



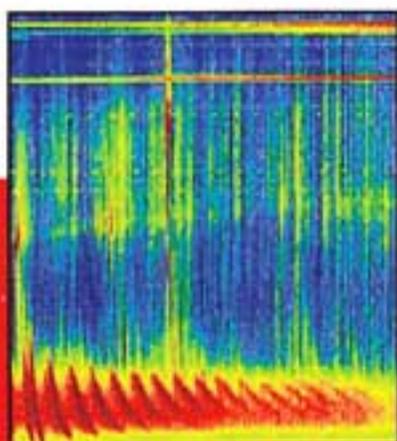
# radiofil

## magazine

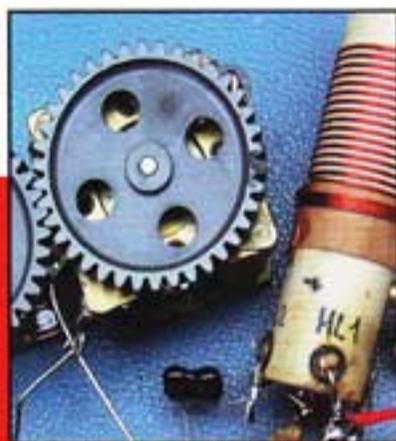
La revue de l'association française des amateurs de TSF et reproduction du son



# Indicateurs visuels d'accord



Whistlers et tweeks : ondes radio naturelles



Réalisation :  
une radio à 1L4



Construisez  
un oscilloscope  
simple

# 48

janvier-février 2012  
Parution bimestrielle  
Prix au numéro : 6 €

# Les indicateurs visuels d'accord

par Daniel Maignan

Indiquer l'accord précis d'un récepteur sur la bonne longueur d'onde (ou la fréquence) de la station à recevoir, ou bien encore orienter au mieux un cadre, mais aussi fournir des arguments commerciaux et esthétiques, tels furent les rôles de ces dispositifs.

L'histoire des indicateurs d'accord est presque aussi vieille que celle de la radio. Les ingénieurs ont souvent dû faire preuve d'ingéniosité pour créer ces dispositifs qui mettaient en œuvre des techniques souvent innovatrices.

Pour en être pourvus, les récepteurs devaient avoir une détection de niveau du signal, circuit du reste indispensable pour faire fonctionner la Commande Automatique de Gain<sup>1</sup> qui fut inventée au début des années trente.

À l'issue de cet article, nous examinerons les indicateurs analogiques à aiguille, qui permettent en plus de l'accord, d'effectuer une mesure rela-

tive du niveau de réception. Ces derniers appelés « Smètre » peuvent également servir à l'alignement des circuits du récepteur.

*To provide an accurate tuning of a receiver to the right wavelength (or frequency) of the radio transmitter, either still to turn a loop antenna to the best direction, but also to supply commercial and aesthetic arguments, such were the purposes of these devices. The story of the tune indicators is almost as old as that of the radio. The engineers often had to show ingenuity to create these devices which implemented somewhat innovative techniques.*

*To be provided with it, the receivers had to have a signal level detection, besides indispensable circuit to put on the Automatique Gain Control<sup>1</sup> which was invented in the early 30s.*

*At the end of this article, we shall have a look on meter indicators, which furthermore often give a relative measure of the signal level. Those latters called "Smeters" can also be used to align the circuits of the receiver.*

## 1. Les indicateurs d'accord au néon

### Principe général du fonctionnement d'un tube au néon

Le courant dans le tube est constitué d'électrons libres et d'ions de gaz positifs qui ont perdu des électrons lors des collisions. Un certain nombre d'ions n'atteignent pas la cathode, car ils redeviennent électriquement des atomes de gaz neutres en captant des électrons dans l'espace.

Si on applique au tube une tension croissante  $E$  à travers une résistance  $R$ , en contrôlant la tension  $U$  aux bornes du tube et le courant  $I$ , on constate que la courbe a l'aspect représenté sur la figure 1 :

— partie OA : la tension croît jusqu'à  $U_a$  qui est la tension d'amorçage. Celle-ci est une caractéristique du gaz utilisé ;

1. — Pour réduire les variations de niveau de réception dues au phénomène d'évanouissement (fading), ou tout simplement aux différences de puissance des stations.

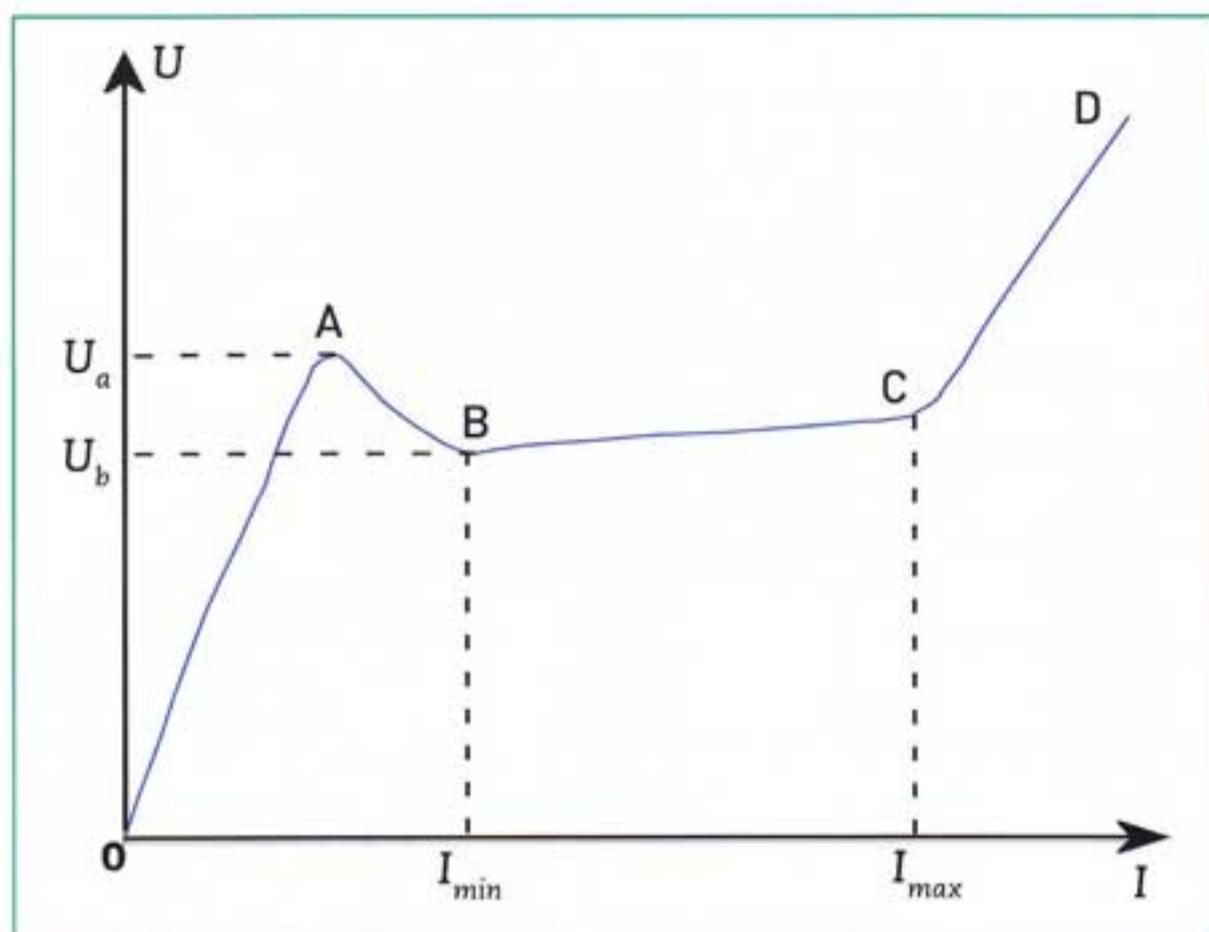


Figure 1. — Caractéristique d'un tube à gaz.

— partie BC : une fois le gaz ionisé, la tension aux bornes du tube reste sensiblement constante lorsque le courant varie, c'est la zone d'utilisation ;

— partie CD : au-delà, la décharge devient disruptive et ne correspond plus à la zone d'utilisation.

### Les indicateurs d'accord à gaz néon

Ces dispositifs, fabriqués en Europe par la firme allemande Osram ont équipé les postes plutôt haut de gamme<sup>2</sup> des années d'avant-guerre (1933-1938).

Le tube qui comporte trois électrodes — une cathode froide recouverte d'oxydes émissifs, une anode ainsi qu'une électrode auxiliaire de maintien d'amorçage — est rempli d'un gaz inerte sous faible pression. Une tige de la longueur du tube remplit le rôle de la cathode. Une anode circulaire et une électrode auxiliaire également circulaire se trouvent à la base du tube (figure 2).

Le tube peut luire jusqu'aux plus petites intensités grâce à cette électrode auxiliaire qui est chargée de

maintenir un pré-allumage. Le courant dans cette électrode ne doit pas dépasser 0,3 milliampère. La hauteur de la colonne lumineuse autour de la cathode est fonction du courant qui traverse le tube, comme le montre le graphe de la figure 3.

La position précise de l'accord engendre une variation du courant qui provoque une brusque augmentation de hauteur de la colonne lumineuse (figures 4a et 4b).

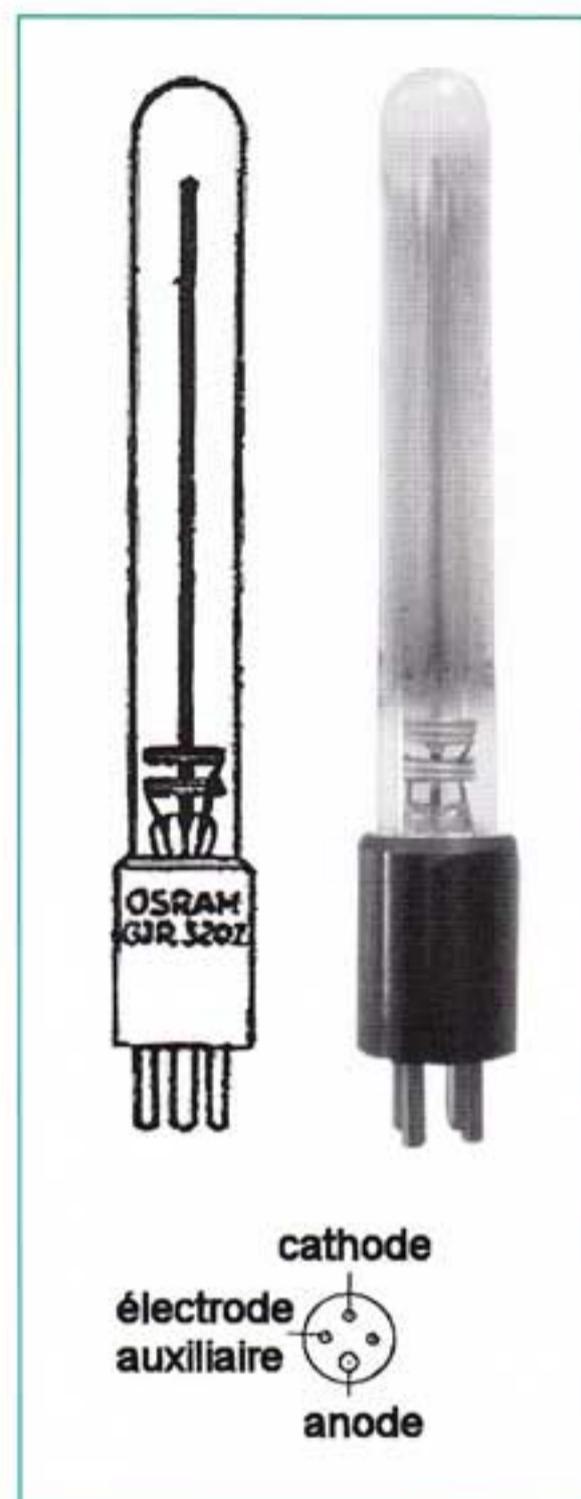


Figure 2. — Tube Osram GJR320Z.

