

## 5. Les amplificateurs

L'énergie captée par une antenne est excessivement faible. L'énergie nécessaire pour faire fonctionner un haut parleur est plus importante. C'est pourquoi dès les premiers temps de la radio on s'est préoccupé d'**amplifier des signaux**. L'avènement de la triode (1907) puis celui du transistor (1949) ont été les aubaines de la radio et de l'électronique, car ces deux éléments sont les piliers de l'amplification.

Mais on ne peut pas amplifier de façon infinie, sinon on risque l'auto oscillation, on doit prendre des précautions de façons à ne pas déformer le signal (c'est le problème de la distorsion). On doit aussi veiller à ce qu'il n'y a pas plus de souffle sur le signal (c'est le problème du bruit propre à chaque amplificateur et celui du facteur de bruit qui en découle).

### 5.1. Les classes d'amplifications

Nous avons déjà vu, mais nous reverrons plus en détails ici, qu'un transistor bipolaire, qu'un FET, qu'un MOSFET ou qu'un tube devaient être polarisé. Le point de polarisation doit être judicieusement choisi, car il va déterminer la **classe d'amplification**. Il a essentiellement 4 classes d'amplification, la classe A, la classe B, la classe C et une classe A-B quelques part à mi chemin entre la classe A et la classe B.

Pour bien comprendre ce qu'en la classe d'amplification, on va faire appel à la fonction de transfert d'un amplificateur. C'est en fait une courbe qui représente comment varie la sortie en fonction de l'entrée. Chaque amplificateur a sa propre fonction de transfert, mais toutes ces courbes se ressemblent. Il y a généralement un point où même si on continue à augmenter le signal d'entrée, le signal de sortie n'augmentera plus. La zone située au delà de ce point s'appelle la **zone de saturation**. Il se pourrait aussi (et c'est le cas des amplificateurs en classe C que nous verrons plus loin), qu'en dessous d'une certaine tension d'entrée, il n'y ait pas de tension de sortie, en dessous de ce point on est dans la **zone de cutt-off**. Entre ces deux zones (zone de saturation et zone de cutt-off), il y a une plage où l'amplification est linéaire.

7-1

Il y a deux paramètres excessivement important pour déterminer le type d'opération d'un amplificateur , ce sont

- la polarisation
- l'amplitude du signal d'entrée

Dans un amplificateur **classe A**, le point de polarisation et l'amplitude du signal d'entrée, sont tels que tout le signal est compris dans la partie entre la zone de cutt-off et la zone de saturation. Ce qui veut dire que l'amplificateur travaille dans la zone linéaire et que le signal de sortie est donc linéairement proportionnel au signal d'entrée. Il y a un signal de sortie pour les 360° du signal d'entrée. La portion du cycle pendant lequel il y a un signal à la sortie est appelé l' **angle de conduction**. Dans un amplificateur classe A, l'angle de conduction est de 360° . La figure ci-contre représente la l'évolution du signal d'entrée. Le point de repos est idéalement placé à mi chemin entre le cutt-off et la saturation. Le rendement d'un ampli classe A est faible , parce qu'il y a toujours du courant dans le transistor (ou dans le tube), même s'il n'y a pas de tension à l'entrée. Le courant qui circule dans le transistor (ou dans le tube), lorsqu'il n'y a pas de signal d'entrée est appelé **courant de repos** de l'amplificateur. Le rendement maximum théorique d'un amplificateur en classe A est de 50%, mais en pratique il est plutôt situé entre 25 et 30 %

7-2

Dans un amplificateur **classe A-B**, le niveau de polarisation est

ajusté de telle façon que le transistor (ou le tube) conduise pendant plus d'une demi période (donc pendant plus de 180°). Le rendement est ainsi amélioré et atteint généralement un peu plus de 50%. La tension de sortie n'est plus l'image de la tension d'entrée, mais elle est déformée, puisque le transistor (ou le tube) ne conduit plus pendant 360°.

