Puissance dissipée dans les transistors de l'ampli classe AB

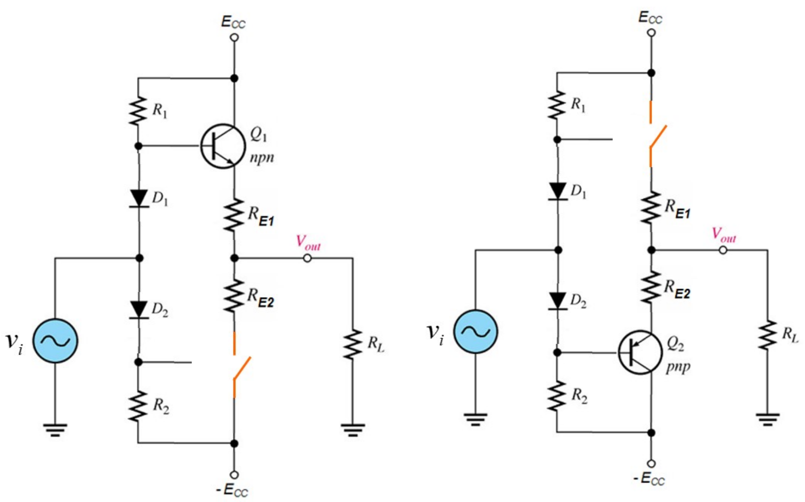
Par application des théorèmes de Fourier et Superposition, l'effet de tout signal périodique est la superposition des effets des composantes DC et AC du signal.
En régime thermique établi (après une phase transitoire de nature exponentielle), la composante de puissance DC engendre une température constante, tandis que la composante de puissance AC crée une variation de température, oscillant autour de la température due à la composante DC seule. Cependant, suite à l'inertie thermique, dès que la fréquence de la composante de puissance AC dépasse quelques hertz à quelques dizaines de hertz (selon l'application), la variation de température n'a (quasi) plus le temps de se produire (en tout cas de manière significative) et la température atteinte en régime thermique établi est alors (quasi) constante, dépendant (quasi) exclusivement de la composante de puissance DC.

Dans le cas d'une puissance électrique, la composante de puissance DC est donnée par :

$$P_{DC} = P_{moy} = \frac{\text{Energie}_{\text{période}}}{T} = \frac{1}{T}\cdot\int_0^T dE = \frac{1}{T}\cdot\int_0^T p\cdot dt = \frac{1}{T}\cdot\int_0^T u\cdot i\cdot dt \quad \text{car} \begin{cases} p = \dfrac{dE}{dt} \\ p = u\cdot i \end{cases}$$

Dans le cas de l'amplificateur de classe AB, on a :

- puissance dissipée au repos : $P_{TR_Q} = \frac{1}{T}\cdot\int_0^T E_{CC}\cdot I_Q\cdot dt = E_{CC}\cdot I_Q$
- quand un signal utile est appliqué en entrée (v_i), à partir déjà d'une faible valeur de celui-ci, le transistor non concerné par l'alternance en cours se bloque et la puissance $P_{TR_Q} = E_{CC}\cdot I_Q$ est donc inexistante pour l'essentiel de la dynamique du signal, de sorte que l'on peut admettre que la puissance dissipée dans le transistor est due uniquement au signal utile v_i



En conséquence, l'analyse de la puissance dissipée dans les transistors revient à traiter le cas de 2 circuits séparés, chacun alimenté par une source de tension E_{CC} et comprenant un transistor et une résistance $R = R_E + R_L$, l'un actif pendant l'alternance positive, l'autre pendant l'alternance négative, puisque chaque transistor conduit uniquement [1] pendant une alternance par période.

1 … quasi car dans le cas de l'ampli classe AB, les transistors conduisent également un peu dans l'autre alternance (au voisinage du zéro), mais c'est assez négligeable.

