

FINAL MC43

26 juin 2006

Aucun document autorisé - Calculatrice autorisée - Durée: 2h

Veuillez respecter les consignes de l'énoncé. Suivant la présentation et la clareté de la copie, un point pourra être retiré à la note finale.

Lisez attentivement et entièrement l'énoncé des exercices proposés.

Écrivez votre nom sur vos copies et numérotez-les. (*Total sur 46 points*)

1 Mesure de courant

Afin d'effectuer l'asservissement d'un système électrique, on doit contrôler son courant (signal alternatif). On réalise donc une mesure de ce courant.

Question 1.1 (4 points)

Proposer deux types de capteurs de courant permettant d'effectuer cette mesure avec isolation galvanique. Donner pour chacun leur principe ainsi que leurs avantages et inconvénients.

Question 1.2 (1 point)

Qu'appelle-t-on isolation galvanique? Quelle est son utilité?

On choisit d'utiliser un capteur de courant à effet Hall dont un extrait de la documentation est donné figure 1. Le courant à mesurer est compris entre $-6,6$ A et $+6,6$ A.

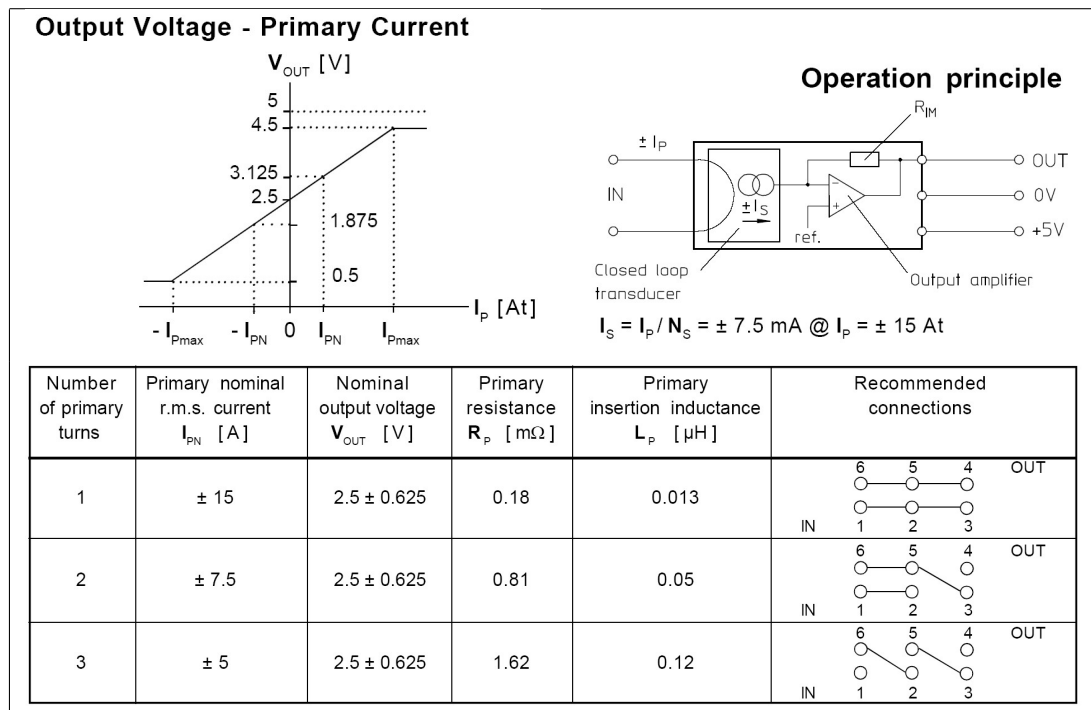


Figure 1 – Current Transducer LTS 15-NP

Question 1.3 (2 points)

Quel doit être le nombre de tours à effectuer dans le capteur afin de réaliser une mesure la plus précise possible ? Quelles seront les tensions délivrées pour les courants maximaux définis précédemment ?