Dans un amplificateur **classe B**, la polarisation est fixée exactement au cutt-off. Dans ce cas, il y a un courant de sortie uniquement pendant une demi période, c.-à-d. que l'angle de conduction es égal à 180°. L'ampli n'est plus linéaire comme dans le cas de la classe A, mais est cependant acceptable surtout si on tient compte que le rendement atteint maintenant 65% en théorie et près de 60% en pratique.

Dans un amplificateur en classe C, la polarisation est plus basse que le cutt-off. dans ce cas l'angle de conduction du transistor (ou du tube) est inférieur à 180°. Le courant de sortie est constitué d'impulsions de courant. Le rendement est très élevé, il peut atteindre 80%, mais la linéarité est très mauvaise.

La **linéarité** d'un amplificateur est donc une caractéristique TRES importante, parce qu'elle dit avec quelle fidélité le signa le sortie va représenter le signal d'entrée. Toute non-linéarité va entraîner de la distorsion. Un amplificateur classe A aura donc le moins de distorsion, tandis que le signal à la sortie d'un amplificateur classe C sera présentera une forte distorsion. Une cause indirecte est qu'un amplificateur classe C va fournir des harmoniques. Vous allez donc probablement vous demander pourquoi donc emploie t'on des amplificateurs en classe C alors ? Tout simplement parce que lorsqu'on veut amplifier et atteindre des puissances importantes, le facteur rendement devient beaucoup plus important que lorsqu'on doit amplifier quelques milliwatts. En fait dans un amplificateur en classe C on a presque toujours une charge qui est un circuit accordé et ce circuit va limiter les harmoniques et donc la distorsion.

### **5.2. Amplificateurs de tension, de courant et de puissance**

Lorsqu'un radioamateur parle d'amplificateur, il pense immédiatement à amplificateur de puissance, un équipement qui va lui permettre de "sortir 1500 Watts" au lieu de 100 Watts qui lui son fourni par son émetteur-récepteur. Dans ce genre d'amplificateur l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie sont pratiquement égales et de l'ordre de 50 Ω.

Mais nous pouvons aussi construire des montages qui amplifie la tension. Par exemple, un amplificateur peut être utilisé pour visualiser les potentiels qui résultent du battement du cœur et qui sont de l'ordre de quelques millivolts et les afficher sur l'écran d'un oscilloscope avec une amplitude de plusieurs Volts. dans ce cas ce qui nous préoccupe c'est d'amplifier en tension. Il en est de même pour un amplificateur de microphone, le but recherché est d'amplifier la faible tension du microphone (quelques millivolts) en une tension plus importante qui pourra être appliquée au modulateur. Dans ce cas l'impédance d'entrée est relativement élevée et l'impédance de sortie est "moyenne".

Nous pouvons aussi amplifier des courants ... ????

Généralement un amplificateur n'est qu'un élément d'une chaîne, on dit qu'il s'agit d'un **étage** de la chaîne.

### **5.3. Facteur d'amplification ou gain d'un amplificateur**

Le gain d'un amplificateur de tension est le rapport entre la tension de sortie et la tension d'entrée.

Le gain d'un amplificateur de courant est le rapport entre le courant de sortie et le courant d'entrée.

Le gain d'un amplificateur de puissance est le rapport entre la puissance de sortie et la puissance d'entrée.

Les gains peuvent s'exprimer en nombre de fois, mais aussi en décibel.

- pour un amplificateur en tension :  $A = 20 \log U_{\text{sortie}} / U_{\text{entrée}}$
- pour un amplificateur en courant :  $A = 20 \log I_{\text{sortie}} / I_{\text{entrée}}$
- pour un amplificateur en puissance :  $A = 10 \log P_{\text{sortie}} / P_{\text{entrée}}$

Au sens académique, les deux premières relations ( c.-à-d.  $A = 20 \log U_{\text{sortie}} / U_{\text{entrée}}$  et  $A = 20 \log I_{\text{sortie}} / I_{\text{entrée}}$  ) ne sont pas tout à fait exactes, il faudrait en plus tenir compte des impédances d'entrée et de sortie.

