

Informations TECHNIQUES

UTILISATION
RATIONNELLE
DES
TUBES "S. Q."

BULLETIN ÉDITÉ PAR LE BUREAU DE DOCUMENTATION DE LA S. A. LA RADIOTECHNIQUE
DIVISION TUBES ÉLECTRONIQUES ET SEMICONDUCTEURS

JUILLET 1962

№ 25

UTILISATION RATIONNELLE DES TUBES "S. Q." PROFESSIONNELS SÉRIE SÉCURITÉ QUALITÉ

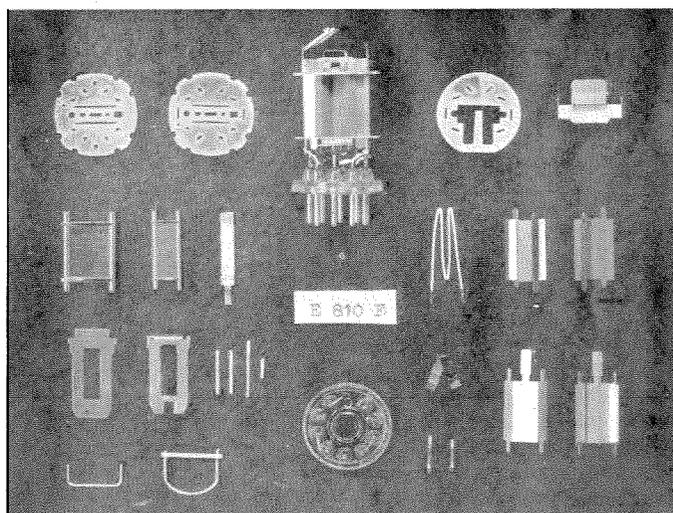


Fig. 1. — Vue des pièces d'un tube S.Q., le tube E 810 F.

AVANT-PROPOS

La Radiotechnique propose aux électroniciens une gamme de tubes électroniques capable de satisfaire les exigences les plus sévères : les tubes de la série S.Q. "Sécurité-Qualité"; mais les efforts qu'elle a fournis pour ce but auraient un résultat illusoire si ces tubes n'étaient pas correctement utilisés. L'expérience nous a montré qu'une fiabilité bien supérieure des équipements professionnels aurait pu être obtenue par l'observation de quelques règles, au demeurant assez simples.

Sur un plan plus officiel, la Fédération Nationale des Industries Électroniques (1) et l'Administration militaire (2) ont défini à ce sujet les idées fondamentales, auxquelles il est vivement conseillé de se reporter.

- (1) Recommandations relatives à l'utilisation des tubes électroniques diffusées par la F.N.I.E. 23, rue de Lubeck - PARIS (16^e).
- (2) G.A.M. T.2. Annexe 4. Spécifications d'utilisation des tubes électroniques, diffusées par le S.T.T.A. 129, r. de la Convention - PARIS 15^e.

On trouvera dans ce texte un commentaire des idées ainsi exprimées, destiné à expliquer comment il faut interpréter, dans le sens de la fiabilité, les caractéristiques publiées par La Radiotechnique pour les tubes S.Q.

Tous les tubes S.Q. ne conviennent pas à tous les usages; les structures varient selon que le tube est destiné à donner une longue durée, une meilleure robustesse... etc. On trouvera, en annexe, le tableau des caractéristiques principales de nos tubes et les qualités particulières qu'ils possèdent, en vue de tel ou tel usage.

Chaque fois que l'utilisateur se trouvera embarrassé par tel ou tel cas particulier, qui n'aurait pas été suffisamment délimité, La Radiotechnique sera heureuse de le faire profiter de l'expérience acquise.

2. — INTERPRÉTATION GÉNÉRALE DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES.

2.1. — Caractéristiques limites.

Le document F.N.I.E. (§ 1.2) définit trois sortes de valeurs limites : les limites moyennes, les limites hybrides et les limites absolues. La Radiotechnique publie pour les tubes S.Q. sous le titre " Valeurs à ne pas dépasser ", exclusivement des limites absolues ainsi définies : " Les valeurs données sont les limites concernant les conditions d'utilisation applicables à des tubes quelconques d'un type déterminé, elles ne doivent pas être dépassées dans les pires conditions probables " (F.N.I.E., § 1.2.3.).

- Variations des courants, tensions ou résistances internes des alimentations (sans oublier l'arrêt et la mise en route),
- Conditions physiques prévues (vibrations, chocs, température, humidité, dépression, etc.).

Il est conseillé de prendre, sur ces valeurs limites, un coefficient de sécurité maximal, compatible avec le fonctionnement recherché : la durée et la fiabilité d'un tube S.Q. sont en effet d'autant meilleures qu'il travaille dans des conditions moins dures et la certitude d'avoir prévu tout ce qui peut les modifier est souvent difficile à obtenir.

Le respect des caractéristiques-limites constitue l'élément fondamental de la sécurité.

2.2 — Tolérances de fabrication.

2.2.1. — Tolérances publiées et tolérances pratiques.

La Radiotechnique publie pour les tubes S.Q. des tolérances de fabrication applicables aux caractéristiques électriques les plus importantes. Nos usines s'appliquent à garantir que tous les tubes, quelle que soit leur fabrication, viennent s'inscrire, par construction, dans les limites publiées.

Il arrive généralement que, pour un lot donné, telle ou telle grandeur présente un plus faible écart dans les tolérances; et il serait imprudent de compter qu'un tel resserrement puisse être réitéré, à coup sûr, dans un lot ultérieur.

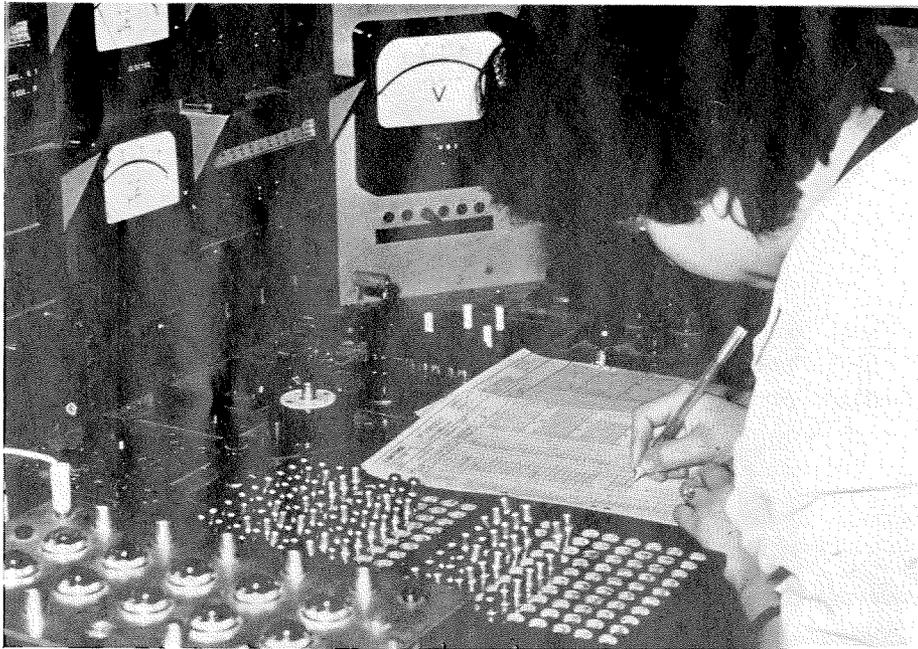


Fig. 2. — Mesure des caractéristiques (tubes S.Q. Nuvistors).

