

DIMENSIONNEMENT DE DISSIPATEURS THERMIQUE

Introduction :

Un des problèmes des composants actifs tels que les transistors, les régulateurs, etc..., lors de leur utilisation est la dissipation d'énergie. Une des solutions consiste à monter un dissipateur thermique qui permettra au composant de dissiper plus d'énergie.

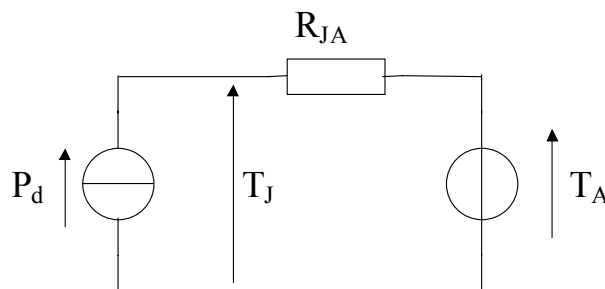
Conventions d'écriture :

Pour simplifier la compréhension, on choisit de représenter le « circuit thermique » en utilisant les conventions électriques tel que :

- ↳ Puissance = générateur de courant.
- ↳ Résistance thermique = résistance.
- ↳ Température = générateur de tension.

Ce qui implique, que toutes les règles des circuits électriques sont applicables sur la représentation d'un « circuit thermique ».

Exemple : Un transistor dissipe 2W et une résistance thermique jonction-air ambiant de 20°C/W. L'air ambiant est à 20°C.



$$R_{JA} = \sum R_{th} \text{ (ici il y a ur dissipateur thermique)}$$

Dans cette exemple, il pourrait être simplement demandé quelle est la température de jonction. L'équation est donc la suivante :

$$T_J = P_d \times R_{JA} + T_A.$$

Les conventions d'écriture sont les suivantes:

- ↳ P_d : Puissance thermique dissipée par le composant (en W).
- ↳ T_A : Température ambiante (en °C).
- ↳ T_J : Température de jonction du composant (en °C).
- ↳ R_{JC} : Résistance thermique jonction-boîtier (en °C/W).
- ↳ R_{CR} : Résistance thermique boîtier-radiateur (en °C/W).
- ↳ R_{RA} : Résistance thermique dissipateur-air ambiant (en °C/W).

Pour les résistances thermiques, il peut y avoir des changements d'écriture, mais la base reste la même. Par exemple, dans le montage ci-dessus, vous remarquerez qu'il n'y a qu'une seule résistance thermique noté R_{JA} . Par déduction, elle représente la résistance thermique jonction-air ambiant. Elle représente donc la somme de toutes les résistances thermique du système.

Il est possible d'insérer une feuille isolante électriquement, un intercalaire mica, mais conductrice thermiquement entre le boîtier et le dissipateur thermique. L'avantage est de permettre de refroidir plusieurs composants différents avec un seul dissipateur thermique.

Il est possible d'utiliser une graisse thermique, en anglais Thermic grease, afin d'améliorer les échanges thermiques entre le boîtier et le dissipateur.

En général, on utilise les lettres comme suit :

- A : air ambiant.
- C : boîtier (en anglais case).
- J : jonction (en anglais junction).
- R : Radiateur à la place de dissipateur (en anglais radiator).
- W : Intercalaire ou isolateur mica (en anglais mica wafer).

Le dimensionnement d'un dissipateur thermique est donné par la valeur de la résistance thermique R_{RA} . D'après cette valeur, on choisit le dissipateur ayant la valeur la plus proche inférieure à la valeur calculée sur des abaques (ou documents constructeurs).

Exercices:

Exercice n°1 :

- a) Déterminer la résistance thermique du dissipateur type WA408 ayant pour longueur 50mm. Calculer le poids du radiateur estimé.
- b) Déterminer la longueur du dissipateur type WA401 de résistance thermique $9^{\circ}\text{C}/\text{W}$. Déterminer le poids du dissipateur estimé.
- c) Déterminer la longueur du dissipateur type WA207 de résistance thermique $2^{\circ}\text{C}/\text{W}$. Déterminer le poids du dissipateur estimé.

