

5 JUL 1972

# SEMICONDUCTEURS

*Les notes d'applications sont destinées à donner des exemples pratiques de réalisations utilisant les semiconducteurs "R.T.C.". Elles comprennent des schémas avec valeurs des éléments<sup>(1)</sup> et des explications succinctes mais suffisantes pour la bonne compréhension des circuits et la réalisation des montages. Les notes d'applications ont un caractère essentiellement pratique et ne comportent presque pas d'exposés théoriques.*

*Elles ont pour but d'aider les techniciens à résoudre leurs problèmes, en les faisant bénéficier de l'expérience de nos laboratoires de développement et d'applications.*

(1) Certains composants sont à titre indicatif définis par des numéros de code; ce qui n'entraîne pas forcément la possibilité de fourniture des éléments considérés.

## PROBLÈMES THERMIQUES CONCERNANT LES DISPOSITIFS SEMICONDUCTEURS

### INTRODUCTION

Parmi tous les paramètres qui intéressent les semiconducteurs, les données thermiques sont, de loin, les plus importantes. Il faut bien dire que, parmi les déboires qui peuvent être rencontrés en cours d'exploitation, la plupart proviennent de dépassements de températures au niveau des jonctions. De plus, souvent encore, les utilisateurs sont assez mal familiarisés, avec les calculs thermiques.

Aussi avons-nous pensé qu'il serait bon d'aborder, dans cette note, toutes les formes de calculs de températures, de radiateurs, de systèmes de refroidissement, sous l'aspect le plus simple possible. Nous avons essayé de réunir, dans les paragraphes qui vont suivre, tous les éléments indispensables, accompagnés d'exemples de calculs pratiques, pour l'utilisation rationnelle des semiconducteurs.

Cette note est extraite d'un ouvrage de M. Gaudry, en préparation. Le sujet a d'ailleurs déjà été traité dans un précédent ouvrage du même auteur "Thyristors" (bibliothèque technique Philips) - Éditions Dunod -.

## 1 - NOTATIONS

Avant d'aborder les calculs thermiques proprement dits, il est indispensable de se familiariser avec les différents symboles et appellations utilisés en la matière. Ces derniers peuvent se diviser en deux catégories, d'une part les symboles de températures, d'autre part les symboles de résistances thermiques.

### 1.1 - TEMPERATURE

Dans un montage à semiconducteurs, différents paliers sont à considérer entre les deux températures extrêmes. Ces dernières sont définies par une température maximale, qui est celle de la jonction proprement dite pour un montage déterminé, l'autre température extrême de base étant la température ambiante.

#### 1-1-1 - Symboles des températures

Ils sont affectés à chaque palier que l'on trouve dans un montage et définis ci-après.

$T_j$	.....	Température de jonction
$T_{fb}$	.....	Température du fond du boîtier
$T_{case}$	.....	Température du boîtier
$T_r$	.....	Température du radiateur
$T_{amb}$	.....	Température ambiante
$T_{stg}$	.....	Température d'emmagasinage

### 1-2 - RESISTANCE THERMIQUE

L'évacuation des calories engendrées au niveau des jonctions s'effectue vers l'extérieur, avec plus ou moins de facilité suivant les différents obstacles rencontrés. Ces obstacles, dénommés résistances thermiques, peuvent s'apparenter aux résistances disposées dans un circuit électrique et qui s'opposent au passage du courant.

#### 1-2-1 - Définition

On appelle résistance thermique la possibilité plus ou moins grande d'évacuation calorifique d'un dispositif. Elle est donnée en degrés Celsius par watt et s'exprime par le symbole °C/W. C'est, en fait, l'élévation de température constatée sur un dispositif pour une dissipation de puissance de 1 watt.

Si les calories s'évacuent rapidement, la résistance thermique est faible. Si, au contraire, la conduction de chaleur est mauvaise, la résistance thermique est élevée. La notion de résistance thermique s'applique également pour les surfaces juxtaposées ou superposées ; il s'agit à ce moment de la résistance thermique dite de contact qui vient s'ajouter à celle des matériaux eux-mêmes.

#### 1-2-2- Symboles thermiques

Ils sont affectés à chaque palier que l'on trouve dans un montage et définis ci-après.

$R_{th}$	.....	Résistance thermique totale.
$R_{thj-fb}$	.....	Résistance thermique jonction-fond de boîtier.
$R_{thfb-r}$	.....	Résistance thermique fond de boîtier-radiateur.
$R_{thr-amb}$	.....	Résistance thermique radiateur-ambiante.
$R_{thfb-amb}$	.....	Résistance thermique fond de boîtier-ambiante.

## 2 - REPRESENTATION ANALOGIQUE

Quelles que soient les conditions de travail imposées à un semiconducteur, celui-ci dissipe obligatoirement une certaine puissance (exprimée en watts), et qui se traduit par une élévation de la température au niveau des jonctions. Cette élévation de température amène elle-même une augmentation du courant inverse qui augmente à nouveau la température, etc... Ces différentes élévations successives étant cumulatives, il est donc nécessaire d'évacuer le plus rapidement et le plus parfaitement possible les calories engendrées, de manière à éviter la destruction des cristaux par emballement thermique.

