

# Dimensionnement d'un refroidisseur

## Effet de la température

Les caractéristiques des composants semi-conducteurs sont fort sensibles aux variations de température. Ainsi, un même composant peut voir la valeur de ses paramètres fortement varier lors de changements de température !

### Dans le cas d'un BJT

Suite à l'agitation thermique, la « conduction » augmente (le gain en courant  $\beta$  augmente) lorsque la température augmente. La figure précédente illustre cet effet et en montre l'ordre de grandeur :  $\frac{\Delta\beta/\beta}{\Delta t} \approx 1\%/^{\circ}\text{C}$ . Notons que ce phénomène peut mener à un emballement thermique destructeur !

### Dans le cas d'un MOSFET

A l'inverse, dans le cas d'un MOSFET, la « conduction » diminue lorsque la température augmente. Un MOSFET ne risque donc pas l'emballement d'origine thermique.

## Puissance maximale admissible

Puisque la limite en puissance est liée à la température atteinte par le composant, la fiche technique d'un transistor la spécifie à température ambiante donnée.

Si le transistor est utilisé dans une ambiance à température supérieure, il y a alors lieu de « déclasser » la puissance maximale spécifiée.

Pour ce faire, on utilise la loi de transfert de chaleur qui est semblable à la loi d'Ohm. La différence de température joue le rôle de la différence de potentiel, la puissance joue le rôle du courant électrique et on parle de « résistance thermique », soit :  $P_{TR} = \frac{\Delta t}{R_{th}}$  [1]

### Exemples :

La fiche technique d'un classique transistor BC547 donne :

$$\begin{cases} R_{th_{\text{jonction-ambiant}}} = 250 \text{ K/W} \\ (T_j)_{\text{max}} = 150^{\circ}\text{C} \\ (P_{tot})_{\text{max}} = 500 \text{ mW à } 25^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

1. Quelle est la puissance maximale admissible par ce composant, utilisé en air libre à 25 °C ?

---

<sup>1</sup> Lorsqu'une puissance est développée dans un composant, une phase transitoire de montée en température apparaît, qui s'achève lorsque la puissance transférée à l'ambiance (qui augmente avec la température du composant) atteint la puissance développée dans le composant (« équilibre thermique »). A partir de ce moment, la température du composant devient constante et la relation  $P_{TR} = \Delta t / R_{th}$  est utilisable.

Réponse :  $(P_{TR})_{\max} = \frac{(\Delta t)_{\max}}{R_{th}} = \frac{150\text{ °C} - 25\text{ °C}}{250\text{ K/W}} = 500\text{ mW}$ , qui est la valeur spécifiée dans la fiche technique du composant. Il est à noter que dans ces conditions, la température du composant atteint 150 °C !

2. Quelle est la puissance maximale admissible par ce composant, utilisé en air libre à 20 °C, si l'on désire limiter la température du composant à 80 °C (afin d'accroître sa durée de vie et de limiter les fluctuations de son gain en courant par exemple) ?

Réponse :  $(P_{TR})_{\max} = \frac{(\Delta t)_{\max}}{R_{th}} = \frac{80\text{ °C} - 20\text{ °C}}{250\text{ K/W}} = 240\text{ mW}$ , soit environ 50 % de  $[(P_{TR})_{\max}]_{\text{data sheets}}$

Notons que cet exemple justifie qu'en pratique on dimensionne très souvent la caractéristique « puissance maximale » d'un composant au double de la valeur de travail.

## Utilisation d'un refroidisseur

Dans le cas des transistors de puissance, on utilise couramment un « refroidisseur » afin d'augmenter la puissance maximale admissible par le composant. En effet, un « refroidisseur » permet de réduire considérablement la « résistance thermique » existant entre le boîtier du composant et l'air ambiant car il améliore le transfert de chaleur en offrant une plus grande surface de contact avec l'ambiance (le matériau utilisé est évidemment un bon conducteur de chaleur).

Rem. : la partie métallique du transistor, en contact avec le « refroidisseur », est galvaniquement connectée au collecteur/drain de ce transistor car c'est au niveau du collecteur/drain que la dissipation thermique est la plus forte, en fonctionnement linéaire. Si une isolation galvanique est nécessaire, il faut alors insérer une feuille thermoconductrice, mais isolante électriquement.

Afin d'optimiser le contact thermique, de la pâte spéciale peut être utilisée.

### Exemples :

La fiche technique d'un classique transistor BD139 donne :

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{th_{\text{jonction-ambiant}}} = 100\text{ K/W} \\ R_{th_{\text{jonction-mounting base}}} = 10\text{ K/W} \\ (T_j)_{\max} = 150\text{ °C} \\ (P_{tot})_{\max} = 8\text{ W à } 70\text{ °C} \end{array} \right.$$

1. Quelle est la puissance maximale admissible par ce composant, utilisé en air libre à 20 °C ?

Réponse :  $(P_{TR})_{\max} = \frac{(\Delta t)_{\max}}{R_{th}} = \frac{150\text{ °C} - 20\text{ °C}}{100\text{ K/W}} = 1,3\text{ W}$

2. Quelle est la puissance maximale admissible par ce composant, utilisé en air libre à 70 °C ?

Réponse :  $(P_{TR})_{\max} = \frac{(\Delta t)_{\max}}{R_{th}} = \frac{150\text{ °C} - 70\text{ °C}}{100\text{ K/W}} = 0,8\text{ W}$  seulement, ce qui est très éloigné de la valeur de « 8W » spécifiée dans la fiche technique !

3. Dans les conditions précédentes, quelle est la puissance maximale admissible par ce composant, si l'on utilise un « radiateur » d'une résistance thermique  $R_{th_{radiateur}}$  de 5 K/W ?

$$\text{Réponse : } (P_{TR})_{\max} = \frac{(\Delta t)_{\max}}{R_{th}} = \frac{(\Delta t)_{\max}}{R_{th_{\text{junction-mounting base}}} + R_{th_{\text{radiateur}}}} = \frac{150^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}}{10 \text{ K/W} + 5 \text{ K/W}} = 5,3 \text{ W}, \text{ soit 7 fois plus !}$$

Notons que la puissance maximale admissible spécifiée dans la fiche technique du composant s'obtient dans l'hypothèse d'une résistance thermique idéale (0 K/W !). Il s'agit donc d'une limite.

En effet, dans ce cas :  $(P_{TR})_{\max} = \frac{150^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}}{10 \text{ K/W} + 0 \text{ K/W}} = 8 \text{ W}$  (valeur spécifiée à 70 °C dans le cas du BD139).

### Région de fonctionnement permis en régime continu

En régime continu, la limite en puissance fait apparaître une *hyperbole de puissance maximale* dans la caractéristique de sortie. En effet, à la limite de fonctionnement, on a :  $I_C \cdot V_{CE} = (P_{TR_{\text{moy}}})_{\max}$ , ce qu'illustre la figure ci-contre.

Cette hyperbole de puissance maximale et les limites en courant et tension délimitent alors la région de fonctionnement permis.