Exercice n°2 :

- a) Représenter le schéma thermique équivalent d'un régulateur avec dissipateur dissipant 2W, une résistance thermique R_{JC} de $10^{\circ}\text{C}/\text{W}$, une résistance thermique R_{CR} de $15^{\circ}\text{C}/\text{W}$ et une température ambiante de 25°C .
- b) Sachant que la température de jonction est 95°C , calculer la résistance thermique R_{RA} .
- c) Calculer la température de boîtier T_C .
- d) Calculer la température du dissipateur T_R .
- e) On insère un isolateur mica, réf : 490537. Représenter le nouveau schéma thermique.
- f) Calculer la nouvelle température de jonction du régulateur avec les paramètres ci-dessus et $R_{CR}=R_{CW}$.

Exercice n°3 :

- a) Représenter le schéma thermique équivalent d'une diode de puissance avec dissipateur possédant une résistance thermique R_{JR} à $14^{\circ}\text{C}/\text{W}$, une résistance thermique R_{RA} à $1^{\circ}\text{C}/\text{W}$ et une température air ambiant de 25°C .
- b) Calculer la puissance maximale dissipable par le montage en sachant que la température de jonction ne doit pas dépassée 100°C .
- c) La température air ambiant est en réalité de 40°C . Sachant que la puissance dissipée est de 4W, calculer la température de jonction du composant.

Exercice n°4 :

- a) Représenter le schéma thermique équivalent d'un transistor sans dissipateur dissipant 10W, une résistance thermique R_{JA} à $20^{\circ}\text{C}/\text{W}$ et une température air ambiant de 20°C .
 - b) Calculer la température de jonction du transistor.
 - c) Sachant que la température de jonction ne doit pas dépasser 100°C , représenter le nouveau schéma thermique équivalent avec un dissipateur : R_{JR} à $3^{\circ}\text{C}/\text{W}$.
 - d) Calculer la valeur de la résistance thermique R_{RA} .
-
-

| Valeurs typiques de la résistance thermique ($R_{th (c-r)}$) des boîtiers courants | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|
| Type de boîtier mode de fixation sur dissipateur | Résistance thermique K/W | | | | Type de boîtier mode de fixation sur dissipateur | Résistance thermique K/W | | | |
| | direct | avec graisse | avec * isolant | isolant et graisse | | direct | avec graisse | avec * isolant | isolant et graisse |
| DO 4 | 0,6 | 0,5 | | | TO 126 | | | | |
| DO 5 | 0,3 | 0,2 | | | — à agrafe | 3 | 1 | 7 | 3 |
| TO 3 | 0,6 | 0,1 | 1 | 0,5 | — à vis | 1 | 0,5 | 6 | 3 |
| SOT 93 | | | | | TO 220 | | | | |
| — à agrafe | 1,5 | 0,3 | 3 | 0,8 | — à agrafe | 1,4 | 0,3 | 2,2 | 0,8 |
| — à vis | 0,8 | 0,3 | 2,2 | 0,8 | — à vis | 1,4 | 0,5 | | |
| SOT 112 | | | | | TO 220 AB | 0,3 | 0,2 | | |
| — à agrafe | 2 | 1 | | | TO 220 AC | 1,4 | 0,3 | | |
| TO 65 | | 0,3 | | | TOP 3 | | 0,2 | | |
| TO 48 | | 0,4 | | | RD 91 | | 0,15 | | |
| TO 66 | 0,9 | 0,6 | 2,5 | 1 | * Epaisseur de l'isolant : 0,05 mm | | | | |

Ces valeurs dépendent du couple de serrage. Elles correspondent à un couple de serrage moyen. Donner une valeur de couple de serrage est inutile, les lecteurs de ce livre n'auront pas l'occasion d'utiliser une clé dynamométrique pour monter leurs composants.

