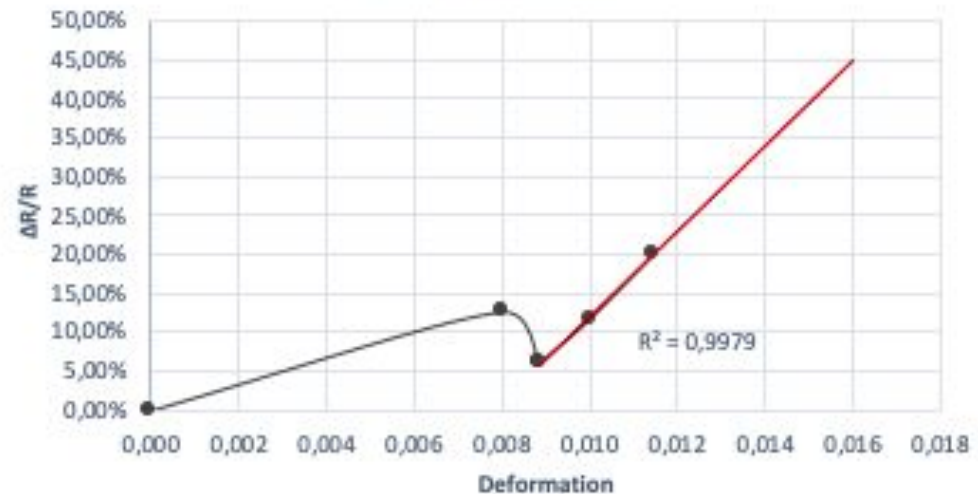
GRAPHITE HB



Mine HB : Variation relative plus faible : jusqu'à 14,8 %

- ❖ Données peu fiables
- ❖ Système plutôt instable

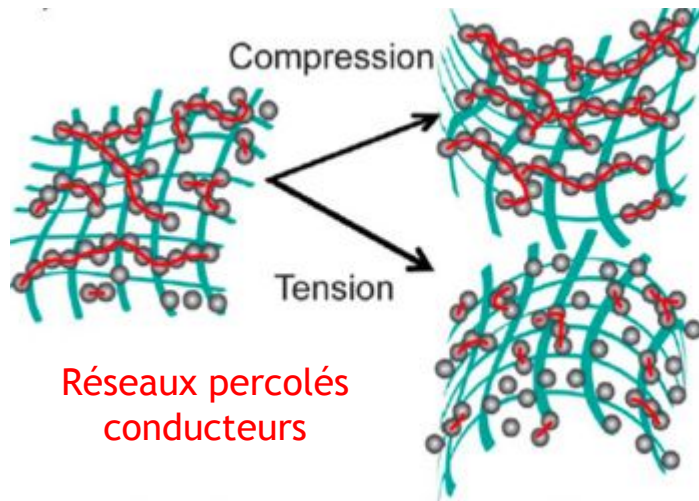
GRAPHITE 2H



Mine 2H : Mesures non fiables

- ❖ Très forte variation de la valeur de résistance
- ❖ Système Instable

IV. Caractéristiques typiques ➡ Analyse



Particules de graphites :

- ❖ Sous forme de système granulaire
- ❖ Composées essentiellement de carbone

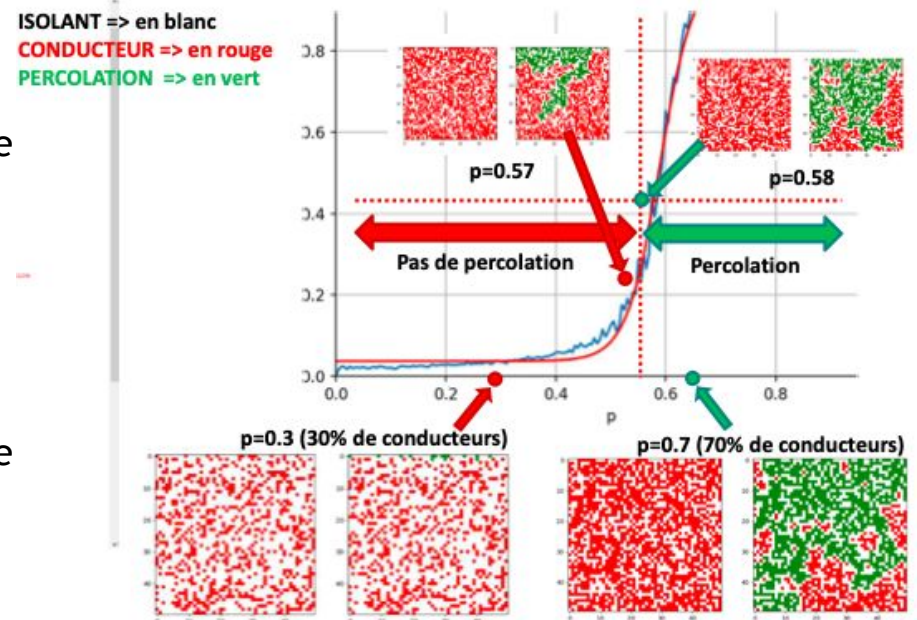
Déformation => connexion des réseaux des réseaux non connectés

Mines 6B à B : déconnexion des réseaux connectés

Seuil de percolation : probabilité à partir de laquelle on a une connexion

57% de conducteur => le film ne conduit pas
Avec 1% de plus => on a une connexion

Graphite 2H : mesures difficiles car résistance élevée (taux de carbone insuffisant)
Hypothèse : Juste au-dessus du seuil



V. Pistes d'améliorations

Amélioration du PCB



Révision de la
schématique

Amélioration des
mesures du banc de
test



Afin de diminuer les
incertitudes des
mesures dans la
datasheet

Développement du code
Arduino



Ajout de nouvelles
fonctionnalités :
Exemple : menu et
encodeur rotatoire.

V. Pistes d'améliorations

Amélioration du PCB



Pour le gain :
Souder des plots pour
positionner la résistance R2

Revoir les dimensions de piste
et de plot pour composants

$$R_c = -R_5 - R_1 + \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right) * R_1 * \frac{V_{cc}}{V_{adc}}$$

V. Pistes d'améliorations

Limite : Mesures peu répétables
et capteur fragile



Amélioration du protocole de test

Variation des propriétés
physiques des capteurs :
Concentration du dépôt de
crayon
Epaisseur de la feuille

Pose du capteur sur le banc :
→ Variation de la contrainte
pour un même rayon
→ endommagement des zones
de connexion

Automatisation de
l'application des contraintes
sur le banc dans le but
d'améliorer la répétabilité des
mesures

Merci pour votre attention