

COMPTE RENDU DU TP 1 :

Capteurs résistifs

Responsable : Pr. A.MOUHSEN

Réalise par :

- ☐ **DARIB ABDEL HAMID**
- ☐
- ☐
- ☐

I- But de la manipulation :

Le but de cette manipulation consiste à étudier la mesure de position linéaire ou angulaire pour les capteurs à résistances ainsi que l'application et l'étude du pont de Wheatstone et de quelques méthodes de compensation de grandeurs d'influence.

II- Partie théorique :

a- Potentiomètres :

Un potentiomètre est un type de résistance à 3 bornes, dont une est reliée à un curseur se déplaçant sur une piste résistante terminée par les deux autres bornes. Il permet la variation d'une résistance et est souvent utilisé pour faire varier une tension dans un circuit électronique, il présente donc une résistance fixe et une résistance variable mécaniquement.

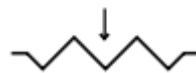


On peut trouver différents symboles de potentiomètre :

- Symbole américain :



- Symbole européen :



Il existe différents types de potentiomètres, on peut citer :

1- Les potentiomètres bobinés :

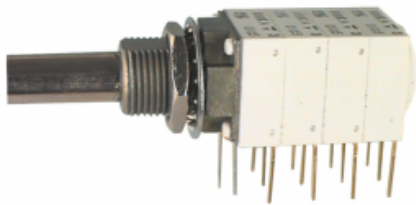
Comme son nom l'indique, il est constitué d'une bobine sur laquelle va venir se déplacer le curseur afin de varier la valeur ohmique. Le curseur correspond au niveau du symbole à la flèche pointant sur le corps de la résistance interne fixe.



Ce type de potentiomètre est utilisé quand la puissance qu'il doit dissiper est importante, et il est déconseillé en HF.

2- Les potentiomètres à piste :

Il existe deux types : à piste Carbone et à piste Cermet. Les premiers sont de moins bonne qualité mais son très bon marché. Ils conviennent très bien pour des réalisations où le nombre de manœuvres est réduit, et ils permettent d'avoir une valeur du bruit très faible. Les deuxièmes sont préférés par les réalisations professionnelles, leurs avantages sont le faible encombrement et la faible variation de la résistance de contact et leur inconvénient c'est leur prix cher.

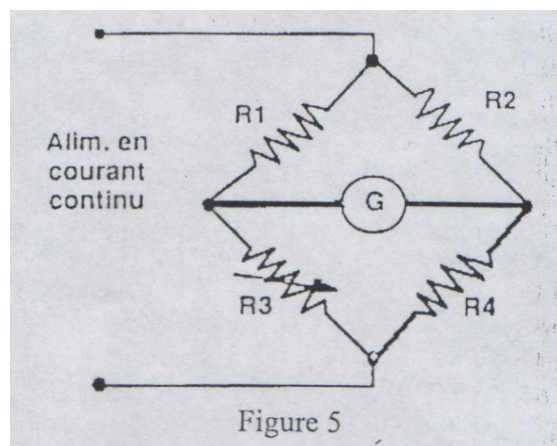


Potentiomètre à piste Cermet



Potentiomètre à piste Carbone

Application du pont de Wheatstone :



La figure 5 présente un circuit élémentaire a pont de Wheatstone, constitué de 4 résistances et d'un galvanomètre. Le circuit est alimenté par une source de courant continue.

- R_1 , R_2 et R_3 sont des résistances à tolérance faibles (précis).
- La résistance R_3 est variable et calibrée sur toute sa plage.
- La résistance R_4 est la résistance inconnue (capteur) dont on mesure sa valeur.

Pendant la mesure, on règle R_3 jusqu'à ce que le courant ne passe plus dans le circuit du galvanomètre, c'est-à-dire que celui-ci affiche une intensité nulle. Dans ces conditions, le pont est dit « équilibré ». D'où le terme « équilibre à zéro ».

A partir des valeurs connues de R_1 , R_2 et R_3 en équilibre, on peut calculer la valeur de R_4 de la manière suivante: $R_1 \times R_4 = R_2 \times R_3$

III- Etude de la mesure de position linéaire ou angulaire pour les capteurs à résistance :

A- Variation de la tension de sortie avec réglage d'un capteur de position à résistance :

1- Résistance à piste de carbone 100 K Ω :

a- Montage sur la maquette :

On connecte le circuit comme indiqué à la figure I.1 en employant uniquement la résistance 100 k et le voltmètre numérique branché sur la fiche de sortie B.

