

CARACTÉRISTIQUES DES TRANSISTORS

AU GERMANIUM ET AU SILICIUM

TYPES
B.F.

ÉDITIONS
RADIO

LEXI

15

PRÉCISIONS SUR CET ALBUM

DOCUMENTATION SUR LES TRANSISTORS

TOUT d'abord curiosité de laboratoire, puis engin instable de caractéristiques incertaines et mal connues, le transistor est devenu en peu d'années un élément amplificateur universellement utilisé. Celui qui veut se documenter sur cette nouvelle technique trouve un grand nombre d'ouvrages traitant de la théorie des semiconducteurs, mais les livres orientés sur les applications des transistors sont déjà plus rares. Enfin, il y a peu de temps encore, on ne trouvait les caractéristiques des transistors existant dans le commerce que dans les notices des fabricants ou dans les recueils qui reprenaient purement et simplement ces notices.

Or, si l'usage a fait adopter, dans le domaine du tube électronique, des caractéristiques de signification parfaitement connues et universellement utilisées, il n'en est pas de même dans celui des transistors. En effet, chaque fabricant utilise un mode de représentation différent, en sorte que la conversion d'un système de caractéristiques nécessite des calculs complexes et fastidieux. Ainsi, un recueil ne pourra être commode à utiliser que si la conversion des caractéristiques a été effectuée préalablement.

Un premier travail de ce genre a été fait dans le **GUIDE MONDIAL DES TRANSISTORS**, qui condense, sous un format et une disposition commodes, les données numériques et indications de remplacement de tous les transistors qu'on trouve dans le commerce.

Sous le titre de **RADIO-TRANSISTORS**, il existe également un ouvrage représentant les transistors les plus usuels avec un ou plusieurs schémas d'utilisation, complétés par des données de fonctionnement. La popularité qu'à pu acquérir un ouvrage similaire, **RADIO-TUBES**, suffit pour démontrer les avantages d'une telle formule.

Le présent recueil, **CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS**, prétend à présenter des caractéristiques à la fois homogènes et rationalisées, l'accent étant mis sur la signification pratique des données indiquées.

RATIONALISATION DES DONNEES

LES données contenues dans ce recueil sont uniquement celles possédant une signification pratique pour l'utilisateur. Dans le cas où ces données n'étaient pas indiquées dans la notice du transistor cité, elles ont été établies suivant les indications du fabricant.

Pour décrire les propriétés d'amplification d'un transistor, on peut établir toutes sortes de schémas équivalents, qu'on appelle aussi des quadripôles actifs. La confusion qui peut résulter de cette diversité est d'autant plus grande que

chacune de ces représentations peut encore prendre trois aspects différents, ceux des montages émetteur commun, collecteur commun et base commune.

Si une telle complication était nécessaire, elle devrait également exister dans le domaine du tube électronique. Cela n'est absolument pas le cas ; pour calculer un amplificateur à tubes, presque tous les auteurs utilisent exclusivement les notions pente, résistance interne, résistance d'entrée et, éventuellement, coefficient de contre-réaction.

Ces mêmes notions, mentionnées dans ce recueil sous la désignation de « paramètres universels », sont également utilisables dans le cas du transistor. Elles offrent alors l'avantage de permettre une comparaison directe entre les conditions de fonctionnement d'un tube et d'un transistor. Puisque leur utilisation n'est pas très courante dans le domaine des semiconducteurs, leur principe et leurs applications ont été exposés dans l'introduction de ce recueil.

De plus en plus, les différences de prix entre les transistors au germanium et au silicium s'estompent, et, en raison de leur meilleure qualité, on donne la préférence à ces derniers dans presque tous les domaines. Accessoirement, le transistor au silicium présente l'avantage que certaines de ses caractéristiques conservent toujours, indépendamment du type, une valeur identique. De ce fait, ces caractéristiques ne sont même plus indiquées par les fabricants, et dans le présent recueil, elles figureront seulement dans la partie de l'introduction qui est consacrée au transistor au silicium.