Ceci signifie que le constructeur de matériel doit concevoir son montage pour qu'en aucun cas et à aucun moment de la vie du tube, l'une quelconque de ces valeurs ne puisse être dépassée.

Pour s'assurer que le tube travaille dans de bonnes conditions, le technicien devra prévoir l'influence de toutes les variations extérieures, simultanément possibles, dans l'usage prévu :

- Tolérances publiées sur les caractéristiques du tube,
- Tolérances de fabrication sur tous les autres composants du montage,

Un appareil doit donc être conçu pour fonctionner normalement avec n'importe quel tube d'un type déterminé, sous réserve que ce tube ait des caractéristiques situées en un point quelconque, à l'intérieur des tolérances publiées. Nous insistons auprès des électroniciens pour que ce principe essentiel ne soit jamais perdu de vue.

Cette considération peut poser aux électroniciens des problèmes délicats. Aussi La Radiotechnique publie-t-elle souvent des limites de centrage, à l'intérieur desquelles la moyenne d'un lot de tubes suffisamment important doit toujours se trouver.

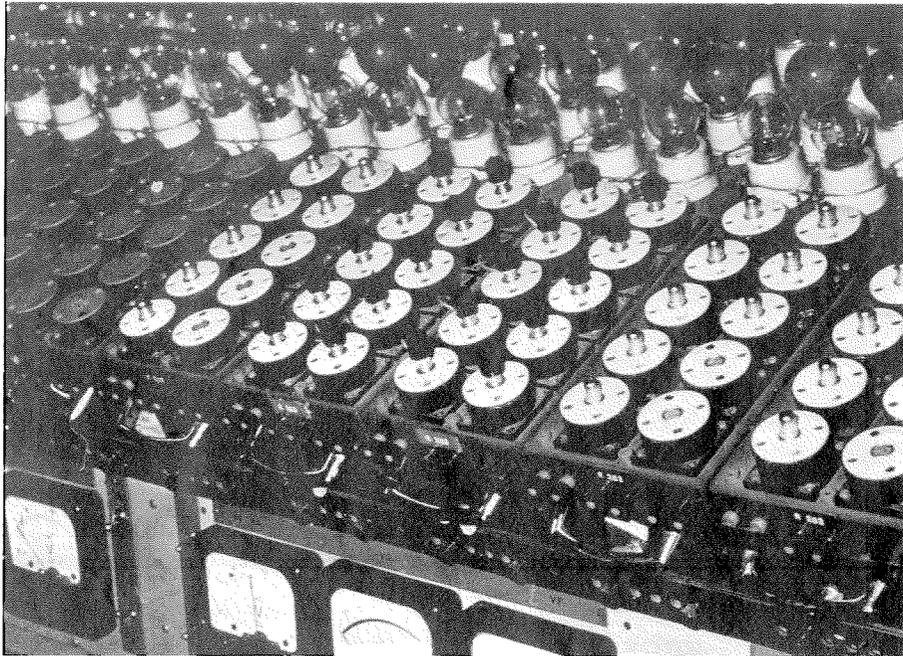


Fig. 3. — Banc de stabilisation des tubes S.Q. Nuvistors.

Les limites publiées correspondent aux normes de fabrication et de contrôle.

Ces exigences garantissent la conformité de nos fabrications aux caractéristiques que nous publions; les tubes qui apparaissent hors des limites à la fabrication sont rejetés et

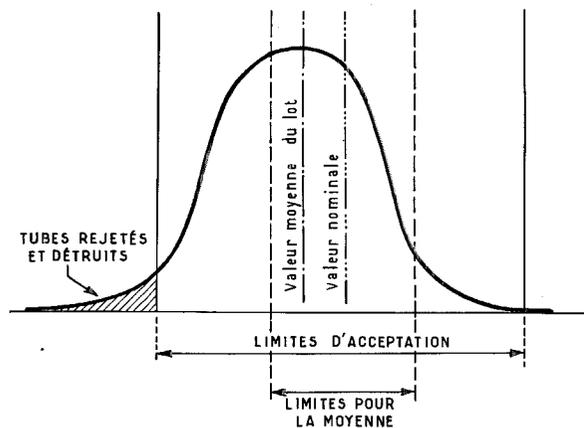


Fig. 4. — Exemple de courbe de répartition statistique d'une caractéristique sur un lot de tubes S.Q.

détruits. La courbe de répartition pourra donc se présenter sous une forme analogue à celle de la figure 4. La dispersion probable reste toujours plus faible que celle publiée.

2.2.2. — Fin de durée utile.

Les tolérances publiées sont relatives à un tube neuf. Il est évident qu'au cours de sa vie, le tube évoluera graduellement. Pour définir sa fin de durée utile, nous publions des " caractéristiques à fin de durée utile ".

Il faut considérer que le tube devrait être échangé par un tube neuf, dès que l'une de ces caractéristiques est atteinte.

2.2.3. — Cahiers des charges spéciaux.

Tout tube S.Q. est construit pour répondre au cahier des charges publié. Cela implique qu'il est capable de convenir dans des montages classiques et courants. Des besoins particuliers peuvent amener les électroniciens à imaginer des montages basés sur telle ou telle caractéristique que nous ne contrôlons pas en fabrication. Cette pratique reste toujours assez dangereuse, car rien ne dit que ladite caractéristique se retrouvera dans toutes les fabrications du tube considéré. Si l'on juge indispensable de recourir à de tels montages, il est toujours préférable de nous consulter auparavant, afin de rechercher en commun une solution conciliant les exigences du montage particulier et de la fiabilité du matériel.

Cette recommandation est une obligation pour les sous-traitants d'administrations militaires : " il est imprudent et contre indiqué d'utiliser des caractéristiques dont la valeur ne fait pas l'objet d'un essai de contrôle... de tels cas doivent obligatoirement être signalés à l'Administration pour une étude approfondie " (G.A.M., T. 2, Annexe 4-1.1.).

2.2.4. — Mesures des caractéristiques.

Les mesures non comparables entre elles restent toujours les sources de grandes difficultés en électrotechnique. Un appareil de mesure non vérifié, une résistance de contact, un mauvais étalonnage ou une approximation incorrecte peuvent suffire à fausser une série de mesures. Une méthode d'essai légèrement différente peut conduire à une conclusion erronée. Nous conseillons vivement une attention toute particulière dans l'exécution de toute mesure. Les appareils de mesure eux-mêmes doivent être parfaitement connus dans leurs limites et fréquemment réétalonnés. Une mesure fautive est un inconvénient très courant, mais toujours insidieux et souvent plus grave dans ses conséquences, qu'une faute de raisonnement.