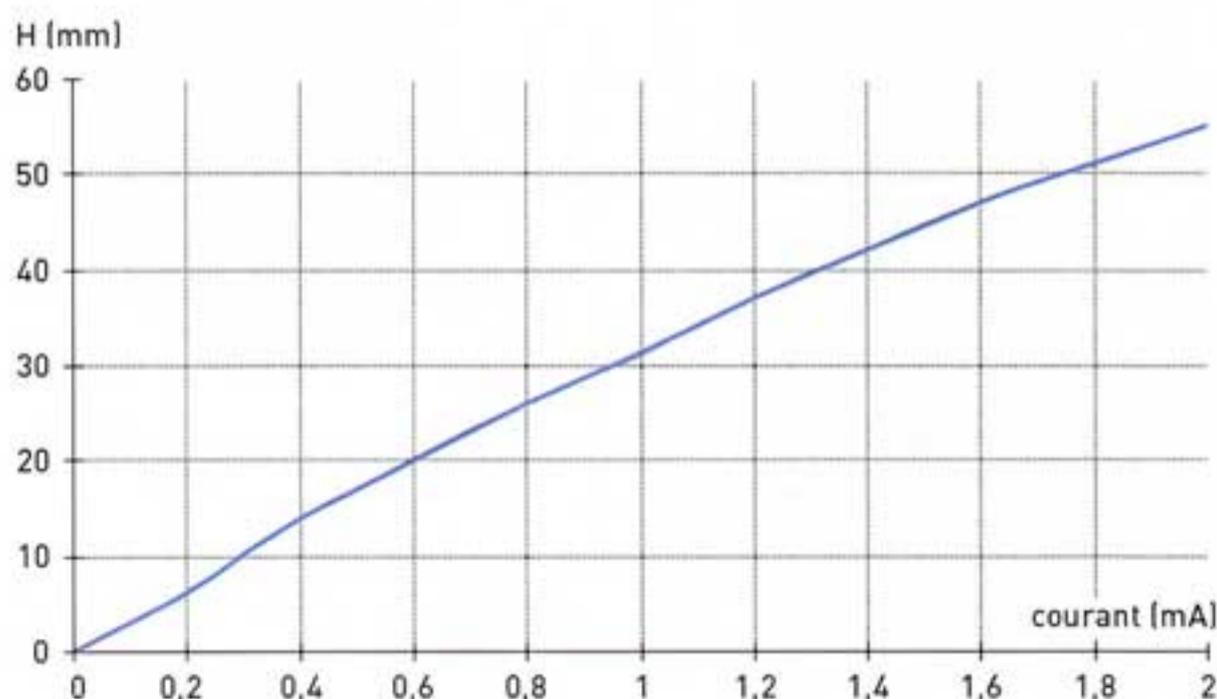


Figure 3. — Hauteur en fonction du courant [modèle GJR320Z].

2. — En France chez Ducretet par exemple.



Figure 4a. — Tube indicateur au néon en fonctionnement.



Figure 4b. — Tube indicateur au néon (vue de détail).

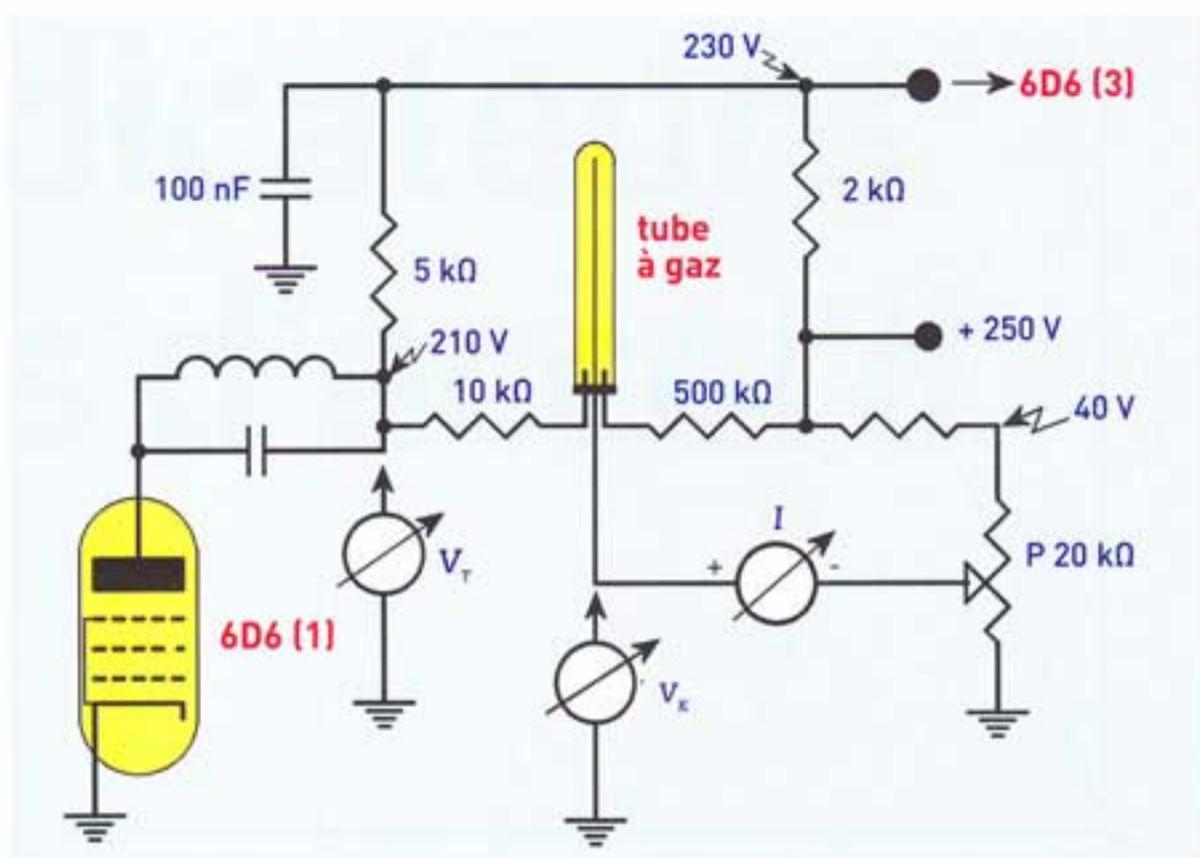


Figure 5. — Circuit du Ducretet C736.

Examinons à titre d'exemple le schéma de la figure 5 qui correspond au circuit du Ducretet C736. Le potentiomètre de 20 kΩ accessible sur l'arrière du châssis permet de positionner le point de repos de la colonne que l'on fixe à 0,3 mA par exemple

pour avoir une hauteur de colonne de 10 mm (figure 3).

La tension  $V_T$  en sortie de la résistance de 10 kΩ est égale à 210 V.

En tournant le condensateur variable de syntonisation du poste, au passage de l'accord, l'action de la commande automatique de gain produit une réduction brutale du courant anodique. La tension  $V_T$  augmente, mais comme la tension aux bornes du tube est maintenue constante par l'ionisation du gaz, le courant dans la 10 kΩ et dans le tube s'accroît, ce qui provoque un accroissement de hauteur de la colonne lumineuse.