Question 1.4 (2 points)

L'acquisition du signal est effectuée par un convertisseur analogique numérique dont la plage de tension d'entrée est de 0 V - 3,3 V. Quelles devront être les caractéristiques (gain et offset) du montage de conditionnement permettant de faire l'interface entre le capteur et le convertisseur ?

Question 1.5 (4 points)

Donner le schéma électrique de ce montage à amplificateurs opérationnels. Déterminer les valeurs des résistances nécessaires afin d'obtenir les caractéristiques désirées.

2 Potentiomètre linéaire en capteur de position

Un capteur de déplacement rectiligne est constitué d'un potentiomètre linéaire schématisé sur la figure 2(a). On désigne par Δx la valeur du déplacement du curseur par rapport à la position milieu que l'on prend pour origine de l'axe x .

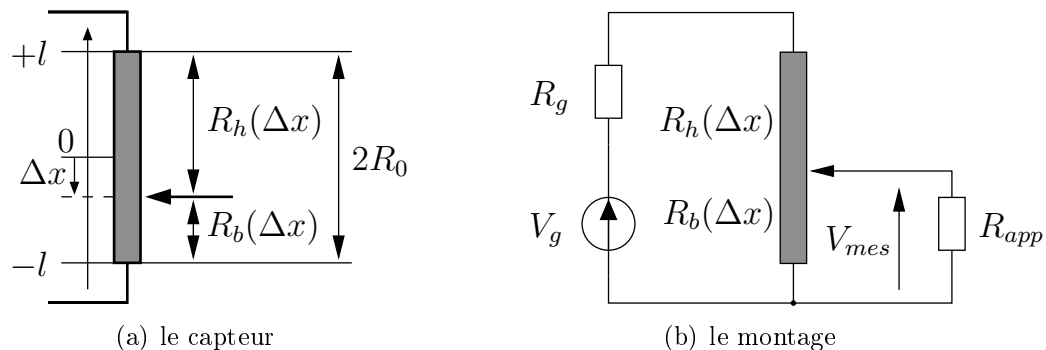


Figure 2 – Potentiomètre linéaire

Question 2.1 (2 points)

La course utile du potentiomètre est $2l = 10$ cm et sa résistance totale est $2R_0$. En déduire l'expression des résistances $R_b(\Delta x)$ et $R_h(\Delta x)$ du potentiomètre pour un déplacement Δx du curseur par rapport à la position milieu.

Question 2.2 (2 points)

Le potentiomètre est monté suivant le schéma de la figure 2(b). La tension de mesure V_{mes} , image de la position du curseur, est mesurée par une électronique d'impédance d'entrée R_{app} . Exprimer V_{mes} en fonction des résistances R_b , R_h , R_g , R_{app} et de la tension de source V_g .

Question 2.3 (1 point)

Quelle caractéristique attend-t-on de l'appareil de mesure ?

Question 2.4 (2 points)

Que devient l'expression de V_{mes} pour $R_{app} \gg R_0$?

Question 2.5 (1 point)

En déduire la sensibilité S_{mes} de la mesure ($S_{mes} = \frac{\Delta V_{mes}}{\Delta x}$).

Question 2.6 (2 points)

Quelle valeur doit-on donner à R_g pour que cette sensibilité soit maximale ? Que deviennent dans ce cas V_{mes} et S_{mes} ?

Question 2.7 (2 points)

Afin d'assurer un fonctionnement correct du capteur, le constructeur a fixé une limite $v_{max} = 0,2$ m/s pour la vitesse de déplacement v du curseur. En admettant que le curseur a un mouvement sinusoïdal d'amplitude $a = 1$ cm autour d'une position x_0 donnée, calculer la fréquence maximale f_{max} des déplacements pouvant être traduits avec ce système.

3 Mesure de température avec un thermocouple

On mesure la température d'un four à l'aide d'un thermocouple de type K, constitué de Chromel (Ni-Cr) et d'Alumel (Ni-Al). Sa fem de Seebeck est donnée dans le tableau 1 en fonction de la température T en degré Celsius.