Puissance à dissiper en régime impulsionnel

Les pertes générées par un transistor de puissance que le dissipateur doit évacuer sont de 2 types :

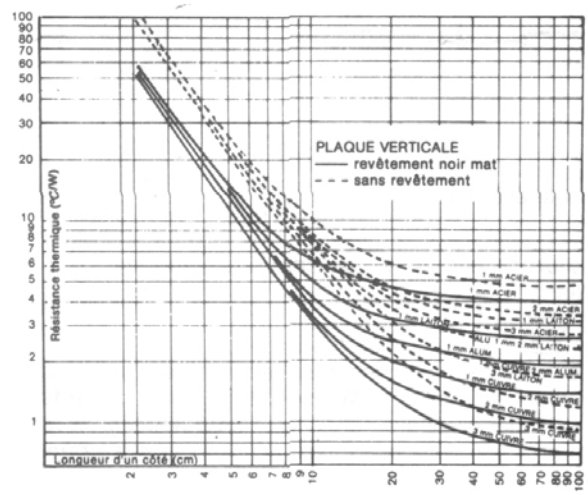
— **Pertes en conduction** - Elles s'évaluent de la même façon qu'en régime continu, en tenant compte de la durée de conduction.

— **Pertes de commutation :**
 — **Pertes au blocage.** C'est le produit de la tension moyenne, du courant moyen pendant la phase de blocage par la durée de celle-ci et par la fréquence de commutation en Hz.

— **Pertes de mise en conduction.** Elles se calculent de la même façon que les pertes au blocage mais pendant la durée de mise en conduction.

Ces pertes de commutation peuvent être supérieures aux pertes en conduction, elles ne doivent donc pas être négligées. La meilleure façon de les estimer est d'utiliser un oscilloscope et de visualiser simultanément la tension et le courant pendant ces deux périodes.

ÉLÉMENTS DISSIPATEURS



Résistance thermique d'une plaque métallique carrée, l'élément à refroidir monté au centre.

- Acier
- Laiton
- Cuivre
- Aluminium

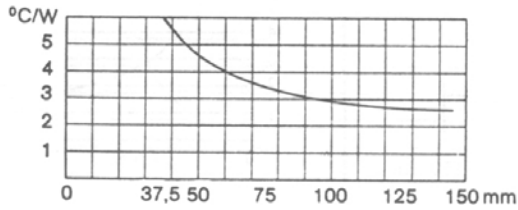
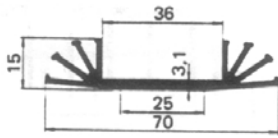
Type WA 361—2 **Perçage TO—220** Matériel : Alu anodisé noir
 Résistance thermique : 12 °C/W

WA 400—9P Matériel : Alu anodisé noir
 Résistance thermique : 28 °C/W

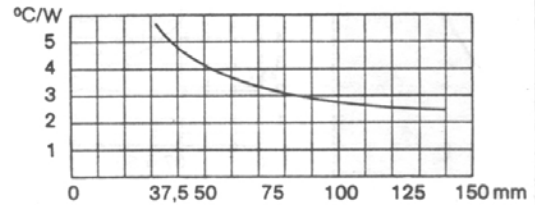
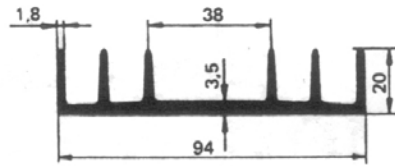
Profilés dissipateurs aluminium anodisé

(d'après Schaffner)

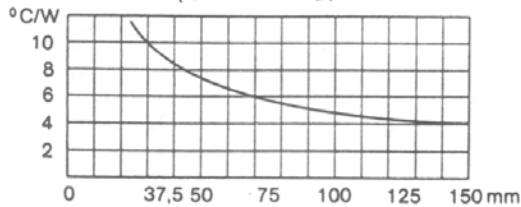
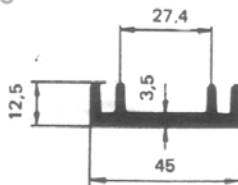
WA 116



