M.B.L.E

Informations électroniques

N° 2

BULLETIN ÉDITÉ PAR LE BUREAU DE DOCUMENTATION TECHNIQUE DU DÉPARTEMENT COMMERCIAL "ELECTRONIQUE" DE LA MANUFACTURE BELGE DE LAMPES ET DE MATÉRIEL ÉLECTRONIQUE S. A.

1955

RÉSISTANCES

C. T. N.

A COEFFICIENT DE TEMPÉRATURE NÉGATIF ÉLEVÉ

LES résistances « CTN » (Coefficient de Température Négatif), encore appelées thermistances, sont des résistances non-linéaires thermo-sensibles, caractérisées par un coefficient de température négatif élevé variant rapidement avec la température.

Ces résitances ne doivent pas être confondues avec les résistances « VDR », lesquelles ont une variation dépendant de la tension (voir notre PUBLICATION TECHNIQUE N° 564). Les résistances « CTN » sont fabriquées avec des oxydes semi-conducteurs, leur résistance décroît rapidement quand la température augmente (— 3 % à — 6 % par degré centigrade). Cette variation de résistance peut être provoquée, soit par échauffement dû à la puissance dissipée, soit par de petites variations de la température ambiante. Toutes les applications des résistances « CTN » reposent sur ces deux principes.

Les oxydes semi-conducteurs, à coefficient de température négatif, sont connus depuis une centaine d'années, mais c'est seulement ces derniers temps que l'on est parvenu à fabriquer des résistances stables et reproductibles.

Les applications des résistances « CTN » intéressent la radio, la télévision et certains appareillages électriques industriels.

COMPOSITION

En première approximation, la classification des différents matériaux d'après leur résistivité est la suivante :

Conducteurs (métaux) : 10^{-6} à 10^{-5} Ω cm.
Semi-conducteurs : 10^{-3} à 10^{9} Ω cm.
Isolants : supérieure à 10^{9} Ω cm.

A quelques exceptions près, tous les semi-conducteurs ont une résistivité ayant un coefficient de température négatif élevé. Cependant, en règle générale, leurs propriétés sont très instables. Seul, un petit nombre de compositions peut être utilisé pour la fabrication des résistances « CTN ».

L'étude systématique des corps ayant une structure cristalline spinelle, a conduit au matériau ferro-magnétique « Ferroxcube » et aux résistances « CTN ». Ces dernières sont composées de mélanges obtenus à partir :

a) de solutions solides de Fe_2O_4 avec des matériaux à structure spinelle, par exemple : Zr_2TiO_4 ou $MgCr_2O_4$,

b) de Fe_2O_3 avec addition de petites quantités de TiO_2 (valence équilibrée),

c) de NiO ou CoO ou une combinaison de ces oxydes avec de faibles additions de Li_2O (valence équilibrée).

Des oxydes de stabilisation sont quelquefois ajoutés pour obtenir des caractéristiques constantes et aisément reproductibles. On choisit ces compositions d'après la valeur désirée du coefficient de température et de la résistivité. Pour la fabrication de résistances économiques, seules les deux premières compositions sont utilisées.

FABRICATION

Le processus de fabrication a été établi en vue de satisfaire aux exigences suivantes :

1 - Des éléments similaires doivent avoir des caractéristiques identiques, compte tenu d'une certaine tolérance.

2 - Les caractéristiques doivent rester constantes, même après un long usage.

3 - Les résistances doivent être facilement manipulables.

4 - La présentation et les dimensions doivent faciliter leur montage dans les circuits électriques usuels.