La représentation analogique d'un circuit thermique est donnée figure 1. Nous y trouvons tous les points de température et les différentes résistances thermiques mentionnés dans les paragraphes 1-1-1 et 1-2-2.

Considérons un semiconducteur en fonctionnement comme un générateur thermique délivrant une puissance totale  $P_{tot}$ , exprimée en watts, et égale à la puissance maximale que peuvent supporter sans dommage les jonctions.

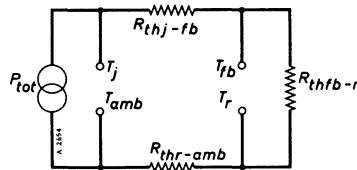


Figure 1.

A partir du générateur lui-même, le premier point de température à considérer est celui de la jonction elle-même  $T_j$ , dont le transfert calorifique va s'effectuer vers le boîtier à travers la résistance thermique jonction-fond du boîtier  $R_{thj,fb}$ . Ce premier transfert effectué va nous donner un nouveau palier de température  $T_{fb}$  qui sera la température du fond du boîtier.

Ce dernier, fixé sur un radiateur, va évacuer les calories qui lui ont été fournies vers son élément de refroidissement via encore une résistance thermique fond de boîtier-radiateur  $R_{thfb,r}$  dite résistance thermique de fixation.

De ce fait, le radiateur recevra un certain nombre de calories qui vont porter sa température à un niveau  $T_r$ , naturellement supérieur à la température ambiante, et qui sera d'autant plus élevé que sa résistance thermique  $R_{thr,amb}$  sera grande.

Il est clair, d'après ce qui précède, que la différence de température  $\Delta$  entre la jonction elle-même et la température ambiante peut s'écrire simplement sous la forme :

$$\Delta(T_j - T_{amb}) = \Delta(T_{amb} - T_r) + \Delta(T_r - T_{fb}) + \Delta(T_{fb} - T_j)$$

Les deux températures extrêmes, ainsi que mentionné en paragraphe 1 étant bien la température de jonction d'une part, et la température ambiante d'autre part, l'on se rend compte immédiatement que la différence entre les deux est bien constituée par la somme des élévations en température de chacun des points considérés.

La figure 2 donne également une représentation analogique d'un circuit thermique.

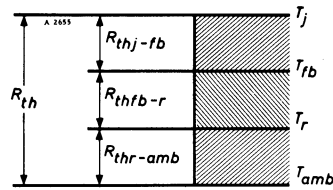


Figure 2.

Cette représentation, peut-être plus facile à interpréter, ne laisse aucun doute sur l'effet cumulatif des élévations de températures et sur le fait que la résistance thermique totale  $R_{th}$  est bien la somme des résistances thermiques partielles suivant la formule :

$$R_{thj, amb} = R_{thj, fb} + R_{thfb, r} + R_{thr, amb}$$

### 3 - CALCULS THERMIQUES

Toutes les températures, dans un montage équipé de semi-conducteurs, peuvent être déterminées par des calculs relativement simples. Nous pensons qu'il est indispensable de savoir utiliser toutes les données qui sont affectées à chaque type de dispositif et de savoir utiliser la loi d'ohm thermique sous toutes ses formes.

#### 3-1 - LOI D'OHM THERMIQUE

La forme générale de la loi d'ohm thermique est donnée par la formule :

$$T_j = T_{amb} + P_{tot} (R_{thj, fb} + R_{thfb, r} + R_{thr, amb}) \quad (1)$$

d'où nous pouvons tirer :

a - la température du fond du boîtier  $T_{fb}$

$$T_{fb} = T_{amb} + P_{tot} (R_{thfb, r} + R_{thr, amb}) \quad (2)$$

b - la température du radiateur  $T_r$

$$T_r = T_{amb} + (P_{tot} \times R_{thr, amb}) \quad (3)$$

c - la température ambiante admissible  $T_{amb}$

$$T_{amb} = T_j - P_{tot} (R_{thj, fb} + R_{thfb, r} + R_{thr, amb}) \quad (4)$$

d - la résistance thermique jonction-fond du boîtier  $R_{thj-fb}$

$$R_{thj, fb} = \frac{T_j - T_{amb}}{P_{tot}} - (R_{thfb, r} + R_{thr, amb}) \quad (5)$$

e - la résistance thermique de fixation  $R_{thfb, r}$

$$R_{thfb, r} = \frac{T_j - T_{amb}}{P_{tot}} - (R_{thj, fb} + R_{thr, amb}) \quad (6)$$

f - la résistance thermique du radiateur  $R_{thr. amb}$

$$R_{thr. amb} = \frac{T_j - T_{amb}}{P_{tot}} - (R_{thj. fb} + R_{thfb. r}) \quad (7)$$

Il nous est donc possible, avec ces formules secondaires, de connaître les valeurs des résistances thermiques ainsi que les températures en tous les paliers d'un montage déterminé.

