

## 8) Evacuation de la chaleur dissipée par le transistor

Lorsque le transistor conduit, il dissipe une puissance

$$P_d = V_{ce} I_c + V_{be} I_b \approx V_{ce} I_c$$

Sous forme de chaleur, ce qui entraîne l'échauffement des jonctions (résistance de jonction),

Surtout au niveau de la jonction Base Collecteur.

### 8-1) Température de la jonction

Si  $P_c$  : puissance calorifique cédée par le transistor est trop grande pour être évacuée en totalité, la température de JBC peut dépasser la température limite au delà de laquelle le semi conducteur change ses propriétés.

EX : (Température de 200°C est valeur limite de calcium).

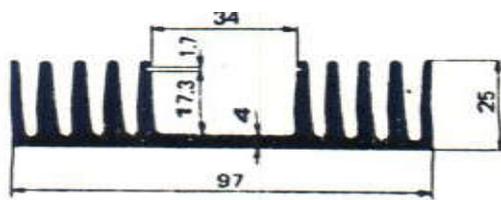
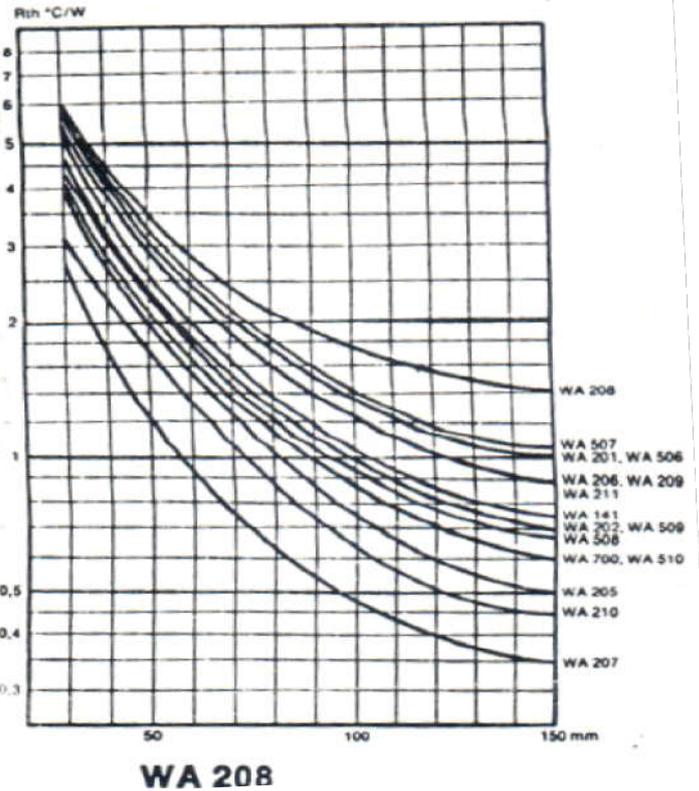
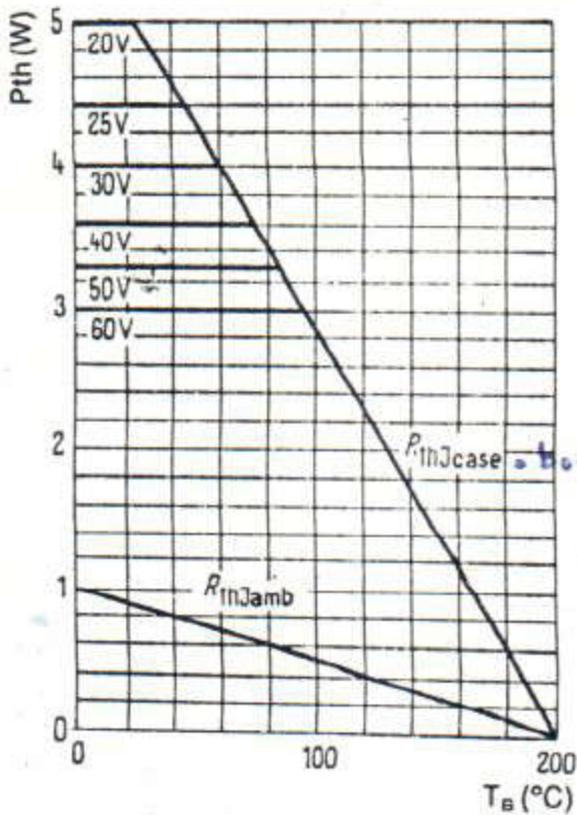
Les constructeurs spécifient la température maximale de la  $t^{\circ}JBC$  par  $T_J$

