

UV MC43

FINAL SEMESTRE PRINTEMPS 2011 (2h00)

NOM :

Prénom :

TOTAL : ...../ 50

*Une lecture attentive et complète est conseillée avant de traiter les différentes parties.*

*Tous les documents, énoncé compris, sont à rendre en fin d'épreuve.*

*Les enseignants surveillants ne répondront à aucune question. Si vous pensez qu'une erreur ou qu'un malentendu s'est glissé dans le sujet, vous formulerez des hypothèses.*

**A-° Questions de cours. (3 pts)**

A.1) Définir brièvement les termes suivants :

- capteur passif,
- erreur systématique,
- finesse d'un capteur.

**B-° Sensibilité maximale d'un capteur. (10 pts)**

Un capteur de pression et son conditionneur donnent en sortie une tension  $v$  en fonction de la pression suivant la fonction polynomiale suivante :

$$v_s = 33.10^{-3}.p - 3.10^{-6}.p^2 + 1.10^{-9}.p^3$$

Dans cette expression  $v_s$  est en mV (millivolt) et  $p$  en hPa (hectopascals).

Pour fixer les idées sur les unités de pressions choisies, on rappelle que la pression atmosphérique ordinaire est d'environ  $10^5$  Pa. La pression du milieu où on effectue les mesures par l'intermédiaire de ce capteur est susceptible de varier entre 100 hPa et 2000 hPa.

B.1) Tracer l'allure de la courbe donnant  $v_s$  en fonction de  $p$  sur l'intervalle utile.

B.2) Quelle est la mesurande.

B.3) Quelle est l'étendue de mesure ?

Afin d'adopter une représentation linéaire approchée, on envisage 2 options possibles :

- Option A : on linéarise en prenant la droite qui passe par les points d'abscisses : 1000 hPa et 2000 hPa. Cette droite est appelée ( $D_A$ ).
- Option B : on linéarise en prenant la droite tangente à la courbe au point d'abscisse 1000 hPa. Cette droite est appelée ( $D_B$ ).

B.4) Quelle est l'erreur maximale de linéarité et pour quelle(s) valeur(s) de  $p$  est-elle obtenue pour chaque option ?

## C-°Etude d'un malaxeur industriel. (7 pts)

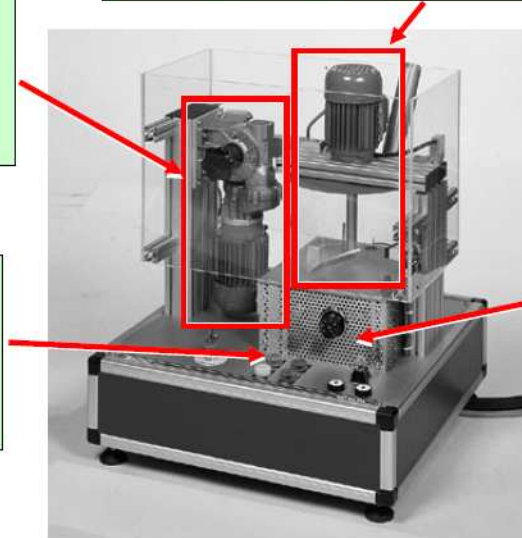
Un malaxeur industriel permet de remuer un produit visqueux qui sera chauffé lors du cycle de fonctionnement.

L'appareil est bâti autour d'une cuve thermostatée de diamètre 240 mm et de profondeur 170 mm.

Le couvercle de la cuve est manoeuvrable par l'intermédiaire d'un **moto-réducteur** triphasé de tension 230/400 V et de puissance **0,09 kW**, équipé d'un limiteur de couple réglé en usine. Le mécanisme comporte des butées équipées de fins de course mécaniques réglables.

Le **malaxage** est effectué par l'intermédiaire d'une pale entraînée en rotation par un moteur triphasé de tension 230/400 V et de puissance **0,09 kW**. Sa vitesse de rotation peut être variable. La position de la pale autorisant l'ouverture du couvercle est détectée par un capteur inductif.

La position de la pale autorisant l'ouverture du couvercle est détectée par un capteur inductif. Si le voyant « **Position pale** » est éteint, l'ouverture du couvercle est impossible.



La semelle de la cuve est chauffée par un jeu de **trois résistances** à ailettes, couplées en étoile, de puissance **250 W** chacune. La température des résistances est régulée par un thermostat, l'ajustement se faisant en face avant ; en cas de dysfonctionnement de la régulation, un thermostat de sécurité 80°C à réarmement manuel actionne le disjoncteur général de l'armoire.

**C.1)** La sonde de température est dite Pt100. Que signifie cette appellation ?

**C.2)** D'après les caractéristiques page suivante, quelle sera la valeur de la résistance de la sonde lorsque la température dans la cuve atteindra 42°C ?