Soit un dispositif semiconducteur, associé à un radiateur dont la résistance thermique est de  $2^\circ\text{C}/\text{W}$ , devant fonctionner à  $50^\circ\text{C}$  de température ambiante, et dont les caractéristiques publiées sont données ci-après :

$$P_{tot} = 40 \text{ W} - T_j = 190^\circ\text{C} ; R_{thj. fb} = 1^\circ\text{C}/\text{W} ; R_{thfb. r} = 0,5^\circ\text{C}/\text{W}$$

### 3-1-1 Calcul de la température de jonction

L'application de la formule (1) va nous permettre d'effectuer cette opération, soit :

$$T_j = T_{amb} + P_{tot} (R_{thj. fb} + R_{thfb. r} + R_{thr. amb})$$

d'où :

$$T_j = 50 + 40 (1 + 0,5 + 2) = 190^\circ\text{C}.$$

### 3-1-2 Calcul de la température du fond du boîtier

La formule (2) va nous donner :

$$T_{fb} = T_{amb} + P_{tot} (R_{thfb. r} + R_{thr. amb})$$

soit :

$$T_{fb} = 50 + 40 (0,5 + 2) = 150^\circ\text{C}$$

### 3-1-3 Calcul de la température du radiateur

C'est la formule (3) qui devra être utilisée et qui nous donne :

$$T_r = T_{amb} + (P_{tot} \times R_{thr. amb})$$

d'où :

$$T_r = 50 + (40 \times 2) = 130^\circ\text{C}$$

### 3-1-4 Calcul de la température ambiante

Cette dernière va nous être donnée par l'application de la formule (4) soit :

$$T_{amb} = T_j - P_{tot} (R_{thj. fb} + R_{thfb. r} + R_{thr. amb})$$

d'où :

$$\begin{aligned} T_{amb} &= 190 - 40 (1 + 0,5 + 2) \\ &= 190 - 140 = 50^\circ\text{C} \end{aligned}$$

### 3-1-5 Calcul de la résistance thermique jonction fond du boîtier

La formule (4) va nous donner :

$$R_{thj.fb} = \frac{T_j - T_{amb}}{P_{tot}} - (R_{thfb.r} + R_{thr.amb})$$

$$R_{thj.fb} = \frac{190 - 50}{40} - (0,5 + 2) \\ = 3,5 - 2,5 = 1^\circ C/W$$

3-1-6 Calcul de la résistance thermique de fixation

L'application de la formule (5) nous donnera :

$$R_{thfb.r} = \frac{T_j - T_{amb}}{P_{tot}} - (R_{thj.fb} + R_{thr.amb})$$

soit :

$$R_{thfb.r} = \frac{190 - 50}{40} - (1 + 2) \\ = 3,5 - 3 = 0,5^\circ C/W$$

3-1-7 Calcul de la résistance thermique du radiateur

Enfin, l'utilisation de la formule (6) nous donnera la valeur de la résistance thermique du radiateur soit :

$$R_{thr.amb} = \frac{T_j - T_{amb}}{P_{tot}} - (R_{thj.fb} + R_{thfb.r})$$

soit :

$$= \frac{190 - 50}{40} - (1 + 0,5) \\ = 3,5 - 1,5 = 2^\circ C/W$$

Notons que les résistances thermiques peuvent également être calculées en divisant les élévations de températures par la puissance totale dissipée. Nous aurons de ce fait :

$$R_{thj.fb} = \frac{T_j - T_{fb}}{P_{tot}} \quad (8)$$

d'où :

$$= \frac{190 - 150}{40} = 1^\circ C/W$$

$$R_{thfb.r} = \frac{T_{fb} - T_r}{P_{tot}} \quad (9)$$

soit :

$$= \frac{150 - 130}{40} = 0,5^\circ C/W$$

$$R_{thr.amb} = \frac{T_r - T_{amb}}{P_{tot}} \quad (10)$$

d'où :

$$= \frac{130 - 50}{40} = 2^\circ C/W$$

L'on se rend compte, d'après les calculs précédents, que les valeurs des résistances thermiques doivent être les plus faibles qui soient afin de pouvoir utiliser les dispositifs de puissance au mieux de leur possibilité. En effet, il faut considérer que les pertes sont des fois de

plusieurs centaines de watts, et que seulement quelques dixièmes de degrés par watt gagnés en résistance thermique permettent des performances de beaucoup améliorées.

#### 4 - RESEAUX THERMIQUES

Plusieurs formes de publications sont utilisées par les fabricants de semiconducteurs pour indiquer les paramètres thermiques de leurs dispositifs. Ces publications peuvent être présentées sous la forme de courbes séparées donnant :

a - l'allure des pertes en watts en fonction du courant, figure 3.

b - la température ambiante à ne pas dépasser pour une intensité déterminée, avec une résistance thermique de radiateur donnée, figure 4.