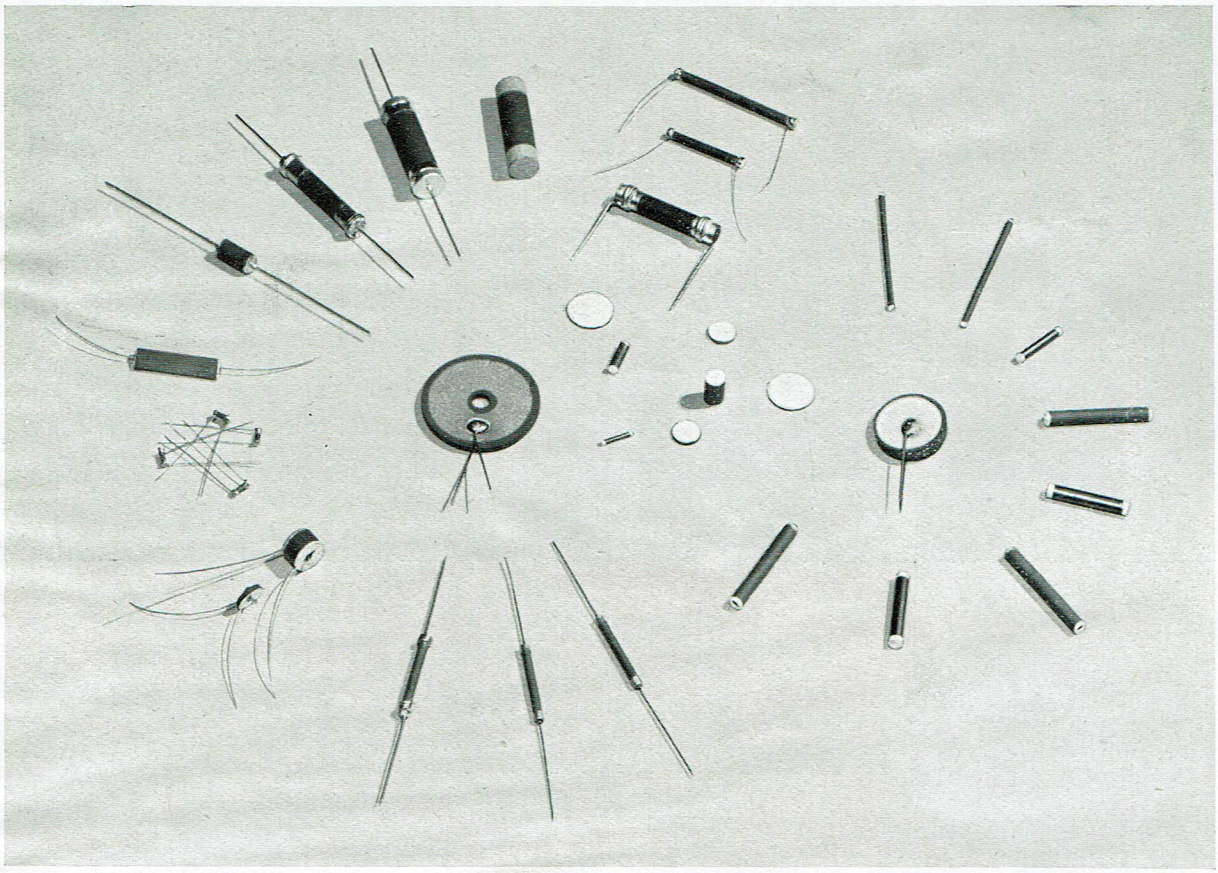

Fig. 1 - Quelques types usuels de résistances « CTN ».

La première condition est très importante si les résistances « CTN » sont utilisées dans de l'appareillage construit en grande série, où l'ajustage individuel est cher, et également en prévision des remplacements futurs de résistances « CTN ».

Pour satisfaire à ces exigences, seules des matières premières soigneusement sélectionnées sont utilisées et toute la fabrication est menée avec une minutieuse précision. Après mélange intime et addition d'un liant plastique, on donne la forme appropriée au produit obtenu, soit par extrusion (bâtonnets), soit par moulage (disques). Les pièces sont alors chauffées à une température suffisamment élevée pour dissoudre complètement ou partiellement, les uns dans les autres, les oxydes constituants. Enfin, il reste à établir les contacts électriques. Habituellement, ceci est obtenu par chauffage à haute température dans une pâte à base d'argent ou par d'autres méthodes, comme le dépôt électrolytique ou la projection d'une couche métallique. La figure 1 montre quelques types usuels de résistances « CTN » ainsi fabriquées. On obtient alors un matériau homogène garantissant une répartition uniforme du courant.

Les résistances « CTN » miniatures (en forme de perle), dont quelques types usuels sont montrés figure 2, sont faites par l'application d'une goutte de pâte d'oxyde entre deux conducteurs parallèles en alliage de platine, suivie d'un séchage et d'un frittage. Les fils en alliage de platine ont un diamètre de 50 microns et 0,25 mm d'écartement. Au moment du frittage, la parcelle imprègne les conducteurs, de telle façon que le contact établi soit efficace. Pour de nombreuses

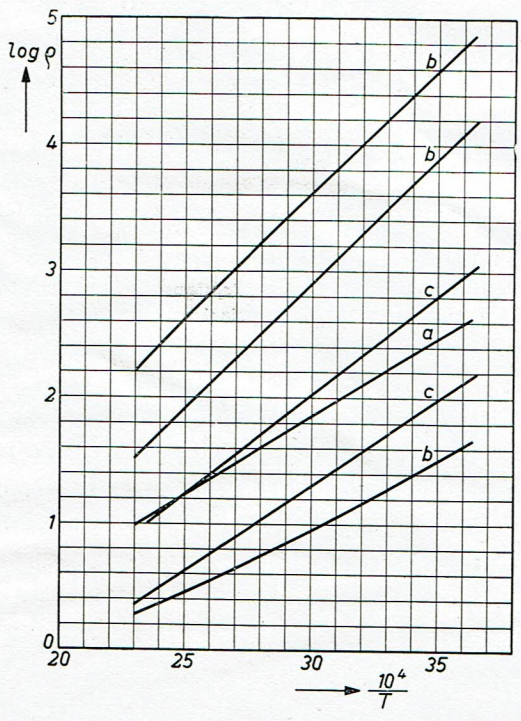

Fig. 3 - Log ρ en fonction de $\frac{10^4}{T}$ pour différents matériaux « CTN ».