### Exemple :

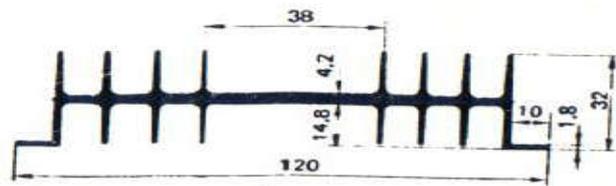
ASZ 15 PNP 30W

- $T_J = 90^{\circ}$   
Service continu
- $T_J = 100^{\circ}$  ( $\leq 200 = 8j 8h$ )  
Service intermittent
- $T_J = -50^{\circ}$   
Service stockage

$T_J$  : Température de jonction va limiter le fonctionnement du transistor.



Poids: 2,5 kg/m



Poids: 2,02 kg/m

**WA 101**

Fig. (XII.29). Dissipation thermique maximale. Pour le transistor BSX 46, en fonction de la température :

- Du boîtier (case) :
- Ambiante (amb). (Doc. Siemens.)

Certaines notices donnent seulement  $P_{dmax}$  à 25% et un coefficient de réduction  $D$  pour chaque °C.

Au-dessus de 25°C

$$P_{dmax}(TA) = P_{dmax}(25^\circ C) - D(TA - 25^\circ C)$$

Exemple :

Le coefficient de réduction pour un transistor 2N3904 est  $D=2,8$  W/°C. Ce dernier peut avoir une dissipation au repos allant jusqu'à 350 mW.

Calculer la puissance max dissipable à une température  $TA=100$  °C

$$P_{dmax(100^\circ)} = 140 \text{ mW}$$

D'autres notices spécifient  $P_{dmax}$  et  $P'_{dmax}$  pour le régime continue ou impulsionnel.

### 8.2) Résistance thermique d'un transistor.

Si la puissance  $P_{cal}$  est intégralement évacuée  $T_j$  reste pratiquement stable mais toujours supérieure à  $T_{ambiante}$ .

L'écart  $(T_j - T_A)$  est fonction de  $P_c$  : puissance calorifique rayonnée par le transistor.

La conductibilité thermique de matériaux de contact du transistor.

$$(T_j - T_A) = k P_c = R_{th} P_c$$

- Dépend de la surface
- Dépend de couleur
- Dépend de la position du radiateur dans l'air ambiant

#### Remarque :

En régime permanent, on admet que la puissance calorifique rayonnée est égale à la puissance électrique reçue.

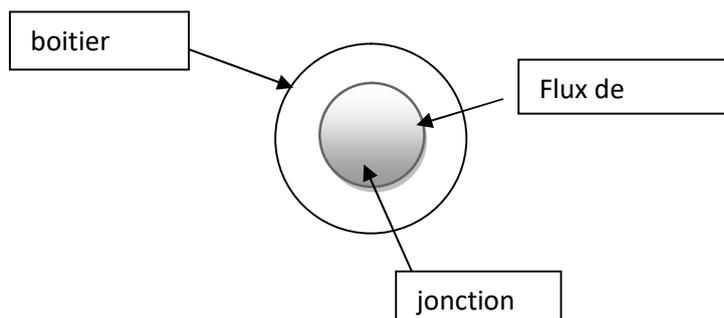
**$R_{th}$  : résistance thermique traduit la résistance aux flux thermique à l'air ambiant.  $R_{th}$  doit être faible.**

#### 2) comment diminuer $R_{th}$ ?

Plus le boîtier du transistor est volumineux plus  $R_{th}$  est faible par la relation  $(T_j - T_A) = k P_c = R_{th} P_c$