## **5.4. Amplificateur à transistors**

L'essentiel de notre étude va se limiter aux amplificateurs à transistors. Les amplificateurs à tubes ne sont pratiquement plus utilisés pour la réalisation d'amplificateurs de puissance dont la sortie est d'au moins 500 Watts). Dans une annexe nous parlerons des amplificateurs de puissance avec grille à la masse puisqu'on retrouve ceux-ci dans beaucoup d'amplificateurs linéaires utilisés par les radioamateurs.

Pour fonctionner comme amplificateurs, les transistors bipolaires doivent être polarisés dans le sens passant afin de produire une certaine amplification. Par conséquent, si on utilise un transistor NPN, le collecteur et la base doivent être positif par rapport à l'émetteur, et le collecteur doit être plus positif que l'émetteur. Par contre, si on utilise un transistor PNP, le collecteur et la base doivent être négatif par rapport à l'émetteur, et le collecteur doit être plus négatif que l'émetteur.

La polarisation est obtenue en appliquant les tensions nécessaire entre collecteur et émetteur et entre émetteur et base. Chacun des deux types de transistor (PNP et NPN) peut être utilisé avec soit le plus à la masse, soit le moins à la masse.

Au moins on polarise un transistor, au moins il y a du courant de collecteur. lorsque la polarisation devient plus importante, le courant de collecteur augmente, et la température de la jonction augmente aussi. Si la polarisation est excessive, le transistor peut s'emballer thermiquement et se détruire.

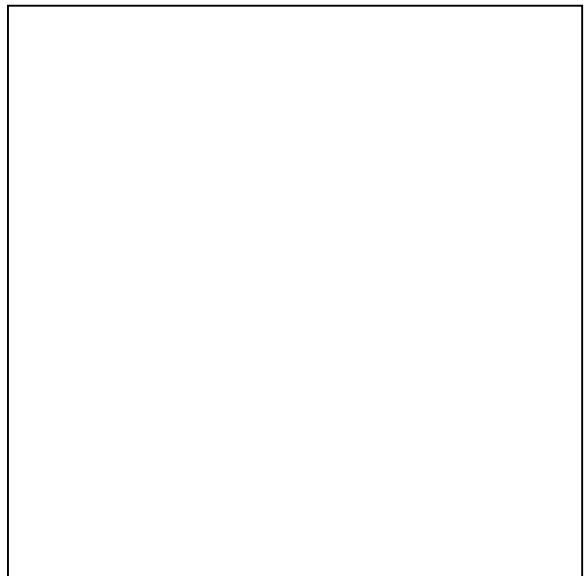
Les amplificateurs à transistors peuvent être classés en 3 catégories:

- les amplificateurs à émetteur commun,
- les amplificateurs à base commune, et
- les amplificateurs à collecteur commun.

### **5.4.1. Le montage émetteur commun**

Ce montage est représenté à la figure ci-contre. Le courant de base est faible et l'impédance d'entrée est relativement élevée (en moyenne quelques milliers d'ohms). La résistance de collecteur est de l'ordre de quelques kiloohms. Le circuit émetteur commun à une fréquence de coupure plus basse que le circuit à base commune, mais, des 3 configurations, il donne la plus grande amplification.

Dans ce circuit, le courant de sortie (c.-à-d. le courant de collecteur) est en opposition de phase avec celui d'entrée (c.-à-d. le courant de base). Aux bornes de la résistance d'émetteur il apparaît une tension proportionnelle au courant de collecteur et donc en opposition de phase avec la tension d'entrée : la contre-réaction est donc toujours négative, ce qui du point de vue courant continu stabilise le montage. En d'autres termes, puisque le potentiel de la base est fixé par le diviseur  $R_1$  et  $R_2$ , si le courant de collecteur tend à monter trop fort, la tension aux bornes de  $R_3$  monte également, ce qui réduit la tension base-émetteur et tend donc à réduire le courant de collecteur.



Le circuit à émetteur commun est probablement le montage le plus utilisé du moins dans le domaine des basses et moyenne fréquences (disons jusque 10 MHz).