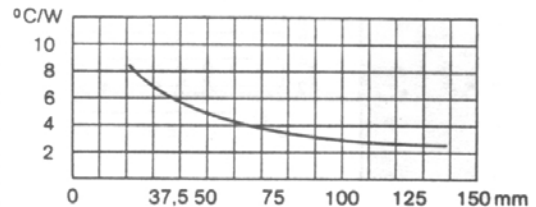
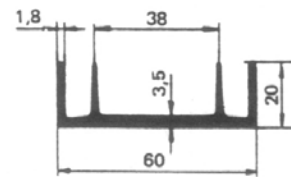
WA 121



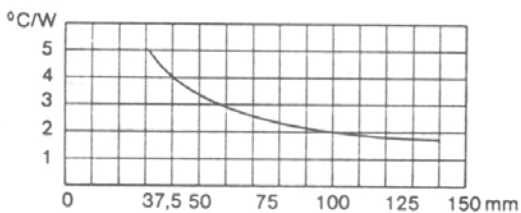
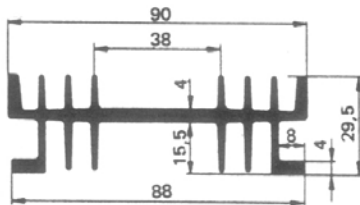
WA 126



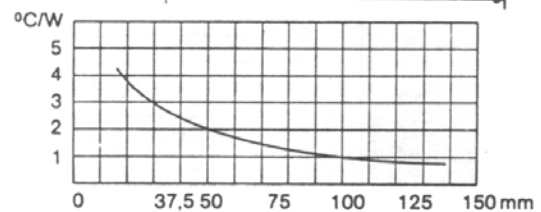
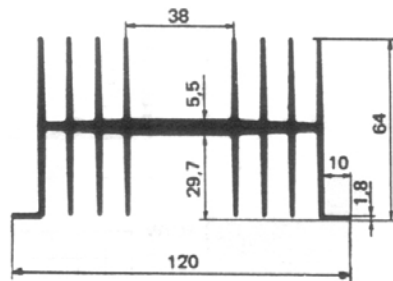
WA 131



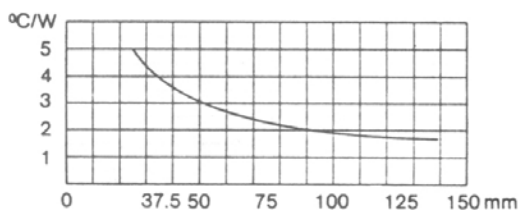
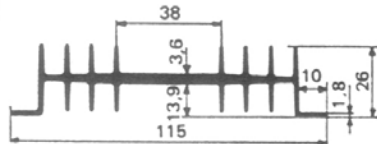
WA 136



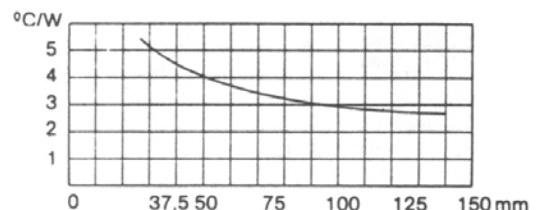
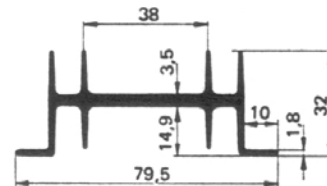
WA 141

