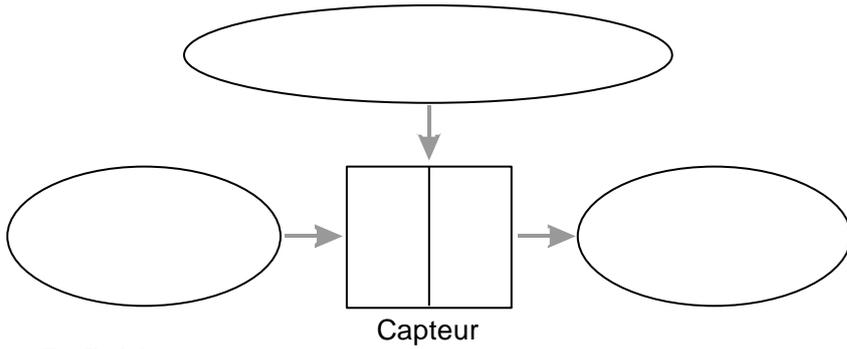
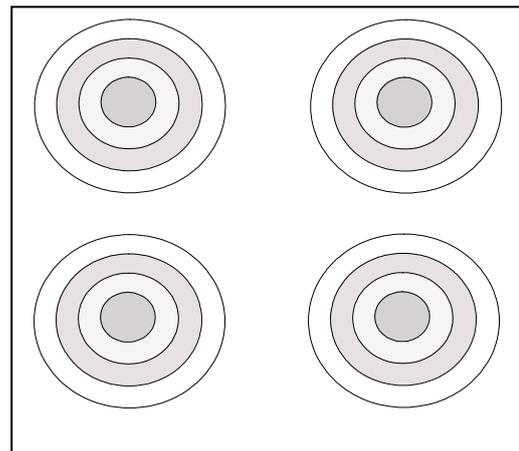


UE 4 : Capteurs et conditionneurs de signal



Définitions :

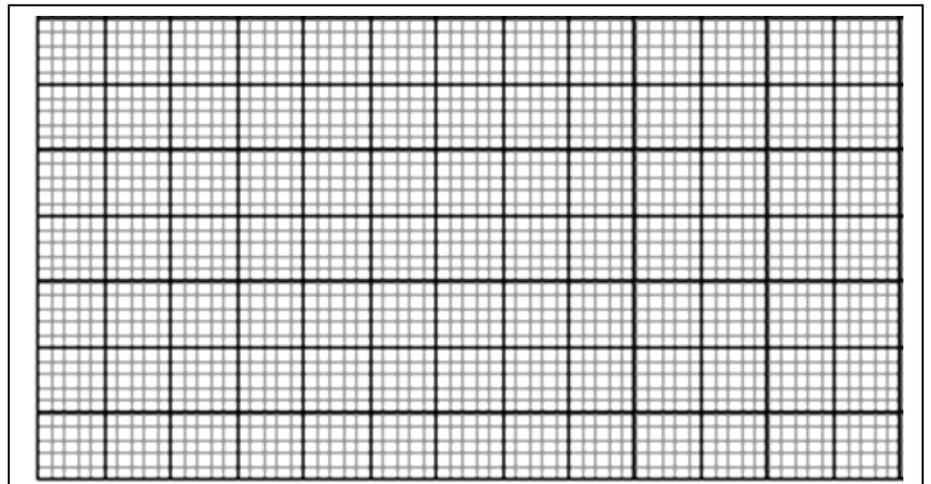
- Corps d'épreuve
- Courbe de réponse
- Grandeurs d'influence
- Etalonnage
- Capteurs actifs et passifs
- Circuits de mise en forme ou conditionneurs de signal
- Chaine de mesure
- Etendue de mesure
- Sensibilité
- Linéarité
- Résolution
- Finesse d'un capteur
- Rapidité
- Erreurs absolue, relative
- Fidélité d'un capteur
- Justesse
- Précision
- Hystérésis ou réversibilité
- Dérives d'un capteur
- Répétabilité
- Interchangeabilité
- Reproductibilité



Caractéristiques métrologiques 1 : Un capteur mesure un niveau d'eau et délivre une tension suivant le tableau I.

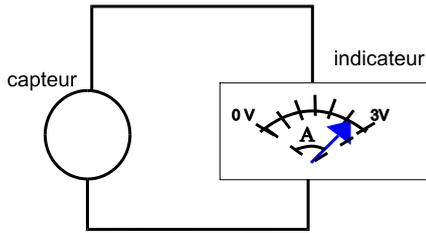
Niveau Niv (litres)	Tension V (Volts)
0	0
5	0.7
10	1.5
15	2
20	2.4
25	2.7
30	3

Tableau 1



1/ Tracer la courbe de réponse du capteur $V(Niv)$. Ce capteur est-il linéaire ? Quelle est l'erreur maximale de linéarité (en %) ?

2/ On branche ce capteur sur un indicateur à aiguille linéaire (voltmètre). L'angle maximum A de 120 degrés correspond à une tension de 3 Volts. Compléter le tableau II et graduer l'échelle de cet indicateur en fonction du mesurande.



Niv (litres)	V (Volts)	Angle A (deg)
0	0	
5	0.7	
10	1.5	
15	2	
20	2.4	
25	2.7	
30	3	

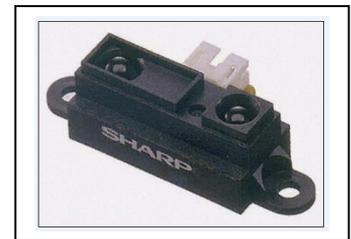
Tableau II

3/ Calculer la sensibilité du capteur (dV/ dNiv) en volts/litres au voisinage de 5 litres puis de 30 litres
 4/ Précision de la mesure : L'œil qui regarde l'indicateur est capable de mesurer l'angle de l'aiguille à + ou - 2 degrés. En déduire la précision de la mesure à 5 litres et à 30 litres.

Caractéristiques métrologiques 2 :

La **courbe de réponse** d'un **capteur de distance** fonctionnant par émission-réception de rayonnement infrarouge est donnée ci-contre. Ce graphe représente la tension délivrée par le capteur (Volts) en fonction de la distance entre le capteur et sa cible (cm). La partie exploitable de cette courbe est uniquement constituée de la zone décroissante.

A/Un capteur est dit « **Linéaire** » lorsque la courbe de réponse : Grandeur électrique de sortie (Y) en fonction du mesurande (M), est une droite de la forme : $Y = a \cdot M + b$, a et b étant des coefficients constants.



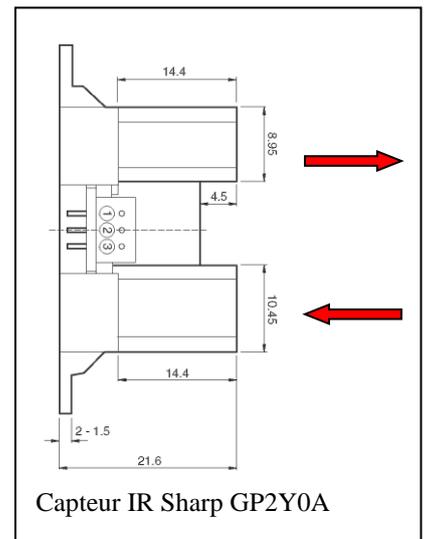
Questions :

A1 : Indiquer la nature de la grandeur de sortie et celle du mesurande de ce capteur. Ce capteur est-il linéaire ?

A2 : Pour des distances de mesure comprises entre 20 cm et 40 cm on considère que ce capteur est quasi-linéaire, tracer une droite reliant ces points, en déduire les coefficients a et b, puis écrire l'équation de la réponse du capteur dans cette étendue de mesure (20 - 40 cm).

A3 : Calculer la valeur théorique de la tension pour une distance D = 30 cm

A4 : Sachant que la tension délivrée effectivement par le capteur est de 2,0 Volts pour D=30cm, calculer l'erreur relative de non-linéarité en ce point (en %).



B/ La sensibilité (S) d'un capteur est définie par le quotient de la variation de la grandeur de sortie sur la variation du mesurande qui l'a provoquée soit de façon générale : $S = dY / dM$

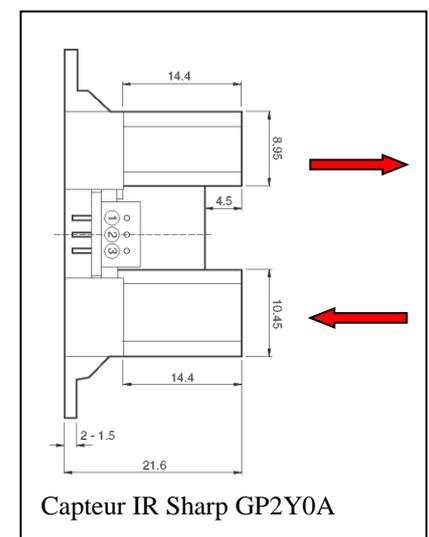
Questions :

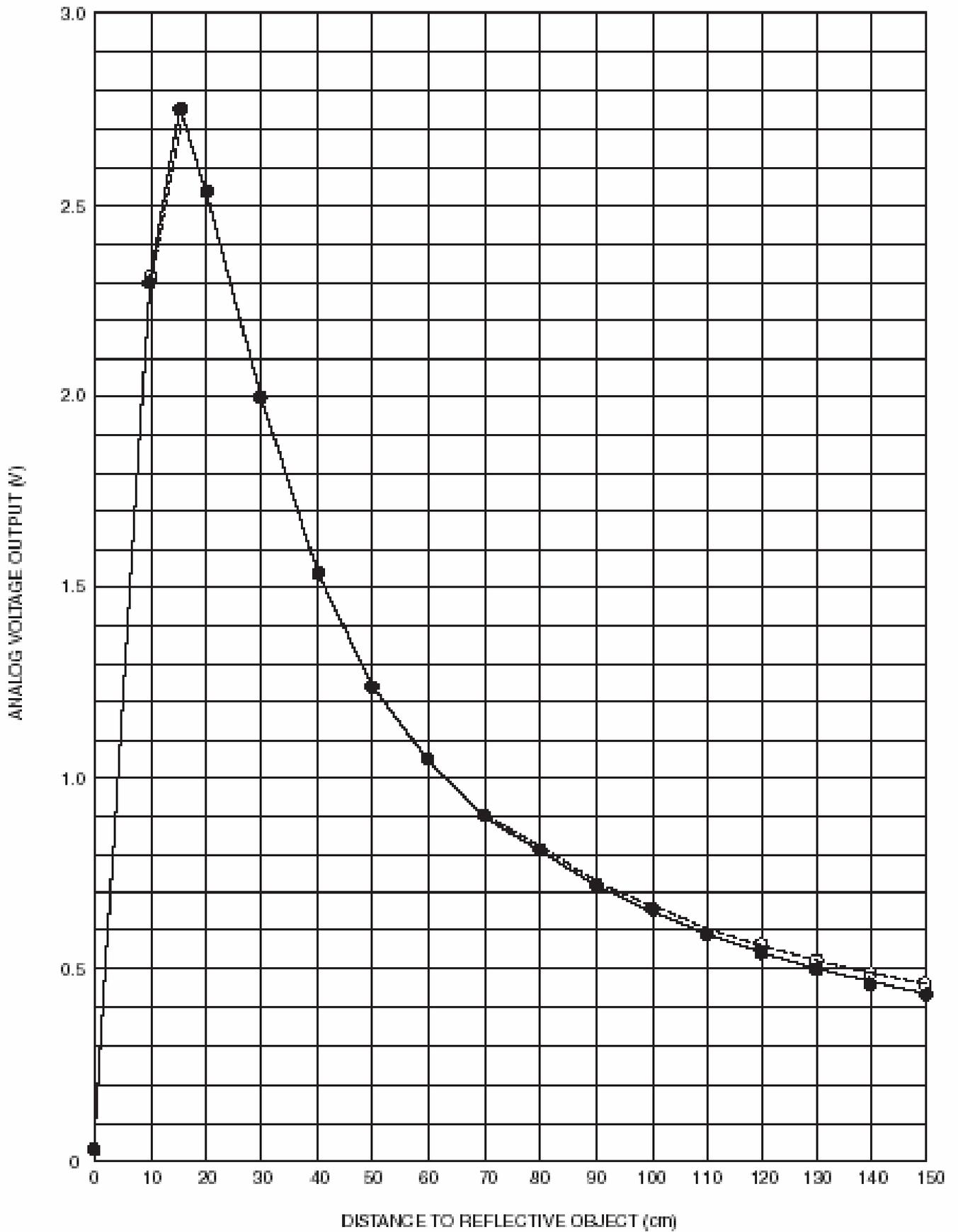
B1 : Quelle est la **sensibilité** du capteur de distance dans l'**étendue de mesure** 20-40 cm ?