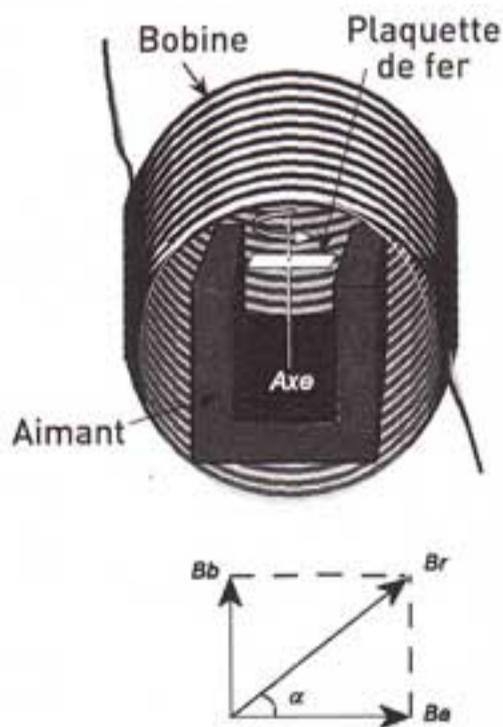


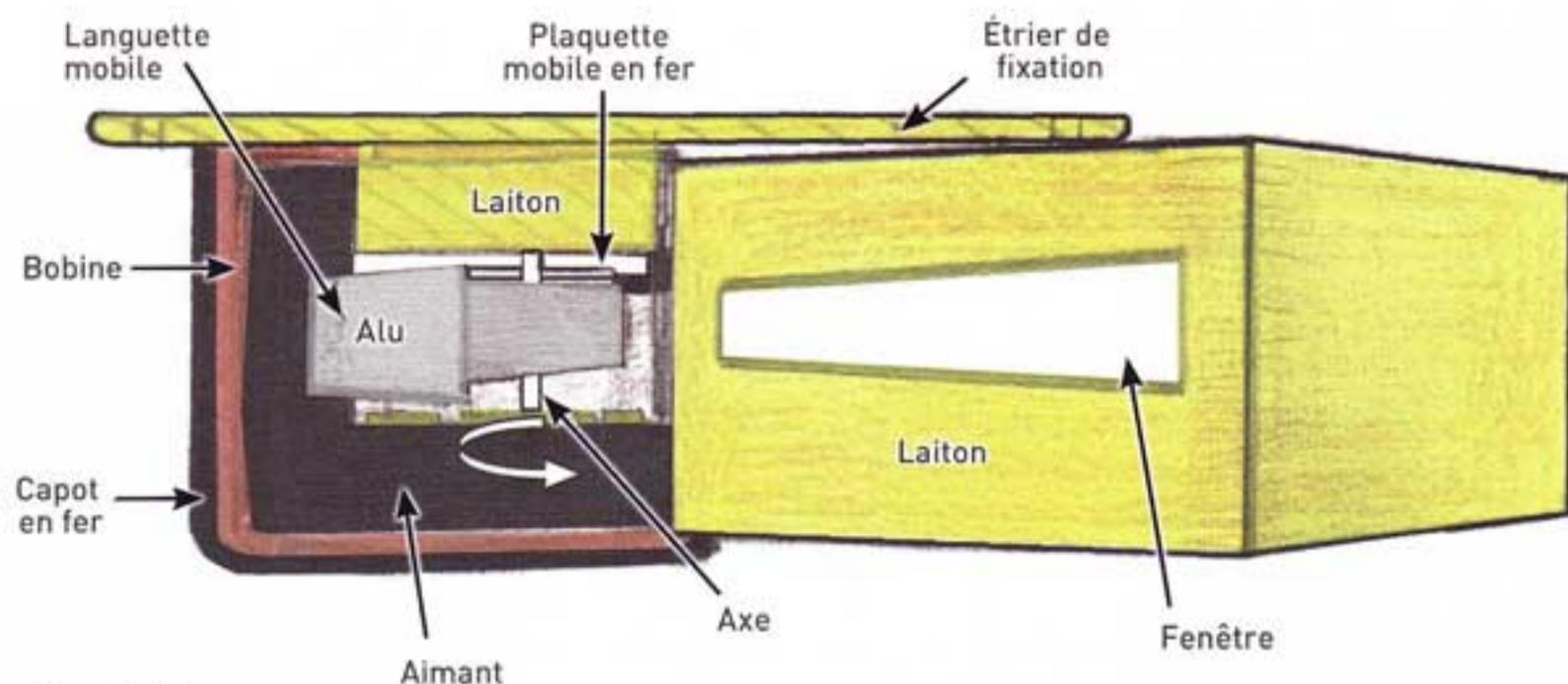
Figure 6. — Schéma d'un indicateur à ombre (vue de face).

## 2. Les indicateurs à ombre (shadow meters)

Ce dispositif est généralement connecté en série dans le circuit anodique d'un ou plusieurs tubes contrôlés par la CAG.

Le mécanisme met en œuvre un aimant permanent en forme de U et une petite lamelle en fer doux montée sur pivots et solidaire du système d'indication proprement dit (figure 6).

Par-dessus l'aimant se trouve un bobinage disposé de telle sorte que le courant qui le traverse produit une induction magnétique  $B_b$  dont



DM janvier 2011

Figure 7. — Schéma d'un indicateur à ombre (vue de dessus).

la direction fait un angle droit avec le champ de l'aimant permanent  $B_a$ . Lorsque la bobine est inactive, la lamelle de fer doux tend à fermer l'entrefer de l'aimant en s'alignant sur les lignes de force.

Si maintenant la bobine est siège d'un courant, la lamelle de fer doux est soumise à la composition des deux vecteurs d'induction et s'oriente dans la direction de leur résultante  $B_r$ . L'angle de la déviation

sera d'autant plus grand que le courant dans la bobine sera important.

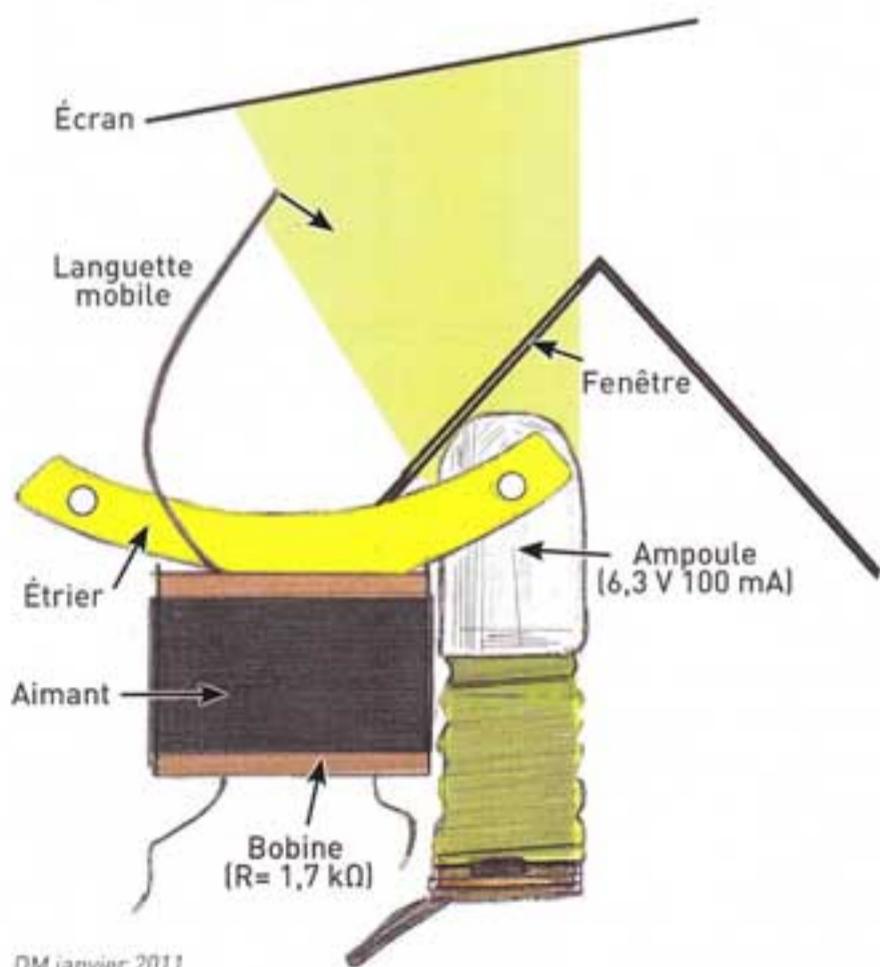
La lamelle entraîne dans sa rotation une languette en aluminium (volet) qui occulte graduellement une fenêtre à travers laquelle est projeté l'éclairage d'une ampoule sur un écran translucide (voir les figures 7 et 8).

La figure 9 représente le schéma classique que l'on retrouve chez plusieurs constructeurs en 1936-

1937, tels Lemouzy, Sonora etc., dans lesquels le dispositif est en série dans le circuit anodique d'un tube 6D6.

En figure 10a on voit la photo d'un indicateur démonté pour une série de mesures sur table afin de tracer le graphe de la figure 10b.

Il existe aussi des indicateurs plus « dynamiques », datant de la même période et plus sophistiqués d'un point de vue électromécanique,



DM janvier 2011

Figure 8. — Schéma d'un indicateur à ombre (vue de profil).

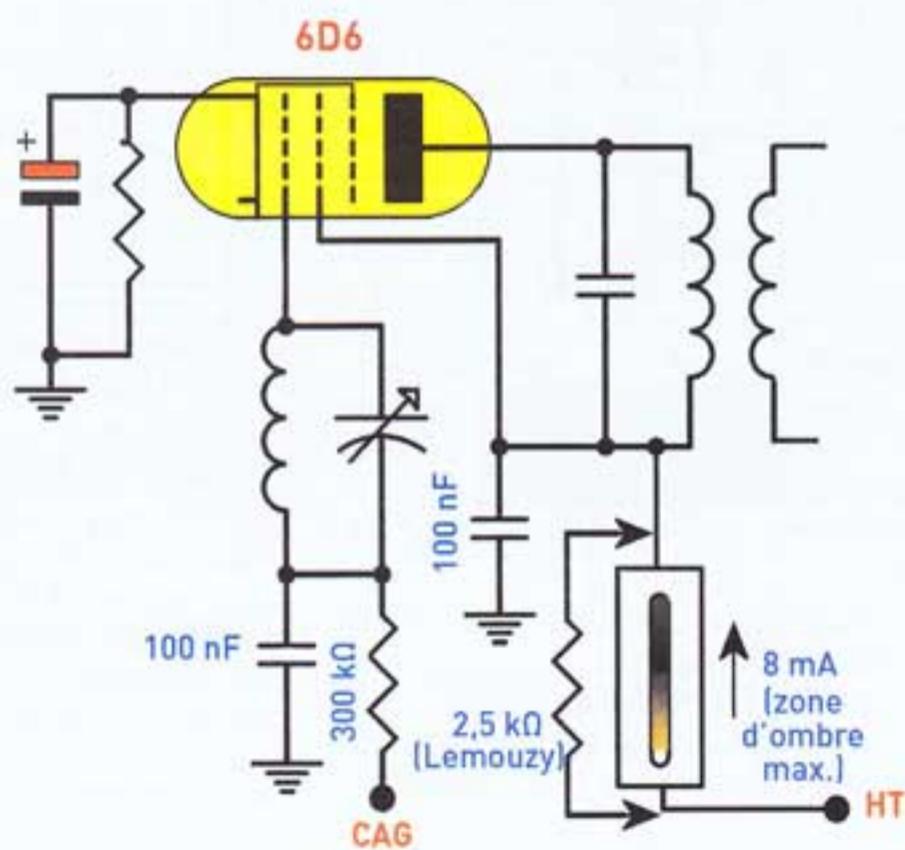


Figure 9. — Schéma d'indicateur à ombre époque 1936-1937 (Sonora SF6, Lemouzy IYR, etc.).

mais reposant sur le même procédé optique, avec une échelle lumineuse produite par un obturateur tournant ou vibrant.

Dans ces modèles, l'indicateur prend l'aspect des bargraphs modernes<sup>3</sup> avec la zone d'ombre située au centre de la fenêtre et deux zones lumineuses symétriques qui s'étendent de part et d'autre.

## 3. Les inductances à noyau saturé

Ce système se rencontre chez Philips (modèle 536A par exemple) et aussi avec des variantes chez plusieurs constructeurs américains<sup>4</sup>.

Il repose sur le phénomène de saturation d'un circuit magnétique, lorsque le champ magnétisant dépasse une certaine limite.

Examinons cette portion de schéma en figure 11 qui correspond au 536A et que l'on a simplifié pour la compréhension.