T (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	4096	4138	4179	4220	4262	4303	4344	4385	4427	4468
110	4509	4550	4591	4633	4674	4715	4756	4797	4838	4879
120	4920	4961	5002	5043	5084	5124	5165	5206	5247	5288
130	5328	5369	5410	5450	5491	5532	5572	5613	5653	5694
140	5735	5775	5815	5856	5896	5937	5977	6017	6058	6098

Tableau 1 – fem de Seebeck $E_{NiCr/NiAl}^{T-0^\circ\text{C}}$ (μV)

Question 3.1 (4 points)

L'effet Seebeck résulte des effets Peltier et Thomson. Décrivez chacun de ces effets.

Question 3.2 (1 point)

Le thermocouple est connecté à un appareil de mesure (microvoltmètre) de grande impédance d'entrée (figure 3(a)). Ses bornes sont à 0 °C. Il indique une tension $V_{mes_0} = 5104 \mu\text{V}$. Quelle est la température de la soudure chaude ?

Le microvoltmètre doit pour des raisons pratiques se trouver à une certaine distance du thermocouple de mesure. Comme vous pouvez le voir sur la figure 3(b), on place donc entre la sonde et l'appareil de mesure des câbles de compensation (XA et XB). Soit T_i , la température à laquelle se trouvent les jonctions entre les câbles de compensation et le thermocouple.

Question 3.3 (2 points)

Pourquoi utilise-t-on de tels câbles pour réaliser les connexions ? Quelles caractéristiques doivent-ils avoir ?

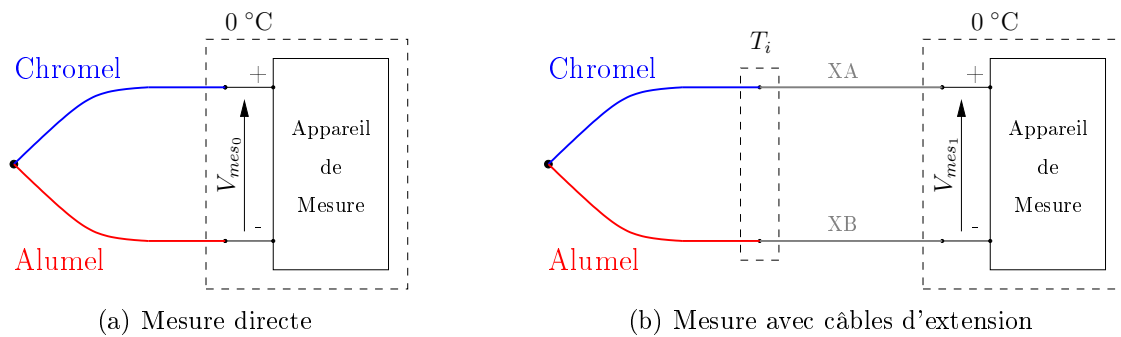
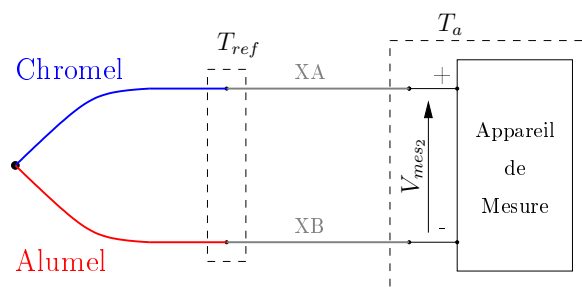


Figure 3 – Principe de la mesure

téristiques doivent avoir ces câbles afin de réaliser une mesure correcte ?

La réalisation d'une température de référence à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ au niveau de la soudure froide peut s'avérer coûteuse et peu aisée. Il est plus simple de laisser les jonctions du microvoltmètre à la température ambiante T_a (figure 4) et d'effectuer la correction nécessaire par rapport à la référence de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en mesurant la température ambiante au moyen d'une autre technique. T_{ref} est la température des jonctions entre les câbles de compensation et le thermocouple, elle se trouve au dessus de température ambiante dans une plage limitée de sorte que la mesure soit correcte.