RESEAUX DE CARACTERISTIQUES

SI, dans beaucoup d'applications, le transistor peut être considéré comme travaillant exclusivement en amplificateur de courant, la notion de l'amplification de tension est néanmoins souvent importante. Elle permet, de plus, une comparaison plus facile avec le tube électronique qu'on considère toujours comme amplificateur de tension.

Pour bien dégager ces notions d'amplification de courant et de tension, les réseaux de caractéristiques publiées dans ce recueil comportent toujours deux grandeurs en paramètre : la tension et le courant de base. Leur utilisation est commentée dans la partie correspondante de l'introduction.

En dehors de ces réseaux de caractéristiques, le recueil comporte, dans la mesure où les données correspondantes sont fournies par les fabricants, d'autres familles de courbes. Elles concernent les variations que subissent les paramètres avec les conditions de fonctionnement, ou encore des caractéristiques accessoires, telles que le facteur de bruit.

H. SCHREIBER.

INTRODUCTION

PARAMÈTRES CARACTÉRISTIQUES

Conditions de fonctionnement

Les transistors travaillent généralement avec des tensions d'alimentation (tension de collecteur) comprises entre 1,5 et 100 V. Le courant d'alimentation (courant de collecteur) est de l'ordre du milliampère pour les transistors H. F., M. F. et préamplificateurs, et atteint plusieurs ampères pour certains transistors de sortie. La puissance dissipée varie entre quelques milliwatts (transistors de faible puissance) et quelques dizaines de watts (transistors de sortie). Le rendement est relativement bon, cela d'autant plus qu'on peut, généralement, considérer une assez grande partie de la caractéristique

comme linéaire. Le transistor est, toutefois, assez sensible aux surtensions et aux variations de température.

Dans le cas du transistor $p-n-p$ (le plus fréquemment utilisé dans le cas du germanium), on applique la tension d'alimentation avec le pôle négatif sur le collecteur et le positif sur l'émetteur. La base sert d'électrode de commande. Le courant de collecteur est très faible quand la tension de base est nulle par rapport à l'émetteur ; il augmente quand on rend la base plus négative. Les polarités des tensions de collecteur (négative) et de base (négative) sont donc de même

sens. Pour faire cesser entièrement le courant de collecteur, on doit appliquer une tension de base légèrement positive. On dit alors que le transistor est bloqué.

Des transistors à quatre électrodes et plus ont été expérimentés, mais n'ont pas encore trouvé d'applications généralisées. On peut utiliser indifféremment tous les types de transistors pour des appareils alimentés sur piles ou sur secteur. Dans le cas du transistor $n-p-n$, les polarités sont inversées ; le positif de l'alimentation est connecté au collecteur, et le négatif à l'émetteur.

Caractéristiques de fonctionnement

Dans les étages de préamplification, on travaille généralement avec des signaux suffisamment faibles pour que seulement une petite partie de la caractéristique dynamique du transistor soit utilisée. On n'a pas alors besoin de faire appel aux réseaux de courbes, car on peut considérer comme linéaire la fonction d'amplification. Pour connaître les grandeurs de fonctionnement d'un étage (gain, résistance d'entrée, etc.), il suffit alors

d'effectuer un calcul faisant intervenir les *paramètres* propres au transistor et les éléments du montage dans lequel il est utilisé.

Pour les transistors B. F. au germanium (1), les fabricants indiquent généralement les paramètres « h », également représentés dans ce recueil. Jusqu'à des

(1) Le cas des transistors au silicium sera analysé à la fin de cette introduction.

fréquences de l'ordre de 10 kHz, et parfois plus, ces paramètres sont indépendants de la fréquence. Il en est de même des *paramètres universels*, qui sont indiqués ici pour les transistors au germanium cités. Leur mécanisme, très semblable à celui des notations utilisées dans le cas du tube électronique, sera exposé ci-dessous, et on trouvera également un exemple de calcul d'un étage d'amplification.