Trois bobinages P1, P2 et S sont réalisés sur un noyau de fer saturable. Le transformateur d'alimentation fournit à la lampe une tension de 7 V alternatif 50 Hz à travers l'enroulement S. Le point milieu du secondaire HT est connecté à la masse à travers l'enroulement P1. Ce dernier est par conséquent traversé par la totalité du courant consommé par l'alimentation HT. Le nombre de tours a été déterminé de façon que ce courant provoque la saturation du noyau magnétique. Le courant anodique des deux premiers tubes (AF3 et AK2) qui est contrôlé par la CAG traverse l'enroulement P2. Celui-ci est connecté de telle sorte que l'induction magnétique qu'il engendre se trouve en opposition avec celle de P1.

Sans signal reçu, la tension de CAG est faible et le courant anodique élevé dans les deux tubes AF3 et AK2 réduit la saturation du noyau. L'inductance L de l'enroule-

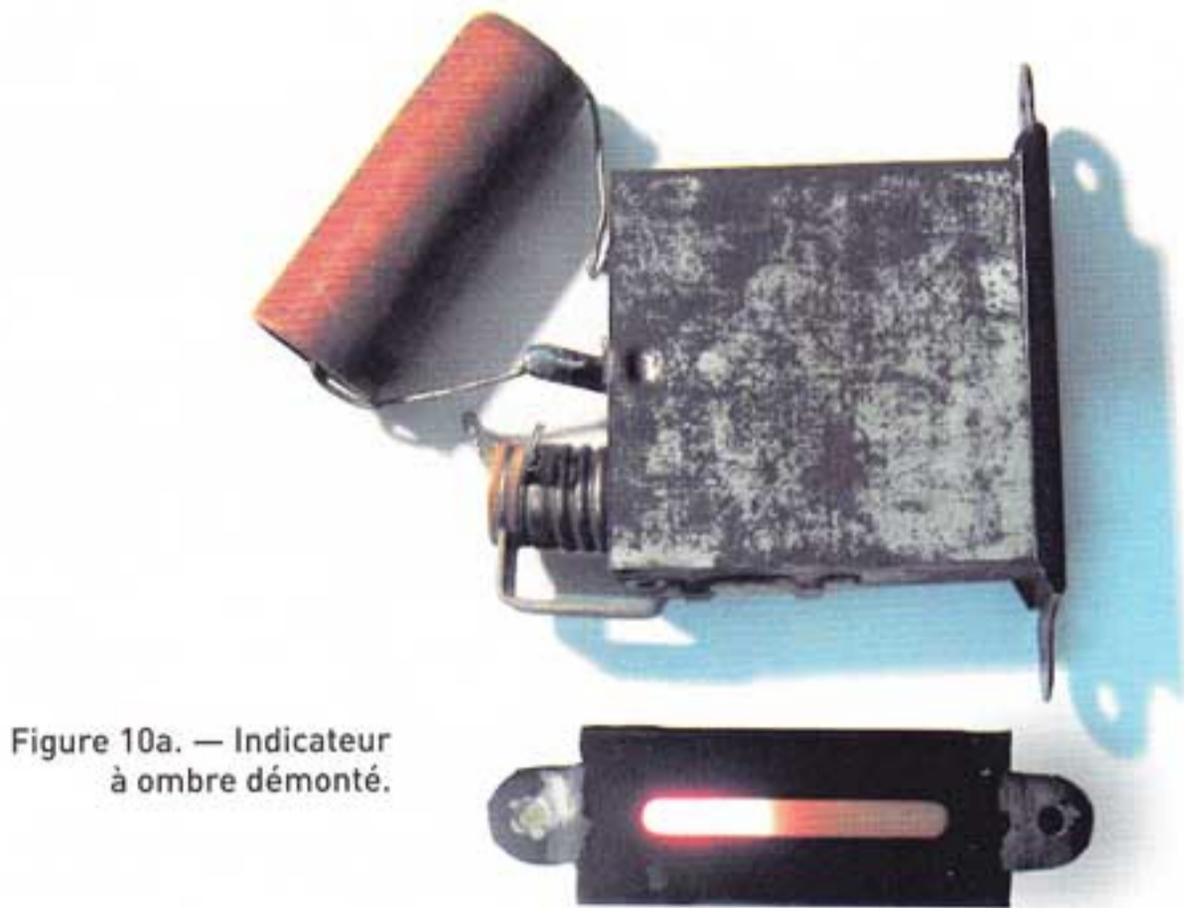


Figure 10a. — Indicateur à ombre démonté.

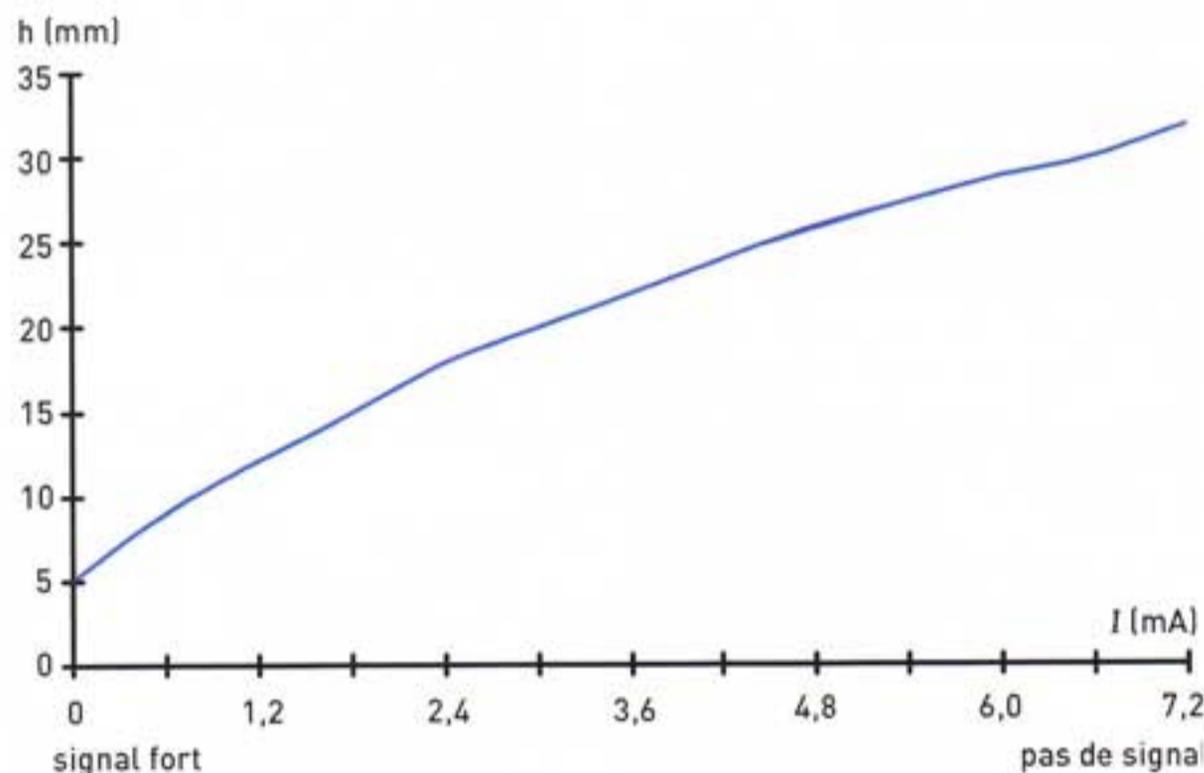


Figure 10b. — Indicateur à ombre (hauteur de l'ombre =  $f(I)$ , R bobine = 1,7 k $\Omega$ .)

ment S est donc au maximum de sa valeur de fonctionnement et donne une réactance  $L\omega$  élevée en série avec l'ampoule. Celle-ci délivre une lueur à peine visible.

À l'inverse, lorsqu'un signal est reçu, le courant anodique diminue, le champ magnétisant augmente jusqu'à la saturation et provoque la chute de l'inductance, la tension

croît et la lampe fournit une intensité lumineuse supérieure.

Le rôle du condensateur chimique de 16  $\mu\text{F}$  est de supprimer la composante alternative réinduite dans P2 par le courant alternatif de l'ampoule.

Ce procédé progressif, sans commutation devait donner un effet assez agréable.

3. — Shadowgraphs : Philips, Excelsior en Europe, Philco, etc.

4. — Westinghouse, General Electric etc.

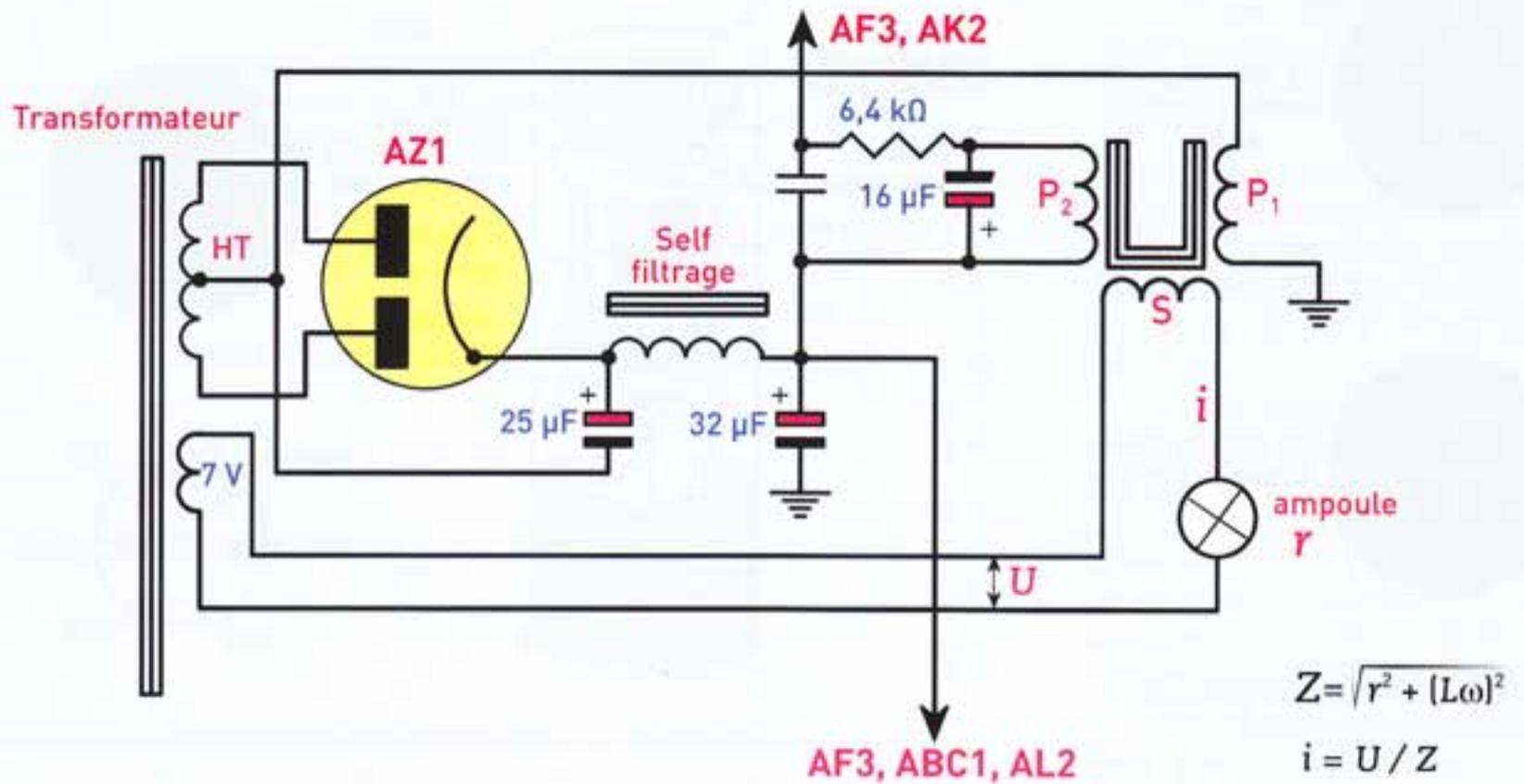


Figure 11. — Circuit à noyau saturé d'un Philips modèle 536A.