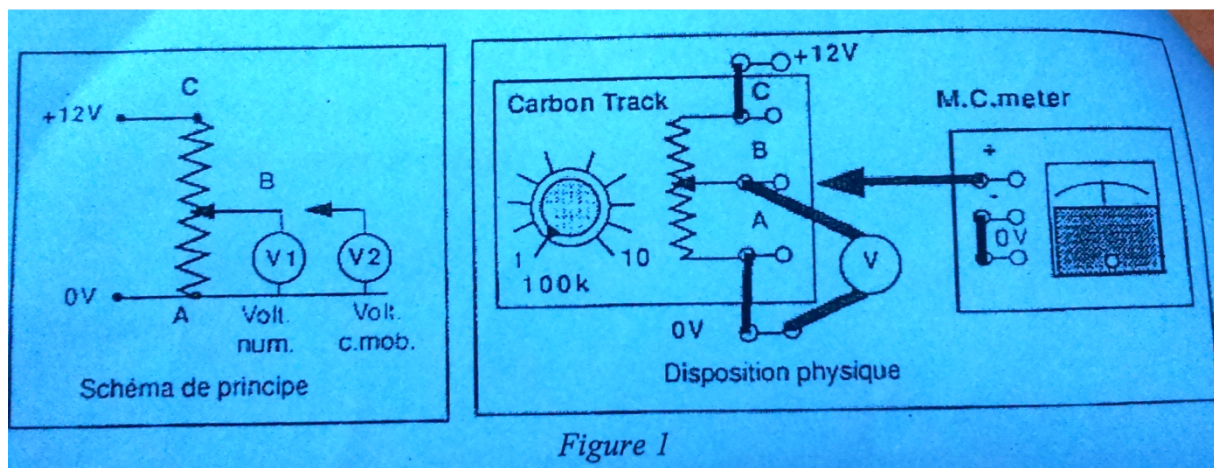


Figure I.1

Avant de mettre le ban sous tension, on règle la commande de la résistance sur 1, comme indiqué dans la figure puis on note la tension de sortie selon les cas suivants :

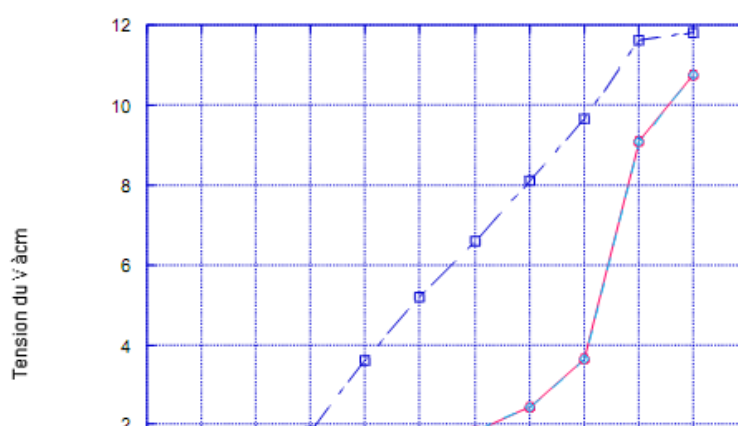
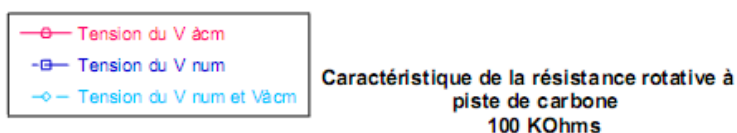
- Le voltmètre numérique étant seul connecté ;
- Le voltmètre à cadre mobile étant seul connecté ;
- Les deux voltmètres étant connectés simultanément.

On note les valeurs dans la table 1 et on répète la procédure pour chaque réglage de la commande, de 2 à 10.

Résistance à piste de carbone 100 KΩ	Réglage de commande			1	2	3	4	5
	Tension de sortie	Volt.numérique		0	0,194	1,83	3,6	5,18
		Volt. Cadre mobile		0	0,151	0,734	1,092	1,43
		Num & Cadre mob	Num	0	0,151	0,734	1,092	1,43
			C.Mob	0	0,151	0,734	1,092	1,43

Résistance à piste de carbone 100 KΩ	Réglage de commande			6	7	8	9	10
	Tension de sortie	Volt.numérique		6,61	8,09	9,66	11,61	11,8
		Volt. Cadre mobile		1,816	2,443	3,64	9,09	10,74
		Num & Cadre mob	Num	1,816	2,443	3,64	9,09	10,74
			C.Mob	1,816	2,443	3,64	9,09	10,74

b- Etude des résultats :



Interprétation des résultats obtenus :

- Lorsqu'on connecte les deux voltmètres numérique et à cadre mobile simultanément, les résultats sont sensiblement les mêmes et correspondent à ceux obtenus avec le voltmètre à cadre mobile connecté seul. Et quand on connecte le voltmètre numérique seulement, on constate que les valeurs des tensions de sortie sont plus grandes que celles obtenues avec le voltmètre à cadre mobile. On peut conclure que la différence est due au fait que la résistance interne du voltmètre numérique est plus grande que celle du voltmètre à cadre mobile.
- Lorsqu'on monte les deux voltmètres simultanément, ces derniers sont montés en parallèle, alors la résistance équivalente des deux résistances internes des voltmètres est :

$$R_{EQ} = R_N // R_{CM} = \frac{R_N \cdot R_{CM}}{R_N + R_{CM}}$$

Et puisque $R_N \gg R_{CM}$, alors : $R_{EQ} = R_{CM}$

Et c'est pour cette raison, que la valeur de la tension de sortie obtenue avec les deux voltmètres branchés simultanément correspond à celle avec le voltmètre à cadre mobile connecté seul.