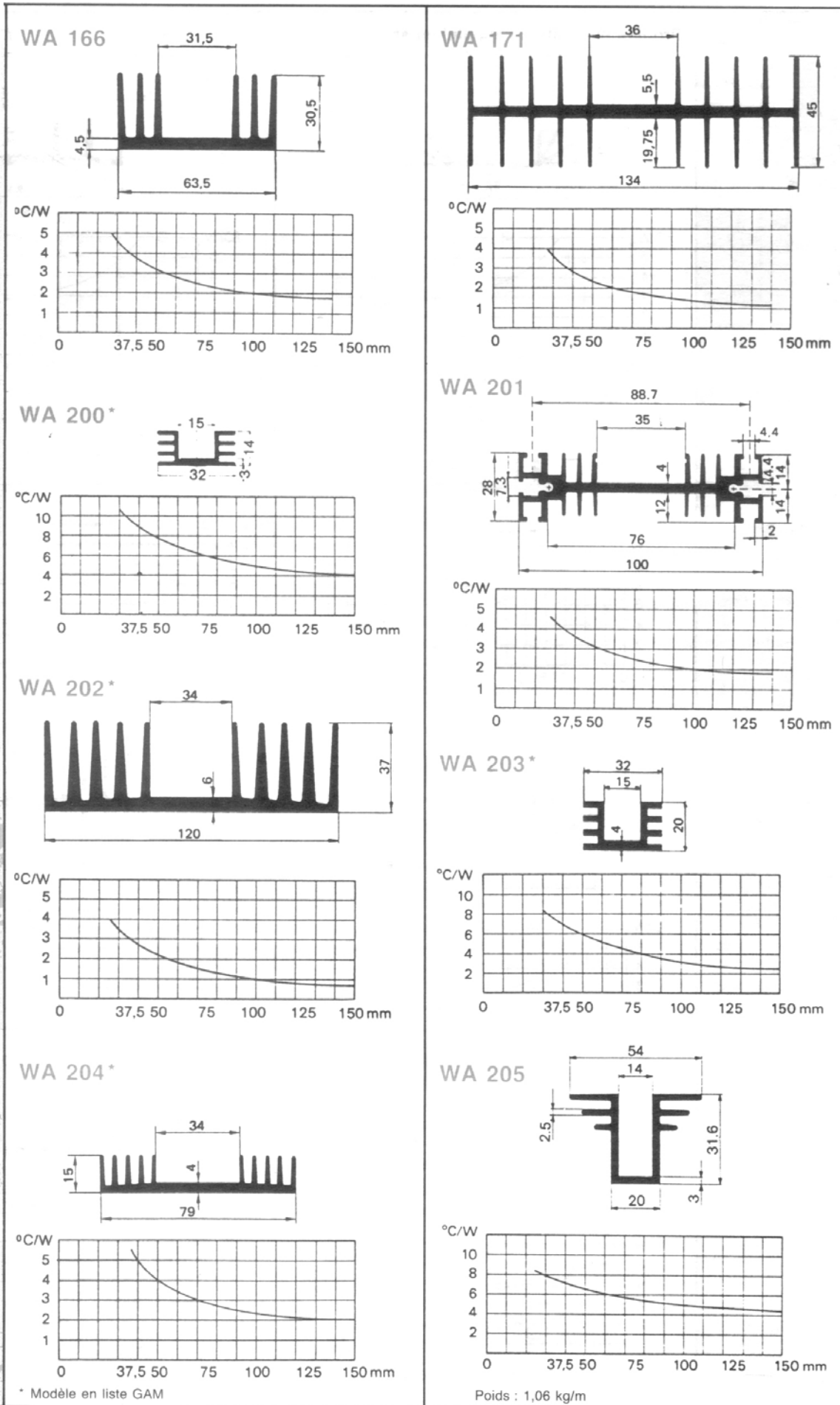


WA 151

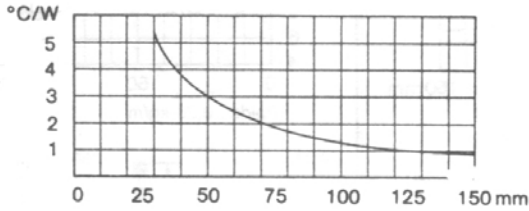
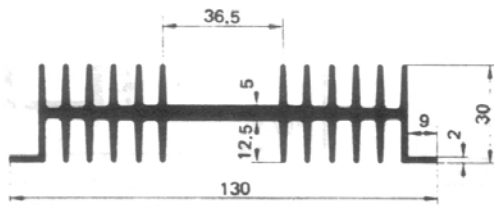


