

ANNEXE IV

Alimentation stabilisée

Les montages à transistors demandent, pour leur fonctionnement une source d'alimentation, de tension faible, et de résistance interne aussi faible que possible.

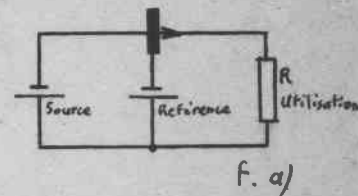
Plusieurs cas se présentent :

Alimentation à partir de :

- a) une source alternative à tension variable (en général  $\pm 20\%$ )
- b) une source de tension continue à peu près constante,
- c) une source de tension continue variant dans de larges limites.

La plupart des montages d'alimentation nécessitent alors une stabilisation. Cette stabilisation est obtenue par des transistors, utilisés de deux façons bien différentes :

- montés en série avec l'utilisation; à ce moment, le transistor contrôle le courant dans la charge, de manière à maintenir la tension constante, et joue le rôle de la partie supérieure d'un potentiomètre (f. a)



- monté en parallèle avec l'utilisation; à ce moment, le transistor contrôle un courant dérivé de l'utilisation. Il joue le rôle de la partie inférieure d'un potentiomètre (f. b).

1 - REGULATION SERIE -

- Principe de base -

Le transistor est monté en régulateur de courant. En première approximation, on peut considérer ce montage comme un collecteur commun (ou émetteur suiveur).

On sait que la tension  $V_{be}$  d'un transistor est très faible, vis-à-vis des tensions d'alimentation (0,6 maximum contre 12 V en général ou plus).

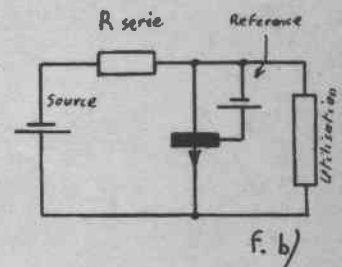
On voit, sur la figure 1 que, d'après la loi des mailles que :

$$V_b = V_e + V_{be}$$

donc,  $V_{be}$  étant très petit devant  $V_e$ , on peut écrire :

$$V_b \simeq V_e$$

ce qui signifie que si  $V_b$  est constant (pile, diode Zener), la tension entre émetteur et masse sera constante.



.....

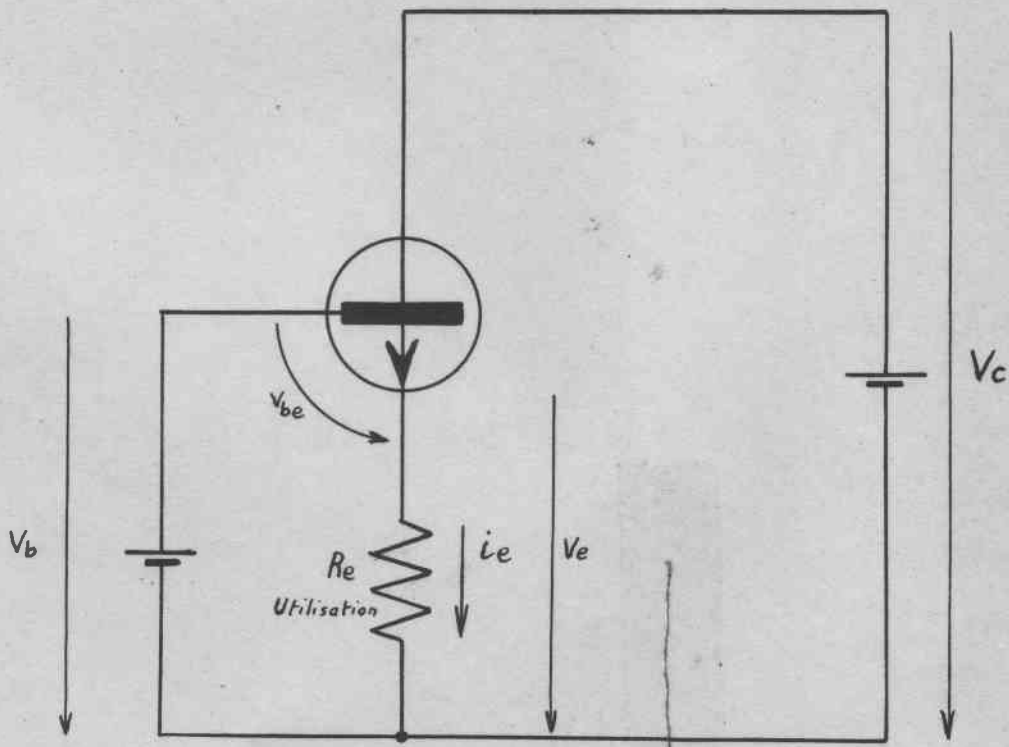


Figure 1

Si  $V_C$  augmente, la jonction base-collecteur verra sa résistance intrinsèque augmenter, de manière que la tension  $V_e$  reste constante.