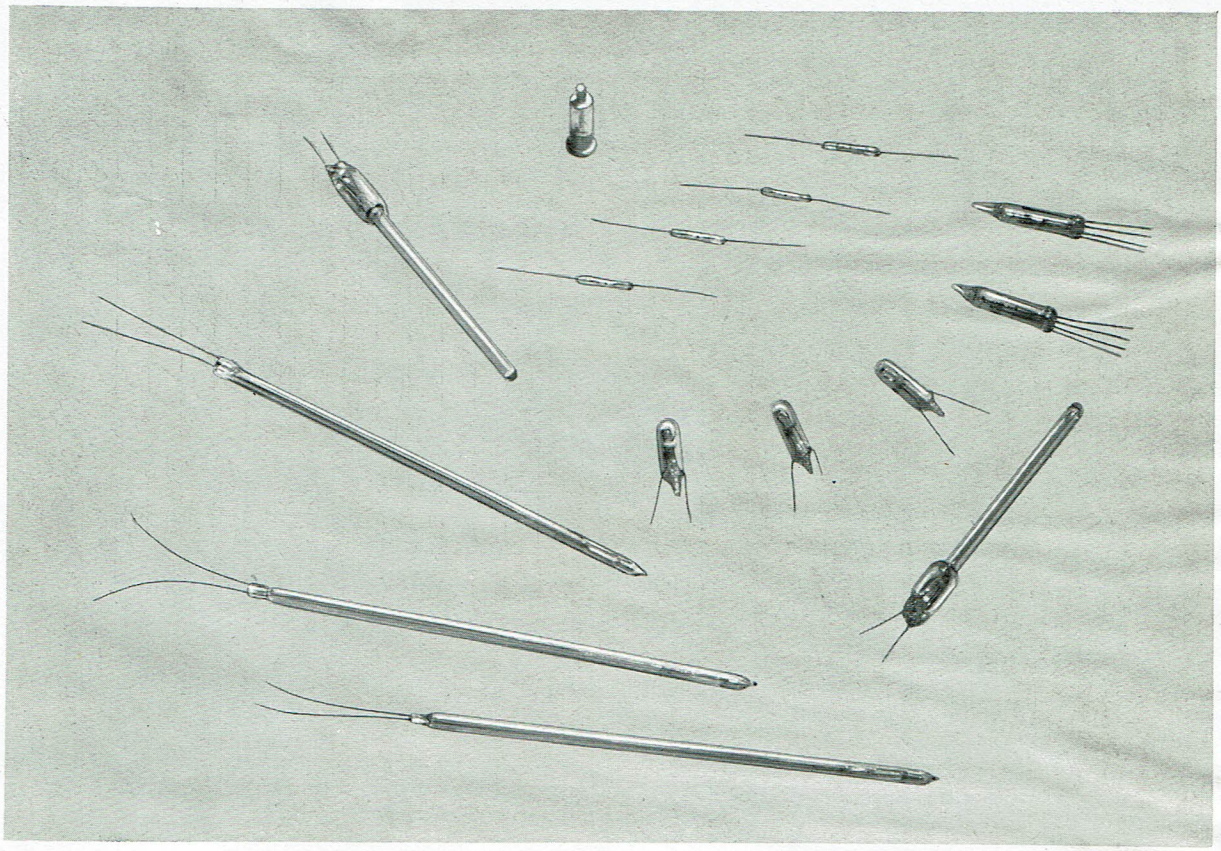

Fig. 2 - Résistances « CTN » miniatures.

applications, les résistances miniatures « CTN » sont émaillées pour les protéger contre l'influence du milieu ambiant.

PROPRIÉTÉS

La relation entre la résistance et la température d'une résistance « CTN » est approximativement :

$$R = A\, e^{B/T} \qquad (1)$$

où R est la valeur de la résistance à la température absolue T, A et B sont des constantes pour une résistance donnée, et e, la base des logarithmes népériens (e = 2,718). Cette relation est représentée par la fig. 3 où, au lieu de R, log ρ a été tracé en fonction de $\frac{10^4}{T}$ pour divers matériaux « CTN », et par la fig. 4, où ρ a été tracé en fonction de la température en ° C; ρ représente, dans ce cas, la résistivité.

Ceci offre un contraste frappant avec les métaux dont la résistance, en première approximation, augmente proportionnellement avec la température absolue.

Pour une résistance « CTN » donnée, la valeur de B peut être trouvée par la méthode suivante. La valeur de la résistance est mesurée aux deux tempétatures T_1 et T_2.

$$R_1 = A\, e^{B/T_1},$$
$$R_2 = A\, e^{B/T_2},$$

le rapport de ces deux expressions donne :

$$\frac{R_1}{R_2} = e^{(B/T_1 - B/T_2)},$$

ou

$$\log R_1 - \log R_2 = B\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\log e,$$

ce qui donne :

$$B = \frac{1}{\log e} \cdot \frac{\log R_1 - \log R_2}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \qquad (2)$$

Calculée à partir de cette formule, B n'est pas une véritable constante; en effet, quand la température augmente, il existe de petites variations.

Une formule plus exacte de la résistance serait :

$$R = AT^C e^{D/T},$$

où C est un nombre positif ou négatif de faible valeur, parfois nul.

De l'équation (1), nous pouvons déduire le coefficient de température :

$$\alpha = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT} = -\frac{B}{T^2} \qquad (3)$$

Pour les différents matériaux « CTN » la constante B peut varier entre 2.000 et 4.000 degrés Kelvin. Par exemple, pour la valeur de 3.600, on a $\alpha = -4\,\%$ par degré à la température de 300 degrés Kelvin.

Le graphique de la fig. 5 peut être utilisé pour calculer la valeur RT d'une résistance « CTN », à une température absolue donnée T quand la résistance à 25° C, R_{25} et B sont connus, $\frac{R_{25}}{RT}$ étant tracé en fonction de la température centigrade pour différentes valeurs de B choisi comme paramètre.

Il n'y a pas de relation définie entre B et la résistivité des différents matériaux « CTN », mais l'allure générale est une augmentation de ρ avec B. Ceci est montré par la fig. 6 où ρ est donné pour des matériaux ayant différentes valeurs de B.

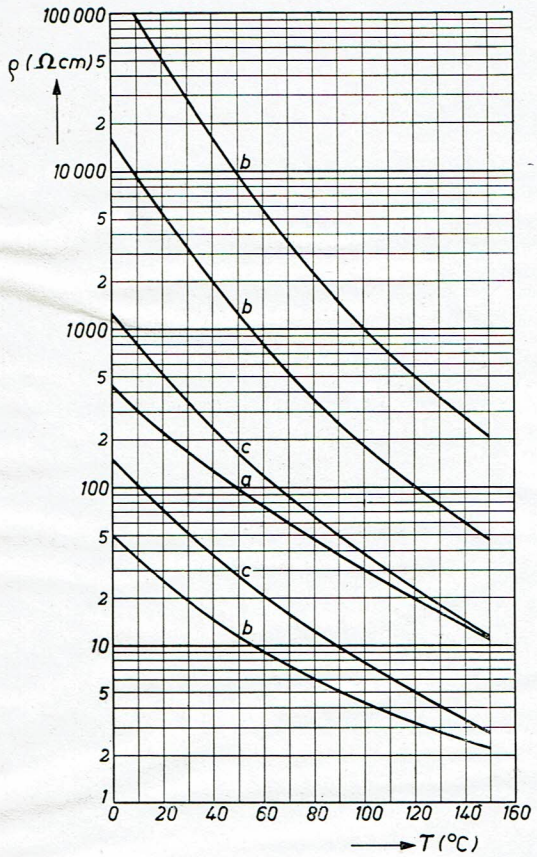

Fig. 4 - ρ en fonction de la température.