WA 156



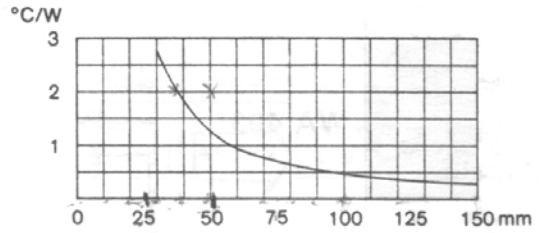
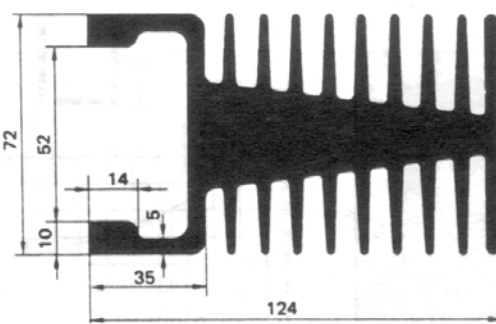


WA 206*



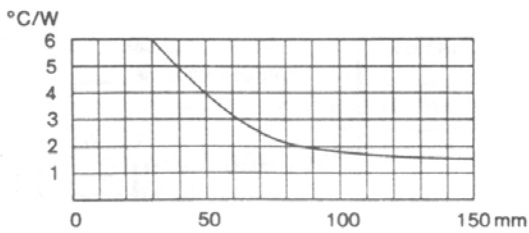
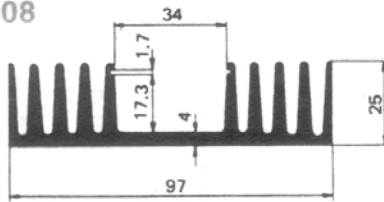
Poids : 3,09 kg/m

WA 207



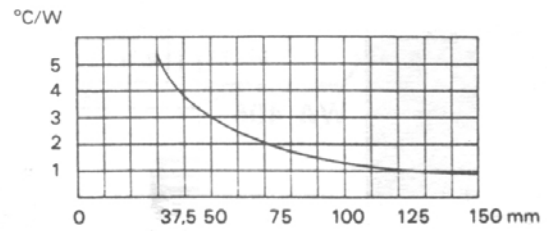
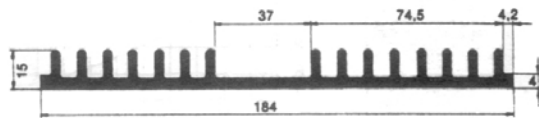
Poids : 11,07 kg/m

WA 208



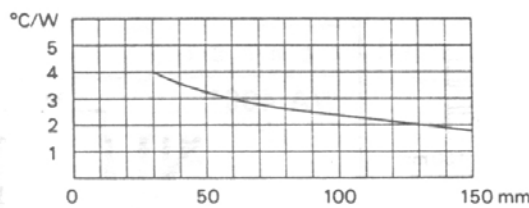
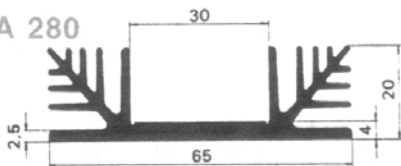
Poids : 2,5 kg/m

WA 209



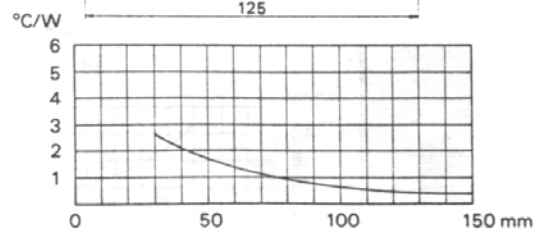
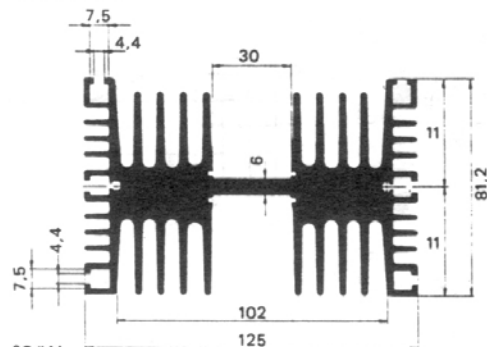
Poids : 3,25 kg/m

