

STABILISATEURS DE TENSION

par E. LAFFET

Ces tubes devraient trouver leur emploi dans tous les ensembles électroniques, mais, pour une raison qui nous échappe, on ne les trouve que dans les ensembles coûteux et complexes.

Ils sont pourtant faciles à insérer dans les montages existants et de plus, ils font appel à des notions fort simples, et parfaitement connues ; leur cathode dispense généralement de la fourniture d'énergies pour le chauffage, et, en dehors d'un faible courant de régulation, ils sont très peu gourmands.

L'atmosphère gazeuse.

La majorité des modèles dérive du principe de l'ionisation de certains gaz, lorsqu'on applique à leurs bornes un potentiel suffisant. Les thyratrons, eux aussi, utilisent cette propriété, et même les tubes au néon n'y sont pas étrangers ; en fait, ces derniers types peuvent fort bien constituer des régulateurs élémentaires et, inversement, les tubes stabilisateurs peuvent servir, à la rigueur, de relaxateurs en dent de scie (fig. 1). Ces tubes se présentent donc

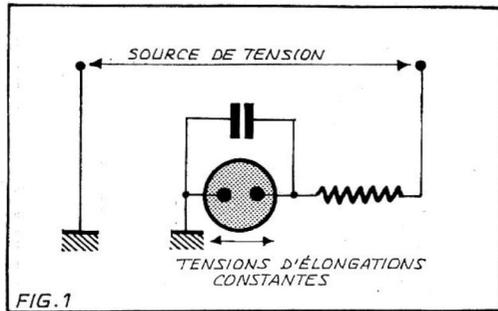


FIG. 1. — Un tube au néon peut servir, à la fois, de régulateur de tension et de relaxateur élémentaire.

généralement sous la forme de diodes, dont la cathode émet des électrons en nombre croissant avec la tension existant aux bornes de l'espace anode-cathode. Ces électrons augmentent, du moins, de cette façon, jusqu'à une certaine tension ; pendant ce temps ils rencontrent sur leur trajet, les ions du gaz inclus dans l'ampoule et chacun de ces heurts provoque des électrons secondaires, toujours plus nombreux. Pour cette

Eléments de butée.

En réalité, le point B constitue une nouvelle limite et même une limite très importante, dont il faudra sérieusement tenir compte dans l'emploi de ces organes : elle constitue la valeur la plus élevée qui puisse traverser le régulateur lui-même. En poussant l'expérience plus loin, on provoquerait un arc qui serait une autre cause de mort prématurée par destruction anticipée, de la couche émissive de la cathode.

Dans un cas extrême — qui ne présente évidemment aucun intérêt pratique — on ne pourra jamais prévoir, dans le circuit à régler lui-même, un courant supérieur à

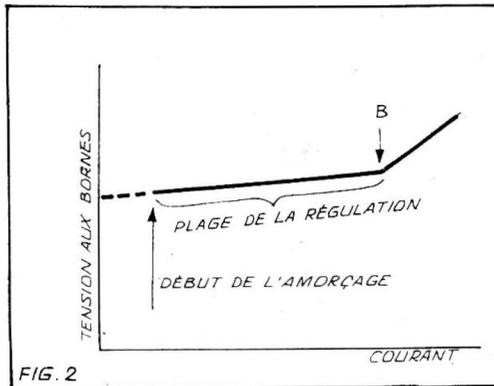


FIG. 2. — Partie la plus caractéristique de la courbe d'un régulateur de tension. Au-delà de B la chute de tension redevient dépendante du courant qui le traverse.

tension, en quelque sorte limite, on assiste à l'amorçage de l'espace intérieur ; le nombre des électrons ne varie, en principe plus, et, surtout, il n'augmente plus. En d'autres termes, une fois que nous avons atteint ce potentiel assez critique (fig. 2), même de grands écarts du courant qui traverse le tube régulateur, n'y déterminent toujours que la même chute de potentiel. Nous nous écartons ainsi de la loi d'Ohm et l'effet de stabilisation est obtenu ; à quelques réserves théoriques près, on pourrait tracer la courbe de notre figure 2 qui résume bien les propriétés que nous venons de détailler ; mais elle montre aussi que l'effet de régulation cesse au-delà de B, puisque, alors, une augmentation de courant entraîne de nouveau une chute de tension plus importante.

cette valeur. Tel sera le but de la résistance R à insérer, comme le montre notre figure 3 et dont la valeur pourrait déjà être déterminée en se basant sur ce maximum de courant.