## 5. L'indicateur cathodique

Son apparition sur le marché en 1935 a rapidement sonné le glas des autres systèmes, si bien qu'il demeura l'unique dispositif à équiper les postes à l'aube de la deuxième guerre mondiale.

### Les œils magiques

Leur utilisation a débuté vers 1935. De nombreux récepteurs en furent équipés (6E5 aux USA et le EM1 chez Philips). Le schéma de la figure 12 permet de comprendre le fonctionnement de l'indicateur.

Les électrons qui sont émis par la cathode et dont le flux est contrôlé par la grille, viennent frapper la surface de la cible recouverte d'une matière fluorescente. Sous l'effet de ce bombardement électronique, la matière développe une luminescence (de couleur verte avec un dépôt à base d'oxyde de zinc et de silicate de manganèse). Le tube comprend également une anode munie d'un prolongement métallique en regard de la cible (figure 13).

5. — Marque Fada aux USA.

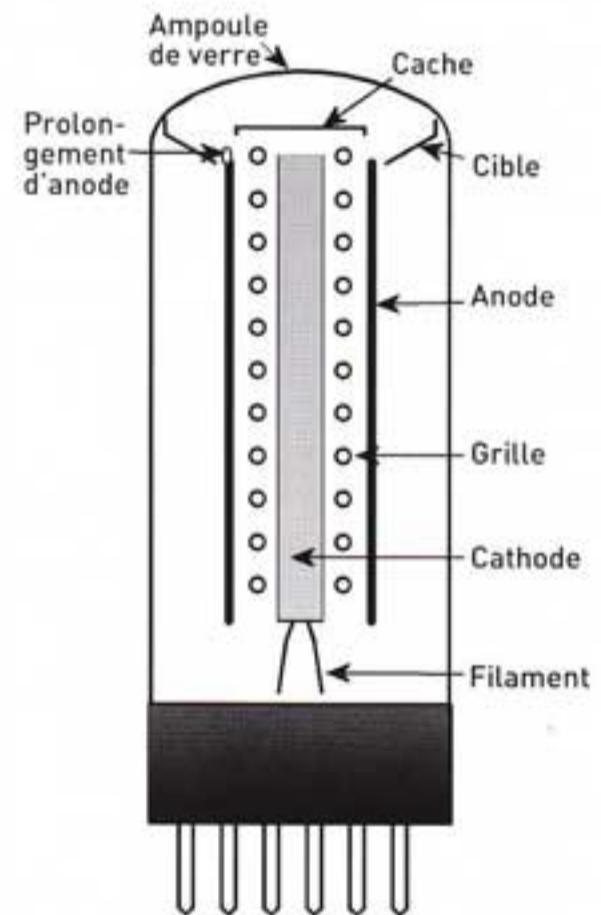


Figure 13. — Œil magique.

Celle-ci est réunie à la haute tension et l'anode est chargée par une forte résistance (1 à 2 MΩ en général).

Avec une grille très négative, le courant anodique est très faible.

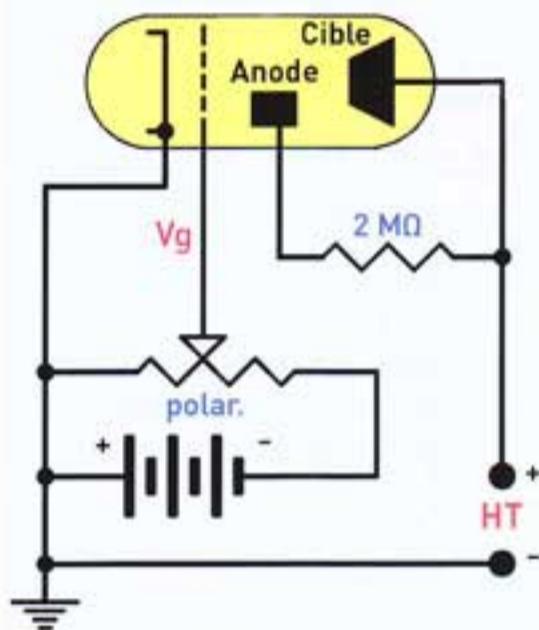


Figure 12. — Schéma de fonctionnement d'un indicateur cathodique.

## 4. La lampe pilote

C'était un système pour le moins rudimentaire : une ampoule s'allumait avec un interrupteur actionné par des encoches positionnées sur la circonférence du cadran. La position des encoches devait correspondre aux stations de la région de réception. Il ne s'agit pas là d'un indicateur d'accord au sens propre du terme <sup>5</sup>.



Figure 14. — Œil magique en fonctionnement.

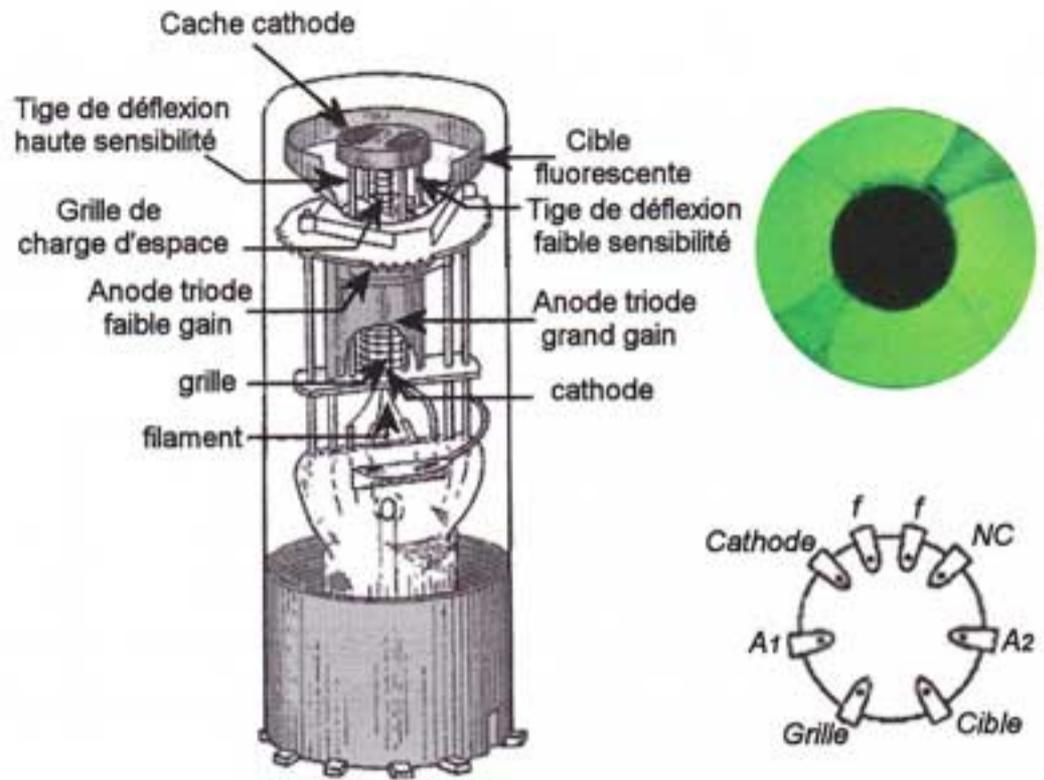


Figure 15. — L'indicateur cathodique EM4.

