

L'objectif de ce TP est de réaliser une chaîne de mesure constituée d'un capteur de contrainte mécanique, d'un pont de Wheatstone et d'un conditionneur à base d'amplificateur opérationnel. Le travail sera réalisé en groupe avec des rôles choisis avant la séance.

**1.1.montage et description :**

Les capteurs de contrainte mécanique permettent de détecter des déformations (allongement, écrasement, torsion) et sont plutôt appelés des jauges. Par exemple, lorsque nous nous pesons sur une balance électronique, c'est une jauge de contrainte qui s'écrase.

Électriquement, il s'agit d'un fil conducteur dont la résistance électrique RFIL va augmenter ou diminuer avec la contrainte mécanique :

$$R_{FIL} = R_0 + \Delta R_{FIL}$$

Dans cette équation, R0 est la résistance du fil et ΔRFIL est la variation de résistance liée à la contrainte mécanique.

Le problème est qu'il est très compliqué de mesurer une variation de la grandeur électrique avec un ohmmètre quand la variation de la résistance est petite devant la résistance. Il est donc nécessaire de « conditionner » électriquement la résistance pour permettre la détection de la contrainte mécanique.

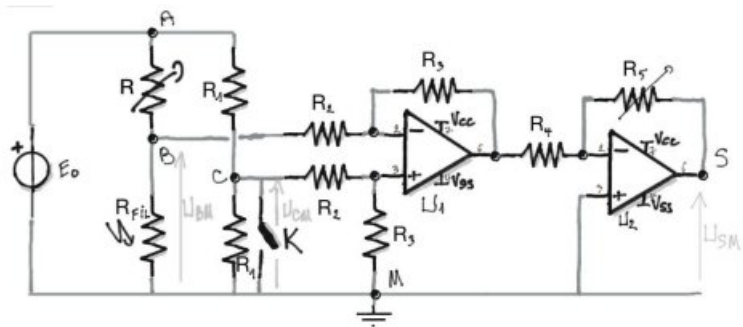
**1.2.Schéma complet :**

Sur la partie gauche :

- Source de tension idéale E0
- 4 résistances : R,R1,Rfil
- (Circuit appelé pont de weatstone)

Sur la partie droite :

- 2 amplificateurs U1 et U2

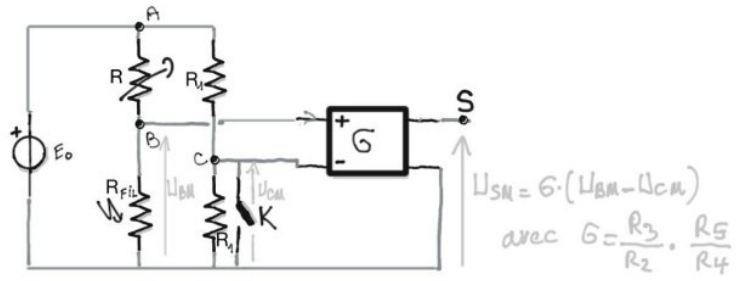


**1.3.Schéma simplifié :**

Partie gauche identique

Dans ce schéma, les montages à base d'amplificateur opérationnel ont été remplacé par une boîte noire avec les hypothèses suivantes

- Aucun courant ne circule dans les entrées + et les entrées -.
- La tension en sortie S est donnée par  $U_{SM} = G \cdot (U_{BM} - U_{CM})$  avec G le gain en tension.
- Le gain G est donné par  $G = \frac{R_3 \cdot R_5}{R_2 \cdot R_4}$ .



**1.4.Pont de weatstone et conditions :**

Le pont de Wheatstone est constitué de 2 montages potentiométriques (E0, R, RFIL et E0 et les 2 résistances de valeur R1). La tension en sortie du pont est prise entre B et C. Équilibrer un

pont, c'est choisir les résistances R, R1 telles que  $UCB = 0 \text{ V}$  quand aucune contrainte mécanique n'est appliquée au fil plastique (dans ce cas  $R_{FIL}=R_0$ ).