WA 280



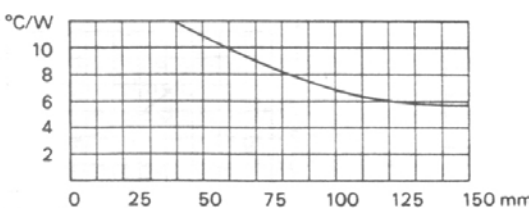
Poids : 1,25 kg/m

WA 290



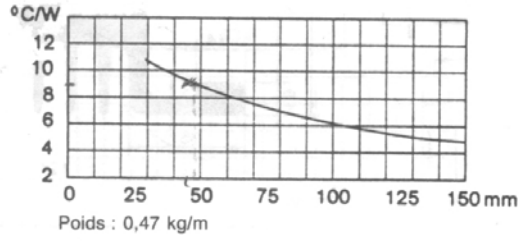
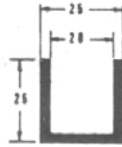
Poids : 8 kg/m

WA 400

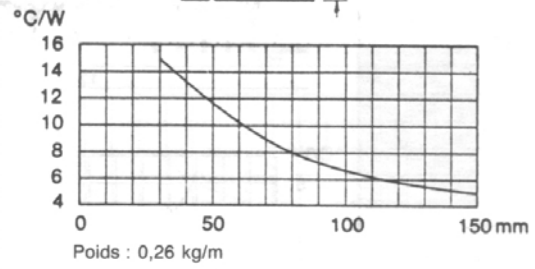
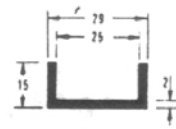


Poids : 0,18 kg/m

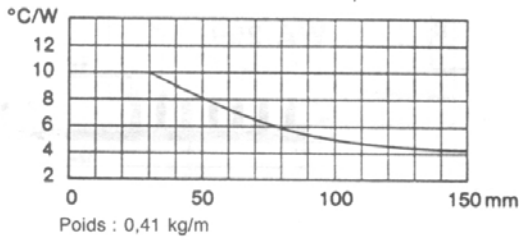
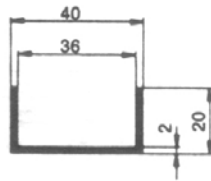
WA 401



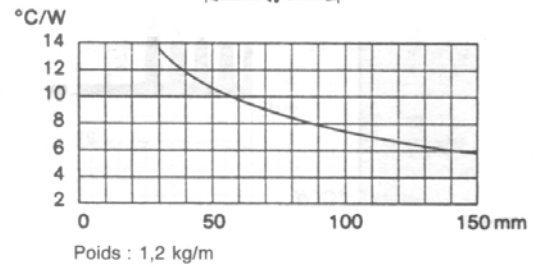
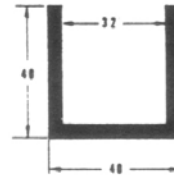
WA 402*



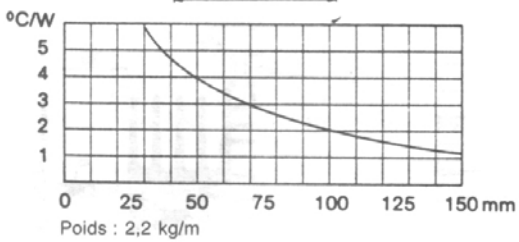
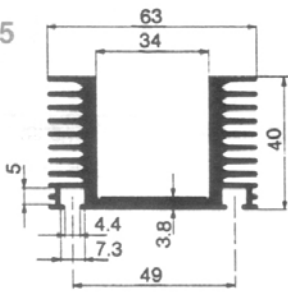
WA 403*



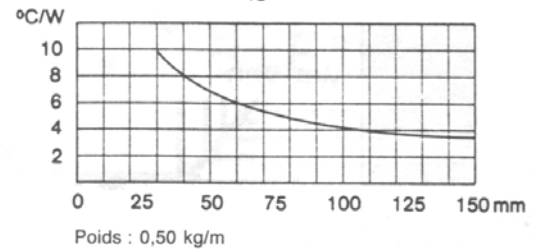
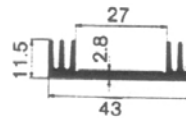
WA 404