Voyons le cas d'un OA2, qui admet 30 mA au maximum pour une tension régulée de 150 V ; si nous partons d'une tension de 190 V, qui risque de varier de 15 %, et peut donc atteindre 220 V, nous pourrions trouver, aux bornes de R, dans le cas le plus défavorable, 220 — 150 = 70 V provoqués par 30 mA (toujours dans l'hypothèse la moins bonne) :

$$R = \frac{70}{30} = 2,35 \text{ K}\omega.$$

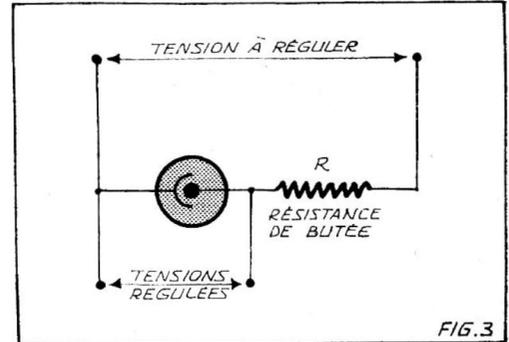


FIG. 3. — Un régulateur de tension n'admet qu'une quantité bien déterminée de courant : la résistance de butée R est chargée de le limiter à son maximum.

A cette valeur inférieure, s'oppose une autre limite qui concerne toujours le courant : pour avoir une chance de provoquer l'amorçage du tube, il lui faut un minimum d'électrons et on chiffre ainsi, dans ce même tube OA2, à 5 mA au moins, le courant nécessaire, soit ici :

$$R' = \frac{70}{5} = 14 \text{ K}\omega.$$

Suivant l'utilisation, et suivant la tolérance recherchée, on choisira une valeur intermédiaire. Si les circuits à réguler consomment, par exemple, 15 mA (fig. 4), on pourrait réserver 8 mA au courant même qui traverse le tube régulateur et en A se présenteraient 23 mA, qui détermineraient, pour R, une valeur de 3 000 Ω environ.

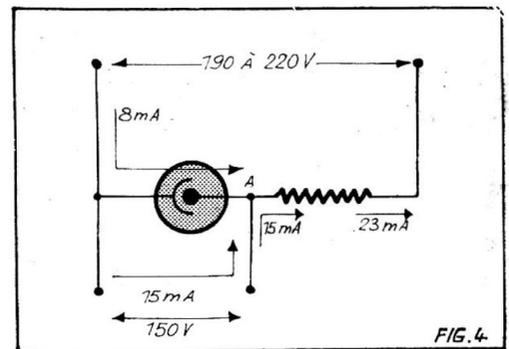


FIG. 4. — En A, il faut additionner le courant consommé par le circuit qui forme la charge, et celui qui traverse le régulateur lui-même.

Associations.

Si, contrairement à nos habitudes, nous avons développé, quelque peu, ces calculs, d'ailleurs, fort élémentaires, c'est pour pouvoir mieux en dégager toute la souplesse.

Les fabricants français et américains offrent toute une gamme de ces tubes, permettant des régulations dans une plage de tension, théoriquement illimitée. On peut, en effet, sans précaution majeure, les associer en série, pour trouver aux bornes de chaque élément la tension régulée qui lui est propre (fig. 5). Toutefois — et les calculs précédents ont précisément permis

(1) Voir les nos 176 et suivants de *Radio-Plans*.

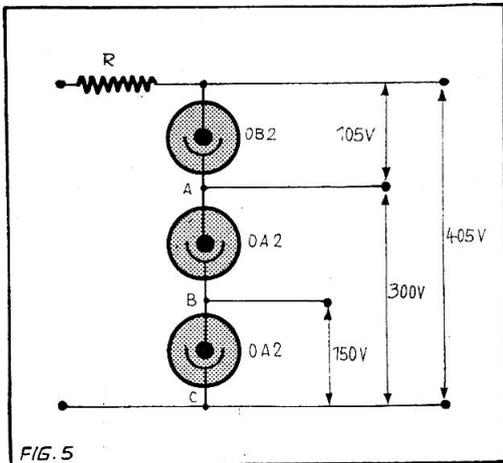


FIG. 5.