## 2. Mesure de la résistance linéique du fil :

On calcule la résistance d'un câble (ici d'un matériau composite, PLA) chargé en particules carbone) ce calcul avec l'équation suivante :

$$R_{fil} = P.L/S$$

### 2.1. Objectifs de manipulation :

L'objectif est de produire un graphique montrant :

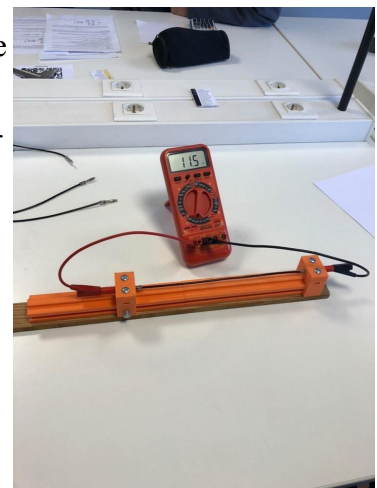
- Les mesures de la résistance R du fils en fonction de sa longueur L.
- l'équation précédente représentée par une droite sur ce graphique.

La pente de la droite doit vous permettre d'estimer la résistance linéique du fil.

### 2.2. Protocole de manipulation :

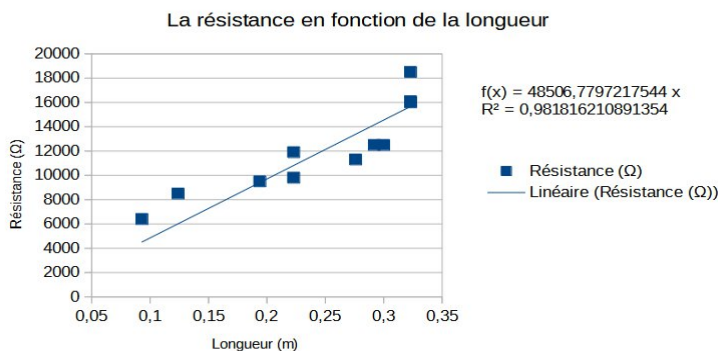
On mesure chaque câbles un par un puis on les installe sur le rail qu'on utilise pour tendre le fil.

On branche les deux bornes du rail aux bornes  $V\Omega$  et COM. Du multimètre on en règle ensuite le calibre jusqu'à obtenir le plus petit possible tout en restant supérieur à la valeur mesuré.



### 2.3. Résultats et graphiques :

	A	B	C	D	E	F
1	Longueur (m)	Résistance ( $\Omega$ )				
2	0,093	6400				
3	0,124	8500				
4	0,194	9500				
5	0,223	11900				
6	0,223	9800				
7	0,276	11300				
8	0,292	12500				
9	0,3	12500				
10	0,323	16000				
11	0,323	16100				
12	0,323	18500				

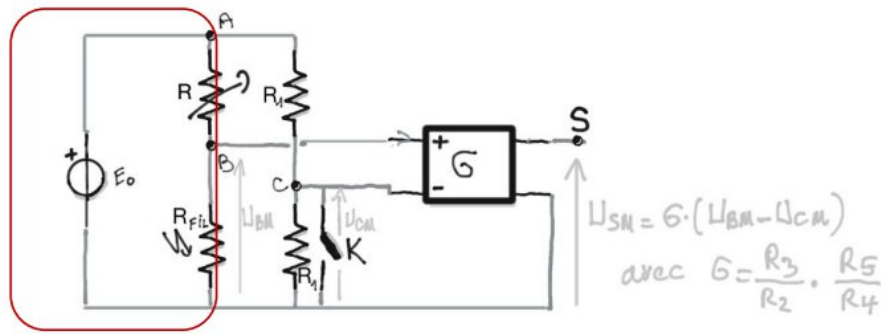


Les résultats obtenues en théorie étant de 29 500 ohm par mètre il diffère fortement de ceux de la courbe (48 500 $\Omega$ /m) en effet, l'imprécision de la partie théorique est importante due au fait qu'elle a été réalisée qu'avec deux mesures et non une série de ces dernières.