Pente

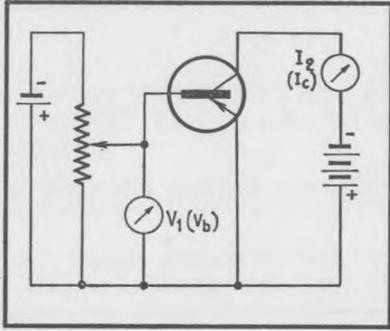


Fig. 1. — La pente d'un transistor étant beaucoup plus élevée que celle d'un tube, il suffit de varier la tension de base de quelques dizaines de millivolts pour la mesurer.

La pente est définie par le rapport entre les variations du courant de sortie (I_2) et celles de la tension de commande ou d'attaque (V_1). La figure 1 montre le principe d'un montage de mesure statique de la pente. Cette grandeur est donnée par

$$s = \frac{\Delta I_2}{\Delta V_1} \quad \left[\frac{\Delta I_c}{\Delta V_b} \right]$$

On peut également définir la pente en partant des grandeurs alternatives correspondantes v_1 (tension d'attaque) et i_2 (courant de sortie) qu'on suppose superposées sur les polarisations continues correspondantes. On écrit alors :

$$s = \frac{i_2}{v_1}$$

Dans le cas du transistor au germanium, la pente peut être approximativement déterminée en multipliant par 35 le courant de collecteur auquel le transistor travaille. Cette relation cesse d'être valable dès que le courant de collecteur dépasse une dizaine de milliampères dans le cas d'un transistor de faible puissance. Pour les transistors de puissance, elle se confirme souvent encore jusqu'à une fraction d'ampère. Aux fortes intensités de collecteur, la pente n'augmente plus avec le courant de collecteur, mais reste à peu près constante.

Résistance de sortie

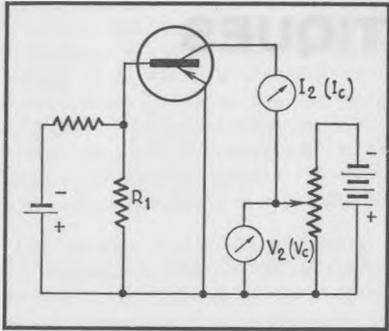


Fig. 2. — Pour mesurer correctement la résistance de sortie telle qu'elle est définie ici, il faut donner à R_1 une valeur qui est nettement inférieure à celle de la résistance d'entrée.

On peut considérer les bornes de sortie d'un élément amplificateur comme celles d'une source de tension alternative (générateur). La tension délivrée par cette source dépend, évidemment, de celle qu'on applique à l'entrée, mais sa résistance interne est une grandeur caractéristique. Pour éviter toute confusion avec les autres résistances « internes » d'un montage (celle qu'il présente, par exemple, entre ses bornes d'entrée) on parlera ici de « résistance de sortie ».

Cette résistance de sortie peut être mesurée (fig. 2) de façon statique en formant le rapport entre les variations de la tension de sortie (V_2) et de variations correspondantes du courant de sortie (I_2); on peut donc écrire :

$$\rho = \frac{\Delta V_2}{\Delta I_2}$$

La résistance de sortie peut donc encore être définie, en régime alternatif, par

$$\rho = \frac{v_2}{i_2}$$

Dans le cas du transistor à alliage, la résistance de sortie varie entre quelques kilohms et plusieurs dizaines de kilohms. Elle peut atteindre une valeur voisine du mégohm avec un transistor à diffusion, et se chiffrer à une centaine d'ohms seulement avec un transistor de puissance. Cette résistance de sortie n'est pas constante; elle diminue, quand le courant de collecteur augmente.

