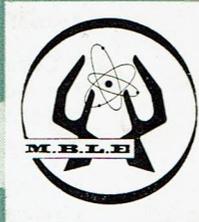


# Informations

## électroniques



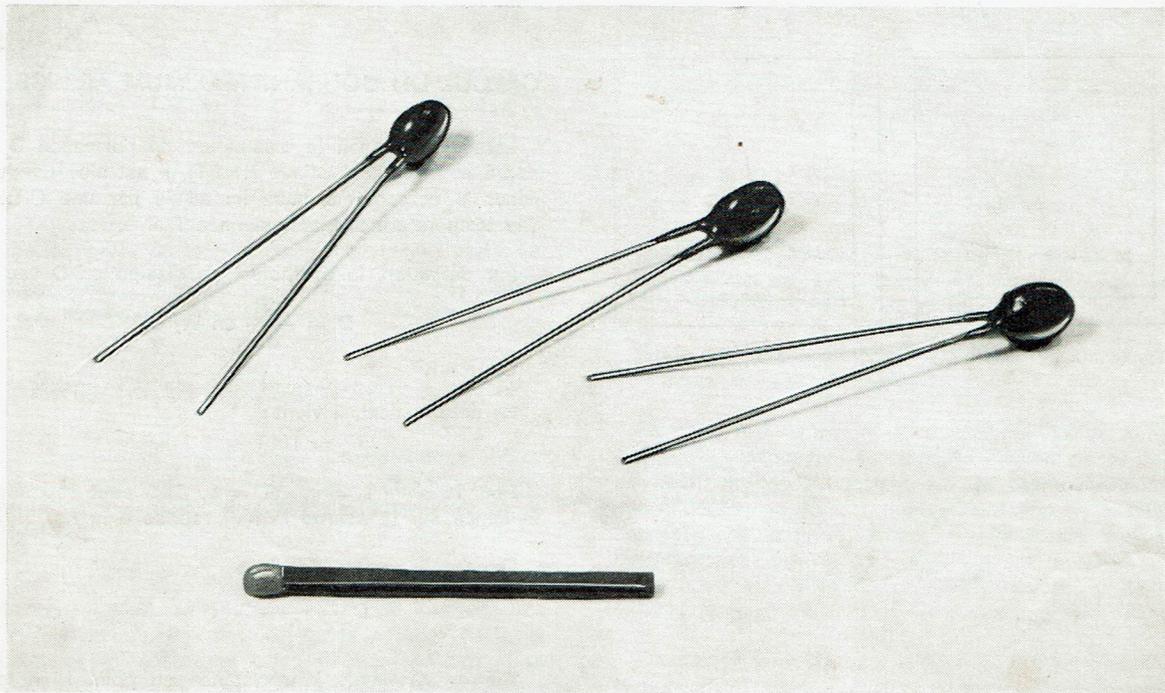
46

BULLETIN TECHNIQUE ÉDITÉ PAR LE DÉPARTEMENT  
" DOCUMENTATION ET PROMOTION " DE LA MANUFACTURE  
BELGE DE LAMPES ET DE MATÉRIEL ÉLECTRONIQUE S. A.

### RESISTANCES C.T.P

La famille des résistances non linéaires comprenait jusqu'ici les résistances C.T.N. (à coefficient de température négatif) V.D.R. (dépendant de la tension) et L.D.R. (dépendant de l'éclairement).

Nos bureaux d'étude viennent de développer un type nouveau de résistance C.T.P. (à coefficient de température positif) dont nous vous présentons les caractéristiques principales.



## NOTIONS THEORIQUES

Point de Curie.

Au-delà d'une température bien précise, correspondant au point dit de Curie, certains matériaux subissent une modification de leur structure cristalline et, simultanément une modification de certaines autres propriétés.

Cette particularité a déjà été observée lors de l'étude des matériaux ferromagnétiques, où l'on notait une démagnétisation de l'échantillon.

Il en est de même pour certains corps tel le Titanate de Baryum ( $BaTiO_3$ ) déjà utilisé pour la fabrication de condensateurs.

