NOM : PRENOM :

Problème 1 (23pts) :

Partie 1 : Étude d'un brin d'une jauge d'extensométrie

On considère un fil cylindrique, rectiligne, de longueur l, de section $S=10^{-2}\ mm^2$, de résistance r égale au repos à $R=10\ \Omega$, dont le matériau est de module de Young $E=1{,}6.10^{11}\ N.m^{-2}$ et de coefficient de Poisson $\nu=0{,}3$.

Ce fil est placé dans un pont de Wheatstone alimenté par une source de courant parfaite, $I_g=10\ mA$ (voir fig 9.1 ci-après).

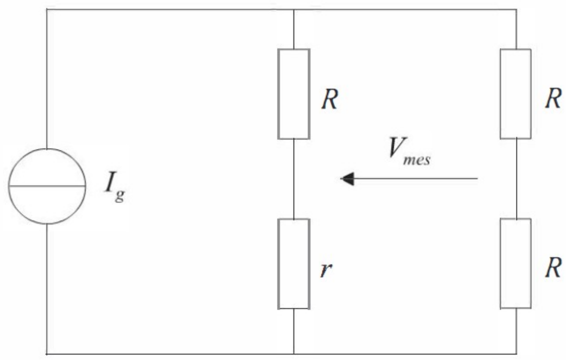

Figure 9.1 - **Circuit de conditionnement**

A l'équilibre mécanique, le fil n'étant soumis à aucune contrainte, les quatre résistances du pont sont égales et le pont équilibré.

1- On soumet le fil à une force de traction $F=4\ N$ dans le sens de sa longueur. Déterminer la valeur numérique de la contrainte appliquée σ .**(1 pts)**

2- Sachant que la limite élastique du matériau utilisé est $\sigma_l=2.10^9\ N.m^{-2}$, vérifier que la contrainte subie par le fil demeure dans le domaine élastique. **(1 pts)**

3- Calculer la variation relative $\frac{\Delta l}{l}$ de la longueur du fil. **(1 pts)**

4- Établir l'expression de la tension de mesure différentielle du pont, V_{mes}, en fonction de I_g, R et r, nouvelle valeur de la résistance du fil. **(2 pts)**

5- Sachant que cette tension de déséquilibre du pont est de $0{,}13\ mV$ lorsqu'on applique la force F au fil, calculer la variation relative $\frac{\Delta R}{R}$ de la résistance de ce dernier. **(2 pts)**

6- En déduire le coefficient de jauge K du fil. **(1 pts)**

Partie 2 : Réalisation de la jauge

On réalise une jauge d'extensométrie (voir figure 9.2 ci-après) avec du fil du type précédent et on se propose de calculer son coefficient de jauge K_j en fonction du coefficient de la jauge K du brin étudié précédemment.

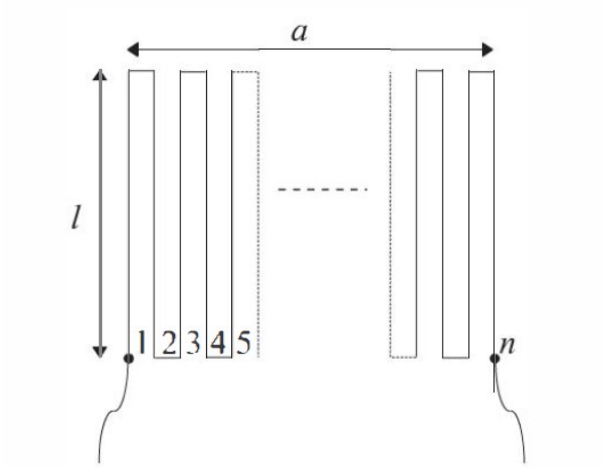

Figure 9.2 - **Jauge d'extensométrie**

La jauge est constituée de n brins de longueur l et de brins transversaux de longueur totale a.