Compte tenu du nombre de paramètres (V_a , V_{g2} , V_{g1} , V_f , etc.) qui influent simultanément sur la mesure d'une seule caractéristique, on peut admettre que la précision d'étalonnage des appareils pour alternatif doit être au moins de 2 %

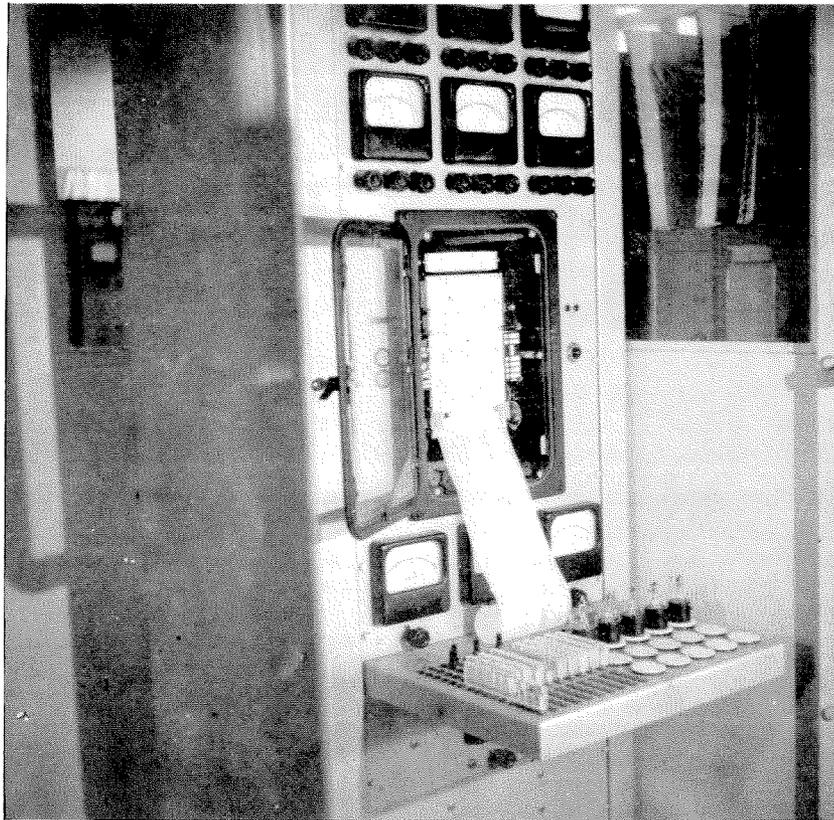


Fig. 5. Enregistrement du courant plaque en fonction du temps.

et celle des appareils pour continu de 1 %. Ceci étant, un calcul d'erreur montre qu'une pente, mesurée par une méthode de zéro ne peut être connue à mieux que 3 ou 5 % dans les meilleures conditions, et que, par contre, il est très facile de faire des erreurs dépassant 10 %.

3. — CONDITIONS PARTICULIÈRES DE FONCTIONNEMENT.

“ Les points ci-après sont d'une importance primordiale; l'observation ou la bonne application des principes énoncés sont de nature :

- à assurer une durée maximale au tube,
- à stabiliser le fonctionnement,
- à améliorer le rendement du montage ”.

(G.A.M., T. 2, Annexe 2.2.4.)

3.1. — Chauffage.

Trop souvent négligé par les électroniciens, le chauffage est un élément fondamental pour la durée de vie du tube. Le principe est simple : la puissance dissipée par le filament doit être telle que la température de la cathode soit maintenue constante.

Le fabricant prévoit, soit un courant nominal (chauffage en série), soit une tension nominale (chauffage en parallèle) et publie des tolérances (en général $\pm 5\%$). Le respect de la valeur nominale et des tolérances est **fondamental** pour la durée de vie. Un surchauffage est, dans ce sens, moins dangereux qu'un sous-chauffage. Celui-ci amène à diminuer encore la température des extrémités de la cathode, déjà refroidies par le contact avec leur fixation, où une densité de courant excessive peut se produire au milieu de cette cathode et être la cause d'une usure rapide.

L'élément de référence est la valeur **efficace** nominale de la tension mesurée avec précision, au niveau du tube même, en **fonctionnement**. Trop souvent la dispersion des caractéristiques de la source ou leur évolution dans le temps sont la cause d'erreurs sur la puissance de chauffage et peuvent amoindrir notablement la fiabilité du matériel. Les pertes en lignes ou l'usage d'un appareil de mesure à redresseur mal étalonné peuvent conduire à des opinions fausses et à des puissances de chauffage incorrectes...

Le filament des tubes à chauffage indirect est, en général, en tungstène, matière à fort coefficient de température **positif**. Or, la température de la cathode dépend de la puissance de chauffage. Le mode de chauffage du filament intervient, selon qu'il est obtenu en série ou en parallèle.

Si l'on chauffe le tube en obtenant une chute de tension sur une résistance pure ayant une caractéristique linéaire et disposée en série, la variation du courant ΔI_f est proportionnelle à la variation ΔV_N de la tension du secteur. Au contraire, si le tube est chauffé en parallèle sur un transformateur, la variation de la tension de chauffage ΔV_f est proportionnelle à la variation ΔV_N de la tension du secteur. La tension de chauffage du tube en relation avec le courant de chauffage I_f suit une loi :

$$V_f = n \cdot I_f^{1,85}$$

On peut donc calculer, dans le cas du chauffage en série à travers une résistance pure, qu'une variation de 10 % de la tension du secteur et une variation de 10 % du courant I_f , provoquent une variation de 19 % environ de la tension de chauffage V_f et une variation de 30 % de la puissance de chauffage. Dans le cas du chauffage en parallèle une variation de la tension du secteur de 10 %, ne fait varier la puissance de chauffage que de 16 %.

On voit donc qu'il y a des précautions particulières à prendre dans le cas du **chauffage en série** et qu'il est souvent utile d'insérer une résistance à coefficient de température négatif (CTN) dans la chaîne de chauffage pour assurer une protection supplémentaire des filaments des tubes. Souvent on dispose une résistance pure en parallèle sur la résistance CTN pour avoir la tension correcte prévue aux bornes des filaments des tubes.

Le seul cas où le sous-chauffage soit autorisé est celui des tubes montés en électromètres où l'on réduit volontairement la température de la cathode afin de diminuer le courant de grille. Ce cas est prévu pour certains tubes et le courant cathodique utilisé est toujours très faible. Mais, là encore, et plus que jamais, il importe de vérifier avec soin si la tension appliquée au tube est bien celle que nous indiquons, tenant compte des tolérances.

E 80 F - Caractéristiques

Nominal		Electromètre	
V_f	6,3	4,5	V
V_a	250	40	V
V_{g2}	100	40	V
V_{g1}	- 2	- 2,15	V
I_a	3000	40	μA
I_{g2}	650	9	μA
I_{g1}	$< 10^{-7}$	$< 10^{-10}$	μA

Exemple de sous-chauffage autorisé pour le fonctionnement en électromètre.

Mise en route et coupure.

En règle générale, il est dangereux, pour la vie d'un tube, de le faire débiter tant que le filament et la cathode n'ont pas atteint leurs températures d'équilibre. Il est non moins dangereux de dépasser ces températures hors des tolérances indiquées.

Il convient donc d'attendre, chaque fois que cela est possible, l'équilibre thermique de la cathode (au moins 30 s pour les petits tubes de réception, 1 mn pour les plus gros) avant d'appliquer la haute tension. On doit vérifier qu'à la mise en route les filaments ne sont pas soumis à une surtension, due à la trop forte résistance interne de la source de chauffage (la valeur optimale de cette résistance est de l'ordre du dixième de la résistance à chaud du filament).