CARACTÉRISTIQUES TENSION-COURANT

En pratique, il est intéressant de connaître la relation entre la différence de potentiel aux bornes d'une « CTN » et le courant qui la traverse, et ceci, lorsque ce dernier produit un échauffement de l'élément considéré.

La fig. 7 donne pour une « CTN », cette relation V(I). Cette représentation en double échelle logarithmique permet de réunir sur un même graphique les grandeurs suivantes log V, log I, puissance dissipée log W = log V + log I et log R = log V — log I. Ces deux dernières fonctions sont représentées par des réseaux de droites parallèles et perpendiculaires entre elles.

Cette caractéristique, également appelée caractéristique statique, est relevée pour une température ambiante constante et lorsque l'équilibre thermique est réalisé. Pour de très faibles courants, l'échauffement de la « CTN » est négligeable et la tension est proportionnelle à l'intensité (loi d'Ohm). Pour l'exemple choisi, cette linéarité se termine à 0,01 W environ. Si le courant croît, la température de l'échantillon dépasse celle de l'ambiance et la valeur de la résistance baisse. Il en résulte une diminution de tension après que celle-ci ait passé par un maximum. Dans cette zone, la résistance différentielle devient négative jusqu'à des puissances dissipées maximum admissibles et la fonction log V (log I) est approximativement linéaire. Ces remarques servent de bases à de nombreuses applications.

L'étude théorique de la caractéristique tension-courant repose sur les considérations suivantes :

En supposant que :

a) la température est constante dans la masse de la « CTN »;

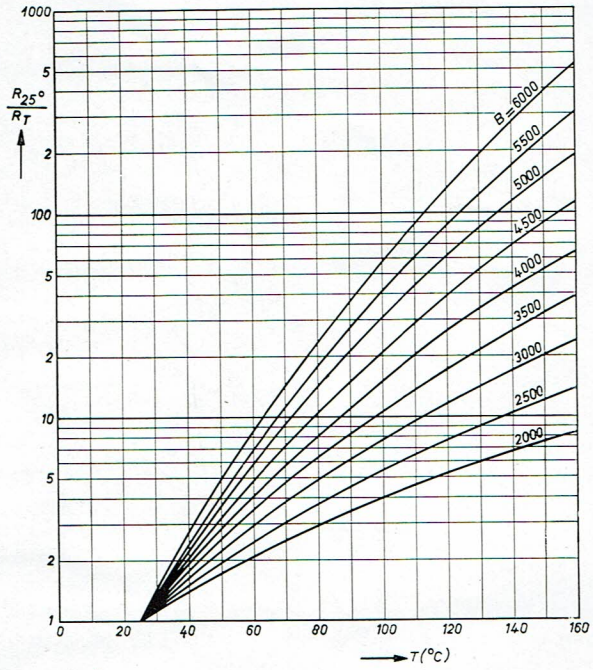

Fig. 5 - $\frac{R_{25°}}{R_T}$ en fonction de la température pour différentes valeurs de B.

b) l'échange de chaleur proportionnel à la différence de température entre la résistance et l'ambiance (ce qui est exact aux basses températures);

c) la « CTN » peut être définie par l'équation (1).

On peut alors écrire :

$$\log_e R = \log_e \frac{V}{I} = \log_e A + \frac{B}{T} \qquad (4)$$

$$W = C\,(T - T_0) = VI \qquad (5)$$

W : puissance dissipée statique.

C : coefficient de dissipation thermique, par exemple la puissance nécessaire pour élever la température de la « CTN » de 1° C.

T et T_0 : les températures absolues de la « CTN » et de l'ambiance.

Des équations (4) et (5) nous tirons :

$$\log_e V + \log_e I = \log_e C + \log_e (T - T_0), \qquad (6)$$

$$\log_e V - \log_e I = \log_e A + \frac{B}{T} \qquad (7)$$

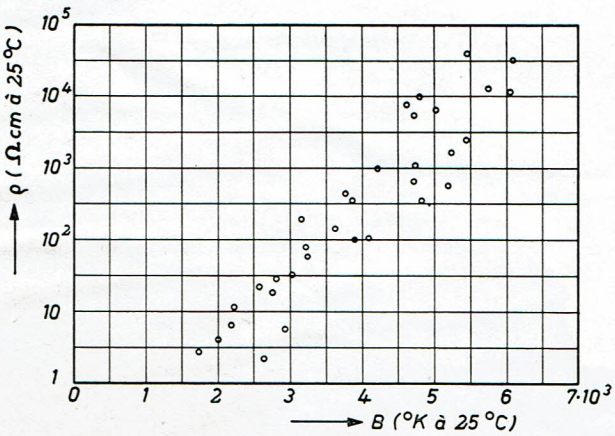

Fig. 6 - Augmentation de ρ avec l'augmentation de B.