Calcul des résistances internes :

On désigne par R_v la résistance interne du voltmètre, R_t la résistance totale, E_g l'alimentation et par E_s la tension de sortie.

L'expression de la tension de sortie en fonction d' E_g et des résistances :

$$E_s = \frac{\frac{R_v R}{R_v + R}}{\left(\frac{R_v R}{R_v + R}\right) + (R_t - R)} E_g$$

Après le développement, on tire l'expression de R_v :

$$R_v = \frac{E_s (R^2 - R_t R)}{E_s R_t - E_g R}$$

Résistance interne du voltmètre à cadre mobile :

On a employé l'expression précédente pour calculer la résistance interne du voltmètre à cadre mobile R_{CM} , avec :

- Pour $R = 50 \text{ K}\Omega$, $E_s = 1,48 \text{ V}$
- $R_t = 101 \text{ K}\Omega$
- $E_g = 12 \text{ V}$

$$R_{CM} = \frac{E_s (R^2 - R_t R)}{E_s R_t - E_g R}$$

Alors la valeur de R_{CM} est : **$R_{CM} = 8 \text{ K}\Omega$**

Résistance interne du voltmètre numérique :

On a employé l'expression précédente pour calculer la résistance interne du voltmètre numérique R_N , avec :

- Pour $R = 50 \text{ K}\Omega$, $E_s = 5,18 \text{ V}$
- $R_t = 101 \text{ K}\Omega$
- $E_g = 12 \text{ V}$

$$R_N = \frac{E_s(R^2 - R \cdot R_t)}{E_s R_t - E_g R}$$

Alors la valeur de R_N est : **$R_N = 0,172 \text{ M}\Omega$**

conclusion

Donc, on voit bien que la résistance interne du voltmètre numérique par rapport à la résistance interne du voltmètre à cadre mobile !

2- Résistance bobinée $10 \text{ K}\Omega$:

a- Montage de la maquette :

On réalisera le même montage qu'avec la résistance rotative à piste de carbone. Et on prend nos valeurs.

Résistance Bobinée 10 KΩ	Réglage de commande				1	2	3	4	5
	Tension De Sortie	Volt.numérique			0,2	0,786	2,13	3,79	5,11
		Volt. Cadre mobile			0,1	0,678	1,72	2,9	3,82
		Num & Cadre mob	Num	0,1	0,678	1,72	2,9	3,82	
			C.Mob	0,1	0,678	1,72	2,9	3,82	

Résistance Bobinée 10 KΩ	Réglage de commande			6	7	8	9	10
	Tension De sortie	Volt.numérique		6,62	8,07	9,6	11,07	11,8
		Volt. Cadre mobile		4,97	6,19	7,74	9,62	10,74
		Num & Cadre mob	Num	4,97	6,19	7,74	9,62	10,74
			C.Mob	4,97	6,19	7,74	9,62	10,74

b- Etude des résultats :

On constate que les valeurs des tensions de sortie prélevées à l'aide du voltmètre numérique sont proches de celles prélevées à l'aide du voltmètre à cadre mobile, c'est parce que la valeur de la résistance interne du voltmètre à cadre mobile est proche de la valeur la résistance bobinée $10\text{ k}\Omega$.

B- Effet de la mise en charge d'un circuit sur la tension de sortie pour un capteur de position à résistance :

On connecte le circuit comme indiqué à la figure 2.II, le voltmètre numérique est branché mais la résistance $100\text{ k}\Omega$ est débranchée du circuit. De la sorte, dans le montage, le capteur de position à résistance n'est pas en charge.