Nous allons donc utiliser ce montage pour expliquer plus en détails quelques notions relatives à la polarisation :  $R_1$  et  $R_2$  forment un pont diviseur de tension qui a pour but de polariser la base. Ces résistances fournissent un potentiel fixe.  $R_3$  va fixer la tension entre base et émetteur. Cette méthode est parfois appelée polarisation automatique.

Si on ne met pas de condensateur  $C_3$ , le gain va être limité à la valeur égale à  $R_4/R_3$ , si on met un condensateur  $C_3$ , le gain va être beaucoup plus élevé. Le condensateur de découplage  $C_3$  aura une

impédance très faible pour la plus basse des fréquences à transmettre, il faudra donc que  $1 / \omega C_3 \ll R_3$ .  $C_1$  et  $C_2$  sont des condensateurs de liaison que l'on utilise pour laisser passer la tension alternative, mais pour bloquer la tension continue. Leur réactance ( $1/\omega C$ ) devra être faible vis-à-vis de la résistance d'entrée d'un part et de la résistance de sortie d'autres part.

La résistance entre émetteur et base est pratiquement égale à

$$R_{e-b} = 26 / I_e$$

où  $I_e$  représente le courant d'émetteur en mA. Le facteur d'amplification est égal à

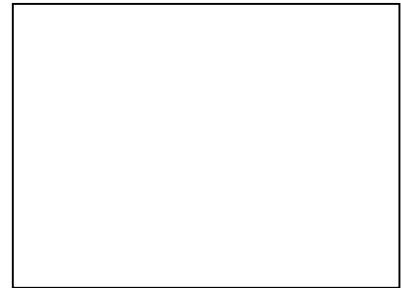
$$A_V = R_L / R_{e-b}$$

Ainsi si  $I_e = 1,6$  mA,  $R_{e-b} = 16,25 \Omega$  et le gain vaut  $A_V = 4,7 k / 16,25 = 289$  et si on veut exprimer ce gain en décibels on aura  $A_V = 20 \log(289) = 49$  dB

Comme nous avons déjà dit plus haut, si on supprime  $C_3$  le gain sera pratiquement égal à  $R_4 / R_3$  soit 10, sans le condensateur de découplage d'émetteur, la gain est donc très faible.

La résistance de base est égale à  $R_b = \beta R_{e-b}$ , si  $\beta = 100$ , alors  $R_b = 100 \times 16,25 = 1625 \Omega$ . La résistance d'entrée peut être calculée comme étant la mise en parallèle de  $R_b$ ,  $R_1$  et  $R_2$ , en faisant le calcul on trouve  $1177\Omega$ .

La figure ci-contre montre les courbes caractéristiques d'un transistor. Les lignes représentent l'évolution du courant collecteur en fonction de la tension collecteur-émetteur et pour différentes valeurs du courant de base. Il y a deux lignes de charges, l'une pour le courant continu, l'autre pour le courant alternatif.



#### **5.4.2. Le montage base commune**

Le montage base commune à une faible impédance d'entrée, en fait elle est égale à  $R_{e-b} = 26 / I_e$ , relation que nous avons déjà vu plus haut. dans ce circuit le courant de collecteur est en phase avec le courant de la base.



#### **5.4.3. Le montage collecteur commun**

Ce montage est encore appelé émetteur suiveur. Il a une très grande impédance d'entrée et une faible impédance de sortie. La fréquence de coupure est égale à celle du montage émetteur commun.



#### **5.4.4. Le montage Darlington**

Deux transistors peuvent être montés dans un montage appelé Darlington. Un tel montage offre de nombreux avantages par rapport à un seul transistor. Tout d'abord, un Darlington possède un plus grand gain, une plus haute impédance d'entrée et une plus faible impédance de sortie.

G 7-9

**5.4.5. Bande passante**

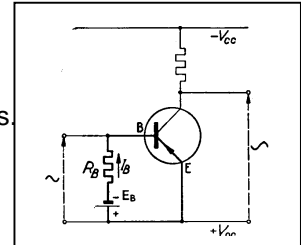
Du côté basse fréquence la limitation provient essentiellement du condensateur de découplage d'émetteur et des condensateurs de couplages à l'entrée et à la sortie.