Toute la puissance excédentaire est dissipée dans la jonction base-collecteur du transistor régulateur. Il est donc souvent nécessaire de prévoir un transistor de puissance assez importante.

Le fonctionnement de ce montage peut s'expliquer d'une façon plus imagée :

Si  $V_C$  augmente, le courant  $i_e$  tend à augmenter.  $R_e$  étant constant, la tension  $V_e$  tend à augmenter. Comme  $V_B$  est constant, de l'équation  $V_B = V_{be} + V_e$  on en déduit que si  $V_e$  augmente,  $V_{be}$  diminue.  $V_{be}$  est créé par un courant de base  $i_b$ . si  $V_{be}$  diminue,  $i_b$  diminue. Comme le courant  $i_e$  est égal à  $\beta i_b$ ,  $i_e$  tendra à diminuer.

Il en résulte un état d'équilibre (en effet  $i_e$  tend à augmenter, mais la réaction l'oblige à tendre vers la diminution) et  $i_e$  reste constant quel que soit  $V_C$ . Donc,  $R_e$  étant constant,  $V_e$  reste constant.

Si maintenant la tension  $V_C$  reste constante et que  $R_e$  diminue, la tension  $V_e$  tend à diminuer, mais  $V_{be}$  augmente, entraînant une augmentation de  $i_b$ , donc de  $i_e$ , ce qui maintient  $V_e$  constant. De toute manière, on voit que si  $V_e$  tend à diminuer,  $V_{be}$  tend à augmenter, entraînant une augmentation de  $i_e$ , donc de  $V_e$ , et l'inverse est vrai.

Lorsque  $V_e$  varie dans un sens,  $V_{be}$  varie dans l'autre sens.

Ceci s'appelle une contre-réaction négative, qui stabilise donc le fonctionnement du montage. Ici, la boucle de contre-réaction est interne au transistor, et constitué par la jonction émetteur-base du transistor, alors que la boucle d'amplification est constitué par la même jonction, mais en sens inverse, c'est-à-dire la jonction base-émetteur; mais on peut très facilement réaliser une boucle de contre-réaction externe, par un amplificateur de gain.-A par exemple, comme nous allons le voir plus loin. Dans ce cas, on aura deux parties bien distinctes : l'élément régulateur et l'élément de contre-réaction.

Le montage de la figure 2 est le plus simple que l'on puisse concevoir. Il n'utilise en effet qu'un seul élément actif.

Nous pouvons améliorer le fonctionnement de ce genre de régulation, en utilisant 2 transistors montés suivant le schéma de la figure 3, dit montage composite ou encore, montage Darlington.

La base de T1 est alimentée directement par l'émetteur du transistor T2 et les deux collecteurs sont reliés ensemble.

Le courant d'émetteur du 2e transistor sera :

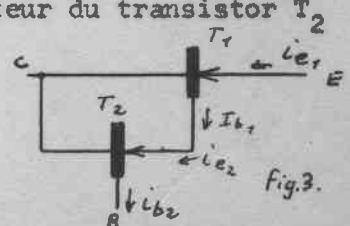
$$i_{e2} = i_{b2} (\beta_2 + 1)$$

et le courant d'émetteur du transistor T1 sera alors :

$$i_{e1} = i_{b1} (\beta_1 + 1) = i_{b2} (\beta_2 + 1) (\beta_1 + 1)$$

soit approximativement :

$$i_{e1} = i_{b2} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \dots$$



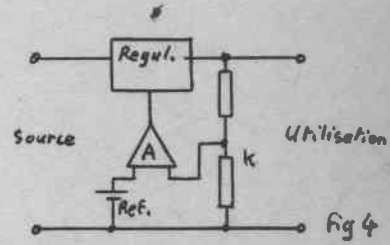
On voit que les gains sont multipliés. Si l'on a 2 transistors de gains égaux, et valant 50, le gain de l'ensemble sera donc de 2500.

Un fort courant peut être alors commandé par un courant 2500 fois plus faible.

Montages plus élaborés -

Si l'on désire une régulation beaucoup plus précise, et une impédance de sortie beaucoup plus faible, on peut utiliser un montage comparateur, suivi d'un amplificateur de différence, commandant alors le transistor ballast (figure 4).

L'amplificateur A délivre un courant proportionnel à la différence entre la tension de référence, et une fraction de la tension de sortie.



Le courant proportionnel à la différence commande l'élément régulateur.