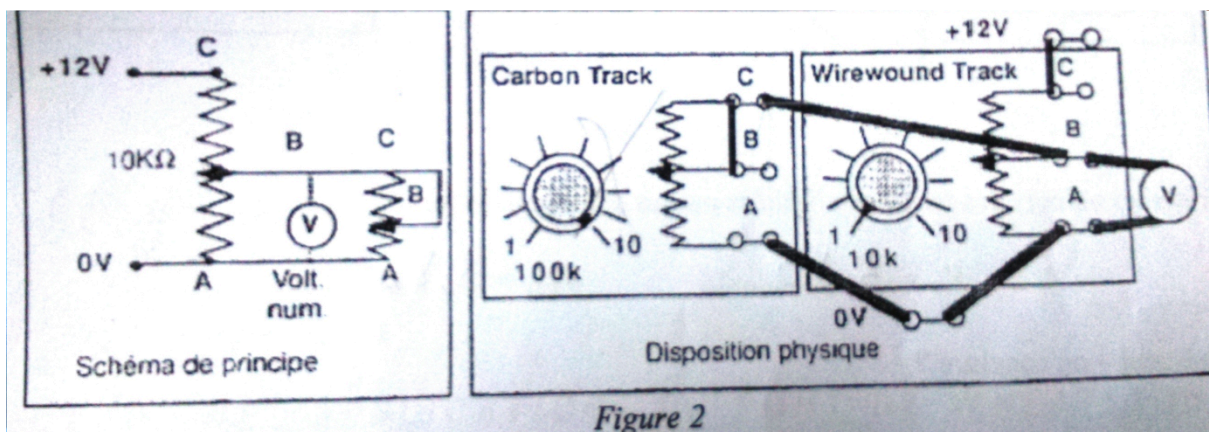


Figure 2

On met le circuit sous tension et on règle la commande rotative de la résistance $10\text{K}\Omega$ de façon à obtenir une tension de sortie de 6V (on ne modifie pas le réglage durant l'exercice).

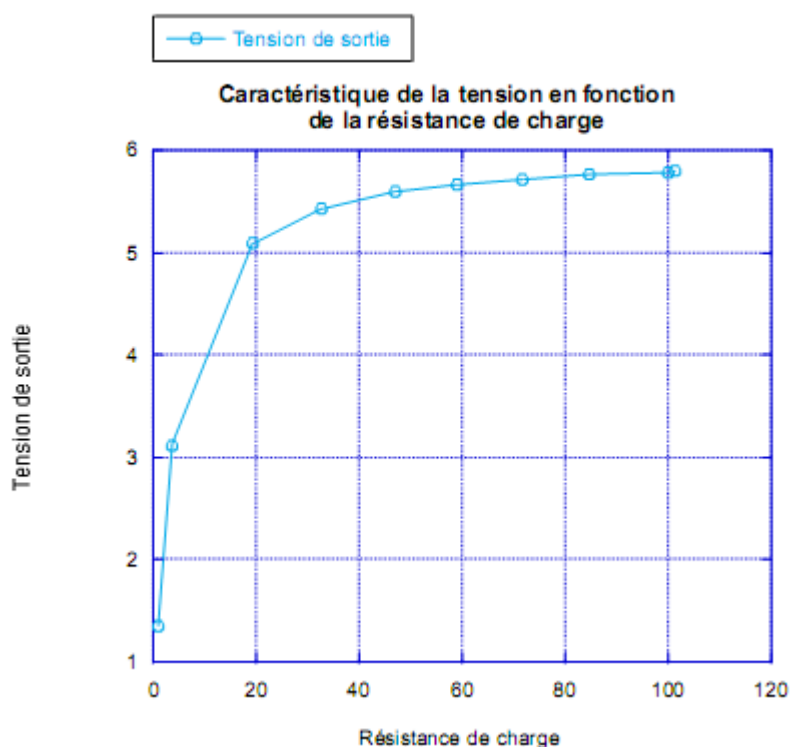
On règle sur 10 la résistance de $100\text{K}\Omega$ et on connecte comme indiqué sur la figure 2.II. Le tableau ci-dessous présente la tension de sortie en diminuant par étape le réglage de la résistance de $100\text{K}\Omega$.

Réglage 100 K	c.o	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tension de sortie (V)	6	5,8	5,79	5,76	5,72	5,66	5,59	5,43	5,1	3,12	1,35
Résistance de charge	∞	101,2	99,9	84,8	71,7	59,1	47	32,7	19,4	3,6	0,9

On déconnecte la résistance $100\text{K}\Omega$ et on branche le voltmètre à cadre mobile comme charge, alors la valeur obtenue par le voltmètre numérique est :

$$V_N = 4,48\text{ V}$$

On représente les résultats sous forme de courbe, puis on relève la valeur de la résistance interne du voltmètre à cadre mobile.



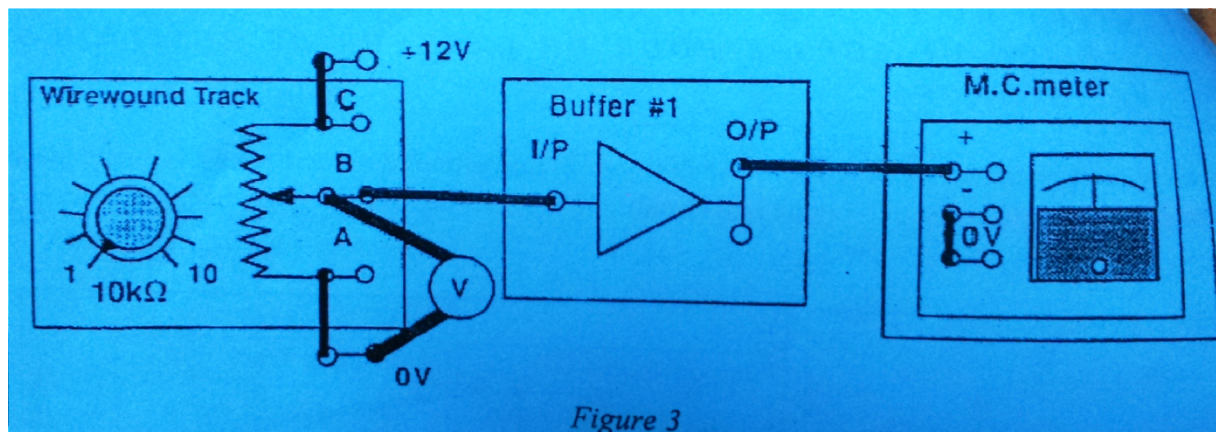
A partir de la courbe La valeur affichée sur le voltmètre numérique après débranchement de la résistance 100 k ohm et branchement du voltmètre à cadre mobile est $V_N = 4,48 \text{ V}$.