Porte la loi d'ohm thermique

### 8.3) Plaques de refroidissement :



$$R_{th} = R_{thja} = R_{thjb} + R_{thba}$$

**$R_{thba}$**  est grande  $> 30^\circ/w$  car le boîtier seul présente une surface de refroidissement faible. Il faut ajouter une plaque de refroidissement :

$$(T_j - T_A) = P_c ( R_{thjb} + R_{thba} + R_{thra} )$$

$$R_{thjb} = 1,5^\circ c / w$$

Transistor : 2N 3055 :  $P_d \text{ max} = 110w$

Transistor : 2N 0711 : Pd max= 3 w      Rthjb= 58°C/w

Rthba pour un transistor de puissance  $\leq 1^\circ\text{C}/\text{w}$  Rthba souvent négligeable

Rth dépend du type du radiateur forme et dimension :

- Dépend de la surface
- Dépend de couleur
- Dépend de la position du radiateur dans l'air ambiant

### Exercice :

Un transistor au silicium consomme une puissance électrique constante égale à 20W.

On donne  $R_{thJB} = 21.5^\circ\text{C}/\text{W}$  et  $T_{jmax} = 200^\circ\text{C}$

La température ambiante  $t_a$  peut varier entre  $-20^\circ\text{C}$  et  $60^\circ\text{C}$ .

- Calculer la résistance thermique du radiateur sur lequel on montera le transistor ( $R_{thBR} = 0.5^\circ\text{C}/\text{W}$ )
- Calculer les  $t_{max}$   $t_{emax}$   $t_{Bmax}$

On pose

$$P_{dmax} = T_{jmax} - T_A = P_c (R_{thJB} + R_{thBR} + R_{thRA})$$

$$(T_{jmax} - T_A) / P_c - (R_{thjb} + R_{thba}) = R_{thRA}$$

Pour  $T_A = -20^\circ$

$$R_{thRA} = \frac{220^\circ}{20} - 4$$

$$R_{thRA} = 7^\circ \frac{C}{W}$$

Pour  $T_A = -60^\circ$

$$R_{thRA} = \frac{140^\circ}{20} - 4$$

$$R_{thRA} = 3^\circ \frac{C}{W}$$

On prend

$$R_{thRA} = 3^\circ \frac{C}{W}$$

- $T_{Bmax} - T_A = P_c R_{thRA}$   
 $\rightarrow T_{Bmax} = P_c R_{thRA} + T_A$   
 $T_A \rightarrow T_{Bmax} \rightarrow T_A = 60^\circ$   
 $\rightarrow T_{Bmax} = 170^\circ$

Ex 2 on souhaite se servir d'un transistor BSX46 dans une application  
 avec  $V_{CC}$  de 20V et  $I_C$  de 20mA.

① Quel serait la puissance  $P_D$ , l'intensité  $I_C$  et la température  
 boîtier maximale pour un travail continu imbattu.

Sup

$$\begin{cases} P_D = 3,6 \text{ W} \\ I_C = \frac{P_{D \text{ max}}}{V_{CC}} = 9,0 \text{ mA} \\ T_{C \text{ max}} = 70^\circ \text{C} \end{cases}$$

$R_{\theta R}$  faible  
 $T_A = 40^\circ \text{C}$   
 $T_C = 60^\circ \text{C}$   
 $R_{\theta R A} = \frac{T_C - T_A}{P_D} = 1,6^\circ \text{C/W}$

② on suppose que la résistance thermique boîtier radiateur est négligeable  
 et que la température ambiante n'excède pas  $40^\circ \text{C}$ . Calculer pour les  
 conditions la résistance thermique d'un radiateur un ventile.

$$T_D - T_A = (R_{\theta R} + R_{\theta R A}) P_D \quad R_{\theta R} = 0$$

pour la puissance en puissance  $T_D = 60^\circ \text{C} \rightarrow R_{\theta R A} = \frac{60 - 40}{3,6} = 5,6^\circ \text{C/W}$

③ on décide de monter le radiateur à  $5^\circ \text{C/W}$  sur un autre transistor  
 jusqu'à quelle température ambiante doit-on faire le cloquage

$$T_{\text{critique}} - T_A = R_{\theta R A} P_{D \text{ max}}$$

$$T_{A \text{ env}} = 52^\circ \text{C}$$

④ Quelle puissance et à quelle intensité étant donné si on respecte  
 le transistor sans radiateur et à une température ambiante  $40^\circ \text{C}$

courbe de bas.  $P_{D \text{ max}} = 0,8 \text{ W}$

$$I_C = \frac{P_{D \text{ max}}}{V_{CC}} = 20 \text{ mA}$$

Fin du Chapitre