Résistance d'entrée

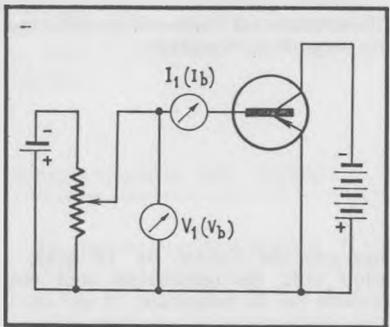


Fig. 3. — Pour mesurer la résistance d'entrée d'un transistor, on fait varier la tension de base et on observe les variations correspondantes du courant de base. En pratique, il faut tenir compte de la chute de tension aux bornes de l'appareil I_1 .

La résistance d'entrée d'un élément amplificateur est donnée par le rapport entre les variations de tension d'entrée ou tension d'attaque (V_1) et les variations du courant I_1 que cette tension provoque (fig. 3). On arrive ainsi à l'expression

$$r = \frac{\Delta V_1}{\Delta I_1}$$

En régime alternatif, on a la relation

$$r = \frac{v_1}{i_1}$$

qui montre que r est la résistance qui s'oppose au signal qu'on applique à l'entrée du montage.

La résistance d'entrée est une grandeur

très importante dans le cas du transistor. Elle est relativement basse — généralement de l'ordre du kilohm, de quelques dizaines d'ohms seulement pour certains transistors de puissance — car le transistor travaille toujours avec courant de « grille », c'est-à-dire de base. La résistance d'entrée joue donc un rôle important dans les amplificateurs à liaison par résistance-capacité et conduit à l'utilisation de condensateurs de liaison de plusieurs microfarads. Emetteur et base d'un transistor se comportent comme une diode dont la résistance (qui est précisément la résistance d'entrée) est d'autant plus faible que la tension appliquée est plus forte. La résistance d'entrée est donc une grandeur à peu près inversement proportionnelle au courant de base.

Coefficient de contre-réaction

Si on fait varier la tension à la sortie d'un élément amplificateur, il peut en résulter une variation de la tension qu'on mesure à ses bornes d'entrée. Cette variation est intéressante non pas parce qu'on veut savoir, si l'élément en question peut amplifier « à l'envers », mais parce qu'elle montrerait que cet élément travaille avec une certaine contre-réaction.

La figure 4 indique le principe d'un montage de mesure. En admettant qu'une variation ΔV_2 de la tension de sortie provoque une variation ΔV_1 de la tension mesurée à l'entrée, le coefficient de contre-réaction serait

$$\mu = \frac{\Delta V_1}{\Delta V_2}$$

Ce coefficient peut encore être défini en régime alternatif; si v_1 et v_2 sont les tensions alternatives superposées aux

polarisations continues correspondantes, on peut écrire

$$\mu = \frac{v_1}{v_2}$$

Le coefficient de contre-réaction indique ainsi la fraction de la tension de sortie qui se trouve réinjectée à l'entrée.

Dans le cas du transistor, une variation de la tension V_2 (fig. 4) provoque une variation souvent notable de V_1 . Contrairement au tube, le transistor travaille donc avec une contre-réaction interne. Le coefficient de contre-réaction qu'on peut ainsi définir varie légèrement avec le courant de collecteur. Cette contre-réaction est due à la présence d'une résistance r_i (de quelques centaines de kilohms) entre collecteur et base. Cette résistance permet d'écrire, si r est la résistance d'entrée

$$\mu = \frac{r}{r_i}$$

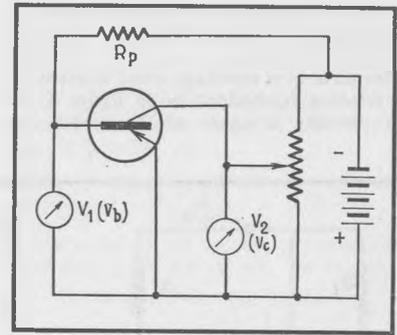


Fig. 4. — Dans le cas du transistor, l'isolement entre collecteur et base n'est pas parfait, on observe donc une interdépendance des tensions correspondantes. Lors de la mesure, on doit s'arranger pour que R_p soit beaucoup plus grande que la résistance d'entrée.