En retournant au tableau, cette la valeur qui correspond à 4,48 V est comprise entre 19,4 K Ω et 3,6 K Ω .

D'après la courbe on voit bien que la valeur qui correspond à 4,48 V est $R = 18 \text{ K}\Omega$.

La différence entre cette valeur et la valeur déterminée auparavant, est due aux erreurs qui proviennent de la résistance à piste de carbone.

Puis, on réalise la figure suivante sur la maquette :



Les tensions affichées par les deux voltmètres sont :

$$V_N = 5,79 \text{ V} \quad V_{CM} = 5,79 \text{ V}$$

On remarque bien que les deux tensions sont égales et ceci est bien évident, parce qu'on a introduit un adaptateur de charge qui élimine la chute de tension.

On peut conclure que pour avoir la même valeur de tension sur le voltmètre numérique et le voltmètre à cadre mobile, il faut introduire un adaptateur de charge qui assure cette tâche.

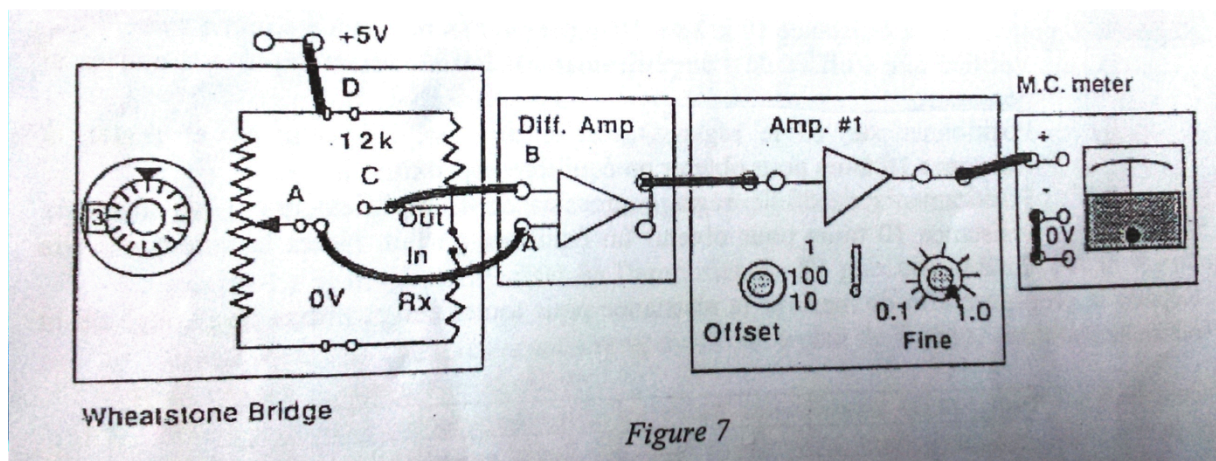
IV- Etude des applications du pont de Wheatstone et de la méthode de compensation :

A- Mesure de résistance au moyen d'un circuit de pont de Wheatstone :

1- Montage :

Ce qui est important dans ce montage est le réglage de l'offset, on installe la configuration d'amplification et de mesure du galvanomètre sensible de façon à ce que, en condition d'amplification maximale, une entrée à zéro produise une sortie à zéro.

On connecte le voltmètre et les amplificateurs, en court-circuitant les entrées + et – de l'amplificateur différentiel au moyen d'un conducteur de manière à avoir une entrée nulle. On positionne le réglage grossier de gain de l'AOP #1, et pour le réglage de l'offset du voltmètre à cadre mobile, on règle d'abord sur 10 puis sur 100 jusqu'à obtention d'une sortie parfaitement nulle.