Chauffage intermittent.

La plupart des tubes S.Q. sont conçus pour pouvoir supporter sans dommage des allumages et des extinctions répétés du filament. La robustesse des tubes, vue sous cet angle, sera d'autant plus grande que l'alimentation des filaments sera faite à partir d'une source plus stable et à moindre résistance interne.

Mise en route rapide.

Si l'on désire une mise en route rapide, les études seront basées sur les considérations qui précèdent. La température du filament sera évaluée à partir de sa résistance, celle de la cathode à partir de son débit. La mise en température de la cathode peut être un peu accélérée en surchauffant légèrement le filament pendant quelques secondes.

Tension filament-cathode.

Nous publions une valeur maximale de la tension filament-cathode qu'il est imprudent de dépasser : il

est recommandé, pour accroître encore la sécurité, de fixer toujours un point zéro de la tension filament le plus voisin possible du potentiel de la cathode. On évitera ainsi toutes les possibilités de claquage de l'isolation filament-cathode et on diminuera l'influence du ronflement induit du filament sur le courant cathodique. Cette recommandation condamne les chauffages en série chaque fois qu'il est possible de les éviter dans la construction : les semiconducteurs et les cellules photorésistantes donnent à l'heure actuelle des moyens simples pour réguler le chauffage des filaments. S'il est nécessaire de maintenir une tension filament-cathode, la résistance externe entre ces électrodes ne devra pas, sauf spécifications contraires, dépasser 20 000 ohms.

3.2. — Courant cathodique.

Durée et vieillissement.

Le courant cathodique d'un tube électronique a tendance à évoluer dans le temps; il oscille d'abord autour d'une valeur moyenne, puis il se stabilise, pour diminuer ensuite **lentement**. Tous les tubes S.Q. sont stabilisés dans nos usines pendant au moins 50 heures; aussi donnent-ils, en général, à la mise en service, un courant qui n'évolue plus guère et il est presque toujours inutile de les vieillir à nouveau. Les progrès réalisés ces dernières années sont tels que les cas d'épuisement de la cathode sont de plus en plus rares pour un tube correctement utilisé. Il est donc possible d'obtenir des durées d'emploi nettement supérieures.

Impulsions et crêtes instantanées.

Même lorsque les limites de dissipation sont respectées, il est déconseillé de dépasser celles que nous publions pour le courant cathodique, sous peine d'accélérer fortement l'épuisement de la cathode.

Si pourtant la cathode est appelée à fournir des impulsions très brèves (quelques microsecondes) et de fréquence de récurrence faible, elle peut alors débiter sans dommage des pointes de courant beaucoup plus fortes pouvant être de 5 à 10 fois ou plus généralement n fois supérieures au courant de crête maximal; il convient alors de tenir compte, séparément, du courant moyen et du courant maximal de crête positif et négatif. L'élément déterminant n dépend du rapport cyclique envisagé mais n'est pas linéairement proportionnel à ce rapport.

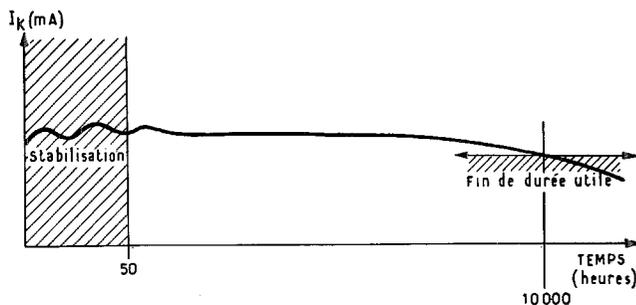


Fig. 6. — Courbe type de l'évolution du courant cathodique en fonction du temps.

Longues durées de blocage - Interface (1).

Lorsqu'une cathode chauffée reste trop longtemps bloquée il peut apparaître en durée une résistance parasite dite interfaciale équivalente à une impédance parasite de cathode,

(1) Voir l'article "L'impédance parasite de cathode" de Mlle M. BERTHAUD — L'ONDE ÉLECTRIQUE — Mai 1954.

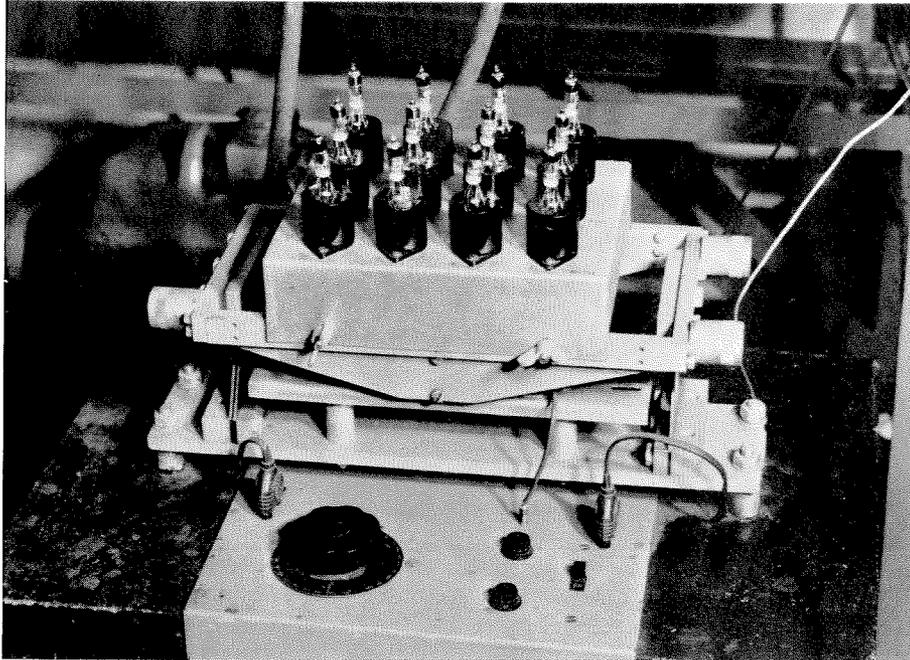


Fig. 7. — Essai de fatigue en vibrations sur des tubes S.Q. subminiatures.

formée par une résistance de l'ordre de quelques ohms (parfois quelques milliers d'ohms), shuntée par une forte capacité entre la surface active et la connexion, donc en série avec la résistance de polarisation : la cathode cesse alors d'être au potentiel que le montage lui assigne. Seuls, les tubes spécialement étudiés sont en toute certitude exempts de ce défaut. Il est recommandé de se borner, dans ce cas, à l'utilisation de ces types désignés en général dans nos caractéristiques sous le nom de tubes pour comptage.

Faibles signaux et parasites divers.

L'amplification des signaux faibles pose des problèmes particuliers; les signaux peuvent se trouver confondus soit avec le bruit, soit avec le ronflement, soit avec la microphonie. Ces trois types de parasites sont en général du même ordre de grandeur et les tubes étudiés pour les réduire sont appelés antimicrophoniques.

L'usage de tels tubes ne doit pas dispenser l'utilisateur d'étudier très sérieusement son montage mécanique et de le pourvoir, éventuellement, de filtres élastiques (Cf. Document FNIE, 1.15.).

3.3. — Grilles de commande.