- Pour chacun de ces 2 circuits, on peut donc écrire :

$$P_{TR_{moy}} = \frac{1}{T}\cdot\int_0^T v_{TR}\cdot i_{TR}\cdot dt \text{ avec} \begin{cases} v_{TR} = E_{CC} - R\cdot i_{TR} \\ i_{TR} = i_L = \dfrac{v_o}{R_L} \text{ pendant une durée } \dfrac{T}{2} \text{ et 0 pendant l'autre moitié} \end{cases}$$ [2]

- Dans le cas d'un signal audio, la puissance peut être évaluée assez correctement en admettant un signal de forme sinusoïdale comme « enveloppe » du signal audio, soit : $v_o = V_{o_p}\cdot\sin(wt)$

$$\Rightarrow P_{TR_{moy}} = \frac{1}{T}\cdot\int_0^T (\underbrace{E_{CC}\cdot i_{TR}}_{P_{fournie}} - \underbrace{R\cdot i_{TR}^2}_{P_R})\cdot dt = \frac{1}{T}\cdot\int_0^T E_{CC}\cdot i_{TR}\cdot dt - \frac{1}{T}\cdot\int_0^T R\cdot i_{TR}^2\cdot dt = P_{\text{fournie par l'alim}} - P_{\text{dissipée dans R}}$$

$$= \underbrace{\frac{1}{T}\cdot\int_0^T E_{CC}\cdot\frac{v_o}{R_L}\cdot dt}_{P_{\text{fournie par l'alim}}} - \underbrace{\frac{1}{T}\cdot\int_0^T R\cdot\frac{v_o^2}{R_L^2}\cdot dt}_{P_{\text{dissipée dans R}}} \qquad \text{car } i_{TR} = i_L = \frac{v_o}{R_L}$$

$$= \frac{E_{CC}}{R_L}\cdot\underbrace{\frac{1}{T}\cdot\int_0^T v_o\cdot dt}_{(v_o)_{moy}} - \frac{R}{R_L^2}\cdot\underbrace{\frac{1}{T}\cdot\int_0^T v_o^2\cdot dt}_{(v_o)_{eff}^2}$$

$$= \frac{E_{CC}}{R_L}\cdot V_{o_p}\cdot\frac{1}{T}\cdot\int_0^{T/2}\sin(wt)\cdot dt - \frac{R}{R_L^2}\cdot V_{o_p}^2\cdot\frac{1}{T}\cdot\int_0^{T/2}\underbrace{\sin^2(wt)}_{\frac{1-\cos(2wt)}{2}}\cdot dt$$

$$= \frac{E_{CC}}{R_L}\cdot V_{o_p}\cdot\frac{1}{T}\cdot\underbrace{\int_0^{T/2}\sin(wt)\cdot dt}_{\frac{T}{\pi}} - \frac{R}{R_L^2}\cdot\left(V_{o_p}^2\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{T}\cdot\underbrace{\int_0^{T/2}dt}_{\frac{T}{2}} - V_{o_p}^2\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{T}\cdot\underbrace{\int_0^{T/2}\cos(2wt)\cdot dt}_{=0}\right)$$

$$= \frac{E_{CC}}{R_L}\cdot\underbrace{(v_o)_{moy}}_{\frac{V_{o_p}}{\pi}} - \frac{R}{R_L^2}\cdot\underbrace{(v_o)_{eff}^2}_{\frac{V_{o_p}^2}{4}} \qquad \begin{cases} \text{Pour une sinusoïde complète : } V_{eff} = \dfrac{V_p}{\sqrt{2}} \Rightarrow P_R = \dfrac{V_{eff}^2}{R} = \dfrac{V_p^2}{2R} \\ \text{Pour une demi sinusoïde : } P_{demi} = \dfrac{P_{entière}}{2} \Rightarrow V_{eff_{demi}}^2 = \dfrac{V_{eff_{entière}}^2}{2} \Rightarrow V_{eff_{demi}} = \dfrac{V_p}{2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow P_{TR_{moy}} = \frac{E_{CC}}{R_L}\cdot\frac{V_{o_p}}{\pi} - \frac{R}{R_L^2}\cdot\frac{V_{o_p}^2}{4}$$

- Cette puissance dissipée est maximale pour une amplitude de sortie telle que : $\dfrac{dP_{TR_{moy}}}{dV_{o_p}} = 0$,

soit lorsque $\dfrac{dP_{TR_{moy}}}{dV_{o_p}} = \dfrac{E_{CC}}{R_L\cdot\pi}\cdot 1 - \dfrac{R}{R_L^2\cdot 4}\cdot 2\cdot V_{o_{PM}} = 0 \quad \Rightarrow V_{o_{PM}} = E_{CC}\cdot\dfrac{R_L\cdot 2}{R\cdot\pi}$

$\Rightarrow$ La puissance maximale dissipée dans chaque transistor est donnée par : $\left(P_{TR_{moy}}\right)_{\max} = \dfrac{E_{CC}^2}{R\cdot\pi^2}$

[2] … quasi car dans le cas de l'ampli classe AB, les transistors conduisent également un peu dans l'autre alternance (au voisinage du zéro), mais c'est assez négligeable.