B2 : La sensibilité est elle constante dans cette étendue de mesure ? – Pour quelle raison

B3 : A l'aide du graphe, calculer la sensibilité du capteur pour une distance de l'ordre de 140 cm.

B4 : Quelle est l'**étendue de mesure totale** de ce capteur ?





NOTES:

- White paper (90% Reflectance ratio)
- Gray paper (18% Reflectance ratio)

C/ La finesse d'un capteur représente la faculté de ce capteur à ne pas perturber le mesurande

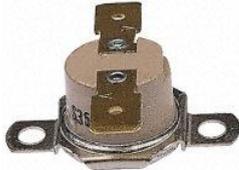
Exercice : Un capteur de température de masse 1 gramme est réalisé dans un matériau de chaleur massique $C_p = 10 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$. On mesure la température d'une masse d'eau de 20 g supposée à 60°C en immergeant ce capteur, initialement à 20°C .

C1 : Calculer la température affichée par l'indicateur de température relié au capteur

On donne $C_p \text{ eau} = 4.18 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ et on rappelle l'expression générale de la quantité de chaleur perdue ou absorbée lors d'un changement de température : $Q = m C_p (T_{\text{final}} - T_{\text{initial}})$

C2 : Est-il possible de mesurer la température de l'eau sans fausser la mesure ?

D/ Un thermostat de sécurité permettant par exemple de couper l'alimentation électrique d'une cafetière lorsque la température dépasse 100°C possède les caractéristiques suivantes :



THERMOSTAT 110° 240VAC 1N/F10A

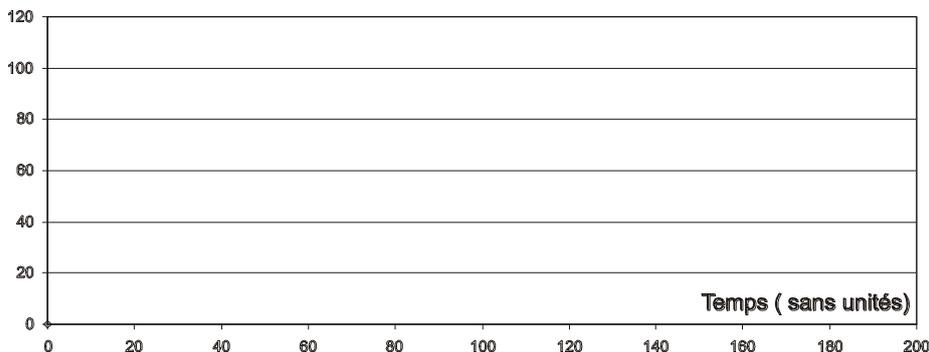
Courant de commutation maximal	10A
Tension de commutation maximale	250V c.a.
Température de fermeture	$95 \pm 5^\circ\text{C}$
Température d'ouverture	$110 \pm 4^\circ\text{C}$
Configuration de contact	N/C
Diamètre	15.9mm

Questions :

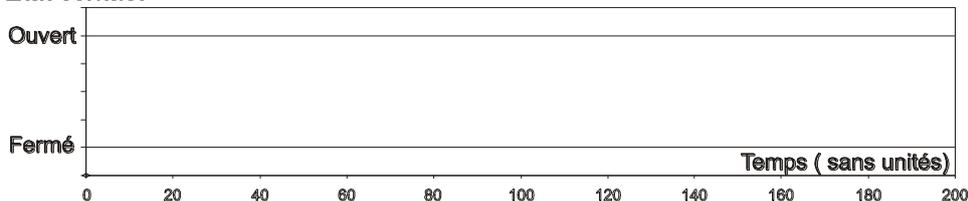
D1 : Compléter les trois graphes ci-après correspondant au fonctionnement de la cafetière :

Au départ la température est de 20°C et le contact est fermé, la température augmente et le contact s'ouvre lorsque la température dépasse 110°C , l'alimentation de la cafetière est alors coupée en conséquence la température diminue et le contact se ferme lorsque la température devient inférieure à 95°C , la cafetière chauffe de nouveau et le cycle reprend alors.

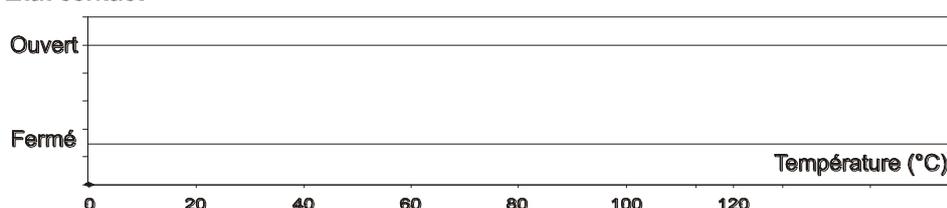
Température ($^\circ\text{C}$)



Etat contact



Etat contact



D2 / Quelle est la particularité du 3em graphique – Quel est le nom de cette propriété - Conclusions –

E/ Le capteur d'humidité Honeywell 3610, destiné à la mesure de l'humidité de l'air possède les caractéristiques suivantes : (RH signifie Relative Humidity en %)

Honeywell

Humidity Sensor

HIH-3610 Series

TABLE 1: PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Parameter	Condition
RH Accuracy ⁽¹⁾	±2% RH, 0-100% RH non-condensing, 25 °C, V _{supply} = 5 Vdc
RH Interchangeability	±5% RH, 0-60% RH; ±8% @ 90% RH typical
RH Linearity	±0.5% RH typical
RH Hysteresis	±1.2% RH span maximum
RH Repeatability	±0.5% RH
RH Response Time, 1/e	15 sec in slowly moving air at 25 °C
RH Stability	±1% RH typical at 50% RH in 5 years
Power Requirements	
Voltage Supply	4 Vdc to 5.8 Vdc, sensor calibrated at 5 Vdc
Current Supply	200 µA at 5 Vdc
Voltage Output	
	V _{out} = V _{supply} (0.0062(Sensor RH) + 0.16), typical @ 25 °C (Data printout option provides a similar, but sensor specific, equation at 25 °C.)
V _{supply} = 5 Vdc	0.8 Vdc to 3.9 Vdc output @ 25 °C typical
Drive Limits	
	Push/pull symmetric; 50 µA typical, 20 µA minimum, 100 µA maximum Turn-on ≤ 0.1 sec
Temperature Compensation	
	True RH = (Sensor RH)/(1.093-0.0021T), T in °F True RH = (Sensor RH)/(1.0546-0.00216T), T in °C
Effect @ 0% RH	±0.007 %RH/°C (negligible)
Effect @ 100% RH	-0.22% RH/°C (<1% RH effect typical in occupied space systems above 15 °C (59 °F))
Humidity Range	
Operating	0 to 100% RH, non-condensing ⁽¹⁾
Storage	0 to 90% RH, non-condensing
Temperature Range	
Operating	-40 °C to 85 °C (-40 °F to 185 °F)
Storage	-51 °C to 125 °C (-60 °F to 257 °F)
Package ⁽²⁾	Three pin, solderable SIP in molded thermoset plastic housing with thermoplastic cover
Handling	Static sensitive diode protected to 15 kV maximum



Questions :

E1 : Quelle est l'étendue de mesure de ce capteur ?

E2 : Peut-on alimenter ce capteur avec 3 piles de 1,5 Volts disposées en série ? Pourquoi ? Inconvénients ?

E3 : On alimente le capteur avec une tension de 5V stabilisée : Calculer la valeur de la tension de sortie (Sortie:Output) pour un taux d'humidité de 50 %.

E4 : En prenant en compte la précision de mesure (accuracy), donner la valeur de l'humidité de l'air et l'intervalle d'erreur lorsque ce capteur délivre une tension de 2.00 Volts.

E5 : Le capteur étant tombé en panne on le remplace par un autre capteur de même référence. Calculer les valeurs extrêmes du signal pour un taux d'humidité réel de 50 %.

E6 : La réponse temporelle d'un système du 1^{er} ordre peut être décrite à partir de la relation suivante :

$V(t) = E \cdot e^{-t/\tau}$. Pour quelle valeur particulière du temps (t) la tension de sortie V(t) sera-t-elle égale à E/e avec e=2.718. Cette valeur particulière du temps se nomme « constante de temps » du système.

E7 : Tracer la courbe V=f(t) lorsque le taux d'humidité décroît brutalement de 60% à 10 %. Donner l'équation de cette courbe. Au bout de combien de temps la tension aura-t-elle atteint 90 % de sa valeur initiale ?

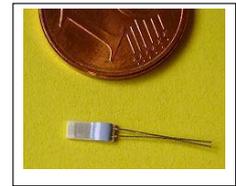
E8 : Le capteur est soumis à une variation instantanée d'humidité, qui passe de 10% à 60%. Calculer les valeurs limites de la tension et tracer approximativement la courbe V = f(t). Au bout de combien de temps la tension aura-t-elle atteint 90 % de sa valeur finale ?

La température : une grandeur d'influence

E9 : Vérifier l'effet de la température à T = 0 °C et T = 100 °C. Quelles sont les erreurs (%) induites à chacune de ces températures ?