Il faut utiliser la polarisation automatique de préférence à la polarisation fixe; la première a pour conséquence de régulariser le fonctionnement du montage lorsque les caractéristiques du tube varient". (G.A.M., T. 2, Annexe 4, § 3.1.2.).

Les électroniciens ont souvent tendance à utiliser une résistance de fuite de grille de forte valeur, souvent sans raison précise. Cette pratique est dangereuse. Il suffit en effet qu'il apparaisse dans le tube un petit courant de grille pour changer le point de fonctionnement et réduire la durée utile des tubes. Ne pas oublier que le courant direct de grille (courant électronique) naît pour des polarisations de l'ordre de $-0,5$ V et que le courant inverse (courant ionique), s'il existe, sera d'autant plus intense que la polarisation sera plus négative.

Si les caractéristiques publiées ne comportent pas de valeur limite en polarisation fixe et que celle-ci soit nécessaire, on se souviendra que la valeur limite dans ce cas est la moitié de ce qu'elle est en polarisation automatique. Le principe à suivre est celui donné par les recommandations F.N.I.E. (§ 1.9.1.) : "La résistance entre la grille de commande et la cathode doit être maintenue aussi faible que possible".

Il est donc recommandé de s'arrêter à la plus faible résistance de grille compatible avec le maintien des performances.

Tous les tubes ne sont pas prévus pour un débit de la grille 1, en fonctionnement normal. On risque, par un débit excessif, de réduire la durée utile du tube et lorsque les caractéristiques publiées ne prévoient pas de débit grille maximal, on peut se rappeler que la valeur maximale est de l'ordre de 100 à 200 μ A, suivant la taille des tubes : plus le tube est petit et a une forte pente, plus la grille est chauffée par le rayonnement de la cathode et moins il est possible de lui faire dissiper de la chaleur (" en raison des faibles possibilités de refroidissement ") (G.A.M., T. 2, Annexe 4, § 3.1.3.).

3.4. — Autres grilles.

Certains montages impliquent la commande sur une autre grille; lorsque c'est le cas, il convient de s'assurer que cette commande est effectivement prévue dans nos caractéristiques, faute de quoi il nous est impossible de donner la moindre garantie. L'application d'une réaction, positive ou négative, sur le signal à l'aide de la tension de grille 2 est en général peu recommandée.

Dans le cas des tubes à deux grilles de commande, il faut s'assurer que l'application à la grille 3 de la tension négative maximale fournie par le montage ne conduit pas à dépasser les limites de dissipation de la grille 2. Adapter en conséquence la tension V_{g2} .

Il convient donc de vérifier que l'impédance équivalente du circuit de la grille 2 reste à toutes les fréquences utiles aussi faible que possible. Étudier en particulier les décou-

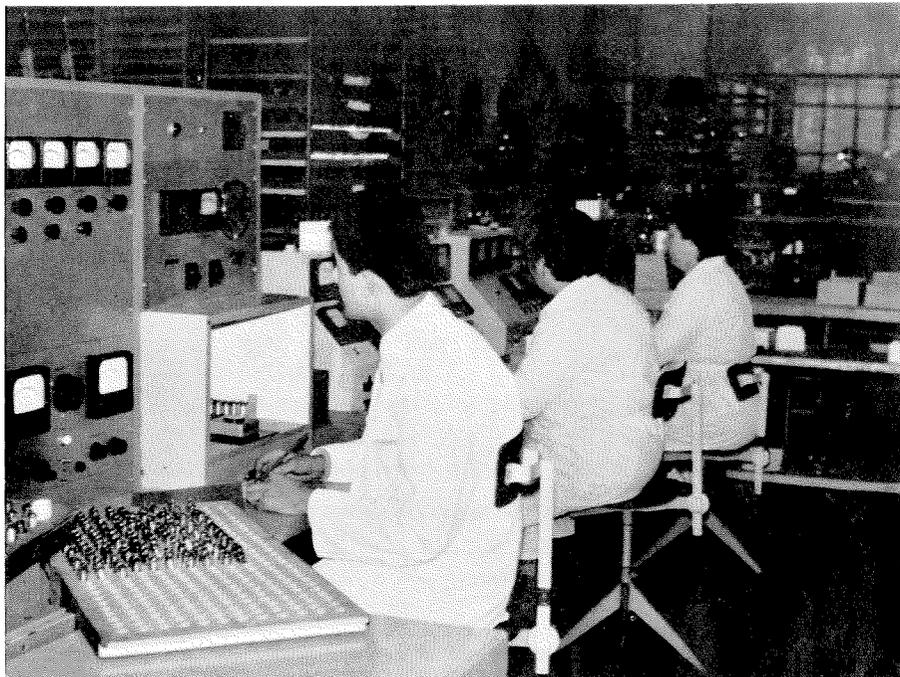


Fig. 8. — Mesure de la microphonicité des tubes S.Q.

plages et prévoir des ponts qui débitent beaucoup, (au moins 3 à 5 fois le débit de la grille 2) ou, mieux, utiliser une source distincte.

La manipulation en télégraphie ne doit pas être obtenue par ouverture du circuit de grille 2 seul " (G.A.M., T. 2, Annexe 4, § 3.2).

Pour préciser l'influence du courant de grille 2 sur le courant d'anode et la vie du tube on peut citer G.A.M., T. 2, Annexe 4, § 3.4. " La tension d'anode d'un tube multi-grilles ne doit pas être coupée sans que soient également coupées les tensions des autres grilles positives. Le tube pourrait être détruit ".

La grille d'arrêt ne doit jamais, sauf cas particulier, pouvoir débiter : la mettre au potentiel de la cathode. Ceci reste vrai pour une pentode montée en triode; il est dangereux de relier la grille d'arrêt à l'anode, elle doit être reliée à la cathode. On évite ainsi une dissipation pour laquelle elle n'est pas faite, et la capacité C_{a-g_2} est diminuée au profit de C_{a-k} . La résistance maximale admise entre la grille d'arrêt et la cathode est, dans tous les cas, de 1 k Ω .

De toute façon, ainsi que le précise le G.A.M., T. 2 (Annexe 4, § 3.3.) " Les caractéristiques électriques de la grille d'arrêt ne sont généralement pas mentionnées dans la spécification, même lorsque cette grille correspond à une sortie spéciale; il est en conséquence imprudent de se servir de cette grille d'arrêt dans un montage. La seule possibilité raisonnable est de la relier à la cathode ".

3.5. — L'anode.

La durée utile d'emploi du tube est d'autant plus grande que l'anode dissipe une moindre puissance.

Dans les cas de dissipation d'anode en impulsions, il y a lieu de s'assurer que la puissance moyenne dissipée reste, à tout moment, inférieure aux valeurs limites publiées.

Cette dissipation doit évidemment tenir compte de la température d'ampoule dont nous parlerons plus loin, le blindage et la ventilation forcée pouvant modifier l'interprétation des limites publiées.

4. — CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES. THERMIQUES ET CLIMATIQUES.

4.1. — Chocs.

Bien que le choc soit un phénomène courant, sa définition et sa reproduction posent des problèmes complexes. La technique actuelle des essais aux chocs dispose de deux outils de base : le mouton et le maillet.

Le mouton sert aux estimations de la fatigue causée par des chocs brefs, de forte accélération (jusqu'à 1 000 g).