Cette dernière figure nous confirme que, pour une intensité donnée  $I$ , la température ambiante  $T_{amb}$  permise est d'autant plus grande que la résistance thermique du radiateur  $R_{thr. amb}$  est faible.  $R_{thr. amb}, a > b > c > d$  et  $T_{amb}, T_1 < T_2$ .

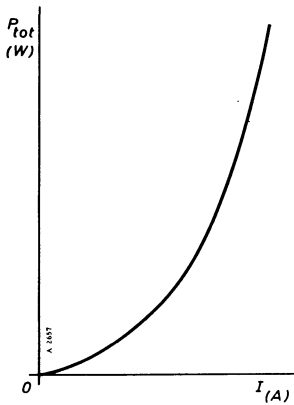


Figure 3.

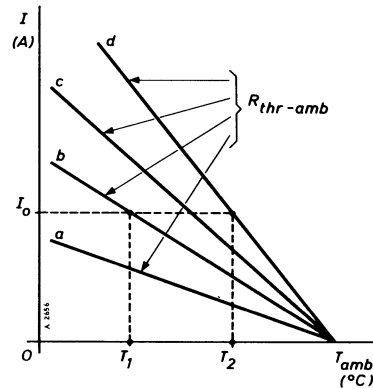


Figure 4.

Toutes les caractéristiques thermiques comportant : la puissance dissipée pour une intensité donnée, la température du fond du boîtier, la température ambiante et la résistance thermique du radiateur peuvent être groupées sur un graphique à plusieurs entrées, ainsi que le montre la figure 5.

Cette présentation est d'un intérêt pratique certain, car elle a l'avantage de permettre la lecture directe à partir de n'importe quel paramètre connu dont on dispose.

L'on reconnaît, sur la partie gauche, la courbe des pertes en fonction de l'intensité demandée (figure 3). Dans la partie droite, se situent les paramètres déjà sur la figure 4, dont l'origine est la température limite des jonctions  $T_j$ .





- a - les radiateurs plans
- b - les radiateurs à ailettes moulés
- c - les radiateurs en profilés extrudés

Nous passerons sous silence les dispositifs de refroidissement à circulation d'eau, car ces derniers font en général partie intégrante du corps même du semiconducteur. Dans la pratique, les radiateurs moulés, ou issus de profilés extrudés, sont les plus répandus ; les radiateurs plans sont utilisés, en général, quand les valeurs des résistances thermiques demandées sont situées dans les environs de plusieurs degrés par watt et quand les pertes dans les semiconducteurs n'exèdent pas 50 à 60 watts. En effet, ainsi que nous allons le voir, les surfaces des dispositifs plans, au delà des valeurs indiquées plus haut, deviennent rapidement prohibitives.

### 5-1 RADIATEURS PLANS

Il n'entre pas dans notre intention de développer en détails le calcul des radiateurs ; les caractéristiques thermiques de ces derniers sont en effet publiées pour chaque type. Toutefois, dans le cas des radiateurs plans, il est bon de connaître la façon d'en calculer rapidement la surface.

Dans un refroidisseur, les calories sont évacuées par des chemins différents, dont l'ensemble constitue la résistance thermique propre du refroidisseur, et qui peuvent se résumer ci-après :

- a - évacuation par conduction calorifique propre au matériau utilisé et qui dépend de sa structure et de sa surface en contact avec l'air ambiant.
- b - évacuation par rayonnement.
- c - évacuation par convection propre, cette dernière étant dépendante de la différence de température entre l'air ambiant et le radiateur lui-même.

L'ensemble de ces chemins d'évacuation est dénommé coefficient d'expansion thermique, symbolisé par la lettre  $\delta$ , et se situe, pour les matériaux courants, cuivre ou aluminium entre 1 et 3 mW/cm<sup>2</sup>.

Ainsi que l'indique la figure 6, la résistance thermique d'un radiateur est :

- a - inversement proportionnelle à sa surface
- b - directement dépendante de sa finition (brillant ou noirci)
- c - directement proportionnelle à la différence de température entre le milieu ambiant et le radiateur lui-même (la ventilation forcée maintenant la température ambiante à une valeur pratiquement constante de l'ordre de 40°C).

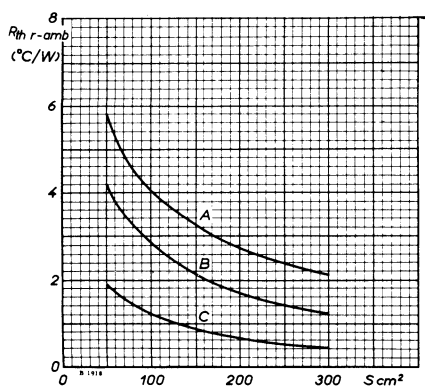


Figure 6

Résistance thermique en fonction de la surface d'un radiateur plan en cuivre de 2 mm ou en aluminium de 3 mm monté verticalement :  
 A - Brillant convection libre  
 B - Noirci convection libre  
 C - Ventilation forcée 5 m/s

### 5-1-1 Calcul d'un radiateur plan

La formule permettant le calcul d'un radiateur plan est donnée ci-après :

$$S = \frac{1}{R_{\text{thr. amb}} \times \delta} \quad (8)$$

et dans laquelle

$$\begin{array}{ll} S \text{ est donnée en cm}^2 & \\ R_{\text{thr. amb}} & \text{en } ^\circ\text{C/W} \\ \delta & \text{en mW/cm}^2 \end{array}$$

Soit, par exemple, à calculer la surface d'un radiateur plan de  $3^\circ\text{C/W}$  ; nous allons prendre une valeur moyenne de coefficient d'expansion thermique de  $2 \text{ mW/cm}^2$ .