**C.3)** D'après les caractéristiques page suivante, tracer la caractéristique  $R(\theta)$  pour les valeurs de température comprises entre 20 et 50°C. Comment varie la résistance ? Calculer sa loi d'évolution sur cette plage.

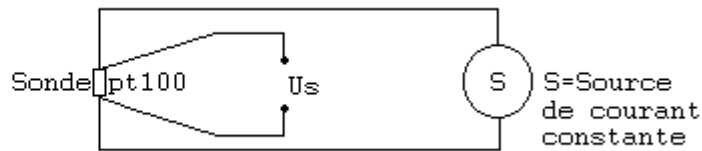
**C.4)** Le montage de la sonde est dit « 2 fils ». Expliquer ce terme. Donner les avantages et inconvénients de ce montage. Que proposeriez-vous pour compenser l'inconvénient majeur de ce montage.

Le transmetteur retenu pour notre application possède comme référence ABA-6pt421.

**C.5)** Quelle est la fonction assurée par le transmetteur pour sonde Pt100. Donner sa plage de variation du signal de sortie.

**C.6)** Expliquer les avantages principaux de cette référence de transmetteur par rapport aux autres proposées dans le document suivant.

Us= tension de sortie

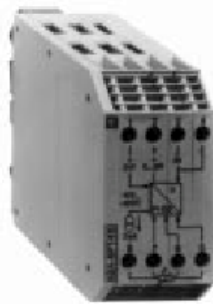


Les caractéristiques de la sonde Pt100 sont les suivantes :

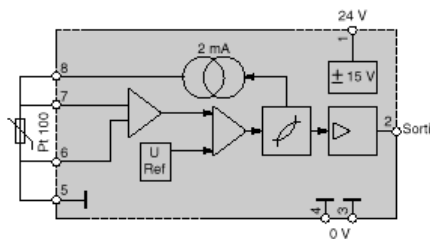
TABLEAU DE LA VARIATION DE LA RESISTANCE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE (0 à 299 °C)

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0+	100	100,39	100,78	101,17	101,56	101,94	102,33	102,72	103,11	103,59
10+	103,89	104,28	104,67	105,06	105,45	105,84	106,23	106,62	107,01	107,40
20+	107,79	108,18	108,57	108,95	109,34	109,73	110,12	110,51	110,89	111,28
30+	111,67	112,06	112,44	112,83	113,22	113,60	113,99	114,38	114,77	115,15
40+	115,54	115,93	116,31	116,70	117,08	117,47	117,86	118,24	118,63	119,01
50+	119,40	119,78	120,16	120,55	120,93	121,32	121,70	122,09	122,47	122,86
60+	123,24	123,62	124,00	124,39	124,77	125,15	125,54	125,92	126,30	126,69
70+	127,07	127,45	127,83	128,22	128,60	128,98	129,36	129,74	130,13	130,51
80+	130,89	131,27	131,65	132,03	132,41	132,79	133,18	133,56	133,94	134,32
90+	134,70	135,08	135,46	135,84	136,22	136,60	136,98	137,36	137,74	138,12
100+	138,50	138,88	139,26	139,63	140,01	140,39	140,77	141,15	141,52	141,90
110+	142,28	142,66	143,04	143,41	143,79	144,17	144,55	144,93	145,30	145,68
120+	146,06	146,44	146,81	147,19	147,56	147,94	148,32	148,69	149,07	149,44
130+	149,82	150,19	150,57	150,94	151,32	151,69	152,07	152,44	152,82	153,19
140+	153,57	153,94	154,32	154,69	155,07	155,44	155,82	156,19	156,57	156,94
150+	157,32	157,69	158,06	158,44	158,81	159,18	159,55	159,92	160,30	160,67
160+	161,04	161,41	161,78	162,16	162,53	162,90	163,27	163,64	164,02	164,39
170+	164,76	165,13	165,50	165,87	166,24	166,61	166,99	167,36	167,73	168,10
180+	168,47	168,84	169,21	169,58	169,95	170,31	170,68	171,05	171,42	171,79
190+	172,16	172,53	172,90	173,26	173,63	174,00	174,37	174,74	175,10	175,47
200+	175,84	176,21	176,57	176,94	177,31	177,67	178,04	178,41	178,78	179,14

Tranmetteur pour sonde PT100



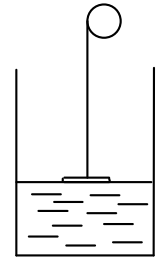
Transmetteurs pour mesure avec câblage 4 fils



4 fils	- 100...+ 100 °C	0-10 V	<b>ABA-6PT410</b>	0,070
	0...+ 100 °C	0-10 V	<b>ABA-6PT411</b>	0,070
		4-20 mA	<b>ABA-6PT421</b>	0,070
	0...+ 500 °C	0-10 V	<b>ABA-6PT412</b>	0,070

### D-° Mesure de niveau dans une cuve. (11 pts)

La mesure du niveau de la cuve est réalisée à l'aide du procédé schématisé ci-contre. Un tambour à ressort est entraîné en rotation lorsque la hauteur du flotteur, accroché à l'extrémité du fil, évolue avec le niveau de la cuve. La hauteur à mesurer est comprise entre 0 et 20 mètres. Le flotteur est guidé verticalement.