### 3. Pont diviseur de tension :

Un pont diviseur de tension (ou montage potentiométrique) est un montage souvent utilisé pour passer

d'une variation de résistance à une variation de tension, suivant les matériaux et leurs utilisations il permet de détecter une variation (température ; fil de platine, mouvement).



Dans le schéma ci-dessus, la tension  $U_{BM}$  aux bornes du fil est reliée à la tension  $E_0$  par :

$$U_{BM} = \frac{R_{FIL}}{R_{FIL} + R} \cdot E_0 = \frac{R_{FIL}/R}{R_{FIL}/R + 1} \cdot E_0$$

### 3.1. Objectif de manipulation :

L'objectif de cette partie est de vérifier l'équation ci-dessus. Pour cela, il faudra produire un graphique indiquant :

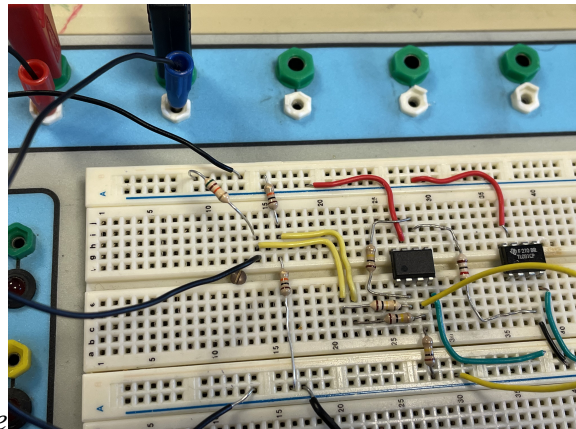
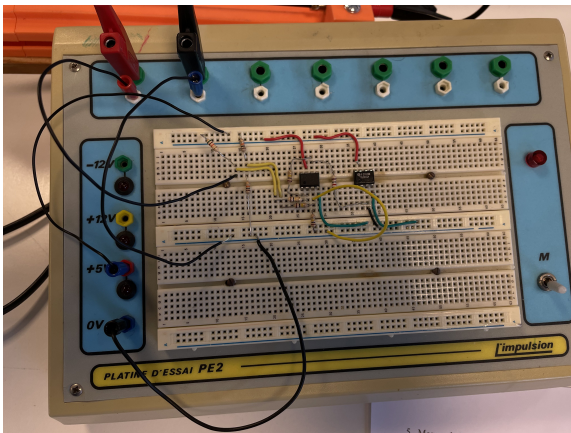
- les mesures de  $U_{BM}$  en fonction de  $R_{FIL}/R$  avec des points.
- une courbe correspond à la théorie donnée par l'équation ci-dessus.

Avec ce graphique, la mesure de  $U_{BM}$  sur une résistance  $R_{FIL}$  inconnue permet d'estimer  $R_{FIL}/R$  par lecture de l'axe des abscisses.

### 3.2. Protocole de manipulation :

Dans un premier temps on fait varier uniquement  $R$  ( de 470 à 500K $\Omega$ ). On mesure la tension  $U_{bm}$  à l'aide du multimètre en mode voltmètre (borne + sur  $V\Omega$  et borne - sur COM.).

On règle le calibre du voltmètre sur 20 dans un premier temps puis 2 quand  $U_{bm}$  passe sous 2V (à partir de  $R=33K\Omega$ ).

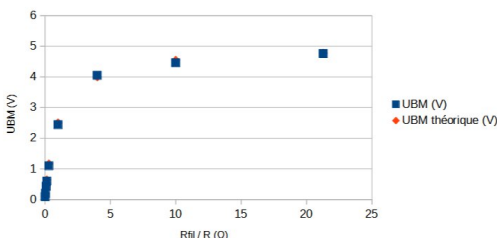


Point B

Image de la situation expérimentale.