Du côté haute fréquence.???????????????

**5.5. Procédés de polarisation**

5.5.1. Polarisation par pile et résistance de base

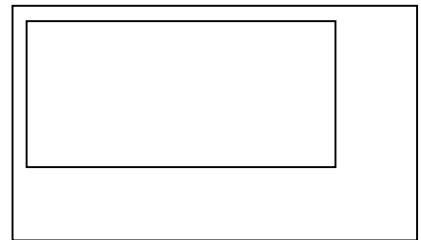
La stabilité de ce montage est très bonne, mais il faut deux sources d'alimentations.



**5.6. Amplificateurs RF**

Les montages que nous avons vu jusqu'à présent étaient essentiellement des montages basse fréquence ou des montages qui pouvaient aller jusqu'à 10 MHz environ. Mais on a aussi parfois besoin d'amplifier des signaux RF, c.-à-d. des signaux d'antenne.

Nous avons maintenant pris comme exemple des transistors FET ou MOS, en donnant deux des trois montages (gâchette commune, et source commune). Un dernier exemple montre un amplificateur large bande avec un transistor bipolaire.



**5.6. Amplificateurs RF de puissance**

*Tout radioamateur digne de ce nom a toujours envie d'avoir plus de puissance (désolé pour les QRP, but life is too short to QRP !). Nous allons nous intéresser à ces amplificateurs maintenant.*

Nous sommes bien sûr toujours intéressés à obtenir le meilleur rendement possible, mais lorsqu'il s'agit de travailler avec de centaines de watts, voire 1500 Watts, nous devons porter une attention toute particulière au rendement.

Le but est de transférer le maximum de puissance à la charge. La puissance totale générée par l'amplificateur est donnée par

$$P_{IN} = P_{OUT} + P_D$$

- où  $P_{IN}$  est la puissance fournie par l'alimentation (encore appelée DC input)
- $P_{OUT}$  est la puissance fournie à la charge
- et  $P_D$  est la puissance dissipée sous forme de chaleur

Le rendement est donné par

$$\eta = P_{OUT} / P_{IN} \text{ ou encore } \eta = \text{Puissance de sortie HF} / \text{puissance d'alimentation}$$

**5.7. Les amplificateurs à fréquence intermédiaire**

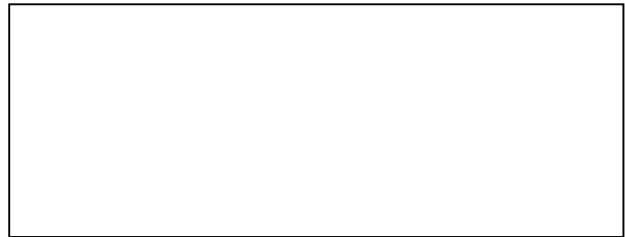
Nous verrons au chapitre 8 comment on est arrivé à l'amplificateur à fréquence intermédiaire, mais d'une façon générale la fréquence intermédiaire est généralement située entre la HF et l'AF et elle permet de mieux gérer certains processus. Ces processus (modulation, démodulation, amplification, ...) sont plus simples à gérer aussi, s'ils sont réalisés sur une seule fréquence.

Les étages à FI sont accordés sur une fréquence bien spécifique et ne doivent pas constamment être réajusté. Ces étages doivent aussi pouvoir laisser passer une certaine bande de fréquence, ce qui veut aussi dire qu'un étage à FI devra bloquer les signaux qui sont en dehors de sa bande passante.

Un amplificateur à FI est donc un amplificateur passe-bande accordé sur une fréquence bien particulière, un amplificateur à FI contribue ainsi en premier lieu à la sélectivité.

Mais le facteur d'amplification d'un amplificateur à FI dans n récepteur dépend aussi du niveau d'entrée. Un amplificateur FI est donc aussi un amplificateur dont on pourra faire varier le gain, ce gain est commandé par un circuit particulier appelé **contrôle automatique de gain** ou **CAG** (ou AGC pour Automatic Gain Control). Plus l'amplificateur FI comprend d'étages, plus grand sera la plage où on pourra ajuster le gain commandé par la tension de CAG. Au fait l'AGC est une tension détectée dans l'étage audio, et cette tension est proportionnelle à la force des signaux reçus.