FIG. 5. — Les régulateurs peuvent s'associer — avec certaines précautions — en cascade pour fournir plusieurs valeurs de potentiels régulés.

de le montrer sans difficulté — il serait bon de ne pas perdre de vue trois détails, au moins :

1° L'association en parallèle risquerait de faire parcourir telle ou telle section par un courant supérieur à la valeur admise et cette solution est donc à proscrire ; mieux vaut employer un régulateur supportant lui-même une intensité plus grande ;

2° L'un des tubes de la série risque d'amorcer plus tôt que l'autre, ce qui déséquilibrerait la chaîne en provoquant d'autres amorçages plus tôt que prévu. On ne peut donc se contenter d'additionner les tensions « individuelles » ;

3° En utilisant, en même temps, les tensions régulées de A en B et de A en C, l'un des tubes risque d'être traversé par la somme des courants et, là encore, il faudra, dans les calculs, bien tenir compte de ce détail.

Avec ces réserves et en plaçant toujours l'anode du régulateur au potentiel le plus fort, il sera tout aussi aisé d'obtenir des tensions — négatives — de polarisation très stables (fig. 6), comme la consommation des circuits de grille est la plupart du temps restreinte, sinon nulle, on aboutit, par le truchement de la tension de commande, à une régulation souvent aussi bonne et, en tous cas, moins coûteuse en énergie.

Pentodes réglées.

La plus sérieuse limitation de ces tubes régulateurs vient de ce maximum de courant, que l'on ne peut pas dépasser et dont il faut même se tenir assez éloigné. Certes, il existe des versions — rares, spécifions-le — qui admettent jusqu'à 200 mA, mais l'association de types courants, avec des tubes de puissance, pentodes ou autres,

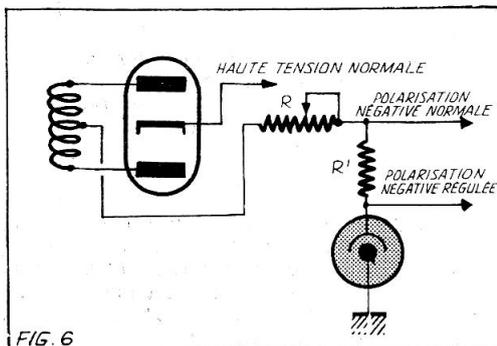


FIG. 6.

FIG. 6. — L'anode du régulateur doit toujours revenir au potentiel le plus élevé : pour obtenir une polarisation négative stabilisée, il suffit, entre autres, d'inverser le branchement du régulateur.

tout aussi courantes, conduit à des solutions techniquement plus simples et plus souples.

Tout se passe comme si la résistance de butée (fig. 7) était remplacée par la résistance interne de cette lampe de puissance V_1 . Sans entrer dans les détails du montage, on voit que la tension à réguler est appliquée entre son anode et la masse et que la tension régulée est prélevée entre cette même masse et la cathode. La résistance interne varie, à tension anodique égale, avec le courant-plaque, et celui-ci varie avec la polarisation de la grille de commande.

Pour agir sur cette polarisation, on alimente la grille d'une pentode à forte pente V_2 par une fraction de la tension stable à obtenir et on stabilise cette dernière polarisation par un tube régulateur inséré dans la cathode. Toute tendance à augmentation de la haute tension se répercute dans la

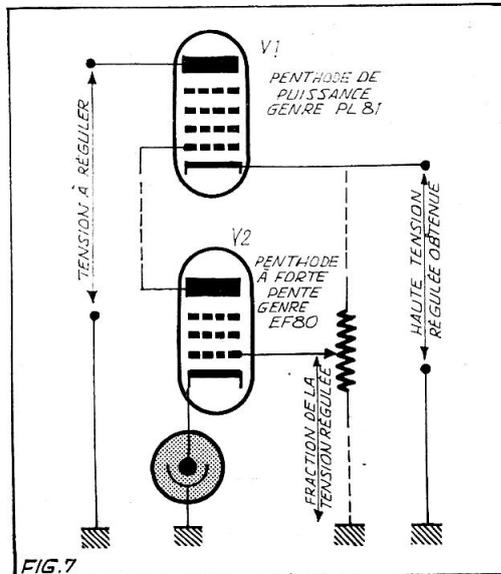


FIG. 7.

FIG. 7. — L'association de ces deux pentodes, dont une de puissance, avec le régulateur, permet d'augmenter, en principe, le débit de la haute tension ainsi régulée.

plaque de V_2 , donc indirectement dans la tension de V_1 et on rétablit les conditions initiales. Le tube régulateur proprement dit n'est traversé que par le courant cathodique de la pentode V_2 , et la consommation totale du circuit ne dépend plus que de la dissipation du tube de puissance V_1 .