A	B	C	D	E	F
$R_{\text{fil}} (\Omega)$	$R (\Omega)$	$R_{\text{fil}}/R (0)$	$U_{\text{bm}} (V)$	$E_0 (V)$	$U_{\text{bm}} \text{ théorique } (V)$
10000	470	21,2765957446808	4,76	5	4,775491881566
10000	1000	10	4,46	5	4,54545454545456
10000	2500	4	4,05	5	4
10000	10000	1	2,44	5	2,5
10000	33000	0,303030303030303	1,1	5	1,1627906976744
10000	68000	0,147058823529412	0,6	5	0,6410256410256
10000	100000	0,1	0,43	5	0,454545454545455
10000	250000	0,04	0,2	5	0,1923076923077
10000	470000	0,021276595744681	0,09	5	0,1041666666667

La tension  $U_{BM}$  en fonction de  $R_{fil} / R$



### 3.3. Résultats et graphiques :

7/  $U_{bm} = 0$  pour  $R_{fil}/R \rightarrow +\infty$  et pour  $U_{bm} = E_0/2$  il faut que  $R_{fil}/R = 1$

10/ Mesure de  $U_{bm}$  par le métrologue :  $U_{bm} = 2,67V$

11/ Calcul de  $R_{fil}$  par le théoricien : 10 000  $\Omega$

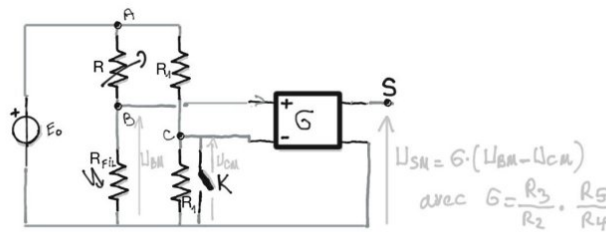
12/ En appuyant on passe de 2,67V à 2,90V donc c'est significatif mais petit devant les variations que l'on peut obtenir en faisant varier R.

#### **4.Mesure de la contrainte par le pont diviseur de tension avec amplificateurs :**

Lorsqu'un pont diviseur de tension est utilisé comme premier étage d'un conditionneur dans une chaîne de mesure avec des amplificateurs, il peut être montré que la configuration est optimale pour  $R=R_0$ . On peut écrire, dans le cas où une contrainte mécanique est appliquée sur le fil :

$$U_{BM} = \frac{E_0}{2} + \frac{E_0}{2} \cdot \frac{\Delta R_{FIL}}{R_0}$$

Comme  $\Delta R_{FIL} \ll R_0$ , une amplification des variations de tension est nécessaire pour pouvoir être mesurée à l'aide d'un voltmètre. Pour cela nous utilisons deux montages amplificateurs à base d'amplificateurs opérationnels qui se comporte comme additionneur-soustracteur de tension et amplificateur :



Pour étudier le potentiométrique seul, être fermé, ce qui rend l'additionneur-conditions, la tension amplificateurs vaut  $U_{SM} = G \cdot U_{BM}$ . Le gain G en tension est ajustable via la résistance R5 et vaut  $G = R_3 \cdot R_5 / (R_2 \cdot R_4)$ .

montage l'interrupteur K doit inopérant soustracteur. Dans ces  $U_{SM}$  en sortie des

#### **4.1.Objectifs des manipulations :**

L'objectif de cette partie est de :

- mesurer  $U_{SM}$  en fonction de  $U_{BM}$  pour  $G = 5$ ,
- réaliser un graphique montrant l'évolution expérimentale de  $U_{SM}$  en fonction de  $U_{BM}$ ,
- estimer s'il est possible de détecter une contrainte sur un fil « conducteur ».

#### **4.2.Protocole de manipulation**