Amplification de courant

Si on ne définissait le gain d'un amplificateur que par le rapport entre les tensions de sortie et d'entrée, un transformateur élévateur serait également un amplificateur. Or, on sait que, dans ce cas, une augmentation de tension dans un rapport n signifie implicitement un affaiblissement du courant dans ce même rapport n . Un véritable amplificateur apporte, par contre, généralement un gain en courant en même temps qu'un gain en tension.

Si on fait varier (fig. 5) le courant d'entrée d'une quantité ΔI_1 , on observera une variation du courant de sortie ΔI_2 qui permet de calculer le gain en courant par

$$\beta = \frac{\Delta I_2}{\Delta I_1}$$

En régime alternatif, on peut écrire

$$\beta = \frac{i_2}{i_1}$$

Le coefficient d'amplification de courant indique ainsi de combien de fois le courant de sortie est plus grand que le courant d'entrée.

Les valeurs de gain en courant qu'on relève avec un montage suivant la figure 5 sont généralement comprises entre 20 et 200, quelle que soit la puissance dissipée qu'admet le transistor. De plus, l'amplification de courant est une grandeur relativement indépendante du courant moyen de collecteur. Utilisé en tant qu'amplificateur de courant, c'est-à-dire avec une résistance d'attaque R_i qui est grande devant la résistance d'entrée r_i , le transistor sera donc un élément amplificateur particulièrement linéaire.

Les expressions de pente et de résistance d'entrée

$$s = \frac{i_2}{v_1} \quad \text{et} \quad r = \frac{v_1}{i_1}$$

permettent d'écrire, pour l'amplification de courant

$$\beta = \frac{i_2}{i_1} = \frac{i_2 v_1}{v_1 i_1} = s r$$

Cela montre que le gain en courant est déjà donné par les grandeurs : pente et résistance d'entrée; il est donc parfaitement possible de calculer un étage d'amplification sans faire appel à la notion

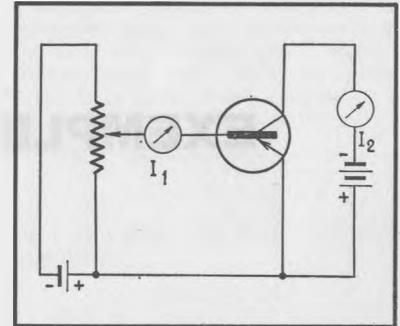


Fig. 5. — Pour mesurer l'amplification de courant d'un transistor, on fait varier le courant de base, et on observe les variations correspondantes du courant de collecteur.

d'amplification de courant. C'est ce qu'on fait, d'ailleurs, généralement dans le cas du tube électronique. Dans celui du transistor, la notion de l'amplification de courant est quelquefois commode, surtout quand la résistance de sortie de l'étage précédent est grande devant la résistance d'entrée de l'étage considéré. La notion du gain en tension est alors sans intérêt pratique, et on peut effectuer le calcul en se basant uniquement sur le gain en courant.

Résumé des paramètres universels

Comme on l'a vu, les propriétés d'un élément amplificateur peuvent être définies par quatre paramètres qui sont la pente, la résistance d'entrée, la résistance de sortie et le coefficient de contre-réaction interne.

Pente et résistance d'entrée sont mesurées à sortie fermée, c'est-à-dire avec une résistance de charge très faible ou nulle. La résistance de sortie est mesurée à entrée fermée, c'est-à-dire en maintenant V_1 constante pendant la mesure.

Le coefficient de contre-réaction, en revanche, est défini à entrée ouverte, c'est-à-dire que, lors de la mesure, les résistances que comporte le circuit de base doivent être beaucoup plus grandes que la résistance d'entrée r du transistor.