Nous aurons de ce fait :

$$S = \frac{1}{R_{\text{thr. amb}} \times \delta}$$

$$\text{d'où :} \quad S = \frac{1}{3 \times 2 \times 10^{-3}}$$

$$\text{ou :} \quad S = \frac{10^3}{6} = 166 \text{ cm}^2$$

Il faut bien considérer que, dans le cas d'un radiateur plan déterminé avec cette formule, la résistance thermique de  $3^\circ\text{C/W}$  considérée est valable à la condition expresse que les deux faces du refroidisseur concourent à l'évacuation calorifique. Ceci implique naturellement que la plaque de refroidissement doit-être montée verticalement et ne pas se trouver trop proche d'une paroi qui empêcherait l'échange thermique par convection naturelle.

Si l'on prend comme refroidisseur un châssis horizontal, seule la face supérieure de ce dernier doit-être considérée comme élément de refroidissement et, dans ce cas, pour une même résistance thermique désirée, il y a lieu de doubler la surface trouvée à l'aide de la formule donnée.

Il est facile de se rendre compte, d'après les courbes de résistance thermique de la figure 6, que l'on arrive rapidement à des dimensions géométriques disproportionnées avec des refroidisseurs plans. Aussi, dans la plupart des cas, utilise-t-on des éléments moulés à ailettes multiples dont les résistances thermiques, pour des encombrements donnés, sont plus faibles que celles des radiateurs plans.

### 5-2 RADIATEURS MOULES

Lorsqu'il est question d'évacuer un grand nombre de calories, et c'est le cas des dispositifs de puissance dont les pertes se chiffrent parfois par plusieurs centaines de watts, il n'est pratiquement plus question de songer à employer des refroidisseurs plans.

Toute une gamme de radiateurs en aluminium moulé est mise à la disposition des utilisateurs, et comprend des modèles tels que celui de la figure 7, permettant d'évacuer des pertes allant jusqu'à 500 à 600 watts.

Ces refroidisseurs possèdent en général une partie surfacée à l'emplacement de la fixation du dispositif semiconducteur, de manière à limiter le plus possible la résistance thermique entre le fond du boîtier et le dissipateur proprement dit.

Il va sans dire que le boîtier du semiconducteur considéré doit également posséder une surface parfaitement plane. Au montage, l'emploi d'une graisse silicone, interposée entre les deux surfaces abaisse la résistance thermique du contact.

La figure 7 représente un radiateur du type 56283, prévu pour des dispositifs redres-

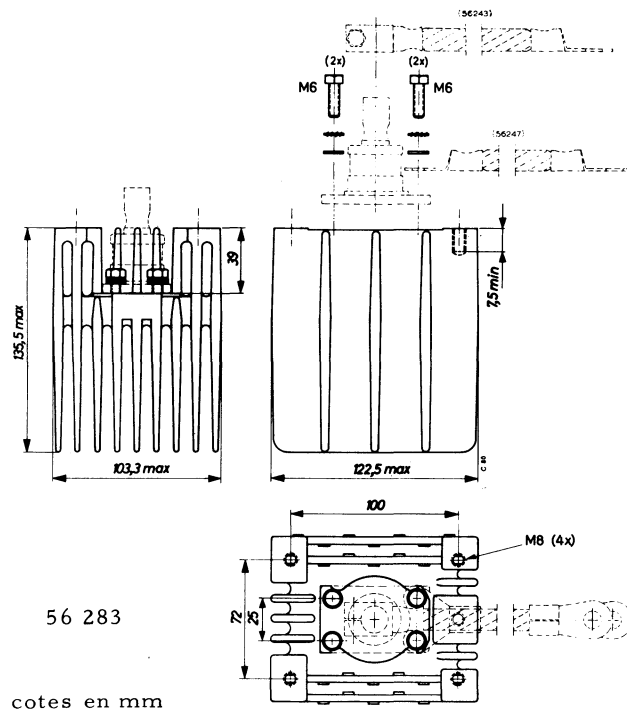


Figure 7

seurs à fond plat, et capables de dissiper jusqu'à 350 watts. La résistance thermique d'un tel radiateur est de l'ordre de  $0,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$  pour une dissipation de 200 watts, en convection naturelle. Si l'on utilise un système de refroidissement par air forcé, avec une vitesse d'air de  $3\text{m/s}$ , la résistance thermique du refroidisseur tombe à  $0,2^{\circ}\text{C}/\text{W}$ .