Le maillet sert aux essais de microphonie. La frappe étant définie en amplitude et en durée de choc, on observe la réponse du tube, après amplification, sur un appareil de mesure appelé VU-mètre. C'est un appareil à cadre et à redresseur dont les caractéristiques balistiques de l'équipage mobile sont définies (temps de montée, dépassement, amortissement) de façon à permettre des mesures comparatives de signaux AF, de forme complexe.

Les chocs d'essai en usine sur prélèvements correspondent au maximum supportable; à ce régime un tube ne tiendrait pas longtemps. Il faut toujours éviter les chocs ou, au moins, chercher à en connaître l'amplitude, la durée, la répétition pour s'efforcer de les réduire.

4.2. — Vibrations.

L'acuité et la difficulté du problème des vibrations mécaniques ont obligé certaines entreprises à faire des études poussées dans ce sens. La mesure n'est valable que si la vibration est parfaitement connue, au niveau du tube, en amplitude, fréquence et direction.

Les tubes S.Q. peuvent fonctionner en régime vibratoire et cette aptitude est vérifiée en usine. L'utilisateur a intérêt à connaître quelles sont les accélérations auxquelles le tube pourra être soumis dans le matériel, en utilisant par exemple un capteur piézo-électrique fixé à proximité immédiate, et notamment à chercher les résonances. Nous conseillons l'utilisation de filtres mécaniques, de supports amortisseurs ou de tout autre dispositif limitant la gamme

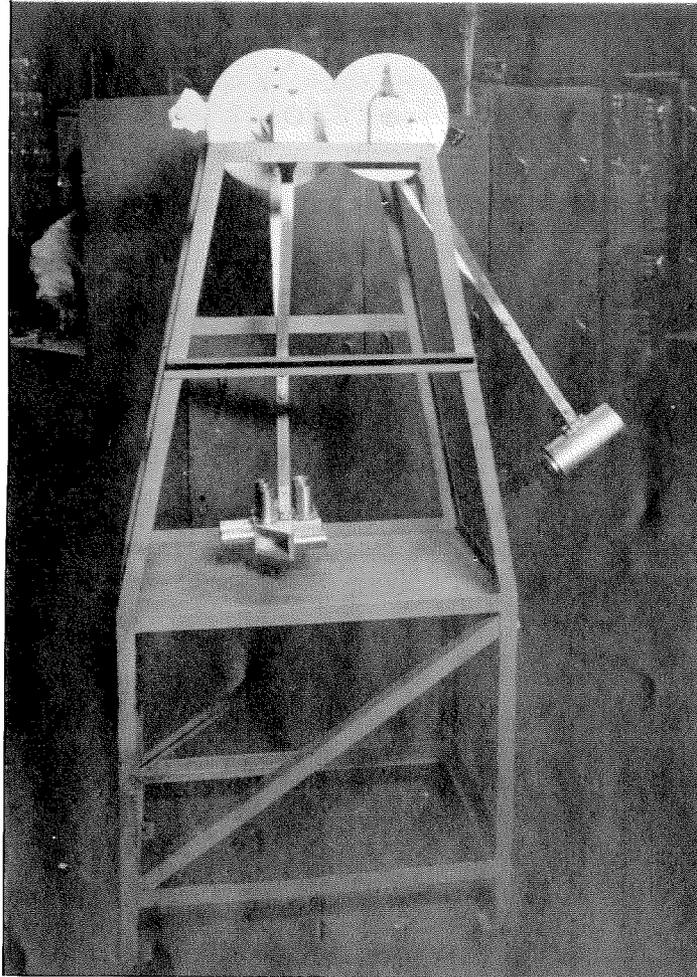


Fig. 9. — Mouton pour essais de chocs sur les tubes S.Q.

des fréquences transmises. Il convient de fixer solidement le tube au châssis en étudiant avec soin la suspension de celui-ci, d'avoir des châssis rigides pour éviter ces résonances.

Si les tubes sont mal fixés, les accélérations subies ne sont pas ou sont mal connues. Pour les tubes à sorties soudables (subminiatures), l'usage des supports est déconseillé lorsqu'ils risquent d'exercer sur les ampoules ou les fils des contraintes mécaniques notables.

La vérification de la tenue d'un tube aux vibrations ne peut se faire avec des moyens plus ou moins improvisés, en utilisant une vieille sonnette d'appartement comme exciteur par exemple. En cas de doute, on peut consulter nos services et venir faire les mesures sur les équipements de contrôle prévus à cet effet.

4.3. — Température.

La température limite qui est indiquée sur les caractéristiques est celle du point le plus chaud de l'ampoule. " En l'absence de cette indication pour les tubes de réception courants, on doit considérer que le point le plus chaud de l'ampoule ne doit pas dépasser une température de 160° C " (Recommandation F.N.I.E., § 1.5.1.).

Pour une ambiance donnée, la température d'enveloppe peut varier de plusieurs dizaines de degrés, en fonction du montage et de la réalisation du matériel.

La durée de vie d'un tube est d'autant plus longue que cette température est plus basse. On la mesure soit à l'aide d'un thermocouple collé sur le verre, soit à l'aide d'une substance dont la couleur se modifie à une température donnée (marque Tempilaq, par exemple).

Pour qu'un blindage dissipe réellement la chaleur il est nécessaire que sa surface l'absorbe et la dissipe (surfaces noircies et mates) et que son contact avec l'enveloppe soit aussi étroit que possible. Des ouvertures doivent être judicieusement disposées pour favoriser la circulation de l'air entre le tube et son blindage. L'usage de blindages bien étudiés peut au moins doubler la durée moyenne d'un tube électronique. Au contraire, un blindage mal conçu se comporte plus comme un four que comme un refroidisseur (1).

L'expérience des spécialistes a prouvé que la fiabilité est d'autant meilleure que l'emplacement des points chauds est mieux connu et leur chaleur mieux évacuée.

Les blindages doivent donc être montés de façon à respecter la continuité thermique avec le châssis afin d'évacuer et de répartir, par conduction, le maximum de calories.

(1) Les seuls blindages réellement dissipatifs à notre connaissance sont les blindages conformes à la spécification militaire américaine MIL - S 9372 (cf, par exemple, documentation EUROPELEC).