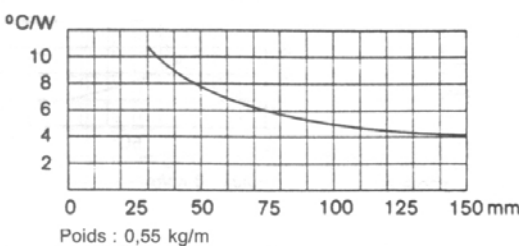
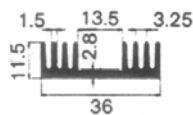
WA 405



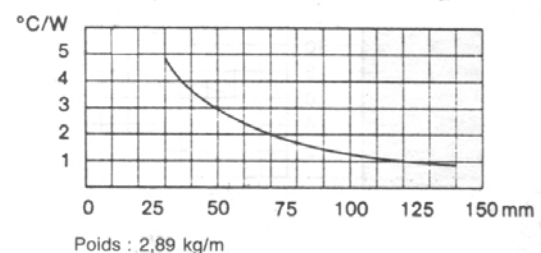
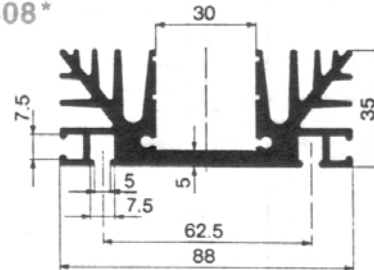
WA 406



WA 407



WA 408*



| INTERCALAIRES MICA (<i>Mica wafers</i>) | | (d'après S.E.E.M.) | |
|--|--|---|--|
| Épaisseur : $0,07 \pm 0,02$ sauf AY 319 : $0,11 \pm 0,01$ — R_{th} donnée pour épaisseur : $0,07$ — Résistance él. : $\# 10^{10} \Omega$ | | | |
| <p>AY 286/1 → 4 9 0 2 8 6 0 1</p> <p>Rth 0.41°C/W TO 63</p> | <p>AY 286 → 4 9 0 2 8 6</p> <p>Rth 0.34°C/W DO 8 TO 83</p> | <p>AY 317/3 → 4 9 0 3 1 7 0 3</p> <p>Rth 0.49°C/W MD 17</p> | |
| <p>AY 317/1 → 4 9 0 3 1 7 0 1</p> <p>Rth 0.23°C/W TO 3</p> | <p>AY 317 → 4 9 0 3 1 7 GAM. T1.</p> <p>Rth 0.24°C/W TO 3</p> | <p>AY 317/2 → 4 9 0 3 1 7 0 2</p> <p>Rth 0.23°C/W TO 3</p> | |
| <p>AY 318 → 4 9 0 3 1 8</p> <p>Rth 1.8°C/W TO 64 DO 4</p> | <p>AY 319 → 4 9 0 3 1 9 (épaisseur / thickness 0.11 ± 0.01)</p> <p>Rth 0.90°C/W TO 65 DO 5</p> | <p>AY 760 → 4 9 0 7 6 0 GAM. T1.</p> <p>Rth 0.47°C/W TO 66</p> | |
| <p>AY 537 → 4 9 0 5 3 7 GAM. T1.</p> <p>Rth 0.89°C/W TO 220</p> | <p>AY 538 → 4 9 0 5 3 8</p> <p>Rth 2.3°C/W TO 126 (SOT 32)</p> | <p>AY 539 → 4 9 0 5 3 9</p> <p>Rth 0.61°C/W TIP 3</p> | |
| GRAISSE THERMIQUE (<i>Thermic grease</i>) | | (d'après S.E.E.M.) | |
| <p>Matière : huile silicone + oxydes métalliques Couleur : blanche Température d'utilisation : -40 à $+200^\circ \text{C}$ Conductibilité thermique : $4 \cdot 10^{-3} \text{ W/}^\circ \text{C/cm}$ Résistivité électrique : $1 \cdot 10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ Présentation : tube de 200 g</p> | | | |