Notons qu'en ventilation forcée, la résistance thermique d'un refroidisseur est pratiquement indépendante de la puissance calorifique à évacuer. Par contre elle est liée à la vitesse du flux d'air et, naturellement se trouve d'autant plus faible que cette vitesse est élevée. Ceci provient du fait que les couches d'air au voisinage immédiat des ailettes sont constamment renouvelées et, en pratique, l'on considère que la température ambiante à proximité immédiate d'un ensemble ainsi ventilé se stabilise entre  $35$  et  $40^{\circ}\text{C}$ .

## 6 - DONNEES PUBLIEES

Qu'il s'agisse de dispositifs semiconducteurs ou de dispositifs de refroidissement, il est indispensable de publier pour chacun d'eux les différents paramètres thermiques.

### 6-1 DONNEES THERMIQUES D'UN REDRESSEUR

Ainsi que nous l'avons vu dans cette note au paragraphe 4, figure 5, chaque dispositif semiconducteur peut-être doté d'un réseau thermique complet tel celui représenté 8.

Ce réseau intéresse un redresseur de 100 ampères, du type BYX 32. Ce redresseur peut dissiper au maximum 150 w, possède une résistance thermique jonction-fond de boîtier de  $0,4^{\circ}\text{C}/\text{W}$  et admet une température maximale de fonction de  $190^{\circ}\text{C}$ .

Notons que, dans les résistances thermiques indiquées dans la partie droite du réseau, les chiffres donnés correspondent à la résistance thermique fond de boîtier-ambiante  $R_{\text{thfb. amb}}$ .

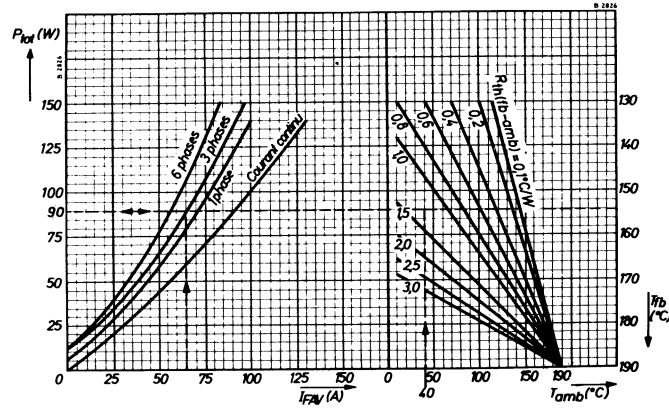


Figure 8

Cette dernière est constituée par la somme de la résistance thermique de fixation  $R_{thfb,r}$  et de la résistance thermique propre du refroidisseur  $R_{thr,amb}$  (voir figures 1 et 2 du paragraphe 2).

#### 6-1-1 Détermination du radiateur

Soit un redresseur BYX 32, utilisé dans un montage triphasé, et devant délivrer un courant moyen  $I_{FAV}$  de 65 ampères à une température ambiante de 40°C. Le réseau de la figure 8 va nous permettre rapidement de déterminer la résistance thermique du refroidisseur à utiliser. Nous allons donc appliquer le processus indiqué au paragraphe 4.

Dans la partie gauche à partir du point 65 ampères, sur la courbe des pertes en triphasé, nous déterminons la puissance dissipée  $P_{tot}$  soit 90 W. En regard nous trouvons la température du fond du boîtier  $T_{fb} = 154^\circ\text{C}$ . Dans la partie droite, à partir du point de température ambiante 40°C, l'intersection de la droite partant de ce point avec celle joignant pertes et température de fond de boîtier nous donnera la valeur  $R_{thfb,amb}$ .

Cette valeur est de 1,3°C/W. La résistance thermique de fixation publiée étant de 0,1°C/W, celle du refroidisseur sera donc :

$$R_{thr,amb} = R_{thfb,amb} - R_{thfb,r}$$

d'où :  $R_{thr,amb} = 1,3 - 0,1 = 1,2^\circ\text{C/W}$ .

Dans ces conditions de fonctionnement, la température de jonction  $T_j$  sera de :

$$T_j = T_{amb} + P_{tot} (R_{thj,fb} + R_{thfb,r} + R_{thr,amb}).$$

soit :

$$T_j = 40 + 90 (0,4 + 0,1 + 1,2) \approx 190^\circ\text{C}.$$

#### 6-1-2 Cas d'un radiateur avec plusieurs redresseurs

Certains radiateurs sont conçus pour recevoir deux dispositifs semiconducteurs. Ces derniers peuvent être identiques au point de vue pertes et, dans ce cas, la résistance thermique du radiateur doit-être déterminée pour évacuer le double des pertes de chacun des éléments.

Par contre, dans le cas où les pertes de chacun des dispositifs sont différentes, la détermination du radiateur doit être basée sur l'élément qui dissipe le plus. Considérons par exemple le cas où un redresseur et un thyristor sont montés sur le même radiateur. Nous verrons dans les chapitres suivants que, pour une même intensité  $I_{FAV}$ , les pertes d'un thyristor sont supérieures à celles d'un redresseur.