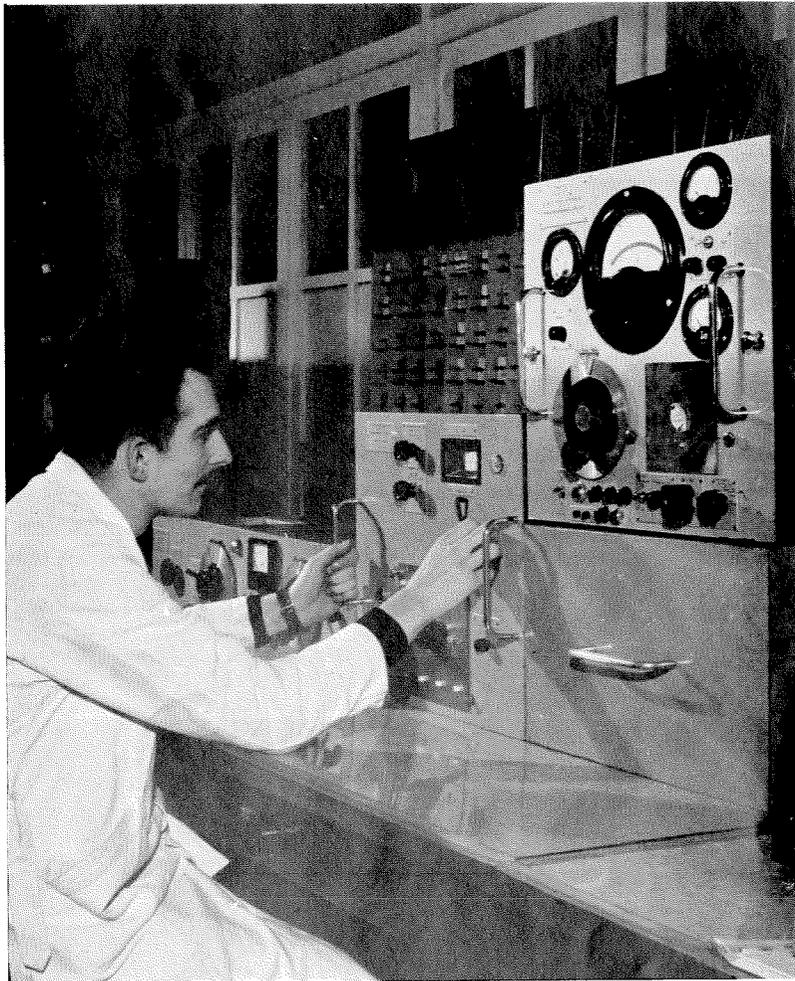


Fig. 10. — Mesure des capacités d'un tube S.Q.

Une ventilation n'est réellement bonne qu'à la condition qu'une étude sérieuse permette à l'air soufflé d'évacuer le maximum de calories. L'expérience prouve qu'une telle étude réserve fréquemment des surprises, mais qu'elle améliore souvent la qualité du matériel.

Mieux vaut un air tiède abondant qu'un mince filet très froid.

Dans le cas particulier où le matériel est utilisé pendant un temps très court, l'équilibre thermique peut ne pas avoir le temps d'être atteint (il faut souvent plusieurs heures) et une étude dynamique peut être nécessaire.

4.4. — Pression.

Le cas du fonctionnement dans un air raréfié doit toujours faire l'objet d'une étude spéciale. La rigidité diélectrique de l'air diminue avec la pression (d'où un risque d'amorçage) et l'efficacité de la ventilation, qu'elle soit naturelle ou forcée, peut devenir absolument illusoire.

La plupart des tubes S.Q. peuvent fonctionner normalement à plus de 12000 m d'altitude, mais il est préférable, dans ce cas, de réduire, par principe, les dissipations.

5. — UTILISATION AUX FRÉQUENCES ÉLEVÉES.

5.1. — Capacité - Facteur de mérite - Résonance.

La capacité d'entrée d'un tube électronique croît d'autant plus vite avec le courant que la densité de ce courant est plus forte; il s'agit d'un phénomène de charge d'espace dont

on peut avoir à tenir compte (lorsqu'aucune courbe n'est publiée pour la variation de cette capacité, on peut considérer que la capacité à chaud est d'au moins 30 % plus importante qu'à froid).

Une première idée du produit gain — bande passante d'un tube peut être donnée par le facteur de mérite.

$$\varnothing = \frac{\text{pente}}{2\pi (\text{Capacité d'entrée} + \text{Capacité de sortie})}$$

Le facteur de mérite pratique doit prendre en considération la capacité d'entrée à chaud. Voici des valeurs calculées pour deux tubes modernes, comparées à celles du 5654/6 AK 5 W.

Tube	E 810 F	E 186 F	5654
Pente.....mA/V	50	16,5	5,1
Ce (chaud)pF	23	10	5,5
CspF	4,1	3,3	3,1
∅MHz	280	200	95

Les inductances parasites et le temps de transit déterminent par ailleurs une résonance à une fréquence au-delà de laquelle le tube n'est plus utilisable. Le support abaisse en général la fréquence de cette résonance. Nous donnons pour le tube E 810 F un exemple de la variation de l'admittance d'entrée avec la fréquence.

5.2. — Résistance d'entrée.

La résistance d'entrée d'un tube est la partie réelle de l'impédance correspondante ci-dessus mentionnée. Elle diminue comme le carré de la fréquence. Cette propriété est utilisée dans les cahiers des charges pour faire la mesure à une fréquence déterminée et en tirer la valeur à toute autre fréquence.

La mesure de cette résistance d'entrée dépend, entre certaines limites du montage utilisé. Notre méthode est celle qui est normalisée pour les cahiers des charges de l'Administration. Un appareil de mesure répondant à cette norme existe sur le marché français (1).

(1) Réf. AO16 de Rochar Electronique, 51, rue Racine à Montrouge (Sene).

CONCLUSIONS.

Cette série de recommandations ne prétend pas être complète.

De nombreux points traités par les documents F.N.I.E. et G.A.M., T. 2 n'ont pas été repris ici lorsqu'une précision ou une explication n'a pas semblé nécessaire.

Si les utilisateurs veulent bien suivre ces conseils, la fiabilité et la durée de vie pratique des tubes dans les équipements pourront encore être améliorée. Nos clients profiteront ainsi pleinement des efforts constants des fabricants en vue d'obtenir une qualité sans cesse améliorée.