La figure ci contre montre deux exemples d'amplificateurs à FI, l'un utilise un transistor bipolaire, l'autre un transistor MOSFET.



La plupart des récepteurs utilisent des circuits intégrés comme amplificateur FI



Le choix de la fréquence intermédiaire est le résultat d'un compromis. Avec une FI plus basse le gain est meilleur et la sélectivité aussi, mais la fréquence image est aussi plus proche de la FI, ce qui réduit la réjection de la fréquence image. Une FI plus élevée conduit à moins de gain et à une sélectivité moindre.

Il faut aussi éviter de choisir une FI où il y a des signaux très fort comme les fréquences de radiodiffusion.

Quelques valeurs de FI typiques

radiodiffusion (OL, OM)	455 kHz
radiodiffusion FM	10,7 MHz
télévision : FI image	38,9 MHz
télévision : FI son	33,4 MHz

### **5.8. Les amplificateurs audio**

Dans un récepteur, après le détecteur, le démodulateur SSB ou le démodulateur FM, on trouve un amplificateur audio. De même dans un émetteur SSB ou FM, le signal provenant du microphone devra être amplifié avant de pouvoir attaquer le modulateur.

Pour la plupart des applications radioamateurs, un amplificateur audio couvre la bande de **300 à 3000 Hz**, cette bande contient toute les fréquences nécessaire à transmettre des communications radio, et tout le reste est considéré comme inutile.

Ceux qui s'intéresse à la haute fidélité ont un autre point de vue. Pour eux, l'audio couvre la bande de 20 Hz à 20.000 Hz car cette bande représente le spectre des instruments de musique.

Un facteur important est le rapport signal/bruit de l'amplificateur audio.

Un autre facteur important est la distorsion. Si on applique un signal purement sinusoïdal à l'entrée d'un amplificateur, la tension de sortie ne représentera pas nécessairement un sinusoïde, mais un sinusoïde un peu déformé. Une analyse mathématique montre que ce signal peut être décomposé en un signal purement sinusoïdal à la fréquence fondamentale et une série de signaux à fréquence multiple : c'est la fameuse analyse de Fourier. Une annexe est réservée à ce sujet. On définit la **distorsion** comme

d =

### **5.9. La stabilité des amplificateurs**

Murphy, notre saint patron, étant toujours à nos côtés, il arrive fréquemment qu'un montage amplificateur oscille et inversement qu'un oscillateur ne veuille pas osciller. Un gain excessif ou une réaction entre la sortie et l'entrée d'un amplificateur peuvent conduire celui-ci à osciller.

Pour éviter qu'un amplificateur oscille, il faut prendre les précautions suivantes:

### **5.10. Procédure de réglage d'un étage amplificateur HF à tube**

Bien que la plupart des transceivers soient à transistors et ne nécessitent aucun réglage, bien que la plupart des amplificateurs linéaires à tubes soient pourvus de dispositif qui les accorde tout seul et qui se met en protection s'il y a une erreur de manipulation, il est important de savoir comment accorder un montage final avec un tube.

Un amplificateur final à tube, donc aussi un amplificateur linéaire, possède un circuit de sortie en pi. La self est généralement commutée par le commutateur de bande. Le condensateur variable d'entrée est appelé TUNE, le condensateur variable de sortie est généralement appelé LOAD.

Tout d'abord, on devrait conseiller de travailler toujours sur antenne fictive (sur dummy load).

G 7-12

On suppose que le transceiver ou le linéaire est branché sur le secteur, que l'interrupteur est sur "ON" et que s'il y a un interrupteur pour les filaments, il est aussi sur ON. On suppose aussi que ce transceiver ou cet ampli est ainsi depuis quelques minutes et que les filaments sont chauds.

Le condensateur TUNE forme avec la self un circuit résonnant qui doit être accordé sur la fréquence à utiliser. On ajustera toujours le condensateur **TUNE pour un minimum de courant d'anode** (ou courant de plaque ou  $I_p$ ). Lorsqu'on règle le TUNE, on doit nécessairement mettre le multimètre incorporé au transceiver sur la position  $I_p$  et chercher le "dip" c-à-d le minimum !