En faisant abstraction des notions d'alimentation, de polarisation et d'autres réalités physiques, on peut remplacer n'importe quel montage amplificateur par le schéma équivalent de la figure 6. Ici, les circuits d'entrée et de sortie sont

parfaitement séparés. Pour exprimer l'action du circuit d'entrée sur celui de sortie, on a dessiné, dans ce dernier, un générateur produisant un courant sv_1 . De même, on trouve dans le circuit d'entrée, un générateur produisant une

tension μv_2 . Les résistances d'entrée r_1 et de sortie ρ , sont celles déjà définies. De plus, on trouve, à l'extérieur de l'élément amplificateur, la source de commande v avec sa résistance interne R_1 , et la résistance de charge R_2 .

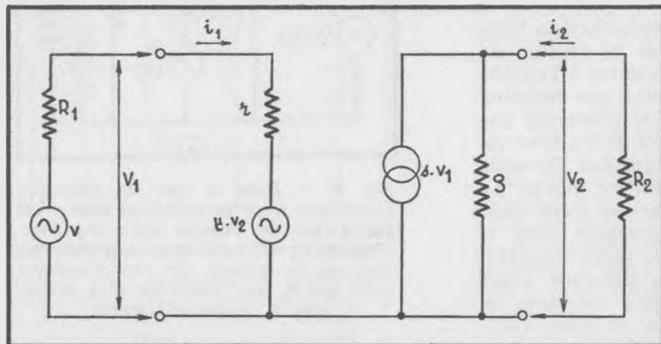


Fig. 6. — Schéma équivalent ou « quadripôle actif » permettant, grâce aux paramètres universels, de décrire n'importe quel montage amplificateur, qu'il soit à tube ou à transistor.

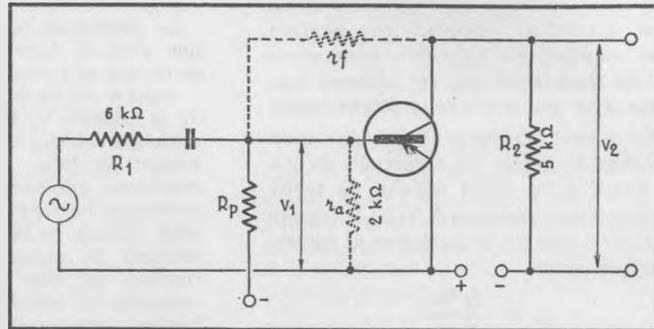


Fig. 7. — Exemple d'un montage à transistor dont nous effectuerons le calcul détaillé.

EXEMPLE DE CALCUL D'UN ÉTAGE AMPLIFICATION

Le transistor sera utilisé dans un montage préamplificateur B. F. suivant un étage de détection. Ce dernier est représenté, dans le schéma de la figure 7, par un générateur dont la résistance interne, R_1 , est de $6 \text{ k}\Omega$ (détection par diode à cristal). La résistance d'entrée du transistor est de $2 \text{ k}\Omega$, comme indiqué en pointillé dans le schéma. De la même

façon, la contre-réaction interne est représentée par une résistance r_f . Le coefficient de contre-réaction du transistor utilisé étant de $0,1 \%$, la valeur de r_f serait de $2 \text{ M}\Omega$. Les caractéristiques sont ainsi :

$$\begin{cases} s = 30 \text{ mA/V} & (\text{pente}), \\ r = 2 \text{ k}\Omega & (\text{résistance d'entrée}), \\ \rho = 20 \text{ k}\Omega & (\text{résistance de sortie}), \\ \mu = 0,001 & (\text{coefficient de contre-réaction}). \end{cases}$$

De plus, on trouve, pour les caractéristiques du montage :

$$\begin{aligned} R_1 &= 6 \text{ k}\Omega \text{ (résistance d'attaque),} \\ R_2 &= 5 \text{ k}\Omega \text{ (résistance de charge).} \end{aligned}$$

On suppose les tensions de polarisation et d'alimentation choisies de façon que le transistor travaille correctement, et que la tension appliquée v est suffisamment faible pour qu'il n'y ait pas de distorsion.