LISTE DES TUBES " S. Q. " DE LA RADIOTECHNIQUE

Type RT	Type USA (EIA)	Fonction	Embase	Durées présumées				Qualités particulières		
				1000 heures	5000 heures	10000 heures	20000 heures	Chocs Vibrations	Inter-face	Micro-phonie
DMI60	6977	Indicateur de tension	Submin.			◆		◆		
E55L		Pentode RF	Magnoval		◆			◆		
E80CC	6085	Double triode	Noval			◆		◆		◆
E80CF	7643	Triode oscillatrice	Noval			◆		◆		◆
E80F	6084	Pentode mélangeuse	Noval			◆		◆		◆
E80L	6227	Pentode antimicrophonique	Noval			◆		◆		◆
E81L	6686	Pentode de puissance	Noval			◆		◆		◆
E83F	6689	Pentode RF	Noval			◆		◆		◆
E88C		Triode UHF	Noval			◆		◆		◆
E90CC	5920	Double triode	Miniat.		◆			◆		◆
E90F	7693	Pentode RF	Miniat.			◆		◆		◆
E91H	6687	Heptode à 2 grilles de commande	Miniat.			◆		◆		◆
E92CC		Double triode	Miniat.			◆		◆		◆
E99F	7694	Pentode RF à pente réglable	Miniat.			◆		◆		◆
E130L	7534	Pentode de puissance	Octal			◆		◆		◆
E180CC	7062	Double triode	Noval			◆		◆		◆
E182CC	7119	Double triode	Noval			◆		◆		◆
E186F	7737	Pentode RF	Noval			◆		◆		◆
E188CC	7308	Double triode RF	Noval			◆		◆		◆
E288CC		Double triode RF	Noval			◆		◆		◆
E810F	7788	Pentode RF	Noval			◆		◆		◆
EC1000		Triode d'entrée	Submin.			◆		◆		◆
RI42/PTT213		Pentode RF	PTT				◆			◆
RI43/PTT206P		Pentode RF	PTT				◆			◆
RI44		Pentode RF	Miniat.				◆			◆
RI45/PTT202P		Pentode RF	PTT				◆			◆
RI46/PTT212P		Pentode RF	PTT				◆			◆
RI47/PTT208P		Pentode de puissance	PTT				◆			◆
RI55		Pentode de puissance	Octal				◆			◆
RI62/PTT122P		Double triode	PTT				◆			◆
RI65/PTT218		Pentode RF	Noval				◆			◆
IAD4		Pentode VHF	Submin.	◆						
5R4GYS		Valve biplaque	Octal		◆			◆		◆
6AM6S		Pentode RF	Miniat.		◆			◆		◆
6J6W		Double triode	Miniat.		◆			◆		◆
I2AT7WA	6201	Double triode	Noval		◆			◆		◆
I2AU7WA	6189	Double triode	Noval		◆			◆		◆
I2AX7S		Double triode	Noval		◆			◆		◆
	5636	Pentode à 2 grilles de commande	Submin.	◆				◆		◆
	5639	Pentode de puissance	Submin.		◆			◆		◆
	5642	Diode THT	Submin.		◆			◆		◆
	5643	Thyratron tétrode	Submin.		◆			◆		◆
	5644	Stabilisateur de tension	Submin.		◆			◆		◆
	5654	Pentode RF	Miniat.		◆			◆		◆
	5672	Pentode de puissance	Submin.	◆				◆		◆
	5676	Triode oscillatrice	Submin.	◆				◆		◆
	5678	Pentode RF	Submin.	◆				◆		◆
	5718	Triode UHF	Submin.		◆			◆		◆
	5719	Triode à grand K	Submin.		◆			◆		◆
	5725	Pentode à 2 grilles de commande	Miniat.		◆			◆		◆
	5726	Double diode	Miniat.		◆			◆		◆
	5727	Thyratron tétrode	Miniat.		◆			◆		◆
	5749	Pentode à pente variable	Miniat.		◆			◆		◆
	5840	Pentode RF	Submin.		◆			◆		◆
	5842	Triode à faible bruit	Noval			◆		◆		◆
	5899	Pentode à pente variable	Submin.		◆			◆		◆
	5902	Pentode de puissance	Submin.		◆			◆		◆
	6005	Pentode de puissance	Miniat.	◆				◆		◆
	6021	Double triode	Submin.		◆			◆		◆
	6080	Double triode de puissance	Octal			◆		◆		◆
	6111	Double triode	Submin.		◆			◆		◆
	6112	Double triode à fort K	Submin.		◆			◆		◆
	6205	Pentode RF	Submin.		◆			◆		◆
	6206	Pentode à pente variable	Submin.		◆			◆		◆
	6211	Double triode	Noval		◆			◆		◆
	6286	Triode oscillatrice	Submin.	◆				◆		◆
	6463	Double triode de puissance	Noval			◆		◆		◆

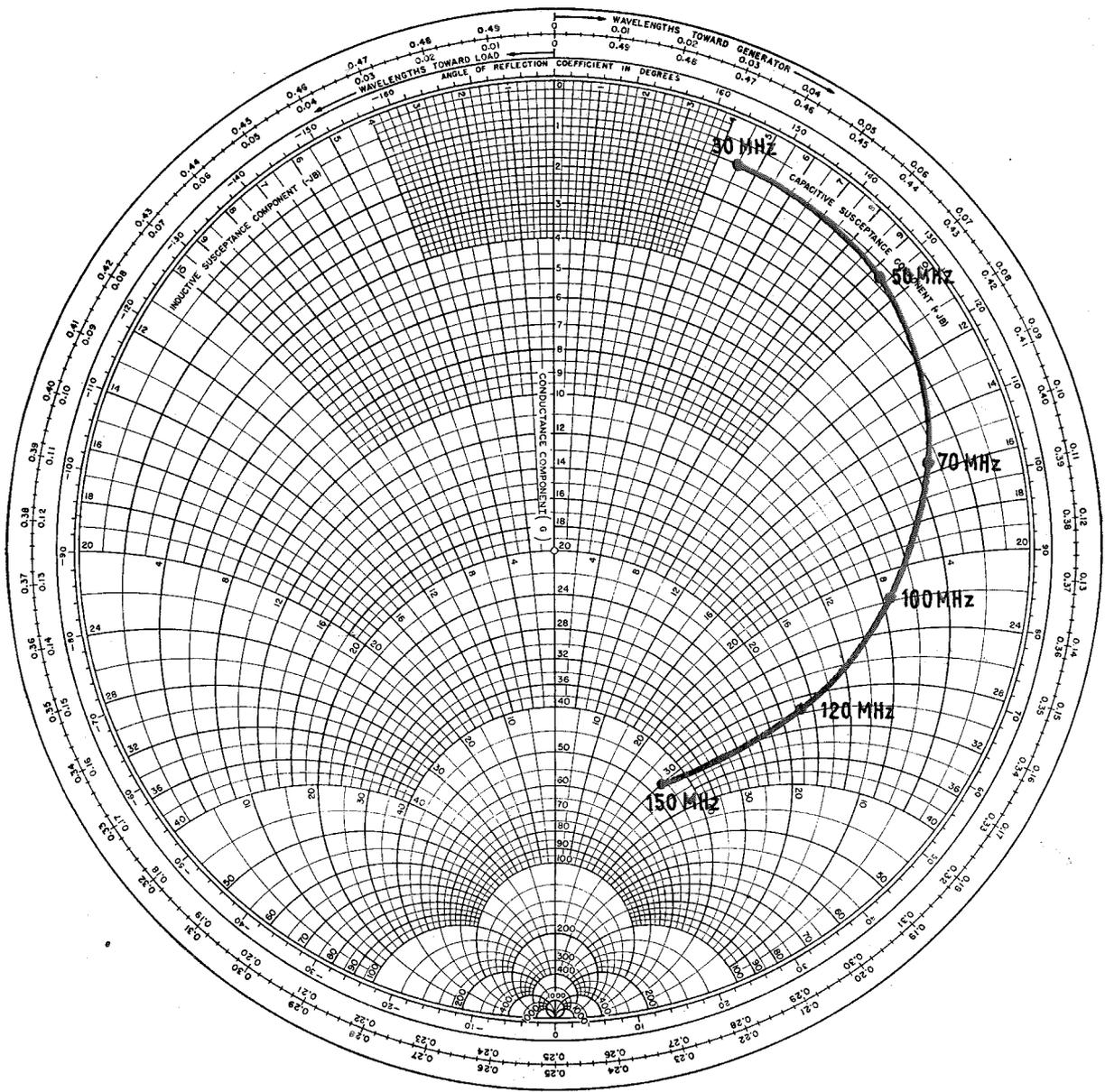


Fig. 11. — Variation de l'admittance d'entrée du tube E 810 F en fonction de la fréquence.

LA RADIOTECHNIQUE — DIVISION TUBES ÉLECTRONIQUES ET SEMICONDUCTEURS
 130, avenue Ledru-Rollin - PARIS XI^e - Téléph. : VOLtaire 18-50 - Adr. Télégr. : TUBELEC - PARIS
 USINES ET LABORATOIRES : SURESNES, CHARTRES, DREUX ET CAEN