Le condensateur LOAD ensemble avec la self et le condensateur TUNE veille à la transformation de l'impédance élevée du circuit d'anode vers l'impédance de votre système d'antenne (idéalement  $50 \pm j0$  ohms). Une petite désadaptation peut être rattrapée en corrigeant le condensateur LOAD. On ajustera toujours le condensateur **LOAD pour un maximum de puissance de sortie**.

<b>TUNE</b> <b>"dip" du courant d'anode</b>	<b>LOAD</b> <b>maximum de puissance de sortie</b>
--	--

Un linéaire possède aussi un réglage d'ALC, il s'agit d'une tension de commande fournie par le linéaire et qui limite la puissance de sortie du transceiver au minimum nécessaire. Habituellement un linéaire de 1 ou 2 kW a besoin d'une puissance d'attaque de 40 à 80 Watts alors que les transceivers fournissent généralement

100 ou 150 Watts. L' ALC est donc une boucle de contrôle. Le réglage de l' ALC est relativement délicat lors de la première mise en service. Si la tension d' ALC n'est pas assez élevée, le linéaire fournira toute sa puissance et parfois beaucoup trop, par contre si la tension d' ALC est trop forte le linéaire ne donnera pas assez de puissance...

Dans tous les cas **il faut s'entraîner à faire ces manipulations assez rapidement**, régler un transceiver, un coupleur d'antenne ou un linéaire ne doit pas durer plus de 10 secondes. Si vous n'arrivez pas facilement à faire les réglages laissez reposer le transceiver (ou le linéaire) pendant quelques secondes (pratiquement le même temps que vous l'avez fait "souffrir"). Un réglage difficile est toujours le signe d'une désadaptation importante de votre système d'antenne.

D'une façon générale, il est conseillé de vérifier de temps à autre

- le **courant plaque Ip du transceiver** : un Ip qui ne correspond pas au dip est le signe d'un mauvais réglage du TUNE et d'un mauvais rendement
- le **courant plaque Ip** et le **courant grille Ig du linéaire** : un Ig trop important est le signe d'une désadaptation de l'antenne ou mieux dit, du système antenne + ligne de transmission + coupleur d'antenne. La boucle d' ALC tend à maintenir la puissance constante et demande plus de puissance au transceiver et comme le Ig est proportionnel à la puissance d'entrée du linéaire, le Ig augmente... cqfd
- le **SWR** du système d' antenne, un SWR inférieur à 1,5 est considéré comme acceptable
- et la **puissance de sortie**

### **5.10. Le transistor utilisé comme interrupteur**

*Ceci n'est pas prévu dans le programme HAREC et pourtant ce paragraphe est très important ...*

*Dans certaines application un transistor doit commander un relais, une LED, ou un dispositif qui consomme "assez bien de courant". Dans ce cas on ne doit pas amplifier de façon linéaire comme nous avons exposé plus haut, mais il s'agit bien de faire conduire ou non un transistor.*

*Il faudra dans ce cas que*

- *le transistor soit parfaitement bloqué lorsqu'il n'y a pas de tension. C'est pour cette raison que l'on met une résistance  $R_1$  et la diode  $D_1$ .*
- *le transistor soit tout à fait conducteur lorsqu'il y a une tension sur la base. Il faudra donc prendre un transistor dans la tension de saturation (encore appelée tension de déchet") soit aussi faible que possible. Pour que le transistor soit saturé il faudra que le courant dans la base soit  $\gg I_C / \beta$*

### **5.11. Que faut-il connaître pour l'examen HAREC ?**

*Le programme HAREC prévoit les points suivants :*

- *Amplificateurs à basse fréquence [BF] et à hautes fréquences [HF]*
- *Facteur d'amplification*
- *Caractéristique amplitude/fréquence et largeur de bande*
- *Classes de polarisation A, A/B, B et C*
- *Harmoniques [distorsions non linéaires]*