En additionnant (6) et (7) il vient :

$$\log_e V = 1/2 \log_e AC + 1/2 \log_e (T - T_0) + \frac{B}{2T} \qquad (8)$$

Si cette fonction de T a un maximum, il sera vérifié par :

$$\frac{d \log_e V}{dT} = 0 \qquad (9)$$

que la résistance a une température uniforme durant le refroidissement, l'équation suivante peut être écrite pour un intervalle de temps dt :

$$- HdT = C (T - T_0) dt, \qquad (13)$$

H étant la capacité calorifique de la résistance en joule par °C.

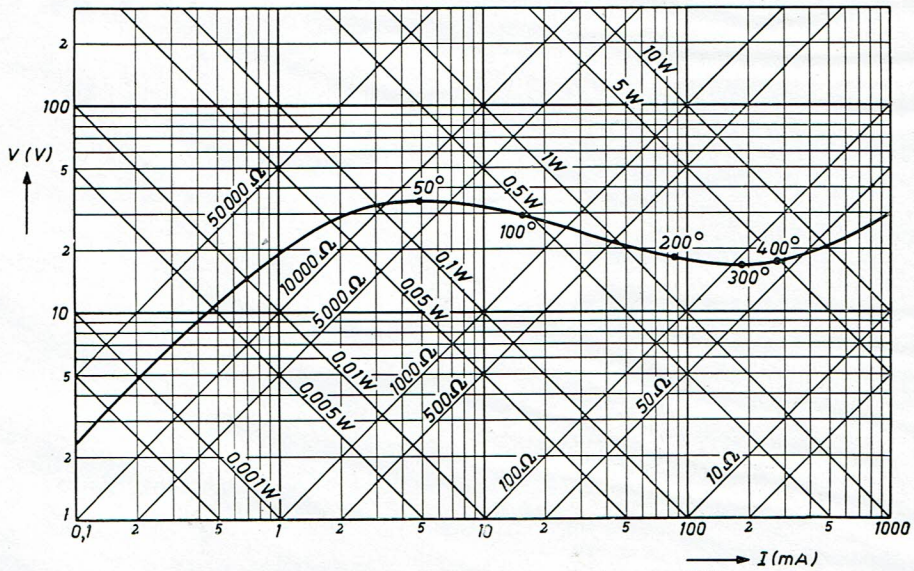

Fig. 7 - Caractéristique tension-courant d'une résistance « CTN ».

Dans ce cas :

$$\frac{1}{2 (T - T_0)} - \frac{B}{2 T^2} = 0, \qquad (10)$$

soit :

$$T^2 - BT + BT_0 = 0 \qquad (11)$$

Donc :

$$T_{max} = 1/2 B \pm \sqrt{\frac{1}{4} B^2 - BT_0} \qquad (12)$$

(La valeur avec le signe — donne la température correspondant à la valeur maximum de la tension). Ce maximum existe seulement si $B > 4 T_0$. Pour les valeurs usuelles de B (2.000 — 4.000° K) la température T_{max} est comprise entre 85° C et 45° C.

De ces considérations, qui ne sont valables qu'en régime stationnaire, il ressort que la température correspondant à la tension maximum ne dépend que de la valeur B du matériau « CTN » et non pas de la valeur de la résistance à cette température.

Il est évident que les courbes tension-courant se trouvent modifiées si le coefficient de dissipation thermique varie, c'est-à-dire si la « CTN » est placée, par exemple, dans un gaz sous faible pression ou en contact avec une masse métallique. C'est ainsi que le coefficient C peut varier dans un rapport de 1 à 100 pour un même type de « CTN ».

La détermination de C est faite en considérant la courbe W (T), puissance dissipée-température, elle-même obtenue à partir de la caractéristique tension-courant et R (T). La pente de W (T) a peu près constante donnera C.

CONSTANTE DE TEMPS

Dans de nombreux cas, il est nécessaire de connaître le temps mis pour atteindre un état d'équilibre. En supposant T_0 représentant la température ambiante. De la relation (13) on tire la vitesse d'échauffement :

$$\frac{dT}{dt} = - \frac{C}{H} (T - T_0)$$

Si T_1 est la température à partir de laquelle s'effectue le refroidissement, on obtient par intégration :

$$(T - T_0) = (T_1 - T_0) e^{-t/\tau} \qquad (14)$$

$\tau = H/C$ est la constante de temps de la « CTN ».

En pratique, pour des températures élevées, la température n'est pas constante dans la masse de la résistance, la surface se refroidissant toujours plus rapidement que l'intérieur. Pour cette raison, il est nécessaire d'introduire un coefficient de caractère empirique appelé temps de « recouvrement ». Cette quantité peut être considérée comme étant le temps mis par une « CTN », après avoir travaillé un certain temps à sa puissance maximum, pour atteindre la moitié de sa résistance primitive. Ces mesures sont faites dans l'air immobile. Les fig. 8 et 9 montrent les courbes de refroidissement respectivement pour deux « CTN » miniatures et pour deux bâtonnets. D'après ces courbes, le temps de « recouvrement » peut être facilement déterminé. Pour les « CTN » utilisées en thermométrie, on ne considère pas la puissance maximum, mais une température de 100° C.

On définit également la sensibilité en puissance d'une « CTN » de la façon suivante : c'est la puissance à dissiper pour diminuer sa température de 1° C. Cette quantité est exprimée par le rapport : $\frac{C}{100 \alpha}$ et sa variation en fonction d'un écoulement gazeux permet certaines applications des « CTN ».