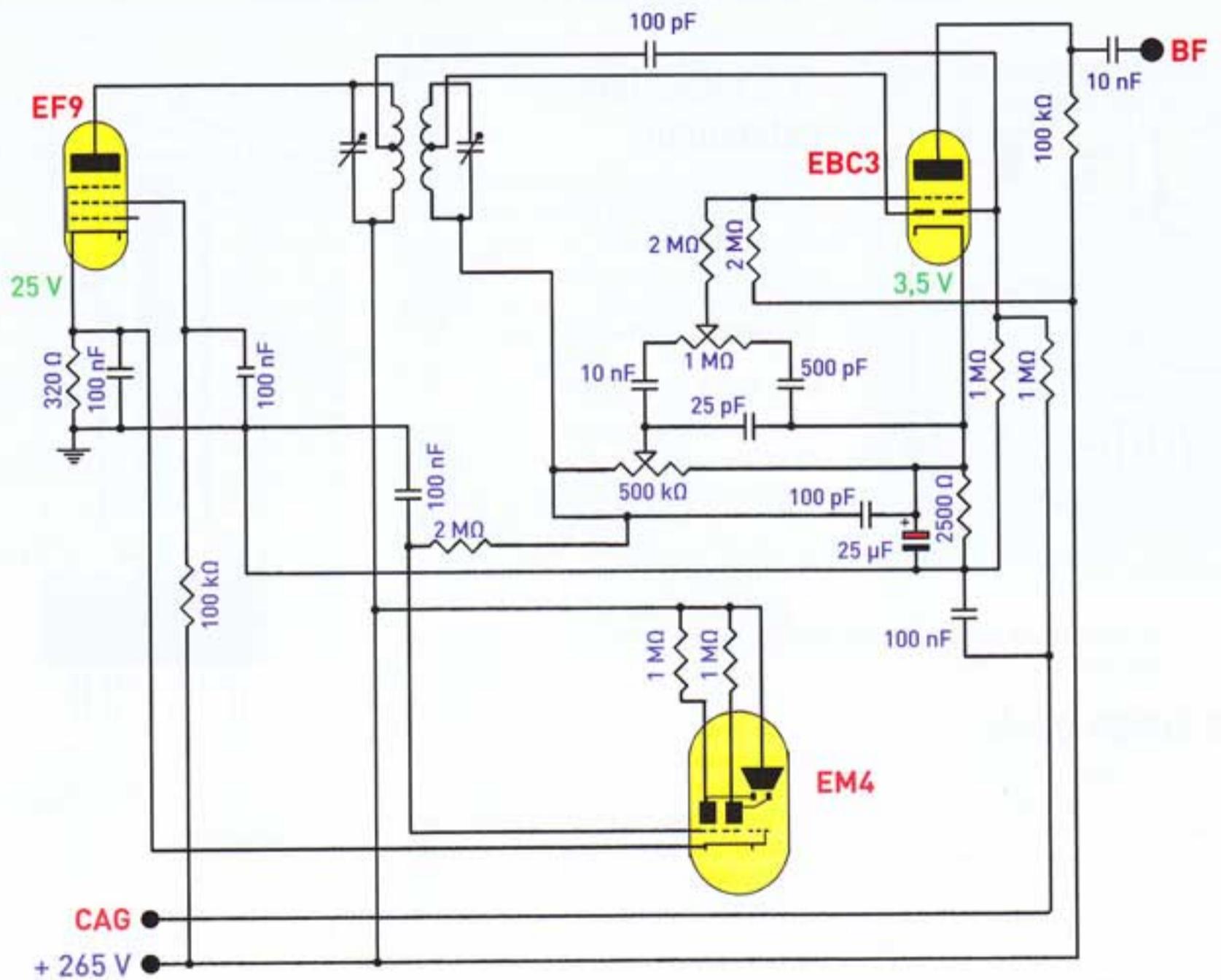


Figure 16. — Montage d'utilisation du trèfle cathodique.

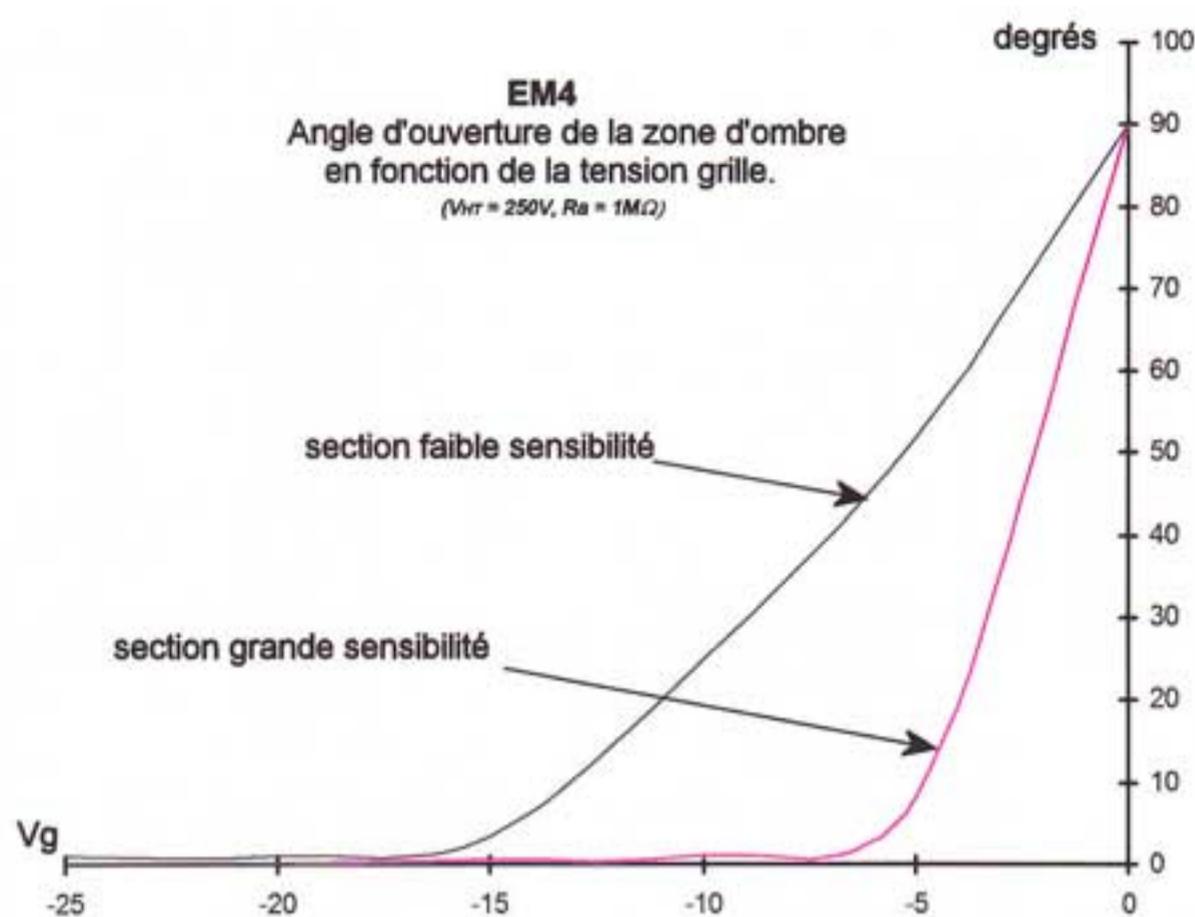


Figure 17. — Caractéristique du trèfle cathodique EM4.

Dans ces conditions, l'anode est pratiquement au même potentiel que la cible. La surface entière de cette dernière est lumineuse, excepté le petit secteur en regard du prolongement d'anode.

Si la tension grille se rapproche de zéro, le courant plaque augmente et la tension anodique diminue. Il existe entre la cible et l'anode un champ électrique important qui chasse les électrons au voisinage du prolongement, d'où une zone d'ombre qui augmente (figure 14).

### Le trèfle cathodique

Le principe est le même que l'œil magique, mais l'anode comporte quatre prolongements au lieu d'un seul. Il se forme ainsi quatre secteurs d'ombre en forme de trèfle à quatre feuilles.

Des indicateurs cathodiques à double sensibilité ont vu ensuite le jour, pour pallier les défauts des premiers, en offrant une meilleure dynamique. Ce sont le tube 6G5 (brochage US) à pente variable et le EM4 (brochage européen) à deux triodes.

Ce dernier qui est à double sensibilité, permet l'accord sur les signaux forts ou sur les signaux faibles. Il comporte seulement deux

secteurs fluorescents, l'angle de variation de l'un d'entre eux variant plus vite que celui de l'autre. La constitution interne du tube est représentée sur la figure 15. La cible conique est située au sommet. Entre la cathode et la cible se trouvent, en se déplaçant du centre vers l'extérieur, une grille de charge d'espace connectée à la cathode et deux tiges de déflexion diamétralement opposées et connectées chacune à une anode. Le dessus de la cathode est recouvert par un chapeau qui cache la lumière émise par le chauffage.

La section amplificatrice se trouve à la partie inférieure avec deux triodes superposées dont les coefficients d'amplification différents sont obtenus grâce à une grille commune à deux pas différents.

Le montage d'utilisation est donné sur la figure 16.

On remarque sur les caractéristiques de la figure 17 que pour une même valeur de tension grille, l'angle du secteur d'ombre dans la section triode la plus sensible est moins grand, mais la pente de variation est plus élevée.

À la tension grille de 0 V correspond un angle de 90°.

Pendant de nombreuses années, de nouveaux tubes basés sur ce

principe ont vu le jour, jusqu'à l'avènement des dispositifs à diodes électroluminescentes (leds) qui a déterminé l'obsolescence de cette technologie.

Les tubes 6AF6 et EM34 qui furent utilisés dans les années 1940-1950 sont considérés comme les derniers modèles dont la cible lumineuse est placée à l'extrémité du tube.

Des modèles plus modernes apparus dans les années soixante, tels les DM70 ou 71, EM84 ou EM87, possèdent une zone lumineuse située dans le cylindre du tube. Cette nouvelle disposition permet dès lors de bénéficier de surfaces actives de plus grandes dimensions.

Le DM70 avec sorties sur fils possède une structure identique au DM71 à broches.

Les EM84 et EM87 étaient prévus pour les tuners FM. Leur brochage est identique, mais la sensibilité de l'EM87 est supérieure.

À l'accord exact, les deux zones vertes se rejoignent. Pour remplacer l'un par l'autre, il suffit de changer la valeur de la résistance d'anode, comme l'indique la figure 18.

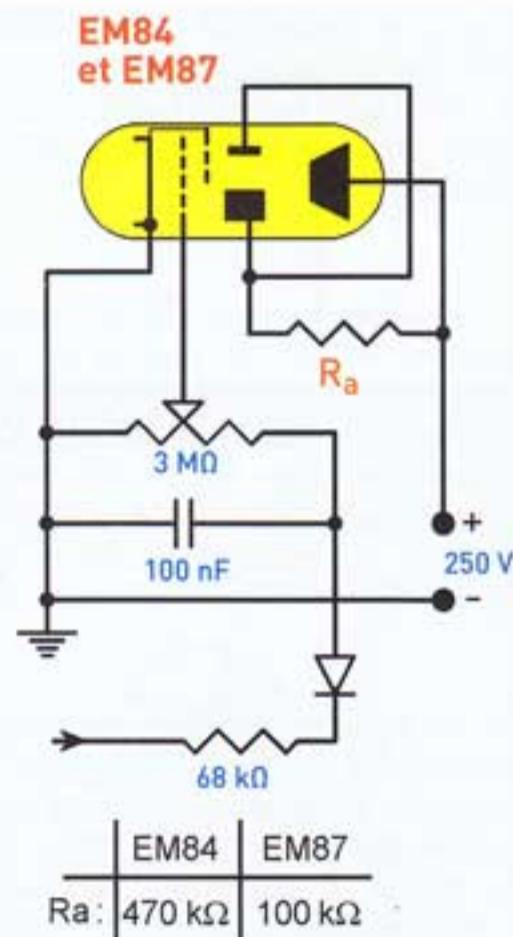


Figure 18. — Œils magiques EM84 et EM87.