Pour un courant moyen identique, les données publiées pour chaque élément sont définies comme suit :

	Redresseur	Thyristor
$P_{tot}$ .....	15 W	35 W
$T_{fb,max}$ .....	80°C	120°C
$R_{thfb,r}$ .....	0,1°C/W	0,1°C/W

Le point le plus élevé en température est déterminé par la température maximale du fond du boîtier du thyristor, soit 120°C. Ceci nous amène à une température de radiateur de :

$$T_r = T_{fb} - (P_{tot} \times R_{thfb,r})$$

d'où :  $T_r = 120 - (35 \times 0,1) = 106,5^\circ\text{C}$

Si nous considérons une température ambiante de 40°C, l'élévation de température du radiateur ne devra donc pas excéder :

$$T_r = T_r - T_{amb}$$

d'où :  $T_r = 106,50 - 40 = 66,5^\circ\text{C}$

La puissance totale dissipée est égale à la somme des dissipations de chaque élément soit :  $P_{tot} = 15 + 35 = 50 \text{ W}$ .

Dans ces conditions, la résistance thermique du radiateur nous sera donnée par la formule 10, paragraphe 3-1-7.

$$R_{thr,amb} = \frac{T_r - T_{amb}}{P_{tot}}$$

d'où :  $R_{thr,amb} = \frac{66,5}{50} = 1,33^\circ\text{C/W}$ .

## 6-2 DONNEES THERMIQUES D'UN RADIATEUR

Les données thermiques d'un radiateur doivent normalement comporter deux courbes qui sont représentées figures 9 et 10. Ces courbes, qui intéressent un radiateur moulé du type 56 280 dont la présentation est donnée figure 11, n'appellent pas de commentaires spéciaux. La figure 9 donne la variation de la résistance thermique  $R_{thr,amb}$  en fonction de la puissance

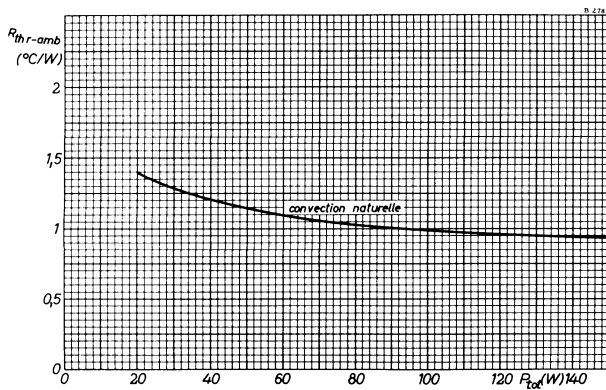


Figure 9.

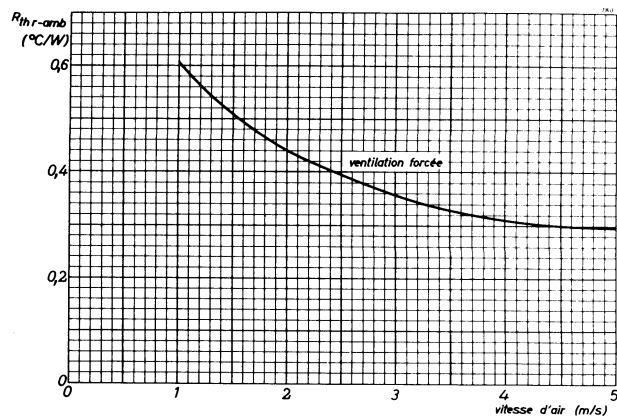


Figure 10.

$P_{tot}$  à évacuer ; la figure 10 donne la résistance thermique en fonction de la vitesse d'air, dans le cas d'une ventilation forcée.

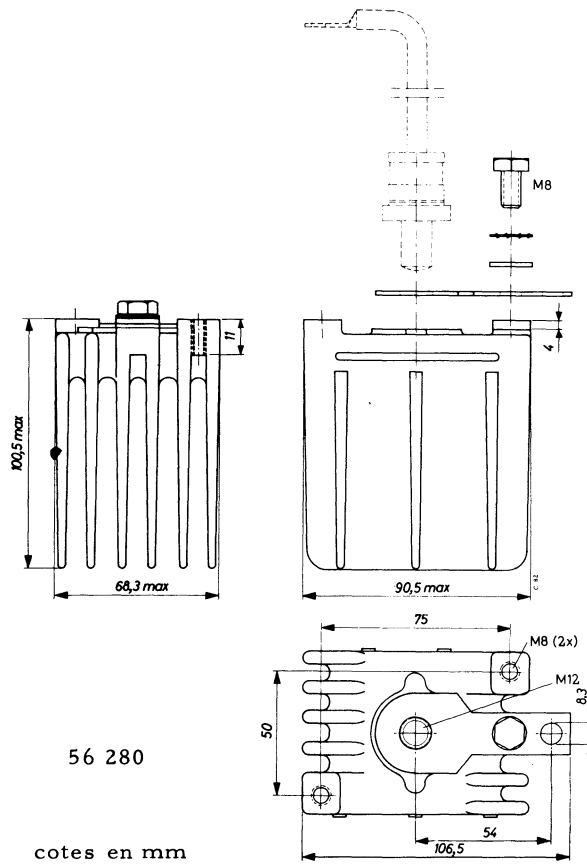


Figure 11.