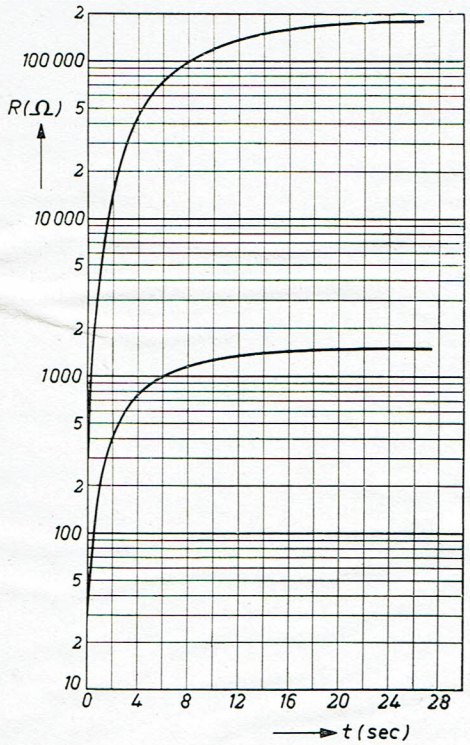

Fig. 8 - Courbe de refroidissement de deux « CTN » miniatures placées dans l'air immobile.

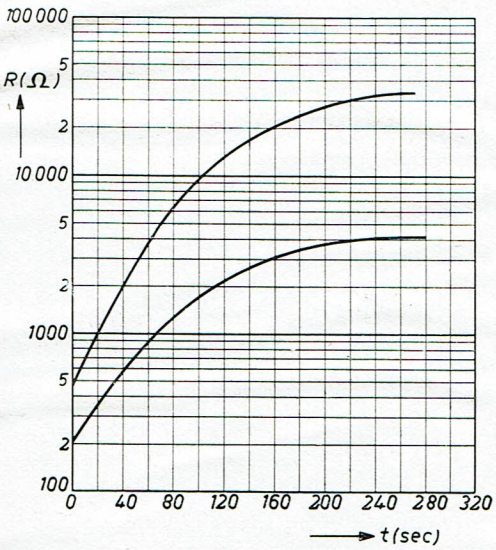

Fig. 9 - Courbe de refroidissement de deux « CTN » bâtonnets placées dans l'air immobile.

STABILITÉ

La fig. 10 montre, pour deux résistances « CTN », la variation de la valeur de la résistance après un essai prolongé à haute température. Il est évident que, si une bonne stabilité est exigée, il est nécessaire d'opérer un vieillissement. C'est ainsi que les « CTN » destinées aux appareillages de mesure sont toujours vieillies à 105° C durant 1.000 heures environ.

CHOIX DU TYPE

Pour choisir une résistance « CTN » en vue d'une certaine utilisation, il faut considérer les points suivants :

1 - Quelle est la forme souhaitable pour l'utilisation?

Les types normaux sont les bâtonnets cylindriques, les disques et les pastilles miniatures. D'autres formes peuvent être étudiées si elles peuvent être fabriquées par l'une des deux méthodes de fabrication.

2 - Quelles doivent être les valeurs de la résistance et du coefficient de température? Dans quelle proportion doit varier la résistance pour un intervalle de température donné?

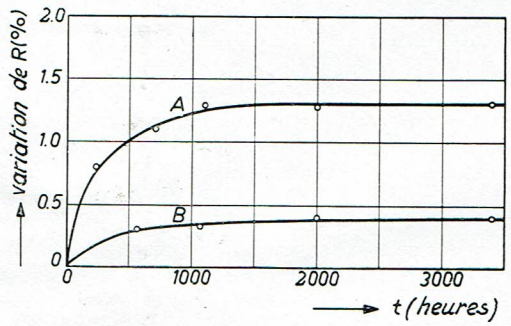

Fig. 10 - Vieillissement des « CTN » : (A) bâtonnet fonctionnant à 1,5 W et (B) miniature fonctionnant à 20 mW.

3 - Quelle est la puissance maximum à dissiper :

a) sans changement sensible de la résistance sous l'influence de la chaleur ?

b) avec une variation maximum pour la valeur de résistance?

4 - Quelle doit être la valeur du temps de « recouvrement »?

REPRODUCTIBILITÉ ET TOLÉRANCES

Conditions déterminant le choix des résistances « CTN ». — Les propriétés non-linéaires des résistances « CTN » donnent lieu à une grande variété d'utilisations. Dans la plupart des cas, il est moins onéreux d'utiliser la production « CTN » de série qui, en règle générale, a une tolérance de ± 20 % pour la résistance à froid, et de choisir un projet de circuit où les valeurs des autres éléments (résistances, capacités et, quelquefois, appareils de mesure) peuvent être adaptées aux propriétés réelles des « CTN ».

La raison pour laquelle le prix d'un certain type de « CTN » avec une tolérance de 5 %, par exemple, pour la valeur de la résistance, est plusieurs fois plus élevé que celui du même type avec tolérance de 20 %, mérite une explication. Après les quelques remarques générales qui ont été fournies sur la reproductibilité, nous allons tenter de donner une idée des problèmes soulevés par ces tolérances.

Reproductibilité. — Les propriétés du matériau « CTN » dépendent de nombreuses conditions dont certaines ne sont pas facilement contrôlables. On suppose souvent que la composition du mélange est le seul facteur déterminant mais ceci n'est certainement pas le cas. Exceptés la température du four, la durée du frittage et l'atmosphère du gaz, il y a d'autres facteurs moins évidents.

Les dimensions de la résistance, entre autres choses, peuvent considérablement influencer les propriétés. Il est prouvé que la résistivité d'une résistance frittée dépend, jusqu'à un

certain degré, des dimensions du matériau moulé. La résistance d'une « CTN » bâtonnet de longueur l_1 et de diamètre d_1 à une température donnée, est :

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{\frac{1}{4} \pi d_1^2}$$

mais si cette formule est employée pour calculer une résistance de valeur $R_2 = 2R_1$ en faisant $d_2 = \frac{d_1}{\sqrt{2}}$, le résultat sera erroné parce qu'avec les dimensions, la résistivité aura également changé. (Ceci ne concerne naturellement pas les bâtonnets déjà frittés et lorsque le diamètre désiré est obtenu par rectification).