Gain interne de tension

Le gain interne de tension est défini par le rapport v_2/v_1 , il est donc indépendant de la contre-réaction. Il peut être calculé par l'expression

$$AV = \frac{v_2}{v_1} = \frac{s R_2 \rho}{R_2 + \rho} = \frac{s}{1/R_2 + 1/\rho}$$

Avec les caractéristiques indiquées ci-dessus, on trouve,

$$AV = 30 \frac{100}{25} = 120.$$

Résistance d'entrée du montage

La résistance d'entrée de l'élément amplificateur a été définie plus haut avec une résistance de charge nulle. Dans ces conditions, il ne peut y avoir de gain ; et, par conséquent, il n'y a pas non plus de contre-réaction. Avec une résistance de charge non nulle, la résistance d'entrée sera plus faible ; elle a pour expression

$$r_1 = \frac{r (R_2 + \rho)}{\rho + R_2 (1 + \mu \rho s)}$$

On voit que la résistance d'entrée du montage, r_1 , devient égale à la résistance d'entrée de l'élément amplificateur, r ,

quand on travaille soit sans contre-réaction ($\mu = 0$), soit à sortie fermée ($R_2 = 0$).

Dans notre exemple, la résistance d'entrée du montage à transistor est

$$r_1 = 1,8 \text{ k}\Omega.$$

L'influence de la contre-réaction est ici assez peu sensible, car on travaille avec une résistance de charge R_2 faible devant la résistance de sortie ρ . Dans ce cas, très fréquent en pratique, on ne commet pas d'erreur sensible en admettant $r_1 = r$. Par contre, avec une résistance de charge infinie, on aurait trouvé $r_1 = 1,25 \text{ k}\Omega$.

Gain externe de tension

Le gain interne de tension, vu précédemment, est une notion assez théorique, qui ne tient pas compte de la chute de tension sur R_1 . Pour déterminer le gain réel d'un étage d'amplification, il faut, évidemment, considérer le rapport v_2/v qui a pour expression

$$\frac{v_2}{v} = AV \frac{r_2}{R_1 + r_1}$$

il est donc égal au gain interne AV, quand la résistance d'entrée r_1 est très grande devant la résistance interne de la source de commande, R_1 .

Avec les valeurs de l'exemple, on trouve

$$v_2/v = 27,5 .$$

Le gain réel n'est plus une fraction du gain interne théorique ; cela est surtout dû à la faible résistance d'entrée du transistor. Le résultat aurait été encore plus défavorable, si nous avions choisi, pour notre exemple, une valeur plus grande pour R_1 .

Résistance de sortie du montage

La résistance de sortie du montage, ρ_2 est différente de la résistance de sortie de l'élément amplificateur dès qu'il y a contre-réaction. Elle est définie comme résistance apparaissant aux bornes de la charge. Si cette dernière est constituée, par exemple, par un circuit oscillant dont l'impédance à la résonance est R_2 , ρ_2 joue donc le rôle d'une résistance d'amortissement parallèle. Elle est donnée par la relation

$$\rho_2 = \frac{\rho}{1 + \mu s \rho \left(1 - \frac{r_1}{R_1 + r_1}\right)}$$

On voit que, en absence de contre-réaction, soit pour $\mu = 0$ ou pour $R_1 = 0$, ρ_2 devient égale à ρ .

Les valeurs de notre exemple nous conduisent à

$$\rho_2 = \frac{20}{1 + 0,001 \cdot 600 \left(1 - \frac{2}{8}\right)} = 13,8 \text{ k}\Omega .$$

La contre-réaction étant immuable dans le cas du transistor, ρ_2 dépend uniquement de R_1 . En rendant infinie cette dernière grandeur, on trouve $\rho_2 = 12,5 \text{ k}\Omega$. C'est dans les conditions d'une résistance d'attaque infinie que les constructeurs indiquent généralement la résistance de sortie de leurs transistors ; il s'agit donc là d'une valeur différente de ρ que nous utilisons ici.