E10 : Pour quelle valeur de température la valeur d'humidité relative affichée sera la vraie (vraie : true)?

E11 : Tracer un graphe permettant de déduire la valeur d'humidité relative réelle de la valeur affichée?

Capteurs et Conditionneurs**Mise en œuvre d'un capteur de température de type sonde platine (PT100)**

sonde PT 100 : $R_0 = 100 \Omega$ à la température de référence $T_0 = 0^\circ\text{C}$.

Modèles référencés Pt100, Pt500, Pt1000

Les sondes se répartissent en **classes de précision** :

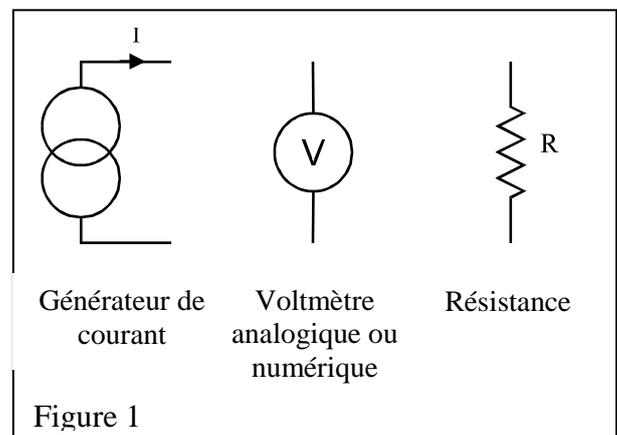
	à -100°C	à 0°C	à 100°C	à 200°C	à 300°C
classe B	$\pm 0.80^\circ\text{C}$	$\pm 0.30^\circ\text{C}$	$\pm 0.80^\circ\text{C}$	$\pm 1.30^\circ\text{C}$	$\pm 1.80^\circ\text{C}$
classe A	$\pm 0.35^\circ\text{C}$	$\pm 0.15^\circ\text{C}$	$\pm 0.35^\circ\text{C}$	$\pm 0.55^\circ\text{C}$	$\pm 0.75^\circ\text{C}$
classe 1/5 DIN ($\cong B/5$)	$\pm 0.16^\circ\text{C}$	$\pm 0.06^\circ\text{C}$	$\pm 0.16^\circ\text{C}$	$\pm 0.26^\circ\text{C}$	$\pm 0.36^\circ\text{C}$

1/ A partir des éléments représentés figure 1 et en supposant que le générateur de courant délivre un courant $I = 1$ ampère, dessiner le schéma électrique d'un ohmmètre. Pour raisonner, on pourra utiliser la loi d'Ohm.

2/ L'appareil est alimenté à l'aide d'un pack d'accumulateurs NiMh de capacité 2500 mAh. Calculer l'autonomie maximale de cet Ohmmètre. Quelle serait la valeur de la tension à appliquer pour mesurer une résistance de 10 000 ohms. Est-ce raisonnable. Conclusion

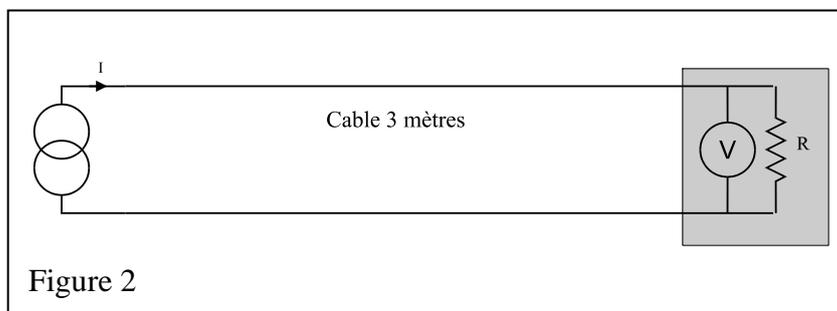
3 / Le voltmètre utilisé est un indicateur numérique de gamme $- 199.9$ à $+199.9$ mV. Quelle doit être la valeur du courant I pour afficher directement la résistance en ohms.

NB : Pour les questions suivantes, ce sera cette valeur de courant qui sera utilisée



4/ L'ohmmètre est connecté à une résistance $R = 100$ ohms à l'aide d'un câble bifilaire de longueur 3 m, les conducteurs de diamètre 0,5 mm étant en cuivre. On donne la résistivité électrique du Cu : $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ohm .mètre. Dessiner le circuit et calculer la valeur indiquée par l'ohmmètre.

5/ On délocalise la partie voltmètre de l'ohmmètre suivant le schéma de la figure 2.



Calculer la valeur affichée pour $R = 100$ Ohms

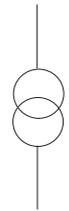
6 / Le fait d'avoir disposé le voltmètre au même endroit que la résistance à mesurer n'est pas pratique du tout. Replacer le voltmètre à côté du générateur de courant et dessiner un circuit électrique utilisant 4 fils de liaison entre la résistance et l'ohmmètre, permettant de s'affranchir de la résistance électrique des fils. On rappelle que le courant consommé par un voltmètre est quasi nul.

Exercice :

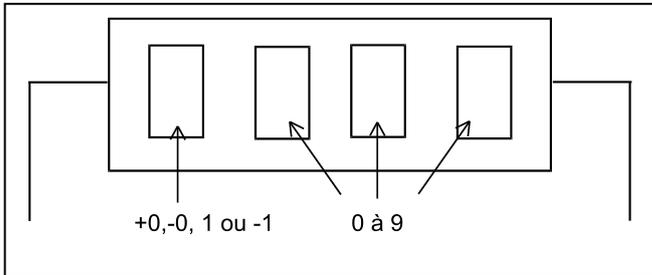
On dispose d'une sonde platine PT 100, d'un afficheur numérique de tension et d'un circuit permettant de générer un courant électrique $I = 1 \text{ mA}$



PT100 :
 $R = R_0 (1 + 0,00385 \cdot T)$
 entre 0 et 200 °C



$I = 1 \text{ mA}$



Afficheur 3 digits 1/2 :
 1 digit qui a pour valeurs -1,-0, +0, ou +1
 et 3 digits de 0 à 9
 permettant un affichage de -199.9 à +199.9 :
 correspondant à une tension appliquée
 aux bornes de l'afficheur comprise
 entre -199,9 mV et +199,9 mV

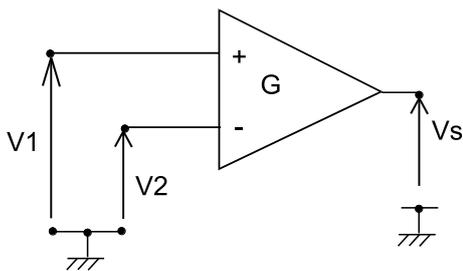
1/

Dessiner le montage 4 fils correspondant

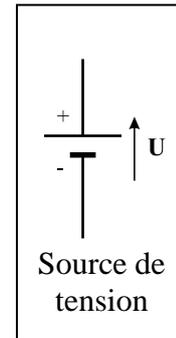
2/ Donner la valeur affichée lorsque la température du capteur T vaut 0 °C puis 100 °C

3/ Quelle tension faut-il soustraire pour obtenir une indication 0.000 quand $T = 0^\circ\text{C}$

4/ On utilise pour cela un amplificateur différentiel :



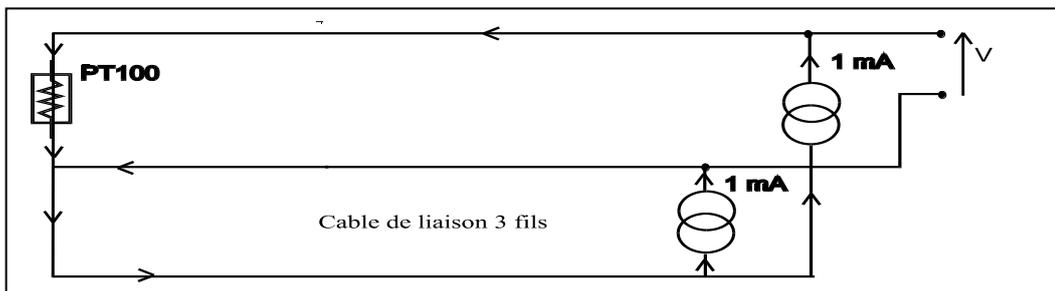
$V_s = G \cdot (V_1 - V_2)$
 G est le gain de l'ampli



A : Redessiner le montage avec cet amplificateur et la source de tension à soustraire. Calculer le gain G pour obtenir une indication 100.0 quand $T = 100^\circ\text{C}$

B : On utilise en réalité un ampli à gain $G = 10$. Concevoir le circuit correspondant.

5/ Par mesure d'économie il est possible d'utiliser un câble à 3 fils au lieu de 4 :



La résistance de chaque fil est $r = 2.5 \Omega$

A : Etablir la valeur du courant circulant dans chacun des fils.

B : Calculer la tension disponible V quand $T = 0^\circ\text{C}$.

C : Est-il nécessaire d'avoir des fils de sections identiques ?

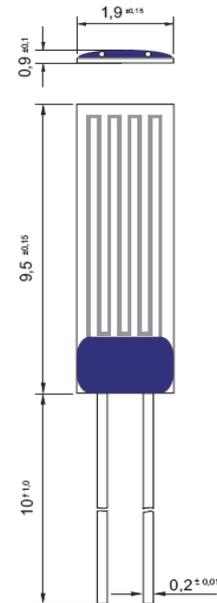
Platinum Resistance Temperature Detector

M-FK 1020

F series PRTDs are designed for large volume applications where long term stability, interchangeability and accuracy over a large temperature range are vital. Typical applications are Automotive, White Goods, HVAC, Energy Management, Medical and Industrial equipment.