L'amplificateur et le comparateur peuvent être constitués par un seul transistor (figure 5) ou par un amplificateur différentiel (figure 6) ou encore par des montages remplissant séparément les fonctions.

On arrive avec ce genre de montage à une régulation poussée (jusqu'à 0,05 %). Au-delà, on rencontre les montages complexes, mais dans lesquels on retrouve toujours les 3 éléments : régulateurs, amplificateur, comparateur.

Régulation shunt -

La régulation shunt est très peu utilisée, car elle a un mauvais rendement lorsque l'on a de fortes variations de paramètre.

Le transistor ballast est remplacé par une résistance fixe et la régulation se fait par un transistor en parallèle sur l'utilisation qui maintient le courant dans R tel que la tension aux bornes de l'utilisation soit constante.

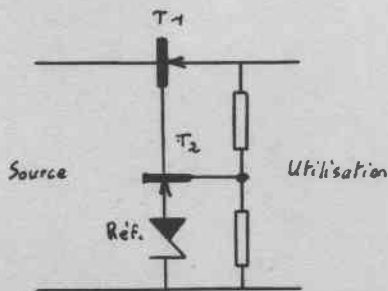


Fig. 5

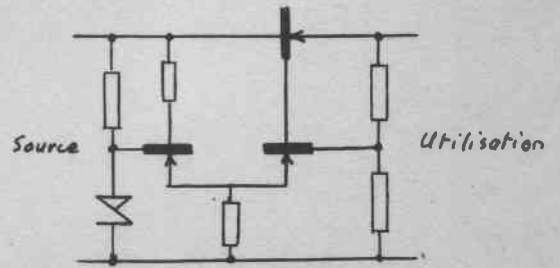
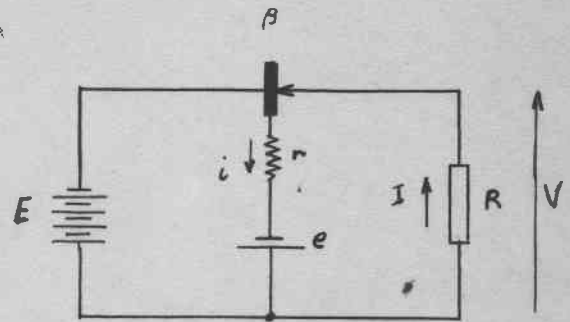


Fig. 6

Soit  $E$  la tension de la source,  $V$  la tension aux bornes de la charge  $R$ ,  $e$  la tension de référence, et  $r$  les résistances parasites entre la tension de référence et la jonction de base du transistor. Ces



résistances sont : résistance dynamique de la source de référence, résistance de contact des connexions et résistance directe de la jonction base-émetteur.

On a : 
$$i = \frac{e - V}{r} \quad (1)$$

et  $I = \beta i$  (  $\beta = H_{21e}$  du transistor ) 
$$(2)$$

d'autre part : 
$$V = R( I + i ) \quad (3)$$

et 
$$e = ri + R( I + i ) \quad (4)$$

Portons dans (3) la valeur de  $i = (1)$

$$V = R( I + \frac{e}{R} + \frac{V}{r} )$$

$$V = RI + \frac{Re}{r} - \frac{RV}{r}$$

Rassemblons les termes en  $V$  :

$$V( 1 + \frac{R}{r} ) = R( I + \frac{e}{r} ) \quad (5)$$

De (4) tirons le valeur de  $I$

$$e = ri + RI + Ri$$

$$RI = e - ri - Ri$$

$$I = \frac{e - ri - Ri}{R}$$

que nous portons dans (5)

$$V( 1 + \frac{R}{r} ) = R( \frac{e - ri - Ri}{R} + \frac{e}{r} )$$

En effectuant :

$$\begin{aligned} V( 1 + \frac{R}{r} ) &= e - ri - Ri + \frac{Re}{r} \\ &= e( 1 + \frac{R}{r} ) - ri - Ri \\ &= e( 1 + \frac{R}{r} ) - i(R + r) \end{aligned}$$

Divisons tout par  $1 + \frac{R}{r}$  :

$$V = e - i( \frac{R + r}{1 + \frac{R}{r}} )$$

$$V = e - i \left( \frac{r(R + r)}{r + R} \right) = e - ri$$

Avec  $i = \frac{I}{\beta}$  on a :

$$V = e - \frac{r \cdot I}{\beta}$$

On voit que la tension de sortie est indépendante de la tension E, mais dépend légèrement du courant de charge. Si l'on choisi un transistor de puissance qui a un grand gain, et une faible résistance parasite, et que la source de référence travaille avec une faible résistance dynamique (diode zener appropriée), La tension de sortie varie très peu avec le courant demandé.