1- En l'absence de contrainte donner l'expression de la résistance longitudinale R_l (celle des brins longitudinaux), la résistance transversale R_t (celle des brins transversaux) et la résistance totale R_j .
(3 pts)

2- La jauge est parfaitement collée sur la barre cylindrique parallèlement à l'axe de celle-ci (voir figure 9.3 ci-après). La barre constituant le corps d'épreuve, est de longueur au repos L, de module de Young E_0 et de coefficient de Poisson ν_0. Elle est soumise selon son axe à une contrainte σ_0 inférieure à la limite élastique.

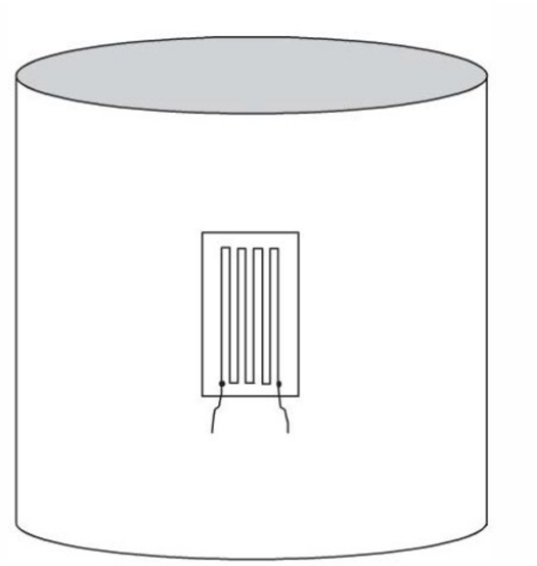

Figure 9.3- **Le corps d'épreuve équipé de la jauge**

Calculer en fonction de K, n, a, l, σ_0, E_0 et ν_0, la variation relative de R_l, la variation relative de R_t et en déduire la variation relative de R_j. **(4 pts)**

3- Établir l'expression du coefficient de jauge $K_j = \frac{(\frac{\Delta R_j}{R_j})}{(\frac{\Delta L}{L})}$ de la jauge en fonction de K, n, a, l et ν_0 . **(1 pts)**

4- On pose $\alpha = \frac{R_t}{R_l}$. Donner l'expression approchée de K_j dans le cas où α est petit. **(2 pts)**

5- La jauge est utilisée sur deux supports métalliques différents : un acier de coefficient de Poisson $\nu_1 = 0,28$ et un alliage d'aluminium de coefficient de Poisson $\nu_2 = 0,35$; les facteurs de jauges étant respectivement K_{j1} et K_{j2}. Calculer l'écart relatif $\frac{\delta_K}{K} = \frac{|K_{j1} - K_{j2}|}{K}$ sur le coefficient de jauge. **(1 pts)**

6- Déterminer les valeurs maximales α compatibles avec un écart relatif $\frac{\delta K}{K} < 10^{-2}$ puis $\frac{\delta K}{K} < 10^{-3}$. **(2 pts)**

7- Comment réduite pratiquement le rapport $\alpha = \frac{R_t}{R_l}$? **(1 pts)**

8- Les conditions de la question précédente sont-elles rédhibitoires compte tenu du fil utilisé ?
On étudiera, par exemple, la possibilité de réaliser une jauge carrée de 3 mm. **(1 pts)**

Exercice 2 (9pts)

On considère une résistance thermométrique Pt100 de résistance $Rc(T)=Ro.(1+\alpha.T)$ où T représente la température en °C, $Ro=100\,\Omega$ la résistance à 0°C et $\alpha=3{,}85.10^{-3}\,°C^{-1}$ le coefficient de température. On dispose, pour alimenter cette résistance thermométrique, d'une carte de conditionnement fournissant une sortie de courant parfaite calibrée I=5 mA, les deux entrées différentielles d'un amplificateur d'instrumentation, la borne de sortie de ce dernier et une borne de masse. La résistance ajustable R permet de faire varier le gain G de l'amplificateur et les impédances d'entrée de ce dernier sont considérées infinies. La carte est schématisée figure 1.