Nominal Resistance R_0	Tolerance	Order Number Blister Reel
100 Ohm at 0°C for M-FK 1020 1 Pt 100	DIN EN 60751, class B	32 208 280
	DIN EN 60751, class A	32 208 429
	DIN EN 60751, class 1/3 B	32 208 428
500 Ohm at 0°C for M-FK 1020 1 Pt 500	DIN EN 60751, class B	32 208 285
1000 Ohm at 0°C for M-FK 1020 1 Pt 1000	DIN EN 60751, class B	32 208 286
	DIN EN 60751, class A	32 208 439
	DIN EN 60751, class 1/3 B	32 208 483

The measuring point for the nominal resistance is situated at 8 mm from the end of the sensor body



- Specification** : DIN EN 60751 (according to IEC 751)
- Temperature range** : -70°C to +500°C (continuous operation)
 Tolerance class B -70 °C to + 500 °C
 Tolerance class A -30 °C to + 350 °C
 Tolerance class 1/3 B 0 °C to + 100 °C
- Temperature coefficient** : $T_c = 3850 \text{ ppm/K}$
- Leads** : platinum clad nickel wire
- Longterm stability** : max. R_0 -drift 0,04% after 1000 h at 500 °C
- Vibration resistance** : at least 40 g acceleration at 10 to 2000 Hz
- Shock resistance** : at least 100 g acceleration with 8ms half sine wave
- Environmental conditions** : unhused for dry environments only
- Insulation resistance** : > 10 M Ω at 20 °C; > 1 M Ω at 500 °C
- Self Heating** : 0,2 K/mW at 0 °C
- Response time** : water current ($v = 0,4 \text{ m/s}$): $t_{0,5} = 0,2 \text{ s}$; $t_{0,9} = 0,4 \text{ s}$
 air stream ($v = 1 \text{ m/s}$): $t_{0,5} = 4,2 \text{ s}$; $t_{0,9} = 12,7 \text{ s}$
- Measuring current** : 100 Ω : 1,0 to 3,0 mA
 500 Ω : 1,0 mA
 1000 Ω : 0,3 to 1,0 mA

11 / 1998

Heraeus Sensor-Nite GmbH
 Reinhard-Heraeus-Ring 23
 D-63801 Kleinostheim
 Germany
 Phone +49 60 27 / 503-179
 Fax +49 60 27 / 503-265

Capteur de température de type « thermocouple »

Principe : Un thermocouple est généralement constitué de trois métaux reliés par deux soudures : La soudure froide et la chaude. (figure 1)

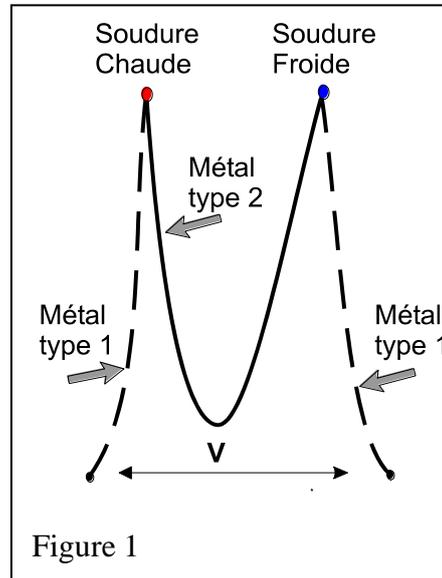
Le thermocouple génère une tension proportionnelle à la différence température entre les jonctions chaude et froide soit :

$$V = \alpha (T_{Soud.Chaude} - T_{Soud.Froide})$$

avec α : Coefficient de Seebeck en $\mu V / ^\circ C$

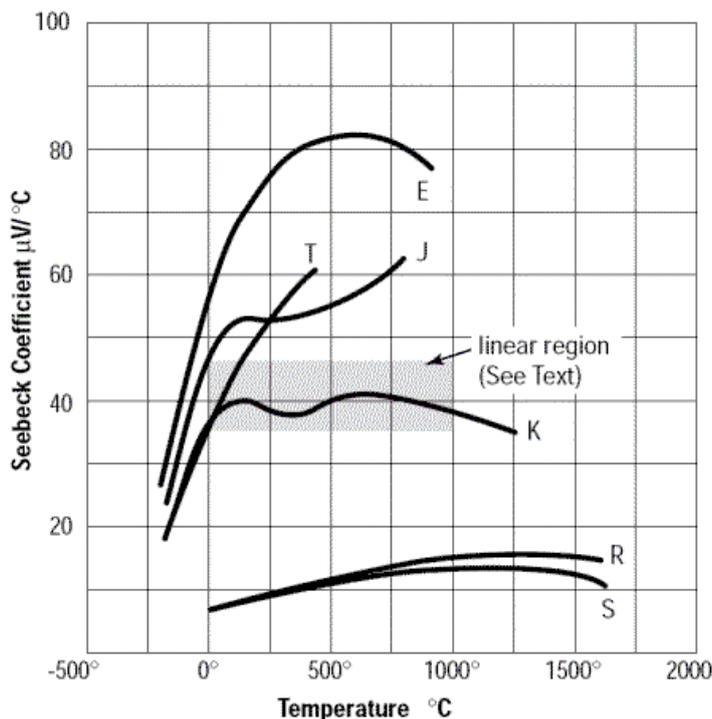
La valeur du coefficient de Seebeck pour différents types de thermocouples est donnée dans le tableau ci-dessous .

Ces valeurs approximatives sont données pour une température de chaude au voisinage de 100 , 500 et 1000°C . Pour obtenir une plus précision de mesure il suffit d'utiliser les polynômes d'approximation.

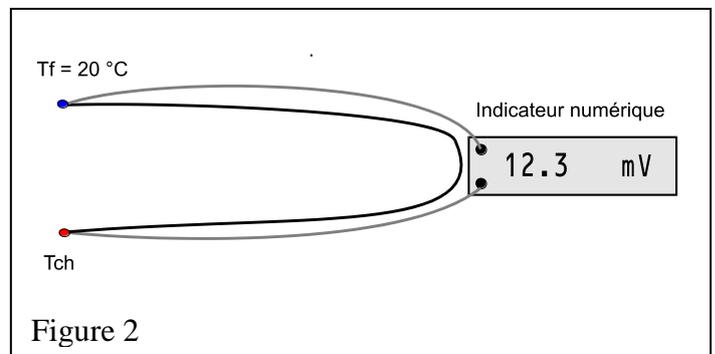


fil
soudure
de
soudure
grande

Type	Métal 1 (+)	Métal 2 (-)	α ($\mu V/^\circ C$) (Jonction froide à 0°C)			Tmin – Tmax (°C)
			100 °C	500°C	1000 °C	
J	Fer	Constantan	54	56	-	+20 à + 700
K	Chromel	Alumel	42	43	39	0 à 1100
R	Platine	Platine 13% Rodhium	8	10	11	0 à 1600
S	Platine	Platine 10% Rodhium	7	10	11	0 à 1550
T	Cuivre	Constantan	46	-	-	-185 à +300



Exercice 1 : Un thermocouple de type K est connecté sur un indicateur numérique (module voltmètre) qui indique une tension de 12.3 mV (figure 2).



1/ En utilisant le tableau précédent, calculer la valeur de la température mesurée par la soudure chaude (Tch).

2/ Quelle doit être la température de la soudure froide pour que l'indicateur délivre une indication proportionnelle à la température de la soudure chaude soit :

$$V = A * Tch$$

3/ Calculer la valeur de A pour que l'indicateur affiche directement la température en °C , soit par exemple : 125.4 lorsque la température = 125.4 °C .

4/ En prenant $\alpha = 42 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$, calculer la valeur du gain d'un amplificateur inséré entre le thermocouple et l'afficheur . Dessiner le schéma électrique du montage.

Exercice 2 : Un thermocouple de type K simplifié est connecté de la façon suivante sur l'indicateur numérique précédent (figure 3).

1 / Localiser l'endroit où se trouve la jonction froide et donner sa température.

2 / Sachant que le bornier de l'indicateur est à 25 °C , calculer la température de la soudure chaude.

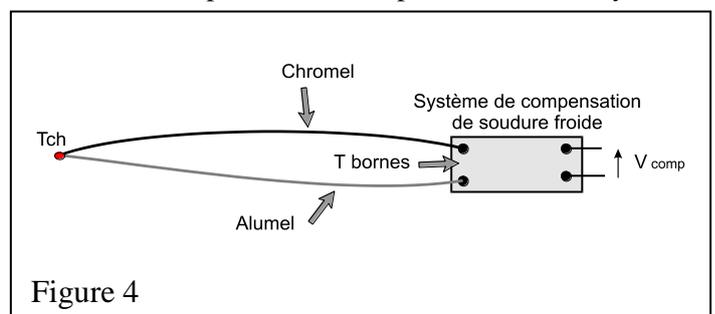
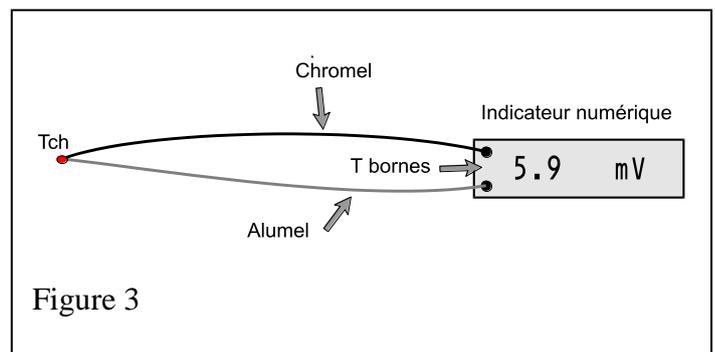
3 / Donner l'expression littérale de la tension délivrée par le thermocouple en fonction des températures de ses jonctions.

4 / Quelle grandeur faudrait-il soustraire de l'expression précédente pour que la tension délivrée par le thermocouple soit indépendante de la température du bornier ?

5 / Pour réaliser cette fonction, les conditionneurs de signaux industriels pour thermocouples utilisent un système de « compensation de soudure froide ». Il s'agit d'un module électronique qui mesure la température du bornier (Tbornes) et qui délivre une tension proportionnelle à celle-ci soit :

$$V_{comp} = B * T_{bornes}$$

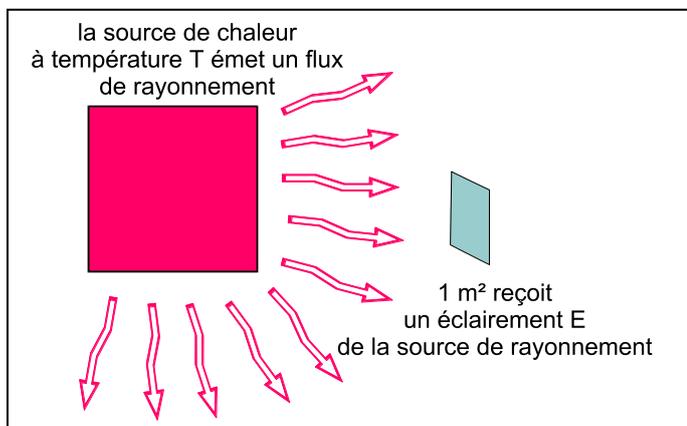
Proposer un montage permettant d'afficher directement la température de la soudure chaude sur l'indicateur numérique. Le montage sera composé de l'afficheur numérique, du système de compensation, d'un soustracteur et d'un amplificateur. Donner la valeur de B et le gain G de l'amplificateur.



Mesure de température sans contact par rayonnement infrarouge

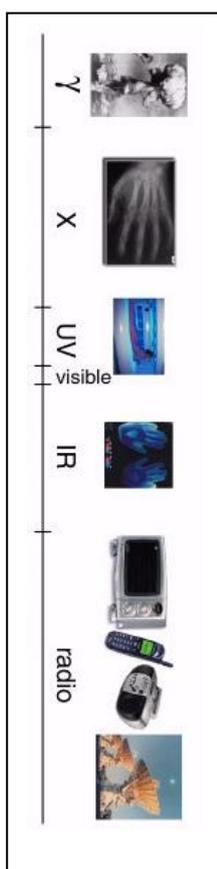
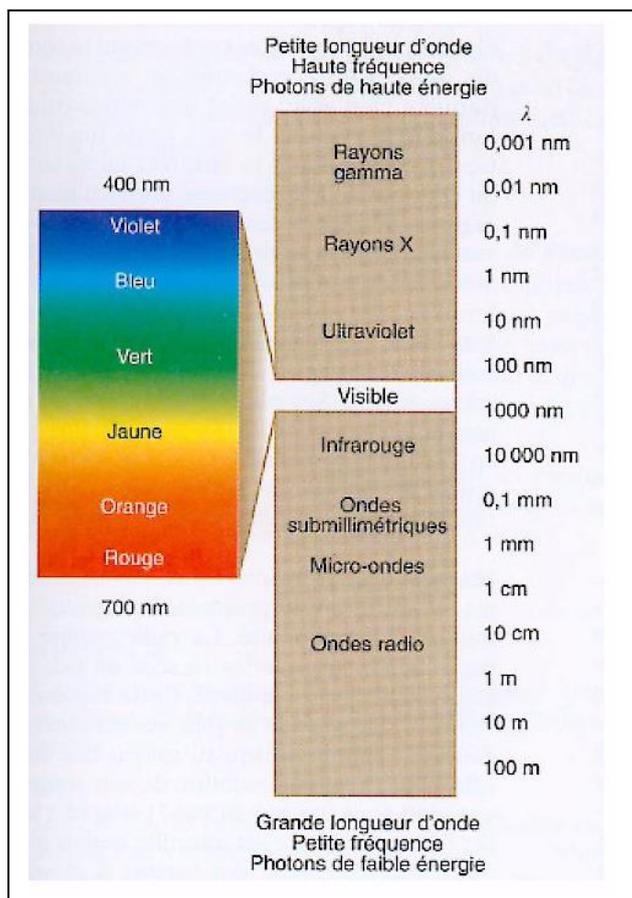
Rappels : 3 types de transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement.

Tout corps émet un rayonnement électromagnétique qui dépend de sa température



Le rayonnement = des ondes électromagnétiques se déplaçant à la vitesse de la lumière ($c=300\ 000\ km/s$ dans le vide).

Spectre électromagnétique



gamma: 10^{-14} à 10^{-12} m 10^{20} Hz
X: 10^{-12} à 10^{-8} m 10^{18} Hz
UV : 0.01 à 0.38 μm A : 0.32 à 0.4 μm B : 0.29 à 0.32 μm (10^{16} Hz)
visible: 0.38 à 0.76 μm
IR : 0.76 μm à 1 mm
Hyperfréquences(GHz): 10^{-2} m : four monde 10^{-1} m : tél mobile
Radio : 1m : bande FM 100 M Hertz

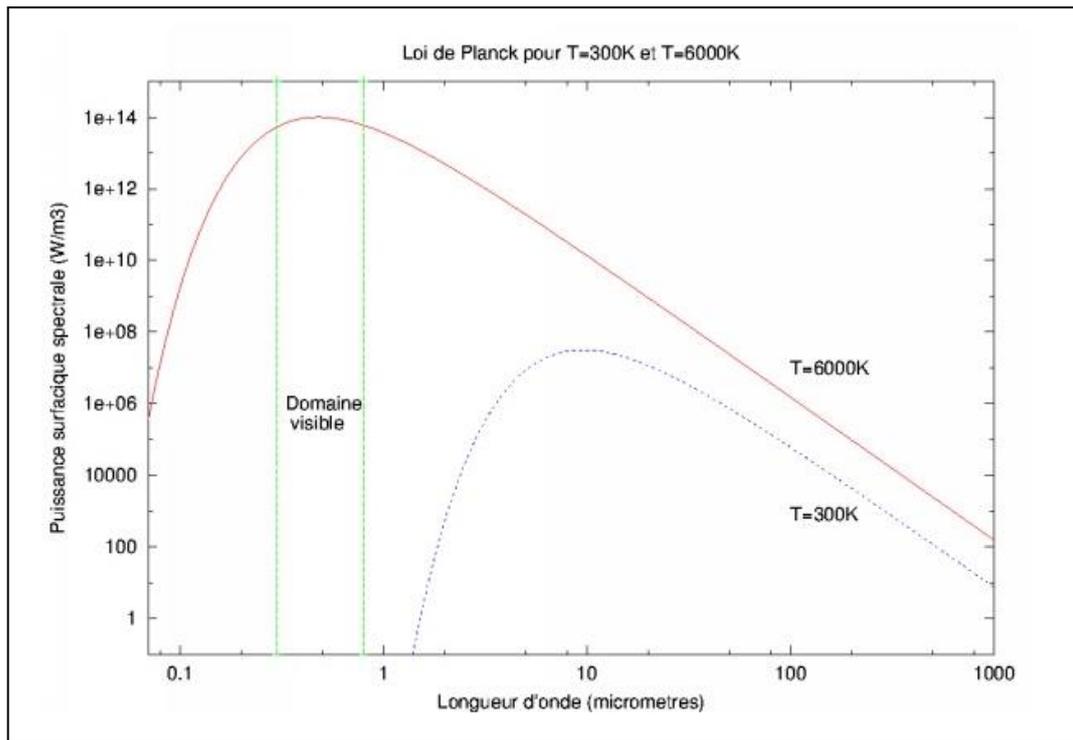
VISIBLE : Couleur	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Bleu	Violet
Longueur d'onde (nm)	700	650	600	550	500	450

INFRA ROUGE : proche : 0.76 à 1.5 μm , moyen : 1.5 à 5.6 μm , lointain : 5.6 à 1000 μm

3 lois pour le rayonnement :

1/ Loi de Planck : répartition spectrale du rayonnement

La loi de Planck donne la répartition de l'énergie dans tout le spectre de longueurs d'onde



ex : Comparaison entre soleil (T = 6000 K) et être humain (T=300 K)

2/La loi de Wien donne la longueur d'onde (λ_{max} en mètres) où on a le maximum d'intensité de flux de chaleur pour une température donnée

$$\lambda_{max} = \frac{hc}{4,965 \cdot kT} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{T} \quad \text{avec } T : \text{température du corps en Kelvins : } T(K) = T(^{\circ}C) + 273.$$

3/ Loi de Stefan-Boltzmann

La loi de Stefan-Boltzmann donne la densité de flux total émis (par m²) dans tout le spectre (toutes fréquences comprises) :

$$\varphi \text{ (Watt/m}^2\text{)} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad T \text{ en K}$$

constante de Stefan : $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Watt}/(\text{mètre}^2 \cdot \text{Kelvin}^4)$

Conclusion : plus un corps est chaud (T élevée) et :

- plus il rayonne de flux, d'énergie (*Loi de Stefan-Boltzmann*)
- plus il émet vers les longueurs d'onde basses (*loi de Planck*)

coefficient ε : Emissivité :

En réalité, le flux de rayonnement émis ne dépend pas que de la température du corps mais aussi de ses propriétés « radiantes » qui dépendent :

- du matériau
- de l'état de surface

Cette dépendance est représentée par un coefficient ε appelé émissivité $\varepsilon \leq 1$

Matériau	Emissivité (en IR bande 8-14 μm)
Béton	0,95
Verre à vitres	0,85
Bois (naturel)	0,9-0,95
Acier laminé à froid	0,7-0,9
Acier : tôle polie	0,1
Acier : Tôle brut	0,8-0,9

Capteur de rayonnement IR

Un capteur de température à distance doit donc mesurer le rayonnement infrarouge émis par le corps en délivrant un signal proportionnel à ce flux émis.

Les capteurs les plus fréquemment utilisés sont de type capteurs thermiques (Fig. 1).

Afin d'aider à la compréhension du phénomène physique, nous supposons que le capteur est plus froid que la cible (objet dont on veut mesurer la température).

Dans ce cas, le flux de rayonnement IR échangé entre la cible et le capteur traverse une fenêtre de protection en silicium (silicon filter) et provoque une élévation de température du corps noir (black body) de surface « A » disposé face à la fenêtre. Un réseau de microthermocouples extrêmement miniaturisé permet de mesurer ce flux de rayonnement et délivre une tension proportionnelle à ce flux.

Soit $V_{\text{capteur}} = S \cdot \Phi$ avec S : sensibilité en V/W et Φ : le flux échangé en W

Et $\Phi = A \cdot \sigma \cdot \epsilon_s (\epsilon_t \cdot T_t^4 - T_s^4)$ avec : ϵ_s, ϵ_t : les émissivités du capteur et de la cible
 T_s et T_t , les températures du capteur et de la cible (en K)

Ces relations ne sont valables que si l'angle de vue du capteur est entièrement occulté par la cible (Fig.2).

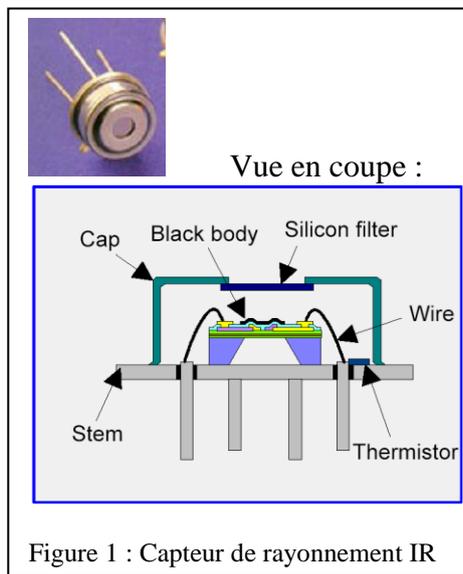


Figure 1 : Capteur de rayonnement IR

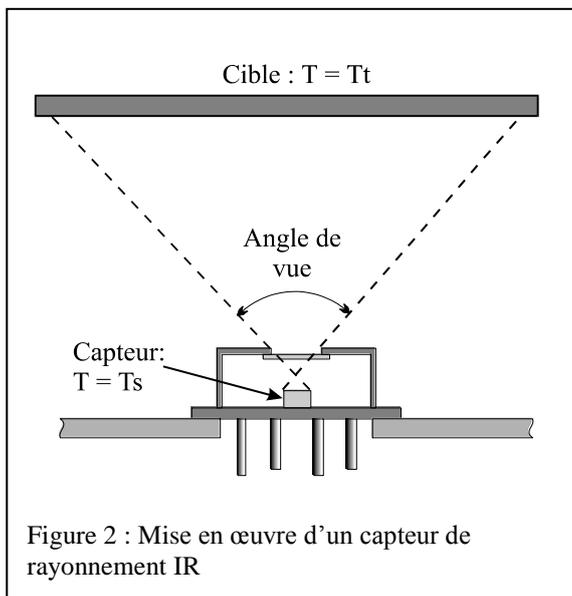


Figure 2 : Mise en œuvre d'un capteur de rayonnement IR

thermomètre IR
 -18 à +260°C
 ► visée laser

Boîtier compact avec 1 seul bouton M/A.

Température	-18 à +260°C
Résolution	1°C
Précision	-18 à 25°C, ±4°C +25 à +260°C, ±2°C ou 2% mesure
Résolution optique	6:1
Distance max.	120 cm
Bande spectrale	7 à 18 μm
Emissivité	0,95
L x P x H	184 x 45 x 38 mm/227 g
Alimentation	pile 9 V

2 thermomètre IR -18 à +260°C
 N91774
 pile 9 V
 N80004

2 et 3 cône de mesure

accessoires communs

ruban autocollant émissivité 0,93
 N74008 maxi. 300°C

Exercice 1 : Calculer la longueur d'onde prépondérante émise par le corps humain. On prendra la température de peau = 32 °C.

Exercice 2 :

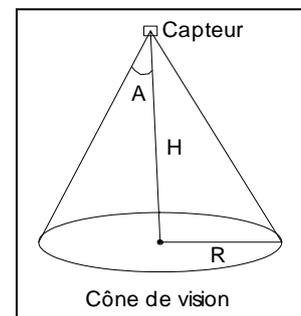
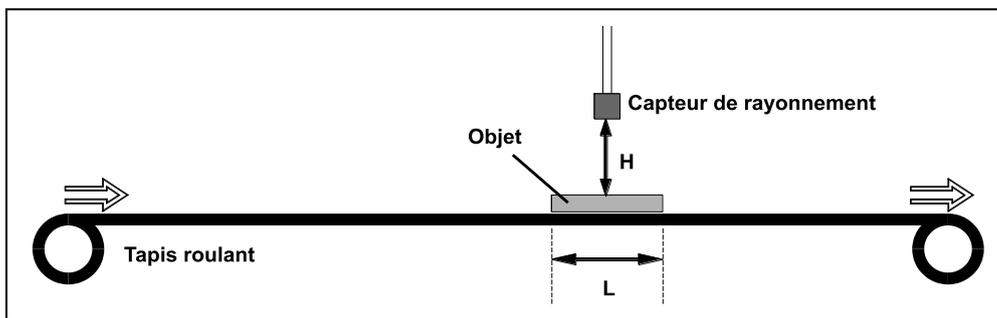
1 / Un capteur IR de sensibilité $S = 5 \text{ V/W}$ de surface $A = 4 \text{ mm}^2$ et d'émissivité 0,9 vise un mur de béton à 50 °C. Sachant que la température du capteur est 27°C, calculer la tension délivrée par ce capteur.

2 / Le même capteur, toujours à 27°C, vise un autre mur de béton. Il délivre une tension de 4,6 mV. Calculer la température du mur. Ce capteur est-il linéaire ?

3/ On vise un autre mur, la tension délivrée devient négative que peut on en conclure ?

Problème : Mesure de température d'un objet

L'objet dont on veut mesurer la température est rectangulaire de longueur $L=20 \text{ cm}$ et de largeur $l=15 \text{ cm}$ et se déplace sur un tapis roulant au-dessus duquel on a disposé le capteur de rayonnement.



a/ Le capteur de rayonnement se comporte comme un système du 1^{er} ordre : $V=V_0 \cdot (1 - e^{-t/\tau})$.

Tracer l'allure de la réponse temporelle de ce capteur. Sachant que le temps de réponse du capteur est de 20 msec à 63%, calculer le temps minimal durant lequel le capteur doit voir l'objet pour avoir 99% du régime permanent.

b/ Sachant que le capteur voit un cercle de rayon $R=4 \text{ cm}$, calculer la vitesse maximale du tapis pour avoir 99% du régime permanent.

c/ Sachant que le cône de vision du capteur a un angle d'ouverture A de 45 degrés, calculer la hauteur H de la position du capteur par rapport à l'objet.

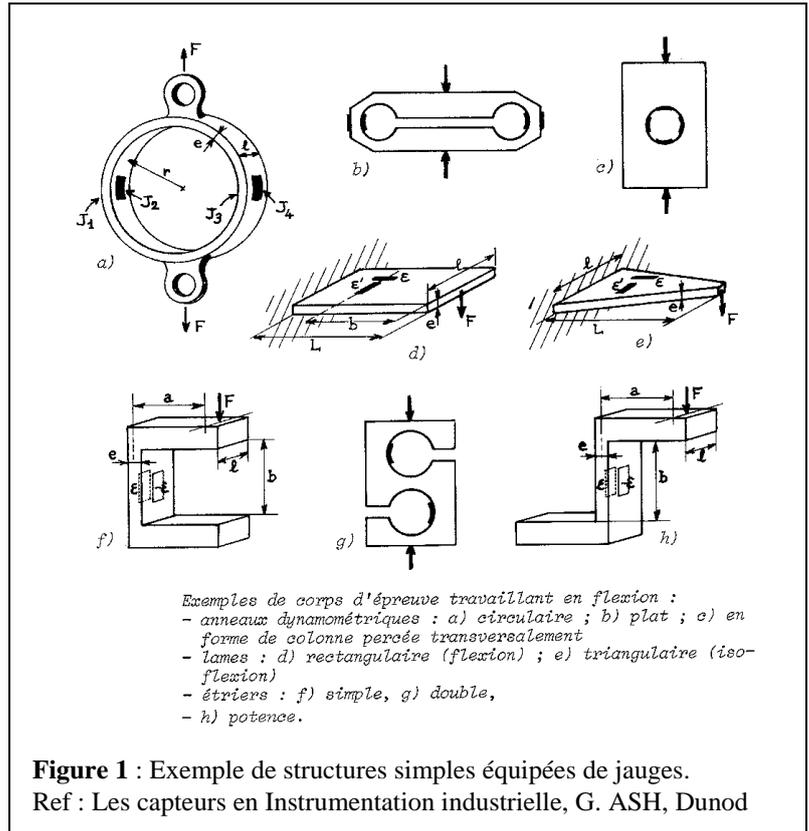
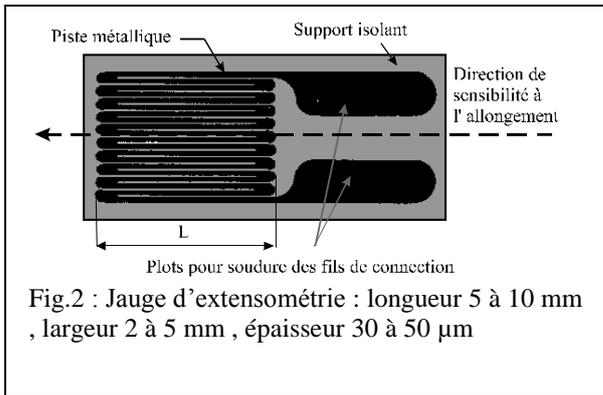
d/ On suppose la température du capteur (T_{capteur}) constante. Etablir la sensibilité du capteur à la température de l'objet. Est-elle constante ? Pourquoi ?

e/ En fait, la température du capteur varie entre 20 et 30 °C au cours de la journée. Calculer l'erreur de mesure maximale générée par cette fluctuation.

(on rappelle les valeurs significatives suivantes : $e^{-1}=0,37$ $\ln(0,1)=-2,3$ $\text{tg}(\pi/4)=1$)

Mesure de déformation, de force

On désire mesurer les déformations ou la force (F) appliquée sur les structures mécaniques représentées figure 1. Les capteurs les plus utilisés pour effectuer ce type de mesure sont les jauges d'extensométrie notés J1, J2, J3, J4. Elles se présentent sous la forme de « patches » à coller sur la structure (Fig.2).



Lorsque la structure s'allonge, si la jauge est orientée sans le sens de l'allongement, la longueur de la piste métallique augmente , sa section diminue. Ces deux phénomènes provoquent une augmentation de la résistance électrique de la jauge.

En notant L la longueur initiale de la jauge et ΔL son allongement, la variation relative de résistance est définie suivant la relation :

$$\Delta R / R = K \cdot \Delta L / L = K \cdot \epsilon$$

Avec K : facteur de jauge dépendant du métal utilisé (2,1 pour le Constantan , 4,1 pour le platine-tungstène) et $\epsilon = \Delta L / L$ la déformation de la jauge .

Les relations permettant de calculer les déformations « ε » de quelques structures simples sont données figure 3 , « ε' » étant la déformation dans le sens perpendiculaire à l'allongement.

γ : le coefficient de Poisson est voisin de 0.3 pour les métaux.

Relations mécaniques dans les corps d'épreuve travaillant en flexion

Corps d'épreuve	Fig.	Déformation	Flèche f
Anneau circulaire (e << r)	a	$\epsilon_2 = \epsilon_3 = -\epsilon_1 = -\epsilon_4 = \frac{1,09 \cdot F \cdot r}{Y \cdot l \cdot e^2}$	$f = 1,79 \frac{F \cdot r^3}{Y \cdot l \cdot e^3}$
Lame rectangulaire	d	$\epsilon = \frac{6 \cdot F \cdot b}{Y \cdot l \cdot e^2}$ $\epsilon' = -\nu \epsilon$	$f = \frac{4 \cdot F \cdot L^3}{Y \cdot l \cdot e^3}$
Lame triangulaire	e	$\epsilon = \frac{6 \cdot F \cdot L}{Y \cdot l \cdot e^2}$ (identique en tout point de la lame : isoflexion) $\epsilon' = -\nu \epsilon$	$f = \frac{6 \cdot F \cdot L^3}{Y \cdot l \cdot e^3}$
Etrier et potence	f et h	$\epsilon = \frac{F}{Y} \cdot \frac{1}{l \cdot e} \left(\frac{6a}{e} + 1 \right)$	$f = 12 \frac{F}{Y} \frac{a^2 b}{l \cdot e^3}$

Figure 3

Exercice

Une lame métallique en acier, encastrée dans un support est soumise à une force F verticale de 1 Newton (Fig.4) . Le module d'Young (Y) est de $220 \cdot 10^9 \text{ N.m}^{-2}$, la longueur de la lame est de 30 mm , la largeur de 5 mm et l'épaisseur 0.5 mm.

Deux jauges d'extensométrie J1 et J2 sont disposées de part et d'autre de la lame les pistes métalliques orientées dans le sens de la longueur de la lame.

1/ Calculer les déformations « ε » des jauges J1 et J2

2/ Sachant que ces jauges sont en constantan calculer la variation relative de résistance $\Delta R / R$

3/ Ces deux jauges sont câblées dans deux branches contigues du pont de Wheastone représenté figure 5. Etablir l'expression de la tension V_A et de la tension V_B en fonction de E , R , $J1$ et $J2$.

En déduire l'expression de $V_A - V_B$.

4/ Montrer que lorsque les résistances nominales des jauges sont égales aux résistances R , soit $J1 = R + \Delta R$ et $J2 = R - \Delta R$ cette expression peut se réduire à :

$$(Eq.1) \quad V_A - V_B = (E / 2) \cdot (\Delta R / R) \quad \text{lorsque } \Delta R \ll R$$

5/ Dans ce cas , montrer que la différence de potentiel $V_A - V_B$ est proportionnelle à la force F soit :

$$(Eq.2) \quad V_A - V_B = A \cdot F$$

et calculer la valeur du coefficient A pour une tension d'alimentation du pont $E=2.5$ Volts Préciser les unités de chaque terme de l'équation 2 .

6 / Calculer la valeur de $V_A - V_B$ lorsqu'on applique uniquement une force de traction horizontale F' sur la lame . (Figure 6)

7/ Proposer un circuit électrique permettant de mesurer cette force F'

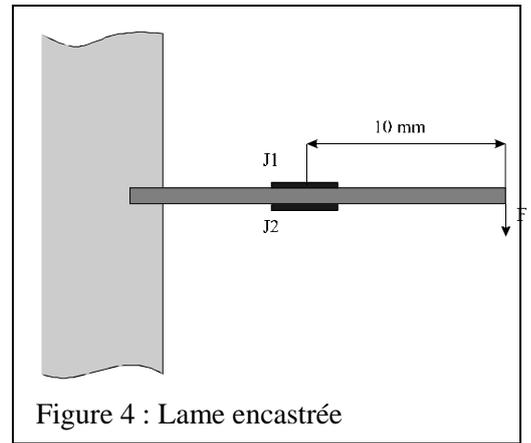


Figure 4 : Lame encastrée

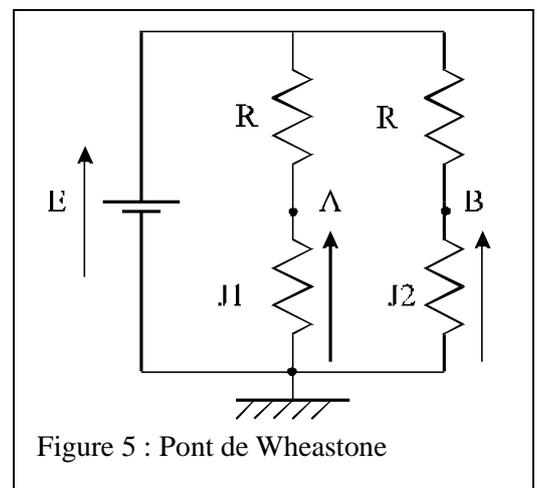


Figure 5 : Pont de Wheastone

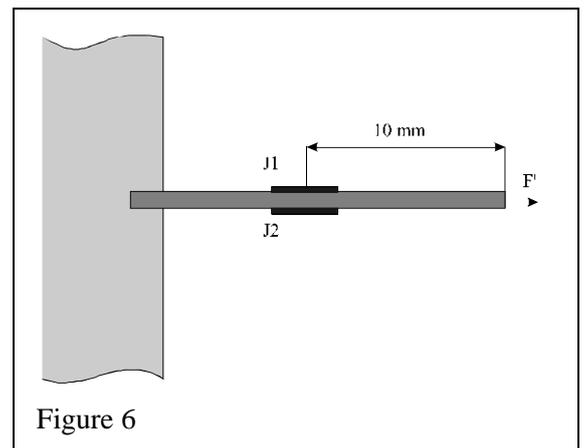


Figure 6

Problème : Réalisation d'une "balance"

En ajoutant un amplificateur différentiel et un afficheur numérique -199.9 à +199.9 mV proposer un montage affichant directement la valeur (en grammes) d'une masse suspendue à l'extrémité de la lame .

Capteur de déplacement linéaire et convertisseur de signal

Capteurs de déplacement rectiligne

- Capteurs de déplacement rectiligne avec fixation par pattes.
- Répétitivité du signal remarquable.
- Technologie à piste plastique.
- Grande précision et très longue durée de vie.
- Raccordement par connecteur et fixation par pattes coulissantes.



valeur course (Ω)	électrique
5K	50 mm (2)
5K	100 mm (4)

Spécifications techniques

Précision de mesure: $\pm 0,1\%$
 Tolérance: $\pm 20\%$
 Répétitivité: $< 0,01\%$
 Résistance d'isolement: $> 1000 \text{ M}\Omega$
 (@500 V c.c.)
 Rigidité diélectrique: $> 750 \text{ V eff.}$
 Force de déplacement: 2,5 N
 Durée de vie: 50×10^6 manoeuvres
 Matériau du boîtier: aluminium anodisé
 Température d'utilisation: -55°C à $+125^\circ\text{C}$

Capteurs de déplacement rotationnel

- Capteurs de déplacement rotationnel monotours sans butée mécanique avec fixation sur panneau.
- Technologie à piste plastique.
- Précision de mesure insensible à la température grâce au mode de fonctionnement en diviseur de tension.
- Raccordement par bornes à souder et fixation sur panneau.



valeur course (Ω)	électrique
1K	340°
5K	340°
10K	340°

Spécifications techniques

Précision de mesure: $\pm 1\%$
 Angle électrique total: 340° max.
 Tolérance: $\pm 20\%$
 Résistance d'isolement: $> 1000 \text{ M}\Omega$
 (@500 V c.c.)
 Rigidité diélectrique: $> 500 \text{ V eff.}$
 Durée de vie: 10×10^6 manoeuvres
 Température d'utilisation: -55°C à $+125^\circ\text{C}$
 Diamètre de perçage: 9,52 mm
 Diamètre de l'axe: 6,35 mm

Exercices sur capteur de déplacement linéaire et convertisseur de signal:

A / Capteur de déplacement rectiligne (voir notice ci-après)

L'équipement d'une machine nécessite l'utilisation d'un capteur de déplacement rectiligne non étanche, de course utile (CEU) = 100 mm. Pour alimenter ce capteur on dispose d'une source de tension = 5 volts.

Pour passer commande de ce capteur il faut préciser les caractéristiques suivantes :

- Type capteur : 50L ou 34 L ?
- Course utile (CEU) = ?
- Valeur Ohmique = ? en Ohms/cm

1/ Répondre aux 3 questions précédentes en justifiant votre choix

2/ Calculer la résistance totale du capteur si on choisit 500 Ohms/cm. Calculer également l'erreur absolue sur la résistance totale.

3/ Calculer la puissance dissipée dans le capteur et vérifier qu'elle ne dépasse pas la valeur maximale acceptable.

4/ Tracer la courbe de réponse de ce capteur alimenté sous 5 V et donner sa sensibilité.

5/ Sachant que la tolérance sur la résistance totale est de $\pm 20\%$, quelle est l'erreur de mesure sur la position du curseur ?

6/ Dessiner un montage permettant de donner directement le déplacement sur un afficheur numérique 0-200 mV.

7/ A-t-on besoin d'un amplificateur – Proposer un simple montage à pont diviseur résistif.

B/ Conditionneur de signal

8/ On désire exploiter ce capteur avec un conditionneur de signal 4-20 mA alimenté en 24 V. Choisir le conditionneur le plus approprié dans la gamme présentée dans la notice.

9/ Quelle sera la valeur du courant délivré par le conditionneur pour un déplacement de 0 mm ? Pour 100 mm ? Comment faire pour balayer toute la gamme 4-20 mA ? Précautions à prendre ?



50 L 34 L

REC

capteurs de déplacement rectiligne de précision – piste plastique

 MIL-R-39023
 NF C 93-255

Les 50 L/34 L sont des capteurs de déplacement compacts précis, adaptés aux applications industrielles et militaires.

- ÉTENDUE DE MESURE 25 mm à 450 mm
- TRÈS GRANDE PRÉCISION de $\pm 1\%$ à $\pm 0,025\%$
- RÉOLUTION PRATIQUÉMENT INFINIE
- TRÈS LONGUE DURÉE DE VIE
- ÉTANCHE SUR DEMANDE

Tous les paramètres électriques et mécaniques sont adaptables sur demande à votre application.

Quelques exemples d'adaptation sont proposés, pour exemple (voir ci-contre).



MODÈLE STANDARD

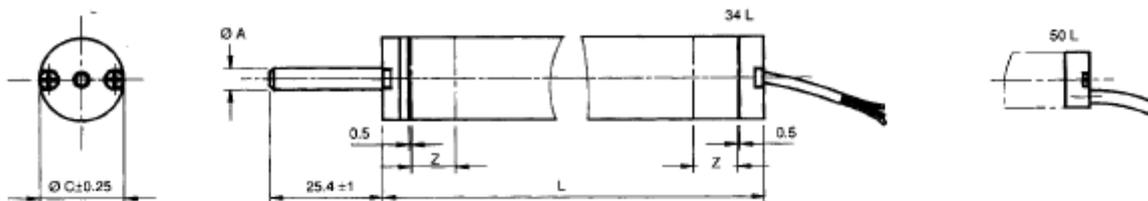


SCHÉMA ÉLECTRIQUE

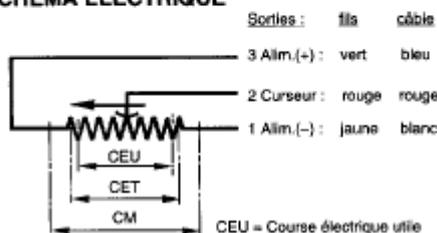


Tableau 1

CEU = E	CET	Tolérance
25 mm à 275 mm	E + 1 mm	$\pm 0,5$ mm
300 mm à 450 mm	E + 1 mm	$\pm 0,8$ mm

Tableau 2

Dimensions	50 L	34 L
Axe $\varnothing A$	-0 3,175 - 0,025	-0 5 - 0,025
Corps $\varnothing C$	12,7	19,05
Longueur du corps L	E + 41	E + 63
Zone de serrage Z	7	12

CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

	50 L	34 L
Course électrique utile (E = CEU) Par pas de 25 mm	de 25 mm à 300 mm	de 25 mm à 450 mm
Linéarité indépendante sur CEU sur demande	$\leq \pm 1\%$ - $\leq \pm 0,1\%$ $\leq \pm 0,05\%$ pour E ≥ 100 mm $\leq \pm 0,025\%$ pour E ≥ 200 mm	
Course électrique totale (CET)	voir tableau 1	
Valeur ohmique (R_T)	de 400 Ω/cm à 2 k Ω/cm	
Tolérance sur valeur ohmique à 20°C	$\pm 20\%$	
Répétitivité	$\leq 0,01\%$	
Puissance maxi admissible	0,05 W/cm à 70°C 0 W à 125°C	
Courant curseur	quelques μA préconisés - 1 mA maxi en continu	
Résistance de charge	minimum $10^3 \times R_T$	
Nombre de pistes	1; sur demande 2	
Résistance d'isolement	$\geq 1000 M\Omega$	500 Vcc
Rigidité diélectrique	$\geq 500 V_{eff}$ 50 Hz	$\geq 750 V_{eff}$ 50 Hz

CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

	50 L	34 L
Course mécanique	CEU + 2 mm mini	
Boîtier	aluminium anodisé	
Force de déplacement	0,35 N typique modèle standard	2,50 N typique modèle étanche
Axe (libre en rotation)	acier inoxydable	
Sorties	par 3 fils PTFE AWG-30 L = 300 mm	
sur demande	par câble ou connecteur	
Curseur	multi-contact en métaux précieux	
Étanchéité	IP65 sur demande	

PERFORMANCES

Durée de vie	50 millions de manœuvres typique
Gamme de température	-55°C +125°C
Vibrations sinus sur les 3 axes	1,5 mm double amplitude ou 15 g - 10 Hz - 2000 Hz
Chocs mécaniques sur les 3 axes	50 g - 11 ms - 1/2 sinus

Analog signal converters CC-U



The product range CC-E for analog signal conversion includes 79 devices in four functional groups (standard signals, temperature measurement by means of PT100 sensors or by means of thermocouples types J and K, current measurement). Each functional group includes one universally configurable device as well as single-function devices. Supply voltage is 24 V DC or 110 - 240 V AC.

The single-function devices do not require any adjustments – thus saving time and money. The input and output signal ranges of the four universal devices can be configured by means of directly accessible lateral DIP-switches. The gain and the offset of the universal converters can be adjusted within a range of +/- 5 % with the front-face potentiometer. All devices feature 3-way electrical isolation between input, output and supply (2,5 kV) to prevent interference which can falsify the measuring signals or destroy expensive measuring equipment connected to the converters. This way you are ensured a safe and correct transmission of the processed signal within the application. The CC-E converters contribute to the safety in processes and plants at a very attractive price/performance ratio.

CC-E is the cost-efficient solution in the field of analog signal conversion.

- **79 devices**
in four functional groups for the conversion of all types of signals in processes and plants
- **Universally**
configurable and single-function devices
- **Safety**
by 3-way electrical isolation
- **Clear**
and comprehensive terminal marking

■ **Approvals**
 us,  1604 Class I, Div.21¹⁾,  CB²⁾,  CCC²⁾

■ **Marks**
 

¹⁾ depending on type
²⁾ pending

Analog signal converters CC range - product overview



Standard signal converters, CC-E range

Approvals			
1604 Class I, Div. 2 ¹⁾			
Dimensions			
22,5 x 75 x 102 mm			
Supply voltage 24 V DC			
Type	Input signal	Output signal	Order code
<i>Universal device</i>			
CC-E/STD	0 - 5 V, 0 - 10 V 0 - 20 mA, 4 - 20 mA	0 - 5 V, 0 - 10 V 0-20 mA, 4-20 mA	1SVR 011 700 R0000 ¹⁾
<i>Single-function devices</i>			
CC-E V/V	0 - 10 V	0 - 10 V	1SVR 011 710 R2100
CC-E W/I		0 - 20 mA	1SVR 011 711 R1600
CC-E V/I	0 - 20 mA	4 - 20 mA	1SVR 011 712 R1700
CC-E I/V		0 - 10 V	1SVR 011 713 R1000
CC-E I/A	0 - 20 mA	0 - 20 mA	1SVR 011 714 R1100
CC-E I/I		4 - 20 mA	1SVR 011 715 R1200
CC-E I/V	4 - 20 mA	0 - 10 V	1SVR 011 716 R1300
CC-E I/A		0 - 20 mA	1SVR 011 717 R1400
CC-E I/I	4 - 20 mA	4 - 20 mA	1SVR 011 718 R2500
CC-E V/V		-10...+10V	1SVR 011 719 R2600
Supply voltage 110-240 V AC			
Type	Input signal	Output signal	Order code
<i>Universal device</i>			
CC-E/STD	0 - 5 V, 0 - 10 V 0 - 20 mA, 4 - 20 mA	0 - 5 V, 0 - 10 V 0-20 mA, 4-20 mA	1SVR 011 705 R2100
<i>Single-function devices</i>			
CC-E V/V	0 - 10 V	0 - 10 V	1SVR 011 720 R2300
CC-E W/I		0 - 20 mA	1SVR 011 721 R1000
CC-E V/I	0 - 20 mA	4 - 20 mA	1SVR 011 722 R1100
CC-E I/V		0 - 10 V	1SVR 011 723 R1200
CC-E I/I	0 - 20 mA	0 - 20 mA	1SVR 011 724 R1300
CC-E I/A		4 - 20 mA	1SVR 011 725 R1400
CC-E I/V	4 - 20 mA	0 - 10 V	1SVR 011 726 R1500
CC-E I/A		0 - 20 mA	1SVR 011 727 R1600
CC-E I/I	4 - 20 mA	4 - 20 mA	1SVR 011 728 R2700
CC-E V/V		-10...+10V	1SVR 011 729 R2000



Passive current isolators, CC-E range

Approvals			
1604 Class I, Div. 2 ¹⁾			
Dimensions			
18 x 62 x 65 mm			
Type	Number of channels	Input/Output	Order code
CC-EA-1	1 channel	0 - 20 mA or 4 - 20 mA	1SVR 010 200 R1600
CC-EA-2	2 channel	0 - 20 mA or 4 - 20 mA	1SVR 010 201 R0300



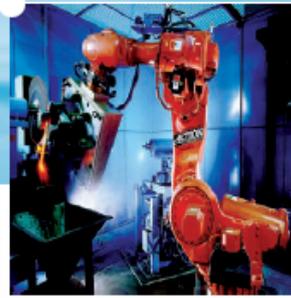
Standard signal converters, CC-U range

Approvals			
1604 Class I, Div. 2 ¹⁾			
Dimensions			
22,5 x 105 x 120 mm			
Type	Supply voltage	Input signals	Output signals
CC-U/STD	24-48 V DC / 24 V AC 50/60 Hz	current signals $\pm 0,9\text{mA} \dots \pm 55\text{mA}$, voltage signals $\pm 45\text{mV} \dots \pm 11\text{V}$, potentiometer 470 W...1 MW, continuously adjustable	all common standard signals up to $\pm 5\text{mA}$ and $\pm 11\text{V}$, continuously
CC-U/STDR*	24-48 V DC / 24 V AC 50/60 Hz	0 - 10V, 0 - 5V, 0-1V, -10V, -10V, 1-5V; 0 - 20mA, 4 - 20mA	2 threshold relay outputs, thresholds adjustable 2...100% of the input range
	110-240 V AC 50/60 Hz / 100-300 V DC	open- or closed-circuit principle selectable	adjustable 2...100% of the input range
			1SVR 040 000 R1700 ¹⁾ 1SVR 040 001 R0400 ¹⁾ 1SVR 040 010 R0000 1SVR 040 011 R2500



Temperature signal converters for PT10, PT100, PT1000 sensors, CC-U range

Approvals			
1604 Class I, Div. 2 ¹⁾			
Dimensions			
22,5 x 105 x 120 mm			
Type	Supply voltage	Input signals	Output signals
CC-U/RTD	24-48 V DC / 24 V AC 50/60 Hz	PT10, 0...500 °C - 850 °C; PT100, 0...50 °C - 500 °C	all common standard signals up to $\pm 55\text{mA}$ and $\pm 11\text{V}$, continuously, linearized
CC-U/RTDR*	24-48 V DC / 24 V AC 50/60 Hz	PT1000 0...6 °C - 60 °C	2 threshold relay outputs, thresholds adjustable 2...100% of the input range
	110-240 V AC 50/60 Hz / 100-300 V DC	PT100, 0...100 °C - 800 °C	adjustable 2...100% of the input range
		open- or closed-circuit principle selectable	1SVR 040 002 R0500 ¹⁾ 1SVR 040 003 R0600 ¹⁾ 1SVR 040 012 R2600 1SVR 040 013 R2700



Temperature signal converters for PT100 sensors, CC-E range

Approvals			
1604 Class I, Div. 2 ¹⁾			
Dimensions			
22,5 x 75 x 102 mm			
Supply voltage 24 V DC			
Type	Input signal	Output signal (linearized)	Order code
<i>Universal device</i>			
CC-E RTD	PT100, 0...100 °C - 0...500 °C, -50 °C...+50 °C - -50 °C...+450 °C	0 - 10 V, 0 - 20 mA, 4 - 20 mA	1SVR 011 701 R2500 ¹⁾
<i>Single-function devices</i>			
CC-E RTD/V	PT100, 0...100 °C	0 - 10 V	1SVR 011 730 R2500
CC-E RTD/A		0 - 20 mA	1SVR 011 731 R1200
CC-E RTD/A	PT100, -50...+50 °C	4 - 20 mA	1SVR 011 732 R1300
CC-E RTD/V		0 - 10 V	1SVR 011 733 R1400
CC-E RTD/A	PT100, 0...300 °C	0 - 20 mA	1SVR 011 734 R1500
CC-E RTD/A		4 - 20 mA	1SVR 011 735 R1600
CC-E RTD/V	PT100, 0...300 °C	0 - 10 V	1SVR 011 736 R1700
CC-E RTD/A		0 - 20 mA	1SVR 011 737 R1800
CC-E RTD/A	PT100, -50...+250 °C	4 - 20 mA	1SVR 011 738 R2100
CC-E RTD/V		0 - 10 V	1SVR 011 739 R2200
CC-E RTD/A	PT100, -50...+250 °C	0 - 20 mA	1SVR 011 740 R0700
CC-E RTD/A		4 - 20 mA	1SVR 011 741 R2400
Supply voltage 110-240 V AC			
Type	Input signal	Output signal (linearized)	Order code
<i>Universal device</i>			
CC-E RTD	PT100, 0...100 °C - 0...500 °C, -50 °C...+50 °C - -50 °C...+450 °C	0 - 10 V, 0 - 20 mA, 4 - 20 mA	1SVR 011 706 R2200
<i>Single-function devices</i>			
CC-E RTD/V	PT100, 0...100 °C	0 - 10 V	1SVR 011 788 R2400
CC-E RTD/A		0 - 20 mA	1SVR 011 789 R2500
CC-E RTD/A	PT100, -50...+50 °C	4 - 20 mA	1SVR 011 790 R2200
CC-E RTD/V		0 - 10 V	1SVR 011 791 R1700
CC-E RTD/A	PT100, 0...300 °C	0 - 20 mA	1SVR 011 792 R1000
CC-E RTD/A		4 - 20 mA	1SVR 011 793 R1100
CC-E RTD/V	PT100, 0...300 °C	0 - 10 V	1SVR 011 794 R1200
CC-E RTD/A		0 - 20 mA	1SVR 011 795 R1300
CC-E RTD/A	PT100, -50...+250 °C	4 - 20 mA	1SVR 011 796 R1400
CC-E RTD/V		0 - 10 V	1SVR 011 797 R1500
CC-E RTD/A	PT100, -50...+250 °C	0 - 20 mA	1SVR 011 798 R2600
CC-E RTD/A		4 - 20 mA	1SVR 011 799 R2700