Figure 4 – Principe de mesure avec câbles de compensation et sans référence à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Les fils de compensation (XA et XB) utilisés sont en cuivre pour le fil relié au fil de chromel et en constantan (alliage de cuivre et nickel) pour celui relié à l'alumel. On donne $T_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $E_{Cu/CuNi}^{25-0\text{ }^{\circ}\text{C}} = 992\text{ }\mu\text{V}$.

Question 3.4 (2 points)

Pour une température de soudure chaude de $140\text{ }^{\circ}\text{C}$, calculer la tension affichée par l'appareil de mesure.

Question 3.5 (2 points)

Calculer l'erreur engendrée si on ne tient pas compte de la correction à apporter à la mesure.

On se propose d'éviter ce problème en réalisant le montage de la figure 5 où le circuit de compensation de soudure froide se trouve à température ambiante. Ce circuit est composé d'un pont formé de résistances fixes R_1 et d'une résistance thermométrique Pt1000 de résistance : $R_c(T) = R_0(1 + \alpha T)$ avec $\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3}$ le coefficient de température.

En première approximation, la fem $E_{Cu/CuNi}^{T-0^{\circ}C}$ peut être considérée comme proportionnelle à la température c'est à dire que l'on a $E_{Cu/CuNi}^{T-0^{\circ}C} = AT$. Le tableau 2 donne la fem du couple cuivre-constantan pour des valeurs de température comprises entre 20 °C et 30 °C.

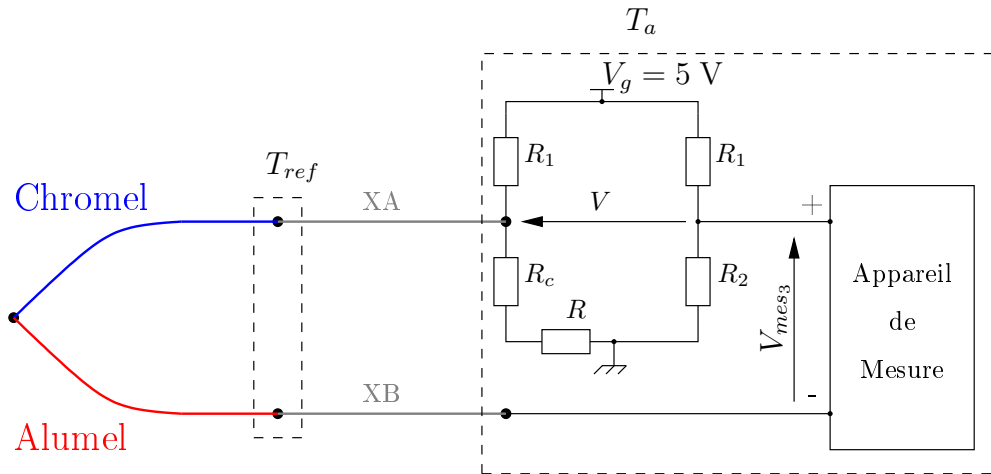


Figure 5 – Principe de la compensation de soudure froide

T	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
E	790	830	870	911	951	992	1033	1074	1114	1155	1196

Tableau 2 – fem de Seebeck $E_{Cu/CuNi}^{T-0^{\circ}C}$ (μV)

Question 3.6 (2 points)

Que vaut la résistance R_0 sachant que nous utilisons une sonde Pt1000 ?
Calculer la valeur de la constante A .

Question 3.7 (4 points)

Déterminer l'expression de la tension différentielle V du pont.
Exprimer R_2 en fonction de R et R_0 en se plaçant dans les conditions d'équilibre du pont.
On fixe $R = R_0$. Montrer que la tension V peut être approximée par :

$$V \simeq \frac{R_0 R_1 \alpha T}{(R_1 + R_2)^2} V_g$$

Question 3.8 (2 points)

Quelle condition doit vérifier la tension V pour que la compensation de soudure froide soit faite correctement ? En déduire les valeurs de R_1 et R_2 permettant cette compensation.

Question 3.9 (2 points)

Cette compensation étant effectuée, évaluer l'erreur commise sur la mesure de la température si la température ambiante varie entre 20 °C et 30 °C.