Il est clair qu'il y aura une limite pratique à la reproductibilité. (Cette propriété ne peut donc pas être exactement définie mais le prochain paragraphe en exposera l'idée générale).

Tolérances. — Comme pour les résistances linéaires normales, les valeurs des résistances « CTN », avec leur tolérance, sont données à une certaine température, en général 25° C (par ex. : $R_{25} = 10.000\ \Omega \pm 20\ \%$). Ceci peut donner l'impression qu'aux autres températures, l'écart avec la valeur nominale se situe aussi à l'intérieur de la tolérance donnée. Cela n'est pas toujours le cas.

Il en résulte, d'après le paragraphe précédent, que la seule méthode pour obtenir des valeurs de résistance avec la tolérance voulue, est de les sélectionner. Deux résistances ayant exactement la même valeur R_{25} peuvent cependant montrer de légères différences dans la constante de température B et dans leur résistivité et, pour les « CTN » miniatures, dans les dimensions. Pour cela référons-nous à l'équation (1)

$$R_T = A\, e^{B/T} \qquad (1)$$

Une petite variation du matériau peut affecter à la fois A et B. Pour de petites variations, on peut écrire :

$$\frac{\Delta R}{R_T} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{T} \qquad (15)$$

De cette formule, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1 - L'influence des variations de la constante de température B est considérable; par exemple, si T = 300° K (à peu près la température ordinaire) et B = 3.000° K, une variation de B de 30° K $\left(\frac{\Delta B}{B} = 1\ \%\right)$ cause pour R une variation de $\frac{\Delta B}{T} = \frac{30}{300} = \frac{1}{10}$, autrement dit $\frac{\Delta R}{R} = 10\ \%$.

2 - Quand la température augmente, l'influence de ΔB sur la valeur de la résistance décroît. Si, dans l'exemple précédent, T = 450° K, une variation de B de 1 % créera une variation $\frac{\Delta R}{R} = 6{,}7\ \%$. Donc, si les tolérances sont déterminées par B seul (A étant une véritable constante), l'écart à une température plus élevée serait toujours plus petit qu'à 20° C.

Ainsi sur la fig. 11, nous pouvons constater qu'une résistance ayant une tolérance de $\pm$ 10 % à 25° C, aura une tolérance de seulement $\pm$ 6 % à 200° C. En général, cependant, de petites variations de A apparaîtront ($\Delta A \neq 0$). Si A et B sont tous deux positifs ou tous deux négatifs, la diminution de la tolérance en fonction de la température sera d'autant moins marquée que $\frac{\Delta A}{A}$ augmentera par rapport à $\frac{\Delta B}{T}$. Si finalement $\frac{\Delta B}{T}$ peut être négligé par rapport à $\frac{\Delta A}{A}$, la tolérance restera constante (c'est-à-dire indépendante de la température).

3 - Il est clair que si ΔA et ΔB sont de signe contraire et si $-\frac{\Delta A}{A}$ est $\geqslant -\frac{\Delta B}{T}$, l'inverse se produira : avec une élévation de la température, l'écart va augmenter assymptotiquement à la valeur $\frac{\Delta A}{A}$. Dans ce cas, la nécessité pratique de fixer la tolérance sur la résistance à froid est naturellement diminuée.

Dans la fig. 12, l'écart dans la valeur de la résistance en fonction de la température est montré par les deux combinaisons de $\frac{\Delta A}{A}$ et $\frac{\Delta B}{T}$ avec :

$$\text{(a)} \begin{cases} \frac{\Delta A}{A} = \pm\ 30\ \% \\ \frac{\Delta B}{T} = \mp\ 20\ \% \end{cases} \qquad \text{(b)} \begin{cases} \frac{\Delta A}{A} = \pm\ 50\ \% \\ \frac{\Delta B}{T} = \mp\ 40\ \% \end{cases}$$

où T = 300 K.

La figure révèle que la tolérance de 10 % à 20° C a respectivement augmenté dans les deux cas à 16 % et 22,5 % à 150° C.

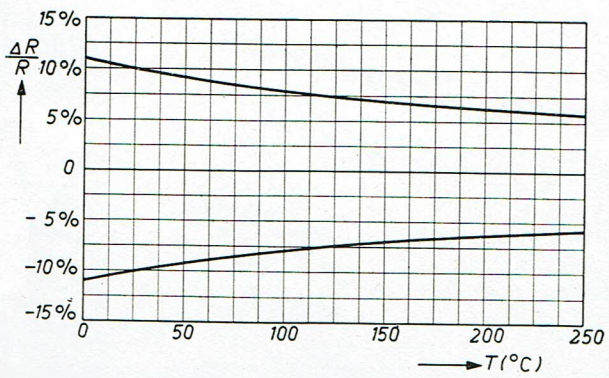

Fig. 11 - Ecart (causé par Δ B seulement) en fonction de la température.

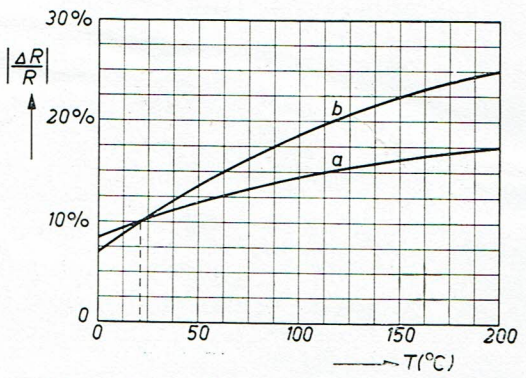

Fig. 12 - Ecart en fonction de la température pour deux combinaisons différentes de $\frac{\Delta A}{A}$ et $\frac{\Delta B}{B}$ (valeurs exagérées).

De ce qui précède, il est clair que le processus de fabrication doit être tel que la valeur de A soit bien reproductible, de manière qu'à la sélection la valeur de B soit conservée dans des limites très étroites. Une limitation antérieure de B n'est pas souhaitable car la reproductibilité de B n'est pas assez bonne pour conserver une influence de $\frac{\Delta B}{T}$ suffisamment basse.

Tolérances pratiquées. — Généralement, les variations de $\frac{\Delta A}{A}$ sont de l'ordre de $\pm$ 25 %. Ceci signifie que si les résistances sont choisies jusqu'à 25 % de leur valeur nominale à la température ambiante, l'écart restera à l'intérieur de ces limites même à des températures plus élevées. Si, cependant, la tolérance à la température ambiante est, par exemple, 10 %, elle augmentera assymptotiquement à 25 %, atteignant, disons, 15 % à 150° C. Ainsi, les avantages attendus de tolérances plus serrées ne rentreront pas en ligne de compte.

Dans quelques applications spéciales, des tolérances plus étroites sur une large gamme de température peuvent naturellement être une condition indispensable. Dans ce cas, une sélection sera faite, avec une majoration de prix, à deux températures ou plus. Supposons qu'une résistance « CTN » soit exigée avec une tolérance de 2 % à une température supérieure à 100° C. La première sélection à 20° C peut donner, disons 30 % de rebut. Si le lot restant est essayé à 100° C, le rebut total peut atteindre 97 %.

Le résultat n'est pas toujours aussi mauvais et des tolérances serrées peuvent être obtenues spécialement pour les bâtonnets, où ρ et les dimensions (qui déterminent la valeur de A) peuvent être beaucoup mieux contrôlées que pour les miniatures. Mais, même dans ce cas, on doit se rendre compte que la « CTN » restera l'élément le plus coûteux d'un circuit. Ainsi, chaque fois que la chose est possible, il sera plus économique d'adapter les valeurs des autres éléments du circuit à celles des « CTN » standardisées. Ceci ne s'applique pas seulement aux résistances et capacités ordinaires mais aussi à de nombreux éléments spécialisés comme les relais et les appareils de mesure.

APERÇU DES DIFFÉRENTS TYPES STANDARD DE RÉSISTANCES « C.T.N. »

Les résistances « CTN » comprennent de nombreux types; un aperçu de ces types est donné ci-dessous. Pour détails plus complets consulter nos notices spéciales.

RÉSISTANCES « CTN » MINIATURES

Les « CTN» miniatures sont fabriquées selon des valeurs s'étendant de R_{25} = 1.000 Ω à R_{25} = 680.000 Ω. La tolérance, sur ces valeurs, est $\pm$ 20 %. La valeur de B comprise entre B = 2.300° K (α_{25} = — 2,5 %) pour les faibles valeurs des résistances et B = 3.950° K (α_{25} = — 4,4 %) pour les valeurs supérieures. La puissance maximum est approximativement de 50 milliwatts.

RÉSISTANCES « CTN » BATONNETS

Les « CTN » bâtonnets sont fabriqués selon trois normes différentes : respectivement 0,6 — 1,8 et 2,6 watts. Les valeurs de résistances sont comprises entre R_{25} = 150 Ω et R_{25} = 150.000 Ω. Les tolérances sont de $\pm$ 20 %. Les dimensions de ces barrettes varient avec la puissance dissipée, selon le tableau suivant :

PUISSANCE DISSIPÉE	DIAMÈTRE	LONGUEUR
0,6 W	1,5 mm $\pm$ 0,1	10 mm $\pm$ 1
1,8 W	2,9 mm $\pm$ 0,1	20 mm $\pm$ 1
2,6 W	4,1 mm $\pm$ 0,2	28 mm $\pm$ 1

La valeur de B est comprise entre B = 1.750° K (α_{25} = — 2 %) pour les faibles valeurs des résistances de petites dimensions à B = 5.700° K (α_{25} = — 6,3 %) pour le type de 150.000 Ω de grosse puissance.

DISQUES

C'est un type spécial de « CTN » de faible valeur et de petites dimensions. Elles ont un diamètre de 8,7 mm environ et une épaisseur de 1,8 mm. Les valeurs nominales de R_{25} sont 4 — 50 — 130 — 500 et 1.300 Ω. Les tolérances sont $\pm$ 20 %. Les valeurs de B sont comprises entre B = 3.000° K (α_{25} = — 3,3 %) pour la résistance de 4 Ω et B = 5.700° K (α_{25} = — 6,3 %) pour celle de 1.300 Ω. La dissipation de puissance est approximativement de 1 watt.

« CTN » POUR RADIO ET TÉLÉVISION

Une gamme spéciale a été prévue pour les applications radio et télévision. Ces éléments sont utilisés dans les chaînes de chauffage série et atteignent leur équilibre dans l'air immobile, soit à 100, 200, 300 ou 400 mA. Leur puissance dissipée s'étend de 2 à 6 watts.

M. B. L. E

MANUFACTURE BELGE DE LAMPES ET DE MATÉRIEL ELECTRONIQUE S. A.

ELECTRONIQUE ★ TELECOMMUNICATIONS ★ APPLICATIONS ELECTRIQUES

80, RUE DES DEUX GARES, BRUXELLES • TÉL.: 21.82.00 (15 LIGNES)
M. B. L. E.-CONGO • BOITE POSTALE 673 • LÉOPOLDVILLE • TÉL. : 4002

Imprimé en France

Éditeur responsable : J. Dewèvre, rue Philippe-de-Champagne, 36, Bruxelles