Gain en courant du montage

Le gain en courant d'un montage amplificateur est donné par le rapport entre les courants de sortie, i_2 , et d'entrée, i_1 . On peut donc écrire

$$AI = \frac{i_2}{i_1} = \frac{v_2}{R_2} \frac{r_1}{v_1} = AV \frac{r_1}{R_2} = \frac{s \rho r}{R_2 + \rho + \mu s \rho R_2}$$

Puisque le courant fourni par la source de commande est égal au courant entrant dans le transistor, il n'y a pas de distinction à faire ici, entre gains interne et externe. De plus, la contre-réaction n'entre pas dans la formule de l'amplification de courant qui devient ainsi une expression relativement simple. De là vient la préférence donnée par certains à cette notion. Néanmoins, du fait même de sa simplicité, la notion de l'amplification de courant passe sous silence certaines réalités physiques très importantes, si bien qu'on peut arriver à des conclusions très erronées en se basant uniquement sur elle.

Avec les valeurs de l'exemple, on trouve

$$AI = 43 .$$

L'amplification de courant du montage sera donc d'autant plus grande que la résistance de charge est plus faible. Pour $R_2 = 0$, on trouve $A = 60$. C'est l'amplification de courant mesurée dans ces conditions qui est généralement indiquée par les fabricants (β , h_{21}).

Gain interne de puissance

Donné par le rapport entre les puissances dissipée dans la charge et appliquée à l'entrée, le gain interne de puissance est

$$GP = AI \cdot AV = \frac{s^2 \rho^2 \cdot R_2 \cdot r}{(R_2 + \rho) (R_2 + \rho + \mu s \rho R_2)}$$

Si on utilise cette expression, il faut calculer séparément, et déduire, les pertes dans R_1 ou, dans le cas d'un amplificateur à plusieurs étages, les « pertes d'insertion » dues aux éléments de liaison.

Avec les valeurs de notre exemple, on trouve

$$GP = 5150, \text{ soit } 37 \text{ dB} .$$

Gain externe de puissance

Le gain externe en puissance tient compte des pertes dans R_1 ; il est donné par le produit

$$G = AI \frac{v_2}{v} .$$

En utilisant les valeurs précédemment calculées pour AI et AV, on trouve

$$G = 1180, \text{ soit } 31 \text{ dB} .$$

Gain virtuel en puissance

Avec une adaptation parfaite d'entrée ($R_1 = r_1$), on utiliserait au maximum la puissance que la source de commande est capable de fournir. Une telle adaptation doit être effectuée par un transformateur, pièce coûteuse et encombrante. Les mêmes problèmes se posent lors de l'adaptation de sortie, c'est-à-dire si on veut faire $R_2 = \rho_2$. Il est donc intéressant de connaître le gain qu'on aurait pu obtenir avec une adaptation parfaite. C'est là le gain virtuel interne

$$GM = \frac{s^2 \rho r}{(1 + \sqrt{1 + s \mu \rho})^2}$$

dont la valeur est, dans l'exemple du transistor,

$$GM = \frac{900 \cdot 2 \cdot 20}{5,1} = 7050$$

soit 38,5 dB.

Conditions optima d'adaptation

Si on veut réaliser l'adaptation optimum à l'entrée et à la sortie, on doit prendre

$$R_1 = \frac{r}{\sqrt{1 + \mu s \rho}}$$

et

$$R_2 = \frac{\rho}{\sqrt{1 + \mu s \rho}}$$

soit, pour l'exemple de calcul,

$$R_1 = 1,58 \text{ k}\Omega$$

et

$$R_2 = 16 \text{ k}\Omega .$$

Un transformateur liant la sortie d'un étage à l'entrée d'un étage identique devrait donc avoir un rapport 3,2/1.

RