

Les fiches techniques

64

Les détecteurs Les détecteurs de température



64 Détecteurs de température

La température étant une grandeur physique variable, il est nécessaire de la contrôler souvent.

EXEMPLES :

- Vérifier que l'échauffement interne d'un moteur ne dépasse pas une valeur limite admissible,
- Mesurer la température d'un liquide afin d'asservir cette température à une valeur de consigne.

64.1 Thermostat à bilame

Principe de fonctionnement

Dilatation d'un bilame en fonction de la température.

Constitution du bilame

Il comporte 2 alliages différents (généralement laiton et invar ou ferro-nickel et invar) ayant des coefficients de dilatation différents. Les deux lames sont liées mécaniquement entre elles.

Domaine d'emploi

Thermostat d'ambiance dans les installations de chauffage (domestique, tertiaire).

Avantages : souple d'emploi, peu onéreux.

Inconvénients : temps de réponse important, peu sensible, plage de température réduite.

64.2 Capteur thermoélectrique ou thermocouple

64.2.1 Principe de fonctionnement

Il repose sur l'effet Seebeck : lorsque deux métaux différents sont réunis entre eux (jonction 1 et jonction 2) et que ces deux jonctions sont à des températures différentes, un courant circule. Le métal A est défini comme positif par rapport à B lorsque le courant circule de A vers B. En ouvrant le circuit à un endroit quelconque, il se crée une f.e.m qui dépend de la nature des deux métaux et de la différence de température entre les deux jonctions.

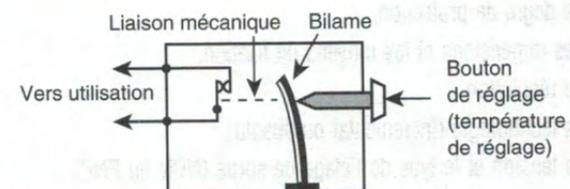
La mesure de la f.e.m. E constitue un moyen indirect mais précis de déterminer la température d'une jonction de ce circuit à condition de connaître la température de l'autre jonction.

Ce contrôle impose l'emploi de capteurs de température.

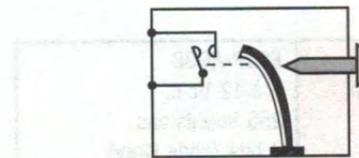
Il existe différents types de capteurs :

- les thermostats, les limiteurs de sécurité à seuil pré réglés : appareils basés sur le principe de la dilatation d'un bilame en fonction de la température ;
- les thermocouples, les thermistances (CTN et CTP) et les thermorésistances : appareils donnant une information variable avec la température.

THERMOSTAT À BILAME

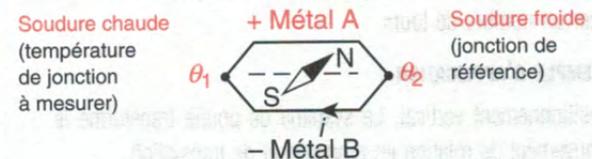


$\theta_{\text{ambiante}} < \theta_{\text{réglage}}$: faible dilatation du bilame



$\theta_{\text{ambiante}} > \theta_{\text{réglage}}$: dilatation importante du bilame, ouverture du contact

MISE EN ÉVIDENCE DE L'EFFET SEEBECK



$$E = S_{AB} \times (\theta_1 - \theta_2)$$

θ_1 : température de la soudure chaude (°C).

θ_2 : température de la soudure froide (°C).

S_{AB} est appelé coefficient de Seebeck et sa valeur dépend du couple formé par les deux métaux (V/°C).

64 ■ 22 Relation entre E et θ pour différents matériaux par rapport au platine

Temp. θ (°C)	Chromel (mV)	Alumel (mV)	Cuivre (mV)	Fer (mV)	Constantan (mV)
-200	-3,38	+2,39	-0,79	-2,92	-5,35
-100	-2,20	+1,29	-0,37	-1,84	-2,98
0	0	0	0	0	0
+100	+2,81	-1,29	+0,76	+1,89	-3,51
+200	+5,96	-2,17	+1,83	+3,54	-7,45
+300	+9,32	-2,89	+3,15	+4,85	-11,71
+400	+12,75	-3,64	+4,68	+5,88	-16,19
+500	+16,22	-4,43	+6,41	+6,79	-20,79
+600	+19,62	-5,13	+8,34	+7,90	-25,47
+700	+22,96	-6,18	+10,49	+9,12	-30,18
+800	+26,23	-7,08	+12,84	+10,86	-34,86
+900	+29,41	-7,95	+15,41	+12,84	-39,45
+1000	+32,52	-8,70	+18,20	+14,30	-43,92

64 ■ 23 Conséquences pratiques

Il est possible d'insérer un appareil de mesure sans perturber le circuit.

On constate qu'une série de soudures isothermes se comporte comme une soudure directe des métaux extrêmes.

- La jonction Alumel/Cu à 100 °C développe une f.e.m : - 2,05 mV.
- La jonction Cu/Chromel à 100 °C développe une f.e.m : - 2,05 mV.
- La f.e.m résultante à θ_2 est égale à $E_2 = - 4,1$ mV.
- E_2 correspond à la f.e.m produite par la jonction Alumel/Chromel à 100 °C. C'est-à-dire : $(- 1,29) - (+ 2,81) = - 4,1$ mV.

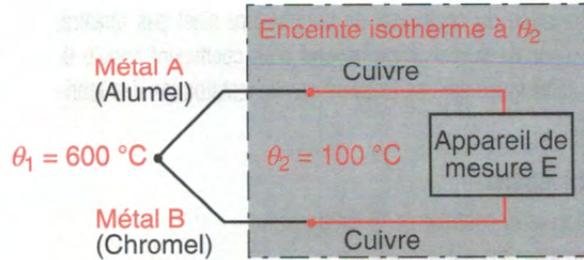
EXEMPLE 1 :

Le couple Chromel/Alumel à 400 °C développe une f.e.m de $12,75 - (- 3,64) = 16,39$ mV.

EXEMPLE 2 :

Le couple Constantan/Cuivre à 400 °C développe une f.e.m de $- 16,19 - (+ 4,68) = - 20,87$ mV.

Nota : Constantan = alliage de cuivre et de nickel.



CONSTATATIONS :

- Bien que l'on crée ici deux nouveaux thermocouples Alumel/Cuivre et Cuivre/Chromel, l'instrument de mesure ne perturbe pas le circuit.
 - θ_2 (température de la soudure froide) n'est pas nulle. Une correction est nécessaire pour déterminer E_1 , la f.e.m développée par la soudure chaude : $E_1 = E + E_2$.
- Il suffit ensuite d'étalonner l'appareil de mesure afin d'obtenir une table de correspondance directe : $\theta_1 = f(E)$.

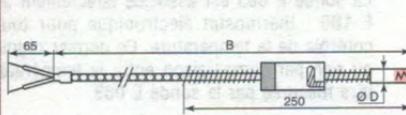
64 ■ 24 CODE NORMALISÉ DES COULEURS ET DOMAINE D'EMPLOI

Élément positif (+)		Élément négatif (-)		Symbole du couple	Domaine d'emploi
Nature	Couleur	Nature	Couleur		
Cuivre	Jaune	Cuivre-Nickel	Bleu	T	- 200 °C à + 350 °C
Fer	Jaune	Cuivre-Nickel	noir	J	- 200 °C à + 600 °C
Nickel-Chrome	Jaune	Cuivre-Nickel	non défini	E	- 200 °C à + 600 °C
Nickel-Chrome	Jaune	Nickel-Aluminium	Rouge	K	0 °C à + 1 000 °C
Platine -10 % rhodium	Jaune	Platine	Vert	S	0 °C à + 1 500 °C
Platine -13 % rhodium	Jaune	Platine	non défini	R	0 °C à + 1 550 °C
Platine -30 % rhodium	Jaune	Platine -6 % rhodium	non défini	B	0 °C à + 1 650 °C

Exemple de thermocouple*

Sonde thermocouple J à baïonnette
Type 31065

Soudure chaude isolée type J sous capot laiton avec sortie par câble thermocouple haute température sous tresse métallique (250 °C maxi.). Baïonnette de fixation $\varnothing 12$ à 2 ergots



REF.	T/C type	$\varnothing D$ (mm)	Temp. maxi	B (mm)	Masse (kg)
31065-01	J	5	250 °C	1 500	0,06
31065-02	J	5	250 °C	3 000	0,08

S'utilise avec l'accessoire REF. 31645-68.

Baïonnette mâle

D'après Vulcanic.

64.3 Thermistances

64.31 Thermistances CTN

Les thermistances à coefficient de température négatif (CTN) sont des résistances dont la valeur ohmique à dissipation nulle (sans passage du courant) diminue lorsque la température augmente. La température varie en fonction :

- du passage d'un courant dans l'élément,
- de la variation de la température ambiante,
- de la combinaison de ces deux moyens.

Caractéristiques

La variation du coefficient de température n'est pas linéaire. La valeur de la résistance dépend d'un coefficient appelé B. Ces renseignements se trouvent sur les catalogues des fabricants.

Applications

- Mesure et contrôle de la température.
- Limiteur d'appel de courant.
- Compensation de température des circuits à transistors.

Conditions d'utilisation

Il ne faut pas monter deux CTN en parallèle pour obtenir une dissipation plus importante, un des deux éléments pouvant supporter un échauffement excessif et l'autre rester froid.

Il ne faut pas utiliser de CTN non protégés dans des fluides conducteurs ou corrosifs et des gaz réducteurs car ils peuvent provoquer une variation des caractéristiques.

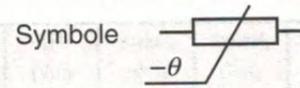
EXEMPLE D'APPLICATION :

Régulation de température : Sonde CTN associée à un thermostat.

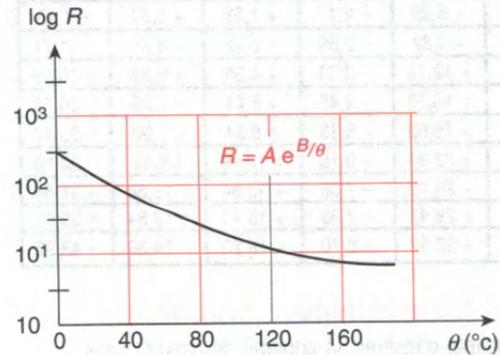
Sonde universelle E 083 Hager

RÉSISTANCE DE LA SONDÉ			
Température θ (°C)	E 083 R (k Ω)	Température T (°C)	E 083 R (k Ω)
+ 90	0,91	+ 5	25,39
+ 80	1,25	0	32,65
+ 70	1,75	- 5	42,31
+ 50	3,60	- 10	55,29
+ 30	8,06	- 15	72,89
+ 25	10	- 20	96,97
+ 20	12,49	- 25	130,24
+ 15	15,71	- 30	176,68
+ 10	19,90		

SYMBOLE



CARACTÉRISTIQUE R EN FONCTION DE θ (valeurs typiques)

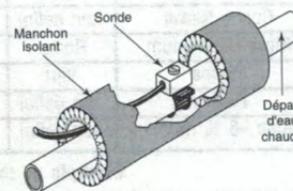


R : résistance à la température θ ;
A et B : constantes pour une résistance donnée ; e : 2,718.

Principaux types	
Série : 642-0, 5W Philips Composant Valeur à 25 °C (série E3) 100 Ω à 100 k Ω	
Série miniature NTH4G Murata Valeur à 25 °C (k Ω) (\pm 1 %) 2 ; 5 ; 10 ; 20 ; 50 ; 100	
CTN en CMS série NTH 5 G Murata Valeur à 25 °C (k Ω) (\pm 5 %) 4 ; 7 ; 6 ; 8 ; 10 ; 15 ; 22 ; 33 ; 47 ; 68	

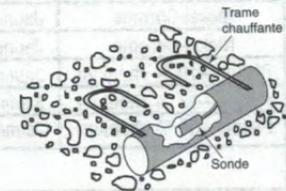
Utilisation avec bride

- pour le contrôle de départ d'eau chaude



Utilisation sans bride

- protection par une gaine pour la surveillance de température de dalle



La sonde E 083 est associée directement avec le thermostat multigamme E 186 : thermostat électronique pour toute application nécessitant un contrôle de la température. Ce dernier régule la température en mode tout ou rien par comparaison entre la température de consigne et la température mesurée par la sonde E 083.

Pour le raccordement électrique réseau-thermostat-sonde CTN-utilisation, se référer au catalogue constructeur (Hager).

64 ■ 32 Thermistances CTP

Les thermistances à coefficient de température positif (CTP) sont des éléments dont la valeur ohmique à dissipation nulle augmente avec la température. La variation de température est obtenue :

- par passage d'un courant dans la CTP,
- par une variation de la température ambiante,
- par une combinaison de ces deux moyens.

Caractéristique

En général, les CTP ont pour les basses températures un coefficient de température nul ou négatif. En se déplaçant vers les températures plus hautes, ce coefficient devient positif et de valeur élevée jusqu'à 150 °C environ. Au-dessus de cette température, le coefficient décroît et devient négatif.

Applications

- Stabilisation du courant dans les postes téléphoniques.
- Protection de ligne (surtensions et courts-circuits).
- Compensation de température des circuits à transistors.
- Capteur de température.

Conditions d'utilisation

Ne pas appliquer une tension supérieure à V_{max} à une CTP car ceci peut amener la destruction de la résistance.

Ne pas connecter deux ou plusieurs CTP en série afin de pouvoir utiliser de plus hautes tensions ou puissances ; ceci conduit à la destruction de la CTP qui s'échauffera le plus rapidement.

EXEMPLE D'APPLICATION :

Dispositif de commande pour protection thermique à thermistance CTP : type LT2 « Télémécanique ».

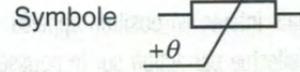
Ce dispositif de commande contrôle en permanence la température des moteurs par l'intermédiaire de sondes à thermistances CTP.

Le choix des thermistances à incorporer dans le bobinage de la machine dépend de sa classe d'isolation et de la structure du moteur.

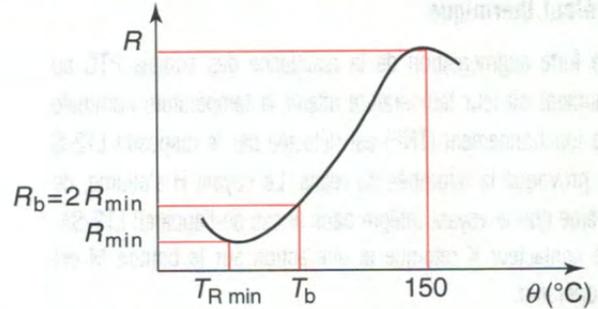
Si la température nominale de fonctionnement est atteinte, le dispositif de commande convertit l'augmentation brutale de la résistance de la CTP en une fonction de commutation.

La gamme de température des thermistances CTP les plus courantes varie de 90 °C à 160 °C, par échelon de 10 °C.

SYMBOLE



CARACTÉRISTIQUE R EN FONCTION DE θ

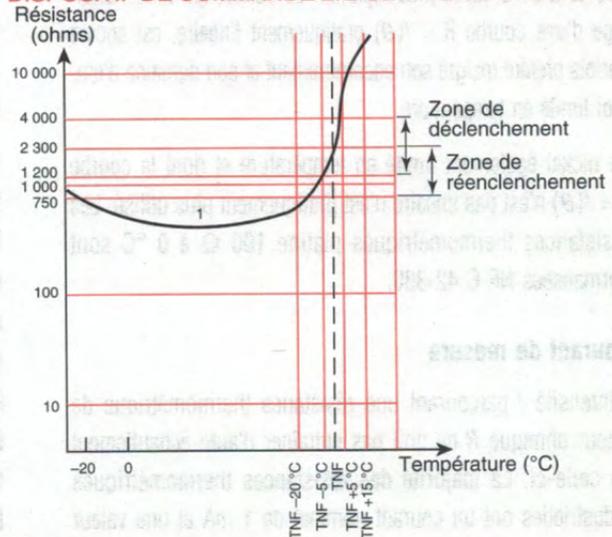


T_b : température de basculement ; R_b : résistance de basculement.

Principaux types	
Série : 2322 Philips Composant Valeur à 25 °C (Ω) ($\pm 20\%$) 5 ; 6 ; 11 ; 12 ; 13 ; 48 ; 260 ; 1900	
Série PTH 487A Murata Valeur à 25 °C (Ω) 100 ; 330 ; 470 ; 1500 ; 2200	
Série 67298001 RTC Pour ligne PTT (disque) Valeur à 25 °C 115 $\Omega \pm 25\%$ Tension nominale 33 V	

ZONES DE FONCTIONNEMENT GARANTIES : EXEMPLES AVEC 3 SONDES (TYPE < 250 Ω) EN SÉRIE

DISPOSITIF DE COMMANDE LT2-SE « TÉLÉMÉCANIQUE »



TNF : température nominale de fonctionnement.

Démarrage

Le dispositif de commande LT2-S est normalement sous tension et son relais interne en position appelée. Le démarrage du moteur s'effectue par action sur le poussoir M auto-alimenté par K (circuit de commande 3 fils).

Défaut thermique

La forte augmentation de la résistance des sondes PTC au moment où leur température atteint la température nominale de fonctionnement (TNF) est détectée par le dispositif LT2-S et provoque la retombée du relais. Le voyant H s'allume, de même que le voyant intégré dans le cas de l'appareil LT2-SA. Le contacteur K retombe et une action sur le bouton M est inopérante.

Réarmement

Le refroidissement du moteur amène la température au seuil de réenclenchement, 2 à 3 °C en dessous de la température nominale de fonctionnement. Le relais se réarme et il devient possible de démarrer le moteur par action sur le poussoir M.

64 ■ 4 Résistances thermométriques (thermorésistances)

64 ■ 41 Constitution

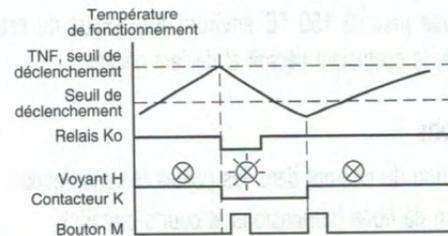
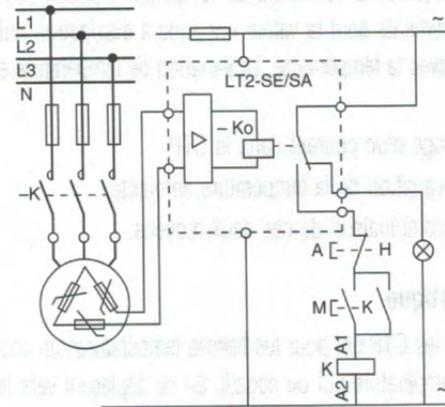
Les métaux généralement employés pour la confection des résistances thermométriques sont le platine, le cuivre et le nickel. Actuellement, l'élément en platine présentant une résistance de 100 Ω à 0 °C est le plus répandu. Le cuivre, qui offre l'avantage d'une courbe $R = f(\theta)$ pratiquement linéaire, est encore parfois préféré malgré son encombrement et son domaine d'emploi limité en température.

Le nickel également limité en température et dont la courbe $R = f(\theta)$ n'est pas linéaire n'est pratiquement plus utilisé. Les résistances thermométriques platine 100 Ω à 0 °C sont normalisées NF C 42-330.

Courant de mesure

L'intensité I parcourant une résistance thermométrique de valeur ohmique R ne doit pas entraîner d'auto-échauffement de celle-ci. La majorité des résistances thermométriques industrielles ont un courant nominal de 1 mA et une valeur maximale de 3 A.

DISPOSITIFS DE COMMANDE LT2-SE « TÉLÉMÉCANIQUE »



64 ■ 42 Caractéristiques d'une thermorésistance platine Pt 100 Ω à 0 °C

Valeur ohmique nominale : 100 Ω à 0 °C
138,5 Ω à 100 °C.

Coefficient de température α de 0 °C à 100 °C = $3,85 \cdot 10^{-3} \text{ °C}^{-1}$.

De 0 °C à 300 °C, une approximation permet d'écrire :

$$R_{\text{sonde}} = R_0 \times (1 + \alpha \cdot \theta)$$

avec R_0 : résistance de la sonde à 0 °C = 100 Ω,

θ : température en degré Celsius.

Courant de mesure recommandé < 5 mA.

64 ■ 43 Domaine d'emploi - Comparaison thermocouple/thermorésistance

En règle générale, pour un même degré de protection vis-à-vis de l'environnement, le choix entre un capteur à couple thermoélectrique et un capteur à résistance thermométrique dépend de la zone d'utilisation en température. Les capteurs à résistance thermométrique sont généralement utilisés pour les mesures de température inférieures à + 200 °C.

Les capteurs à couple sont généralement utilisés pour les mesures de température supérieures à + 300 °C.

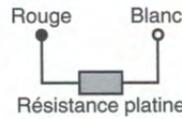
Entre + 200 °C et + 300 °C, on utilise indifféremment les capteurs à résistance thermométrique ou les capteurs à couple thermoélectrique.

64 ■ 44 Raccordement d'une thermorésistance Pt 100 Ω à 0 °C

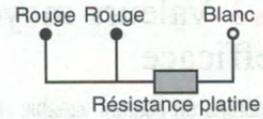
La résistance des fils de connexion de la thermorésistance engendre une incertitude sur la précision de la mesure de la température. Selon la précision désirée, on distingue deux montages : le montage 2 fils et le montage 3 fils.

CODE DES COULEURS

Montage 2 fils



Montage 3 fils



MONTAGE 2 FILS	MONTAGE 3 FILS
<p>La résistance thermométrique constitue la résistance R_m de mesure. Elle est insérée dans un pont de Wheatstone.</p> <p>$R_1 = R_3$: résistances fixes ; R_2 : résistance réglable qui permet l'équilibrage du pont ($U = 0$) pour $\theta = 0$ °C.</p> <p>À l'équilibre : $U = 0$, $R_1 \times R_m = R_2 \times R_3$ $\Rightarrow R_m = R_2 = 100$ Ω.</p> <p>Pour une température à mesurer différentes de 0 °C : $R_m \neq R_2 \Rightarrow U \neq 0$.</p> <p>La valeur de U est donc l'image de la température à mesurer. La résistance « vue » entre les points A et B diffère légèrement de R_m, les résistances RL_1 et RL_2 des fils de connexion engendrent une erreur.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ À l'équilibre du pont (pour $U = 0$), on peut écrire : $R_1 \times (R_{L1} + R_m) = R_3 \times (R_{L2} + R_2)$. ■ R_{L3} n'intervient pas dans l'équation. ■ Si $R_1 = R_3 \rightarrow R_{L1} + R_m = R_{L2} + R_2$ avec $R_{L1} = R_{L2} \Rightarrow$ l'erreur engendrée par la résistance des fils de connexion s'annule d'elle-même. ■ U est directement proportionnelle à la valeur de R_m, donc à la température à mesurer.

64 ■ 45 Applications

MONTAGE 2 FILS	MONTAGE 3 FILS
<p>Ce montage permet de mesurer une température θ et d'obtenir en sortie une information $V_s = f(\theta)$ suivie d'un traitement éventuel (affichage, asservissement de température...). Il est judicieux de choisir la valeur des éléments du montage afin d'obtenir une fonction de transfert $V_s = f(\theta)$ linéaire, par exemple :</p> <p style="text-align: center;">0 °C < θ < 100 °C $\Rightarrow 0$ V < V_s < 10 V.</p> <p>L'erreur due à la résistance des fils de connexion de la sonde platine peut être négligée.</p>	<p>θ_m = température mesurée (°C)</p> <p>Ce montage est très utilisé en régulation de température si l'on souhaite une grande précision. La sonde platine 3 fils est raccordée à un régulateur de température.</p> <p>Le signal $u = f(\theta)$ issu du régulateur permet de moduler l'énergie absorbée par l'élément chauffant et de réguler la température autour d'une valeur de consigne.</p>