Seule servitude du système : tenir compte de la chute de tension, assez sérieuse, dans le tube de puissance, ou encore prévoir une tension régulée — très inférieure à celle que délivre la cellule de filtrage — placée avant son anode.

Autres principes.

En marge de ces montages assez courants, nous citerons encore les tubes-relais qui, tout en se rapprochant de cette solution électronique, tiennent (fig. 8) autant du thyatron que du régulateur : c'est encore un tube rempli d'une atmosphère gazeuse. Au repos, le tube ou plutôt l'espace anode-cathode, n'est pas conducteur et aucun courant ne le traverse : il suffit, par contre, d'une très faible variation de tension aux plots intéressés, pour que le tube amorce et puisse alors être traversé par un courant assez intense ; l'intérêt essentiel du système est que l'électrode auxiliaire se contente de quelques microampères.

Autre vieille connaissance, enfin, du temps des — nullement regrettés — récepteurs à chauffage série : le tube fer-hydrogène. Comme bon nombre d'autres métaux, il existe, pour le fer, une température à

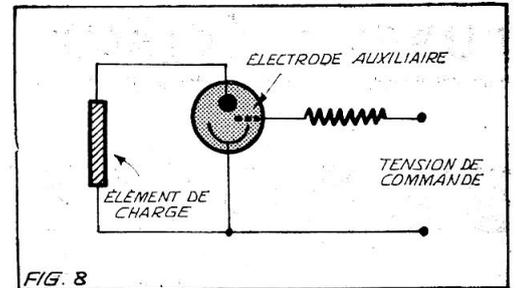


FIG. 8.

FIG. 8. — Principe du tube-relais, qui permet, lui aussi, de contrôler la tension obtenue.

partir de laquelle il perd ses qualités magnétiques, ce qui s'accompagne — accessoirement, spécifions-le bien — d'une augmentation de sa résistance. Toute variation de tension (fig. 9), détermine une variation de l'intensité et de la température — simple effet Joule — mais aussi, à partir de l'endroit indiqué, une augmentation de la résistance, ce qui réduit, par contre-coup, l'intensité... et l'effet régulateur est obtenu.

Comme ce point critique B se situe aux environs de 800 °, on enferme ce filament de fer dans une enceinte remplie d'hydrogène, puisque ce gaz est bon conducteur de la chaleur.

Nous croyons avoir insisté ainsi sur l'essentiel des innombrables applications de ces tubes régulateurs ; spécifions encore, pour terminer, qu'ils ne sont pratiquement pas sujets au vieillissement (au bout de 8 000 heures, la variation n'atteint pas 2 % d'après des essais objectifs), ce qui ne fait qu'ajouter à leurs qualités indiquées. Article 120

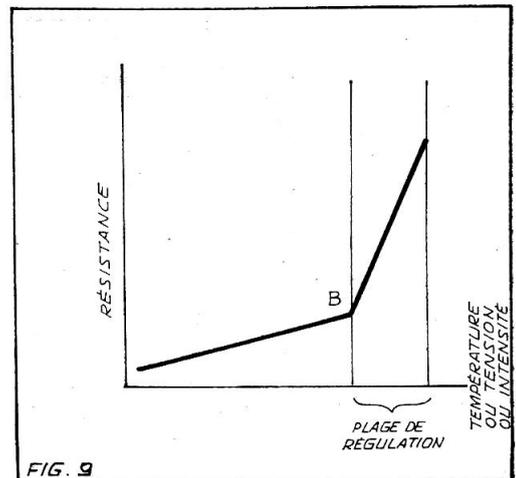


FIG. 9.

FIG. 9. — Extrait de la caractéristique d'un tube Fer-Hydrogène : au-delà de B — le point dit de Curie — la résistance ohmique augmente très brusquement.

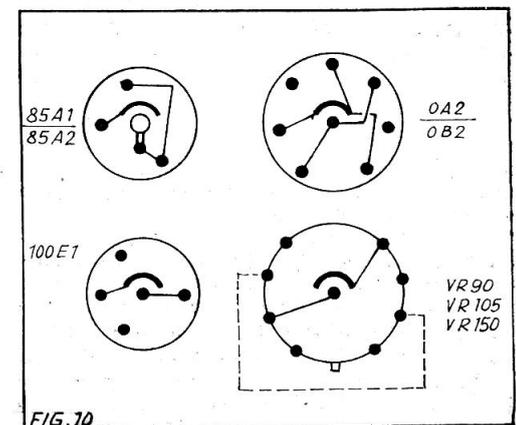


FIG. 10.

FIG. 10. — Quelques brochages de régulateurs courants.