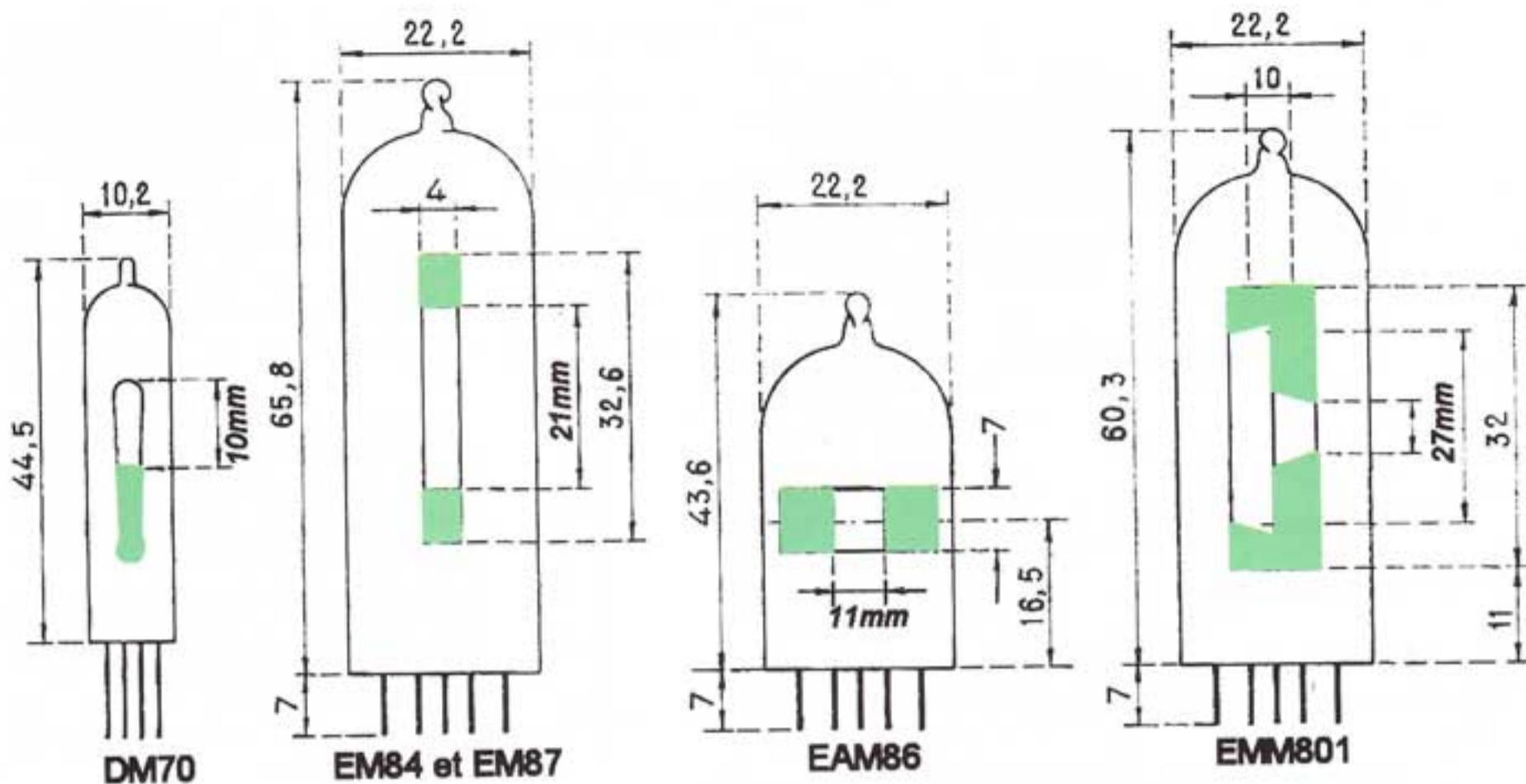


Figure 19. — Croquis de tubes indicateurs cathodiques. Zones d'ombre indiquées pour  $V_g = 0$  V.

Bien qu'il ne fût pas, a priori, monté dans les postes de radio, citons le EAM86 dont la sensibilité est assez élevée et qui est pourvu d'une diode. Peu connu, il a été créé pour équiper certains appareils de mesure.

À noter également le EMM801 qui est en fait la réunion de deux EM84 dans le même tube et qui fut beaucoup utilisé dans les magnétophones et dans les tuners stéréophoniques. Il délivre deux indications : l'accord exact et le type d'émission, mono ou stéréo.

La figure 19 donne le croquis avec les dimensions de tous ces tubes, la plage d'ombre y est représentée pour une tension grille nulle. La figure 20 rassemble les caractéristiques des principaux modèles, issues du fameux lexique *Radio Tubes* édité par la Société des Editions Radio.

## 6. Les indicateurs analogiques

Ce sont de simples milliampèremètres que l'on trouve sur les récepteurs de trafic ou radioamateurs (Smètres). Il en existe également sur quelques postes de salon des années trente, dans ce cas l'indicateur d'accord est gradué simplement de 1 à 10 (figure 21a).

Par le fonctionnement de la commande automatique de gain, on obtient sur le cadran du Smètre une graduation qui peut aller de S1 à S9. S9 correspond en Europe à une réception très confortable, soit 50  $\mu$ V ou 100  $\mu$ V. Une variation d'un point sur le Smètre équivaut à 6 dB, soit une augmentation de tension dans un rapport 2, ou un rapport 4 en puissance (figure 21b).

Certains postes de trafic possèdent également un galvanomètre multifonction (mesure de la haute tension, tension filament et niveau de détection). Sur le récepteur

AME7G par exemple l'appareil mesure le courant détecté sur une échelle de 0 à 100  $\mu$ A (figure 21c).

Indiquons ci-dessous quelques montages que le lecteur aura la possibilité d'installer aisément sur un récepteur existant.

L'appareil de mesure peut simplement être monté dans le circuit plaque du dernier amplificateur MF qui est commandé par la CAG. Mais avec un appareil standard, la graduation serait à l'envers, car il est bien évident que dans cette configuration, la polarisation de grille est contrôlée par la CAG. De ce fait, le courant anodique du tube décroît lorsque l'amplitude du signal augmente.

Le montage de la figure 22 résout le problème évoqué ci-dessus. Le milliampèremètre est monté dans le pont. La tension de CAG est approximativement une fonction logarithmique du signal, ce qui correspond bien au décibel. Il suffit d'appliquer cette tension à un tube

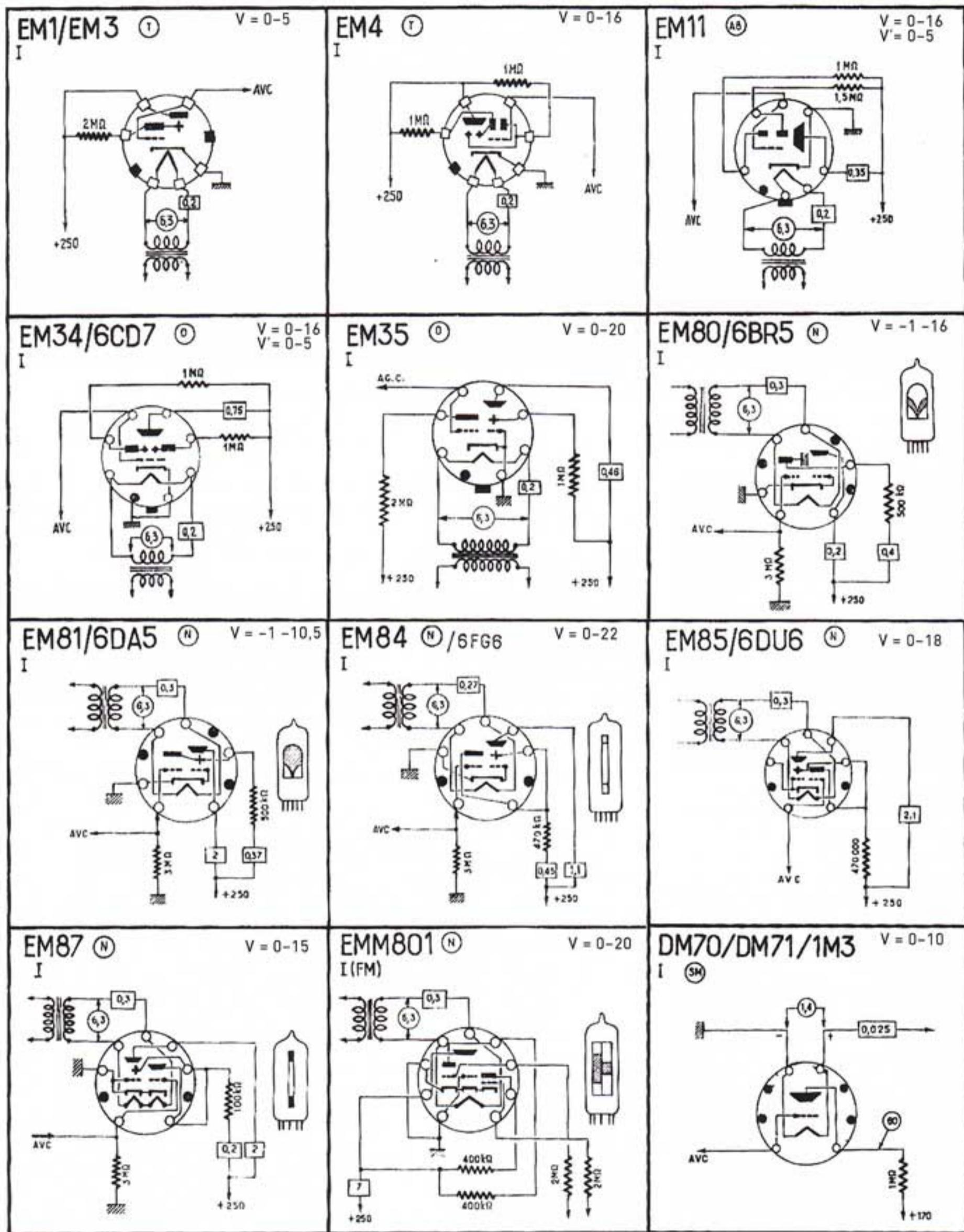


Figure 20. — Caractéristiques des principaux modèles d'œils magiques. Source : lexique *Radio Tubes*.



Figure 21a. — Photo d'un indicateur analogique des années trente.



Figure 21b. — Smètre analogique.

à pente fixe et de mesurer le courant plaque. Un milliampèremètre de 1 à 2 mA pleine échelle convient bien pour cette application. Le fonctionnement est le suivant : lorsque le tube est ôté, l'ajustage de  $R_{ajust}$  est tel que la tension aux bornes du milliampèremètre correspond à sa déviation pleine échelle. Replacer le tube, le courant anodique est ajusté par la résistance de cathode de façon à ramener la lecture à 0 (la chute de tension sur la  $470 \Omega$  est égale à la

chute de tension au point milieu du pont  $R_{ajust} - 470 \Omega - 56 k\Omega$ ). Connecter la CAG, et l'aiguille suivra les variations de cette tension.

Un autre schéma en figure 23 également basé sur l'équilibre d'un pont, le potentiomètre servant à régler le zéro, lorsque la CAG est nulle. L'appareil de mesure est dans ce cas à un potentiel voisin de la masse, ce qui peut pallier des défauts d'isolement.



Figure 21c. — Indicateur analogique du récepteur de trafic AME7G.