2- Mesure des résistances :

a- Résistance inconnue :

- On positionne sur 1N le commutateur du circuit à pont de Wheatstone pour mettre en circuit la résistance inconnue, puis on positionner le réglage grossier de l'amplificateur #1 sur 10 avant de connecter le circuit comme indiqué dans la figure.
- On règle la commande de la résistance 10 tours de manière à ce que le voltmètre à cadre mobile affiche approximativement zéro. On positionne ensuite le réglage grossier sur 100, puis pour calibrer le pont, on ajuste la résistance 10 tours de manière à ce que la tension soit parfaitement nulle.
- On note les valeurs des résistances R_1 , R_3 et on déduit la résistance R_4 :

$$R_1 = 10 - R_3 = 7,97 \text{ K}\Omega, \quad R_3 = 2,05 \text{ K}\Omega$$

Donc l'expression de la résistance inconnue R_4 :

$$R_4 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1} = 3,09 \text{ K}\Omega$$

b- Résistance connue (Résistance bobinée 10 K Ω) :

Pour retirer la résistance inconnue du circuit, on positionne sur OUT le commutateur du circuit à pont de Wheatstone. On raccorde les fiches A et B de la résistance bobinée 10 K Ω aux fiches C et 0V du circuit à pont de Wheatstone.

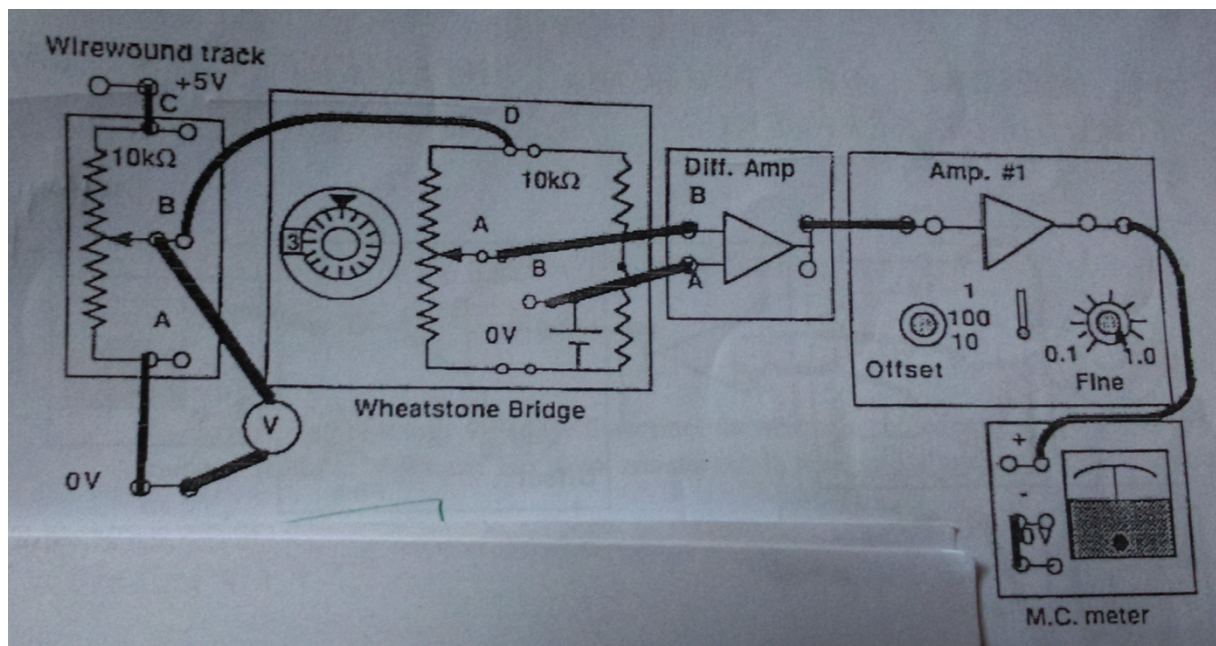
On règle la commande de la résistance de $10\text{k}\Omega$ sur 10 et on mesure sa résistance comme suit :

- On vérifie que l'offset de l'amplificateur est correctement réglé et on l'ajuste si nécessaire.
- On positionne sur 10 le réglage grossier l'amplificateur#1 et on règle la résistance 1à tours pour obtenir un équilibre approximatif.
- On positionne sur 100 le réglage grossier de l'amplificateur#1 et on règle la résistance 1à tours pour obtenir un équilibre parfait.
- On note la valeur de la résistance pour toutes les positions de réglage de la résistance bobinée $10\text{k}\Omega$ dans la Table suivante :

Réglage $10\text{ k}\Omega$	R_3	R_1	R_4
10	4,72	5,268	10,75
9	4,58	5,42	10,14
8	4,24	5,76	8,83
7	3,9	6,1	7,67
6	3,52	6,48	6,518
5	3,05	6,95	5,26
4	2,58	7,42	4,17
3	1,94	8,06	2,88
2	1,25	8,75	1,71
1	0,79	9,21	1,02

On voit bien que les valeurs de R_4 sont comprises entre $1\text{ k}\Omega$ et $11\text{ k}\Omega$.

B- Mesures de tension par les méthodes de compensation (Méthode 1) :



La résistance bobinée $10\text{k}\Omega$ est utilisée comme source de tension inconnue.