A partir de  $120^\circ C$ , ce cristal passe du système tétragonal au système cubique, tandis que sa constante diélectrique décroît dans de fortes proportions, d'après

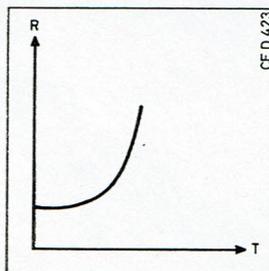
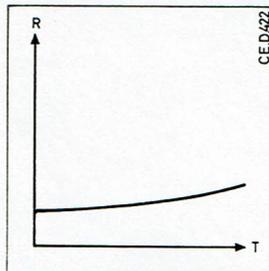
le terme  $\frac{1}{T - \theta}$  ( $\theta$  = température du point de Curie ici  $393^\circ K$ ;  $T$  est exprimé en degrés Kelvin).

Au moyen d'additifs, on peut modifier le point de transition, ainsi que la vitesse de variation de la résistivité de l'échantillon. Celle-ci croît donc au-delà du point de Curie. Le mécanisme exact de ce phénomène n'est d'ailleurs pas encore entièrement élucidé.

En général, à un point de Curie élevé correspond un coefficient de température élevé. Ce coefficient, qui avoisinait  $+1\%$  par degré centigrade pour les sensistors et silistors utilisant le silicium, varie de  $+7\%$  à  $+60\%$  par degré C pour les nouveaux types au Titanate de Baryum :  $BaTiO_3$ .

Les courbes  $R=f(T)$  ci-après traduisent ces variations pour le silicium (fig. 1) et le Titanate de Ba. (fig. 2)

fig. 1      fig. 2



## ETUDE DE LA COURBE $R = f(T)$ POUR LES RESISTANCES C.T.P.

Un examen plus approfondi de la caractéristique  $R=f(T)$  révèle 3 zones assez bien définies : fig. 3.

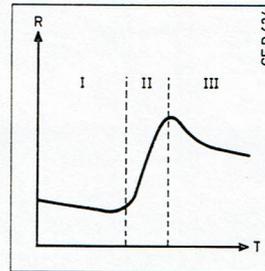


fig. 3

La zone I, où le coefficient de température est légèrement négatif, cette zone est située en-deçà du point de transformation cristalline.

La zone II, très étroite, où s'effectue le passage du système tétragonal au système cubique, à une température bien précise.

Dans cette zone, le coefficient de température, figuré par la pente de la courbe  $R=f(T)$  est nettement positif.

La zone III, enfin, où la structure cubique est stable. Le coefficient de température redevient négatif.

Le domaine d'utilisation pratique de la C.T.P. s'étend donc de la zone I à la zone II. Au-delà, la résistance décroît, et l'échauffement devient cumulatif, amenant la destruction de la résistance.

## CALCUL DU COURANT MAXIMUM ADMISSIBLE

Lorsqu'on connaît la dissipation de puissance  $D$  par degré et la caractéristique  $R=f(T)$ , il est aisé de déterminer le courant maximum  $I_m$  admis par une C.T.P. à une température ambiante donnée  $T_{amb}$ .

Par définition, le coefficient de dissipation  $D$  vaut :

$$D = \frac{dP}{dT} \text{ en } W/^\circ C$$

Or,  $P = RI^2$

En différenciant, il vient :

$$dP = I^2 dR + 2 I dI R$$

Pour le point  $I = I_m$ ,  $dI = 0$ . Ceci peut être mis en évidence sur la courbe  $I=f(V)$  reprise à la fig. 5.

Donc :

$$D = \frac{dP}{dT_m} = I_m^2 \frac{dR_m}{dT_m}$$

$R_m$  = valeur de la résistance au point  $I = I_m$ .

$P_m$  = puissance dissipée en ce point.

La valeur de  $I_m$  est alors :

$$I_m = \sqrt{D \cdot \frac{dT_m}{dR_m}}$$

D'après la figure 4,  $\frac{dT_m}{dR_m} = \frac{T_m - T_{amb}}{R_m}$

La valeur finale de  $I_m$  est donc

$$I_m = \sqrt{D \cdot \frac{(T_m - T_{amb})}{R_m}}$$

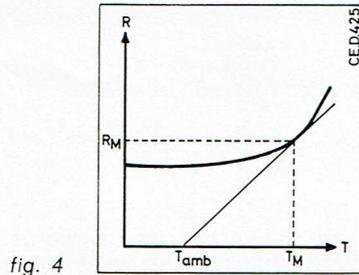


fig. 4

donc d'une courbe statique. Ce point prend toute son importance dans le paragraphe traitant du circuit équivalent d'une résistance C.T.P.

Nous verrons à ce moment que la caractéristique dynamique d'une résistance C.T.P. est nettement différent.

$$T_3 > T_2 > T_1$$

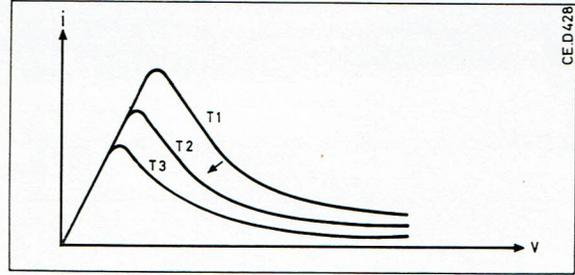


fig. 7

## EXAMEN DE LA COURBE I — V

Cette courbe est tracée pour une température ambiante et un milieu ambiant donnés.

Les échelles I et V peuvent être linéaires ou logarithmiques. L'allure générale, en coordonnées logarithmiques, est donnée à la fig. 5.

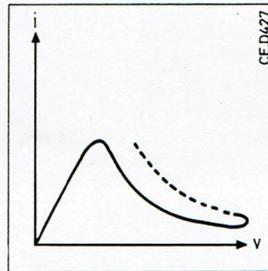
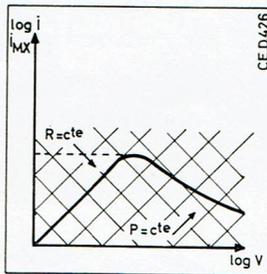


fig. 5

fig. 6

Si l'on étend l'échelle des tensions, on obtient la courbe complète de la fig. 6 en coordonnées linéaires.

Remarquons qu'il existe une tension, à ne pas dépasser, qui correspond au claquage de la résistance.

## INFLUENCE DE LA TEMPERATURE.

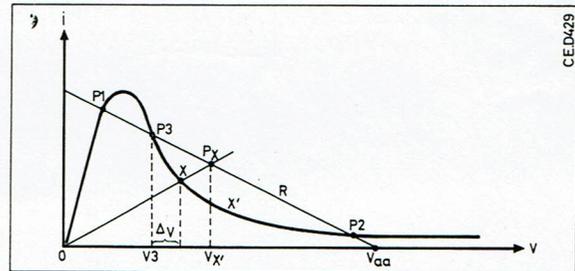
L'un des paramètres les plus intéressants est bien entendu la température ambiante, qui influence directement la courbe dans le sens d'une diminution de la conductance.

La figure 7 traduit ces variations.

Notons en plus que la température de la résistance C.T.P. elle-même varie le long de la courbe. Seule la température ambiante est donc fixée au départ. Ces courbes sont d'ailleurs tracées de façon que l'élément ait le temps d'atteindre son équilibre thermique. Il s'agit

## DETERMINATION DU POINT DE FONCTIONNEMENT, A L'EQUILIBRE

Nous limitons la courbe I — V à sa partie utile, à la fig. 8.



Soit R la résistance d'utilisation raccordée en série avec la C.T.P. et  $V_{aa}$  la tension d'alimentation.

Les intersections de la droite de charge R avec la caractéristique de la C.T.P. donnent les points de fonctionnement possibles, P1, P2 et P3.

Seuls les états correspondant à P1 et P2 sont stables. P3 traduit un état transitoire.

En effet, supposons un accroissement  $\Delta v$  de la tension  $V_3$ , correspondant au point P3. Celui-ci passe en X. Le point de fonctionnement sur la droite de charge passe en  $P_x$ , puisque la droite Ox traduit en première approximation la conductance instantanée de la C.T.P. La tension aux bornes de la C.T.P. passe en  $V'x$ , supérieure à  $V_3 + \Delta V$  la tension croît donc encore, jusqu'à ce que le point de fonctionnement se stabilise en P2.

On démontre de façon analogue qu'une diminution de la tension  $V_3$  ramène le point de fonctionnement en P1, et que les points P1 et P2 sont stables.

## PASSAGE DU POINT P1 AU POINT P2

Pour bénéficier des avantages des résistances C.T.P., il est nécessaire de se placer au point P2, au-delà de la pointe initiale de la caractéristique, c'est-à-dire dans la zone II de la figure 3, où le coefficient de température est positif. Plusieurs artifices permettent d'obtenir ce résultat, lorsque la tension d'alimentation et la charge sont telles que le point P2 ne soit pas atteint au début de l'utilisation. Ces artifices doivent être mis en œuvre de façon à permettre aux résistances C.T.P. d'atteindre leur température d'équilibre.

a) *Elévation momentanée de la tension d'alimentation.*

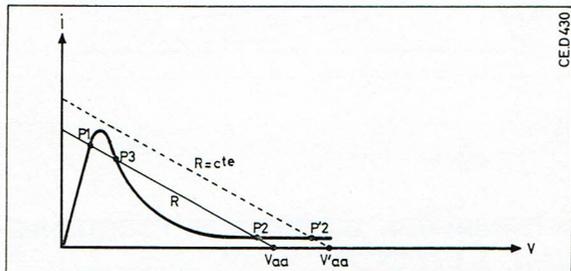


fig. 9

Si l'on utilise ce moyen, il faut prendre garde que l'on ne dépasse la tension de claquage. Ce moyen peut être utilisé si la droite de charge n'est pas trop horizontale, c'est-à-dire si la résistance de charge est relativement faible.

b) *Modification de la charge. Fig. 10.*

$$R > R'$$

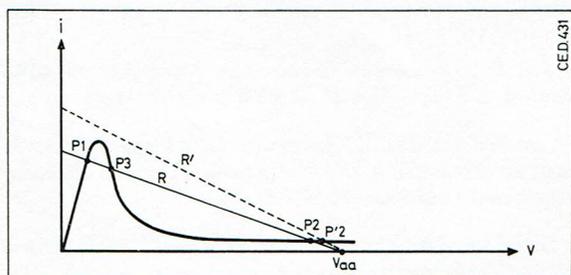


fig. 10

Si la résistance de charge est élevée, il est préférable d'utiliser ce système. On peut soit remplacer momentanément la charge par une charge plus faible, soit mettre en court-circuit une partie de la charge. Dès que l'équilibre thermique est atteint, on rétablit la charge normale.

c) *Modification de la température ambiante. Fig. 11.*

$$T2 > T1$$

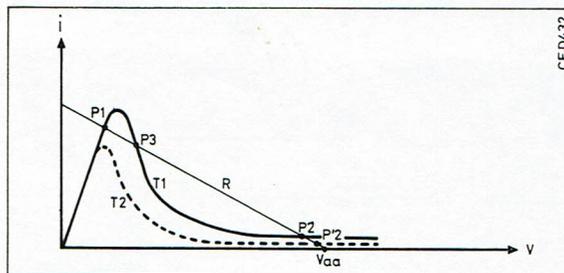


fig. 11

On a étudié plus haut l'action de la température sur la caractéristique d'une C.T.P.

Ce système est particulièrement indiqué si la charge et la tension ne peuvent être modifiées.

On chauffe momentanément la C.T.P. dont la conductance diminue lorsque la température passe de T1 à T2. Cette particularité est exploitée pour la protection des petits moteurs.

Une C.T.P. placée en série dans l'alimentation de ceux-ci est soumise à la température des bobinages d'excitation. Une surchauffe de la C.T.P. coupe pratiquement l'alimentation.

## REPONSE D'UNE C.T.P. — CIRCUIT EQUIVALENT

La réponse d'une C.T.P. n'est pas instantanée. En première approximation, lors d'une variation brusque de tension à ses bornes, la C.T.P. réagit provisoirement comme une résistance pure. L'équilibre s'établit ensuite, suivant le mécanisme étudié ci-après, sur la figure 12.

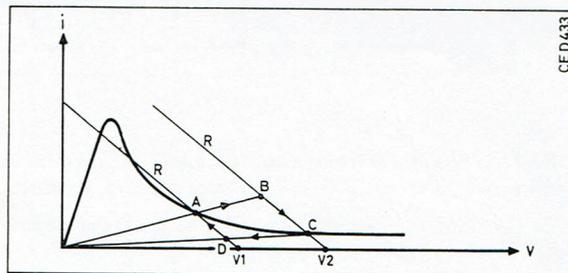


fig. 12

Soit une C.T.P. raccordée à une source à tension variable, en série avec une résistance linéaire R.

Pour une tension V1, le point de fonctionnement se situe en A. Si la tension passe brusquement de V1 à V2, la droite de charge se meut parallèlement à elle-même. Le point de fonctionnement passe provisoirement de A en B, puis en C où il se stabilise.

Si la tension revient brusquement à V1, le point C se déplace en D, puis en A.

Si la variation est sinusoïdale, le point de fonctionnement décrit une ellipse dans le sens horlogique, sur la courbe  $I=f(V)$ , ceci correspond à un fonctionnement capacitif.

On arrive à une conclusion opposée pour une C.T.N., où le point de fonctionnement décrit une ellipse dans le même sens, mais sur le diagramme  $V-I$  cette fois-ci.

Une C.T.N. se comporte donc comme self.

Remarque :

Nous avons admis qu'en régime d'impulsion, une résistance C.T.P. se conduisait comme une résistance pure. En réalité, il s'agit d'une approximation, valable pour les basses températures uniquement. A température plus élevée (supérieure à  $80^{\circ}\text{C}$ ), la réponse ressemble plus à celle d'une V.D.R.

Les courbes  $I=f(V)$  ci-après sont tracées pour différentes températures ambiantes.

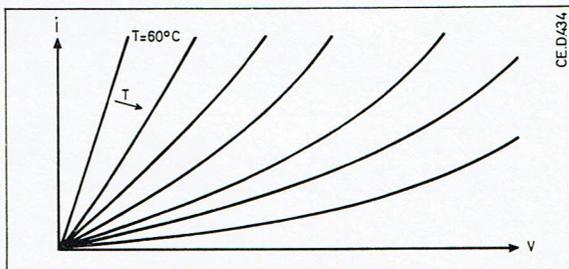


fig. 13

Les trajets AB et CD de la figure 12 constituent donc en réalité des arcs de ces courbes.

## UTILISATIONS

— En combinant une C.T.N. et une C.T.P. on peut réaliser un oscillateur de relaxation dont la fréquence est relativement basse.

Un exemple est donné à la figure 14.

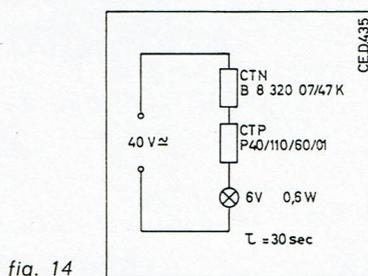


fig. 14

— Sur la caractéristique  $I-V$ , on voit qu'il existe un courant maximum qu'il est impossible de dépasser.

Une C.T.P. constitue donc un stabilisateur de courant.

En laboratoire, on a réalisé une stabilisation de  $200\text{ mA} \pm 5\text{ mA}$ , entre 10 et 60 V.

— Placée en série dans l'alimentation d'un appareil, une C.T.P. protège celui-ci contre les court-circuits.

— Une C.T.P. peut également adapter automatiquement un récepteur à différentes tensions d'alimentations.

— Une C.T.P. constitue un thermostat plus sensible qu'une C.T.N. Ceci est dû à la raideur de la courbe  $R-T$ . Dans la plupart des cas, une amplification n'est plus nécessaire.

Le principal inconvénient est que la zone de température dans laquelle la C.T.P. est efficace, est assez étroite.

— On utilise déjà des C.T.N. comme indicateurs de niveau liquide. Avec une C.T.P. le fonctionnement est rendu moins critique. Le système fonctionne comme suit :

Une C.T.P. est mise en série avec un indicateur et une source de tension. Lors de l'immersion de la C.T.P., celle-ci est refroidie par le liquide, et sa résistance est faible.

Le courant est donc important.

Si le niveau du liquide baisse, la C.T.P. est à découvert et s'échauffe, sa résistance croît fortement, et le courant diminue.

L'indicateur peut être remplacé par une ampoule d'éclairage ou par un dispositif de sécurité (un relais, par exemple).

— La protection des enroulements des moteurs constitue une importante application des propriétés des C.T.P.

Dans le schéma de la fig. 15, il s'agit d'un moteur triphasé.

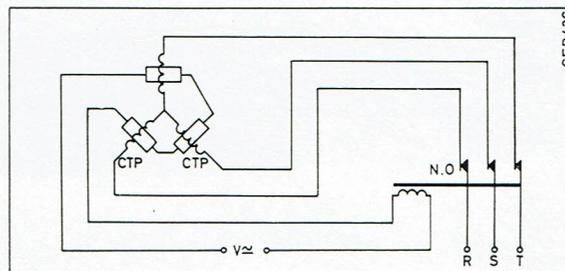


fig. 15

On a placé une C.T.P. dans chaque enroulement du moteur, et les C.T.P. sont raccordés en série avec une source de tension  $V$  et un relais normalement ouvert placé dans l'alimentation ; à l'arrêt et en fonctionnement normal, la température des enroulements du moteur est acceptable, et la résistance des C.T.P. est relativement faible.

Si, pour une raison quelconque, la température du moteur augmente, la résistance d'une au moins des C.T.P. croît et le relais est désexcité, l'alimentation est alors interrompue.

Cette protection est efficace dans le cas d'une surcharge lente, d'un arrêt de la ventilation, d'une surtension, etc...

A titre indicatif voici un tableau résumant les propriétés des résistances non linéaires C.T.N. et C.T.P.

	Diagramme $R=F(t)$	Caract. statique $I=f(v)$	Circuit équivalent	Interrupteur équivalent	Stabilisation	Raccordement stable d'éléments équivalents
C.T.N.	utile dans de larges limites	en S.	self	N.O.	de tension	en série
C.T.P.	utile dans des limites étroites	en N. dynatron	capacité	N.F.	de courant	en parallèle

## TYPES ETUDIÉS ET CARACTÉRISTIQUES

Les types présentés ci-après sont élaborés à partir de Ba Ti O<sub>3</sub> (Titanate de Baryum).

Type n°	Couleur	Résistance à + 25° C $\Omega$	Température de transition (approx.) °C 1)	I <sub>max</sub> (appr.) mA 2)	Coeff. temp. max. %/°C	Résistance à la température			V <sub>max</sub> V 3)
						T °C	R <sub>nom.</sub> k $\Omega$	R <sub>min.</sub> k $\Omega$	
P50/35/07/01	rouge	35 — 65	+ 35	35	+ 7	100	8	3	40
P30/50/15/01	orange	15 — 45	+ 40	70	+ 15	100	55	10	50
P50/80/30/01	jaune	35 — 65	+ 60	90	+ 30	100	15	1	50
P40/110/60/01	vert	25 — 55	+ 95	160	+ 60	130	55	10	50

D = Dissipation identique pour tous les types (approx.)  
10 mW/°C.

1) Température à laquelle la résistance vaut 2 fois celle à 25°C.

2) Courant maximum pour montage dans l'air calme à 25°C.

3) Tension de claquage.

Dimensions en mm.

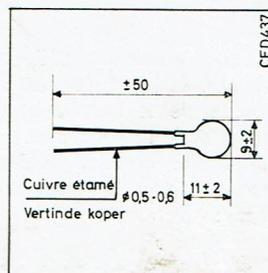


fig. 16