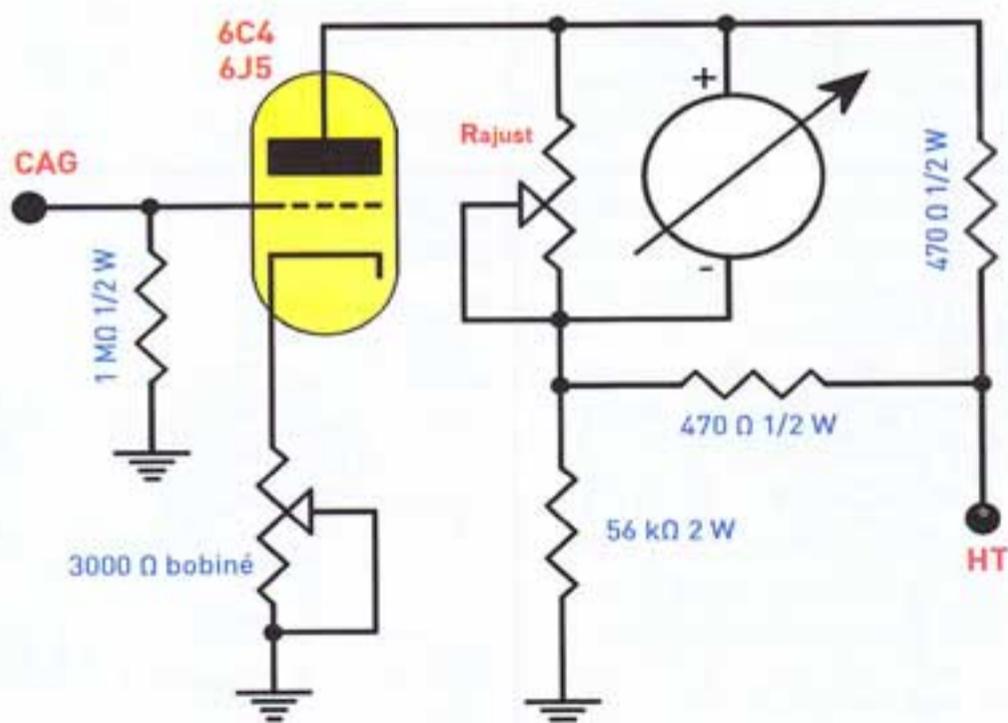


Figure 22. — Montage d'un indicateur analogique.

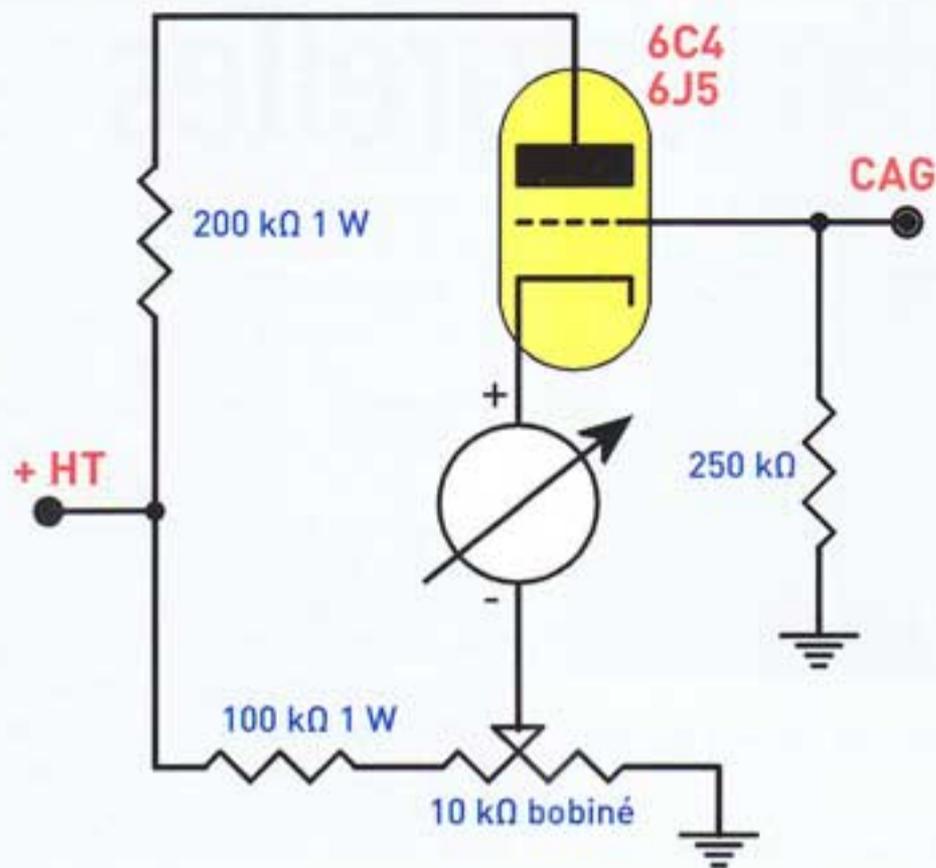


Figure 23. — Autre montage d'indicateur analogique.

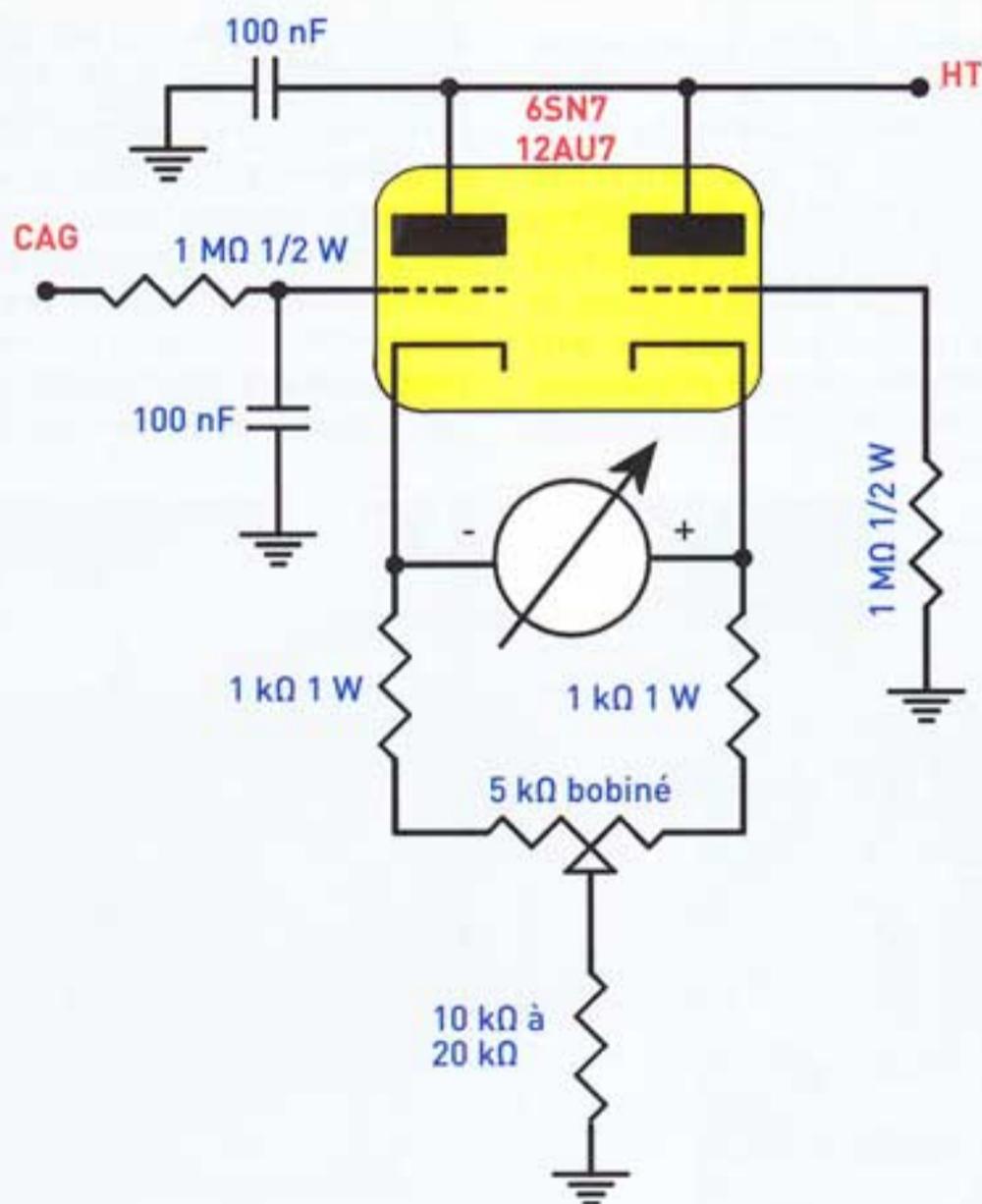


Figure 24. — Montage à double triode type voltmètre électronique.

Enfin en figure 24 est présenté un montage simple et stable qui est en fait une application du voltmètre électronique à tube. N'importe quelle double triode peut convenir. Le zéro de l'appareil est ajusté par la résistance bobinée de 5 kΩ et la résistance qui relie le curseur à la masse dépend de la sensibilité de l'appareil (entre 10 kΩ et 20 kΩ).

En modulation de fréquence, sur les anciens tuners, l'indicateur d'accord est à zéro central. À l'accord précis sur la fréquence l'appareil doit indiquer 0. L'appareil reproduit la tension délivrée par le discriminateur (démodulateur FM). En cas de désaccord on obtient une tension positive ou négative pour des fréquences supérieures ou inférieures.

Avec ce procédé de modulation, il n'y a plus aucune relation entre l'accord et l'amplitude du signal reçu car les étages MF travaillent à l'écrêtage. Le niveau du signal est donné par un deuxième appareil de mesure.

## Conclusion

Nous avons essayé de faire un rapide tour d'horizon néanmoins assez complet sur ces dispositifs aux techniques souvent innovantes et quelque peu méconnues qui ont équipé une quarantaine d'années de production de récepteurs radio.

Signalons que les indicateurs cathodiques, œils magiques et autres, ont été utilisés dès le début avec succès dans la réalisation de récepteurs à réaction. Si vous avez des idées à ce sujet, n'hésitez pas à nous en faire part.

## Bibliographie

- Documentation Philips du EM4.
- Documentation de service du 536A Philips.
- *Le Haut-Parleur* du 30 octobre 1963.
- Fascicule *Radio Tubes* 13<sup>e</sup> édition de E. Aisberg, L. Gaudillat et R. De Schepper, édité par la Société des Éditions Radio.
- *Les tubes thermoïoniques* par Michel Rostagnat, professeur principal à L'ECE.