On associe au tambour un codeur incrémental dont l'axe est solidaire de l'axe du tambour sans démultiplication. Le diamètre du tambour est de 10 m ce qui correspond au diamètre d'enroulement du fil quel que soit le niveau de la cuve. Le codeur délivre deux signaux A et B, le signal A étant constitué de 250 impulsions par tour.

D.1) Représenter la vue du disque d'un codeur incrémental 3 pistes.

D.2) Expliquer l'utilité des 3 pistes.

D.3) Représenter les signaux A et B pour les 2 sens de rotation.

D.4) Compléter ce chronogramme en y ajoutant les signaux Clk et Dir délivrés par les circuits d'encodage généralement utilisés tels que le circuit QEP du DSP contrôleur TMS320LF2407.

D.5) Déterminer la résolution obtenue sur le niveau de la cuve en mm.

On envisage de remplacer le codeur incrémental par un codeur absolu.

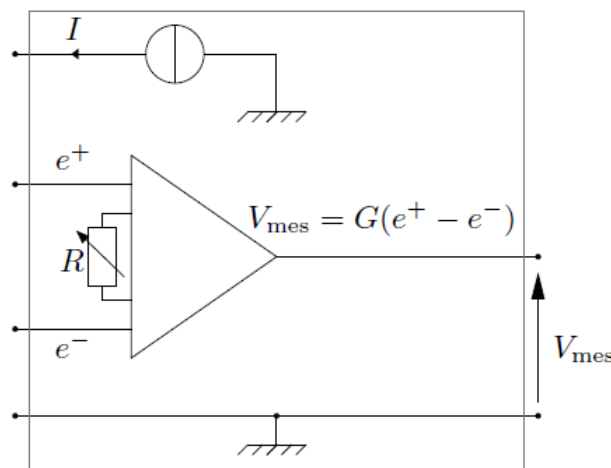
D.6) Décrire brièvement le principe de lecture optique d'un codeur absolu.

D.7) Quels avantages et inconvénients présente le codage Gray par rapport au codage binaire naturel.

### E-° Effet de la résistance des fils de liaison d'un capteur résistif alimenté en courant. (9 pts)

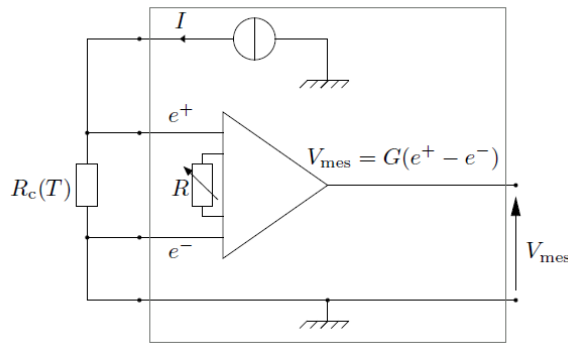
On considère une résistance thermométrique Pt100 de résistance  $R_c(\theta) = R_0(1 + \alpha\theta)$  où  $\theta$  représente la température en °C,  $R_0$  la résistance à 0 °C et  $\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  le coefficient de température.

On dispose, pour alimenter cette résistance thermométrique, d'une carte de conditionnement fournissant une sortie de courant parfaite calibrée à  $I = 5 \text{ mA}$ , d'un amplificateur d'instrumentation, de la d'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 ci-dessous :



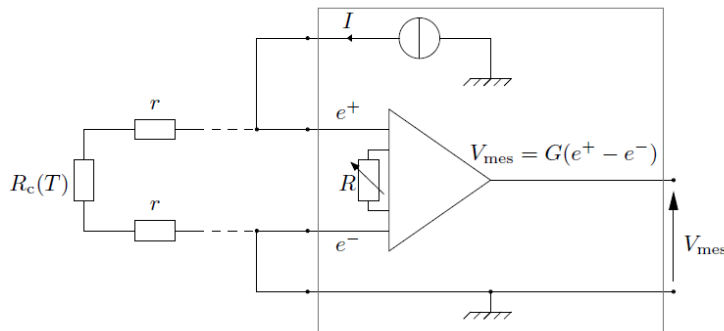
E.1) Justifier la valeur de  $R_0$ .