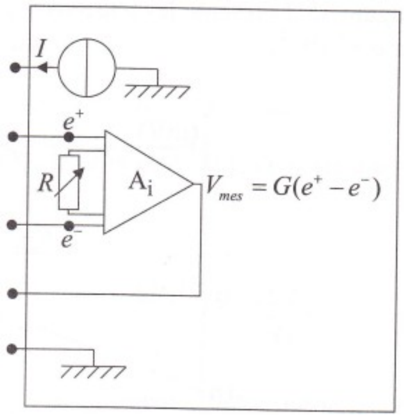

Figure 1

1. La Pt100 est directement connectée entre la source de courant et la masse et ses bornes (voir figure 2). Les fils de liaisons sont de longueur négligeable.

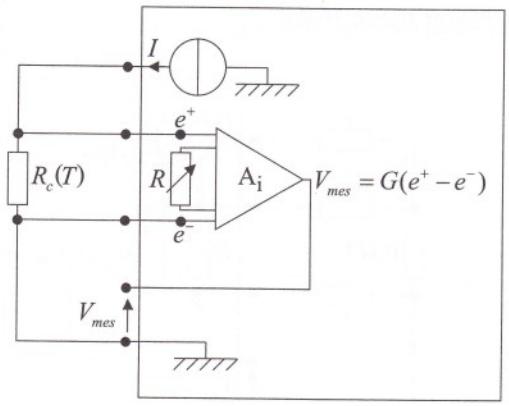

Figure 2

1.1. Déterminer l'expression littérale de la tension de mesure Vmes. **(1pts)**

1.2. Déterminer l'expression littérale de la sensibilité de la mesure $S_{mes}=\frac{\Delta V_{mes}}{\Delta T}$. **(1pts)**

1.3. Quelle doit être la valeur de réglage du gain G de l'amplificateur d'instrumentation pour obtenir une sensibilité $S_{mes}=0{,}1\ V.C^{-1}$. **(1pts)**

2. La Pt100 est maintenant mise en service à distance de la carte et on doit tenir compte de la résistance des fils de liaison. Ces fils de liaison sont des fils de cuivre de résistivité $\rho=1{,}72.10^{-8}.\Omega.m$, de diamètre d=0,5mm et de longueur l=5 m. Chaque fil est modélisé par sa résistance r (figure 3).

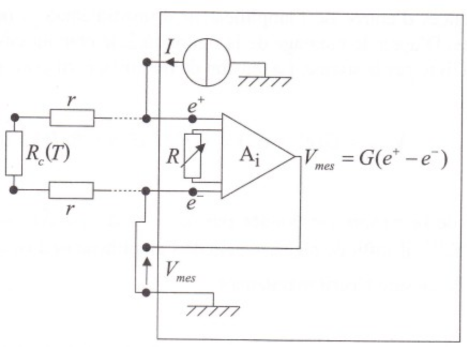

Figure 3

2.1. Déterminer l'expression littérale de la tension de mesure $V_{mes,2}$.**(1pts)**

2.2. Déterminer l'expression littérale et la valeur numérique de l'erreur $\delta V_2 = V_{mes,2} - V_{mes}$ sur la tension de mesure introduite par la résistance des fils de liaison.

Rappel : $R = \rho \frac{l}{S}$.**(2 pts)**

2.3. Quelle est alors la valeur de l'erreur δT_2 engendrée sur la mesure de la température ?**(2 pts)**

3. Pour palier cette erreur, on modifie le montage pour obtenir un montage classique dit à quatre fils : deux fils amenant le courant à la résistance thermométrique et deux fils servant à la prise de tension aux bornes de celle-ci (figure 4).

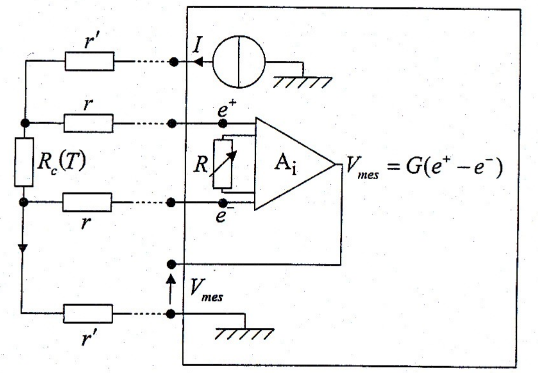

Figure 4

3.1. Déterminer l'expression littérale de la nouvelle tension de mesure $V_{mes,4}$. **(1pts)**