- On règle la commande d'offset de l'amplificateur#1 sur 10 puis on connecte le circuit comme indiqué à la figure 8.11
- On positionne sur OUT le commutateur du circuit à pont de Wheatstone afin de retirer la résistance R_x inconnue du circuit.
- On positionne le réglage grossier de gain de l'amplificateur#1 sur 10 et on règle la sortie de la résistance bobinée $10\text{k}\Omega$ sur 4V au voltmètre numérique, ceci représentant la tension inconnue.

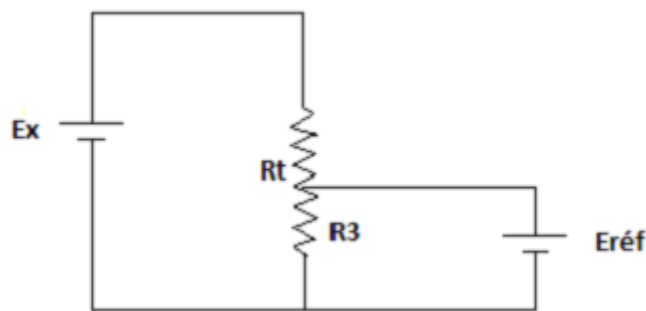
On règle la résistance 10 tours pour obtenir un équilibre approximatif, puis on cherche l'équilibre parfait après avoir positionné le réglage grossier de gain de l'amplification #1 sur 100.

On note les valeurs dans le tableau suivant :

Tension Inconnue (V)	Valeur lue En équilibre K Ω	Tension calculée
4	2,52	4,01
3,5	2,87	3,48
3	3,35	2,98
2,5	4,03	2,48
2	5,04	1,98
1,5	6,75	1,48
1	10	1

Interprétation :

Le schéma équivalent de la mesure est le suivant :



Alors l'expression de la tension de sortie calculée est :

$$E_x = \frac{R_t}{R_3} E_{réf}$$

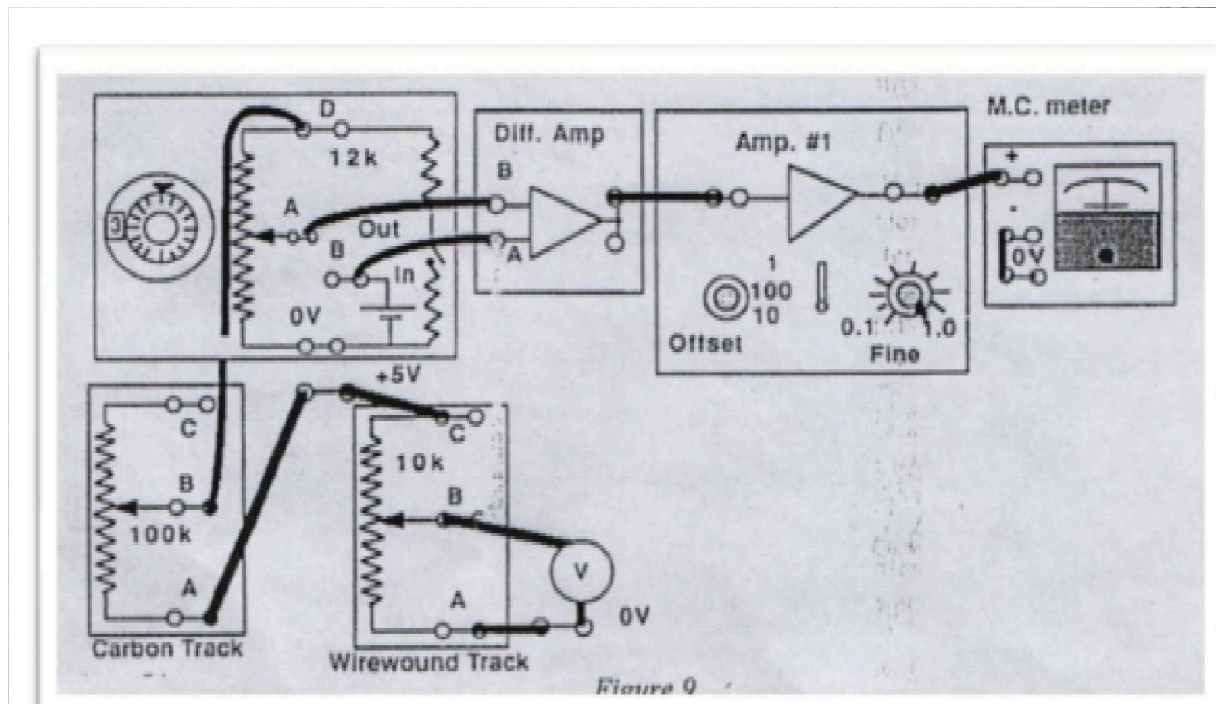
Avec :

- $R_t = 10 \text{ K}\Omega$, $E_{réf} = 1 \text{ V}$

On sait que la valeur maximale de R_3 est R_t , donc la valeur minimale d' E_x qu'on peut calculer est $E_{réf}$. On peut conclure qu'on ne peut pas mesurer avec cette méthode des tensions inférieures à la tension de référence.

C- Mesures de tension par les méthodes de compensation (Méthode 2) :

i- Mesure de tensions inférieures à la tension de référence :



- On fait le réglage d'offset et on connecte le circuit comme indiqué en gras sur la figure en utilisant la résistance 100kΩ.
- On règle à fond la résistance 10 tours et on cherche l'équilibre à l'aide de la résistance 100 kΩ (ce qui correspond à 0 sur le voltmètre à cadre mobile). La résistance 10 tours a été réglé de manière à ce qu'une lecture pleine échelle représente une tension de 1V.
- On connecte la fiche A de l'amplificateur différentiel à la source de tension 'inconnue' comme indiqué en pointillé.
- On règle la tension 'inconnue' sur la valeur basse (0,25V par exemple), on règle la commande de la résistance 10 tours de manière à équilibrer le circuit et noter la valeur affichée en condition d'équilibre. Cette valeur représente la tension inconnue

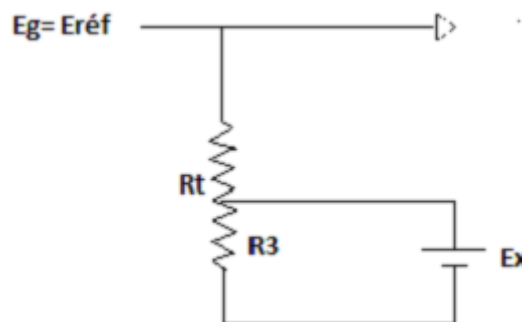
On répète la procédure pour tensions inconnues comprises entre 0 et 1V.

- On note les valeurs sur le tableau suivant :

Tension inconnue (V)	0,25	0,5	0,7
Valeur lue en équilibre (V)	0,24	0,5	0,703
Valeur de R3 (KOhms)	2,38	5	7,03

Interprétation :

Le schéma équivalent de la mesure est le suivant :



Donc on peut tirer l'expression de la tension de sortie du schéma :

$$E_x = \frac{R_3}{R_t} E_{réf}$$

Avec :

- $E_{réf} = 1 \text{ V}$, $R_t = 10 \text{ K}\Omega$

On remarque que les valeurs de tension inconnue sont presque égales aux valeurs lues en équilibre.

ii- Mesure de tensions supérieures à la tension de référence :

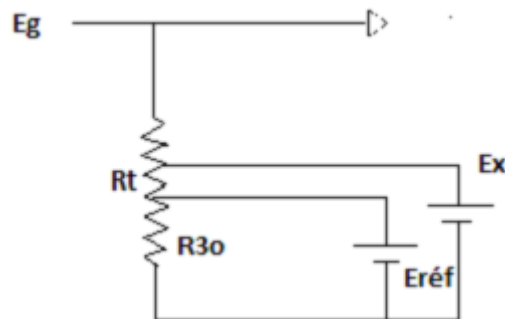
- On remplace la résistance $100\text{K}\Omega$ utilisée lors du calibrage précédent par la résistance à curseur $10\text{K}\Omega$ et on applique aux deux résistances la tension d'alimentation 12V au lieu de 5V .
- On règle la résistance 10 tours sur 0100 et on connecte la fiche A de l'amplificateur différentiel à la fiche B du pont Wheatstone.
- On règle la résistance à curseur $10\text{K}\Omega$ de manière à équilibrer le pont.
- On connecte la fiche A de l'amplificateur différentiel à la fiche B de la résistance bobinée $10\text{K}\Omega$ et appliquer au circuit différentes tensions inconnues de 0 à 10V .

Le tableau suivant présente la valeur affichée pour chaque tension d'entrée :

Tension inconnue (V)	2	4,05	6	8	10
Valeur lue en équilibre (V)	2	4,09	6,05	8,07	10
Valeur de R3 (Kohms)	2	4,09	6,05	8,07	10

Interprétation :

Le schéma équivalent de la mesure :



A l'équilibre, on a :

$$E_{réf} = \frac{R_{3o}}{R_t} E_g$$

alors

$$E_g = \frac{R_t}{R_{3o}} E_{réf}$$

Donc l'expression de la tension de sortie est :

$$E_x = \frac{R_3}{R_t} E_g = R_3 \cdot E_{réf}$$

L'effet de charge de ce circuit peut être illustré en réglant la tension inconnue sur 5V, par Exemple, et en notant la variation de tension indiquée par le voltmètre numérique lorsque l'on déconnecte l'amplificateur différentiel.

Tension inconnue (sortie connectée au circuit) = 5 V

Tension inconnue (sortie déconnectée du circuit) = 5,08 V

On remarque que les deux tensions sont égales !