Il arrive également que les indications thermiques soient publiées sous forme d'abaques avec lesquels l'on peut connaître les résistances thermiques ou les vitesses d'air en fonction des puissances dissipées. Un exemple d'abaque est donné figure 12. Ce dernier intéresse six types de refroidisseurs et s'utilise de la même manière que le réseau thermique déjà donné pour les redresseurs en figure 8.

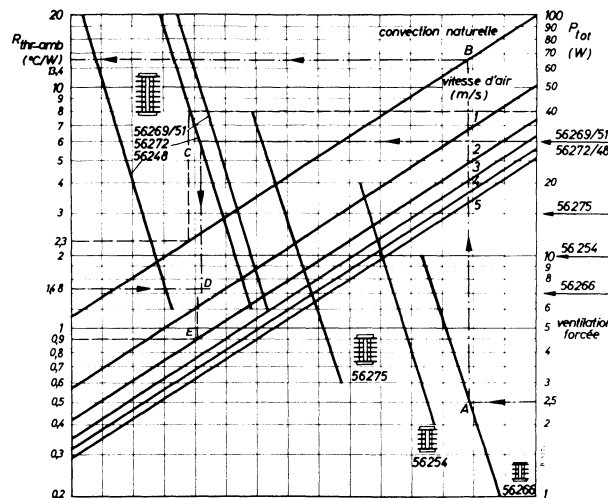


Figure 12.

### 6-2-1 Détermination de la résistance thermique

Soit un redresseur, monté sur un radiateur du type 56 266, dissipant une puissance  $P_{\text{tot}}$  de 2,5 watts en convection naturelle. Dans ces conditions, l'abaque de la figure 12 va nous permettre facilement de déterminer la résistance thermique du radiateur.

Partant du point de puissance considéré 2,5 watts sur la partie droite, l'horizontale coupe la droite intéressant le radiateur donné au point A. A partir de ce point, la verticale nous amène sur la droite de convection naturelle au point B. Ce point sert d'origine à l'horizontale qui, sur l'échelle des résistances thermiques, partie gauche de l'abaque, nous indiquera la résistance thermique  $R_{\text{thr. amb}}$  du radiateur, soit  $13,4^{\circ}\text{C}/\text{W}$ .

### 6-2-2 Détermination de la vitesse d'air

Toujours à l'aide de l'abaque de la figure 12 nous pourrions déterminer la vitesse d'air dans le cas d'une ventilation forcée. Les flèches figurant sur la partie extrême droite indiquent, pour chaque type de radiateur la puissance à partir de laquelle, dans le cas d'une ventilation forcée, la résistance thermique du refroidisseur est pratiquement constante.

Soit un radiateur type 56 272 devant dissiper 40 W et dont la résistance thermique ne doit pas excéder  $1,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$ . En ventilation naturelle, par la même méthode que celle utilisée au paragraphe précédent, nous obtenons une résistance thermique pour 40 W dissipés de  $2,3^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ; il faut donc ventiler.

Partant de la flèche relative au type de radiateur donné, l'horizontale coupe la courbe de ce radiateur au point C. De ce point, l'on abaisse une verticale. A partir de la valeur de résistance thermique désirée, l'on trace une horizontale; cette dernière coupe la verticale issue du point B en D. Ce point sera situé sur la droite indiquant la vitesse d'air requise soit ici  $0,8 \text{ m/s}$  environ. Pour une résistance thermique de  $0,9^{\circ}\text{C}/\text{W}$ , il aurait fallu envisager une vitesse d'air de  $2 \text{ m/s}$  (point E).

---

Les informations et schémas contenus dans cette documentation sont donnés sans garantie quant à leur protection éventuelle par des brevets.

---

*Nous attirons votre attention sur le fait que les résultats des mesures sont des valeurs moyennes. Elles doivent être considérées comme telles, et non comme des valeurs rigoureuses. Une dispersion doit donc être admise en fonction des caractéristiques des éléments.*

**LA RADIOTECHNIQUE-COPRIM-R.T.C.**  
COMPOSANTS ELECTRONIQUES

Services commerciaux : Radio-Télévision - Electronique industrielle - Calcul électronique  
130, avenue Ledru-Rollin, Paris.11<sup>e</sup> - tél. : 797.99.30

Télécommunications - Techniques spatiales et nucléaires  
51, rue Carnot, Suresnes - tél. : 772.51.00

Usines et laboratoires : Caen, Chartres, Dreux, Evreux, Suresnes.

R.C. Seine 66 B 277