La Pt100 est directement connectée entre la source de courant et la masse et ses bornes sont reliées à l'amplificateur d'instrumentation. Les fils de liaison sont considérés de longueur négligeable.



**E.2)** Déterminer l'expression de la tension de mesure  $V_{mes}$  et calculer la sensibilité de la mesure  $S_{mes} = \Delta V_{mes} / \Delta T$ . Quel doit être le réglage du gain de l'amplificateur d'instrumentation pour obtenir une sensibilité  $S_{mes} = 0,1 \text{ V}/^\circ\text{C}$  ?

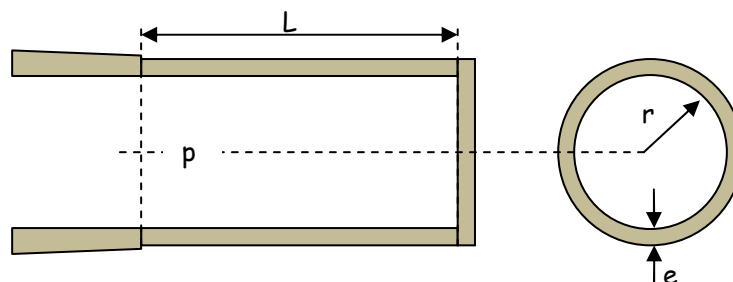
La Pt100 est maintenant mise en service à distance de la carte et on doit donc tenir compte de la résistance des fils de liaison. Ces fils de liaison sont des fils de cuivre de résistivité  $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ , de diamètre  $d = 0,5 \text{ mm}$  et de longueur  $l = 5 \text{ m}$ . Chaque fil est modélisé par sa résistance  $r$  :



**E.3)** Déterminer la nouvelle tension de mesure  $V_{mes2}$ . En déduire l'erreur  $\epsilon V_2 = V_{mes2} - V_{mes}$  sur la tension de mesure introduite par la résistance des fils de liaison. Quelle est alors l'erreur  $\epsilon T_2$  engendrée sur la mesure de la température ?

**F- °Capteur de pression à tube borgne et jauges d'extensométrie. (10 pts)**

On considère un capteur destiné à la mesure de la pression  $p$  de fluides dont le corps d'épreuve est un tube borgne en acier.



On montre que les déformations du tube sont respectivement dans la direction de l'axe du tube (notée  $\epsilon_1$ ) et selon sa circonférence (notée  $\epsilon_2$ ).

$$\epsilon_1 = \frac{r}{e} \left( \frac{L}{L+2r} - \frac{\nu}{2} \right) \frac{p}{E} = k_1 \frac{p}{E}$$

$$\epsilon_2 = \frac{r}{e} \left( \frac{1}{2} - \nu \frac{L}{L+2r} \right) \frac{p}{E} = k_2 \frac{p}{E}$$

Avec  $E$  module d'Young de l'acier utilisé  $E = 2,5 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$  et  $\nu$  son coefficient de Poisson ( $\nu = 0,285$ ).

**F.1)** On donne  $r = 1 \text{ cm}$ ,  $e = 1 \text{ mm}$  et  $L = 5 \text{ cm}$  et  $p = 10^7 \text{ Pa}$ . Calculer les déformations  $\varepsilon_1$  et  $\varepsilon_2$ .

**F.2)** On colle sur le tube borgne des jauges d'extensométrie métalliques de résistance au repos  $R_0$  et de facteur de jauge  $K$ . Le collage est supposé parfait. Déterminer les expressions des variations  $\Delta R_1$  et  $\Delta R_2$  des résistances des jauges collées respectivement sur la longueur du tube et selon sa circonférence.

**F.3)** On constitue un pont de Wheastone avec 2 jauges collées selon la longueur du tube (de résistances notées  $R_1$  et  $R_3$ ) et 2 jauges collées selon sa circonférence (notées  $R_2$  et  $R_4$ ). Expliquer comment doivent être collées les jauges et comment elles doivent être raccordées pour former le pont. Le pont est alimenté par une source de courant constant  $I_g$ .

**F.4)** Déterminer l'expression de la tension de mesure  $V_{\text{mes}}$  en fonction de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  et  $I_g$  puis en fonction de  $R_0$ ,  $\Delta R_1$ ,  $\Delta R_2$  et  $I_g$ .

**F.5)** En exprimant  $\Delta R_1$  et  $\Delta R_2$  en fonction de  $p$ , montrer que la mesure est linéaire et calculer la valeur de la tension de mesure pour  $p = 10^7 \text{ Pa}$ . On donne  $I_g = 5 \text{ mA}$ ,  $R_0 = 1 \text{ k}\Omega$  et  $K=2$ .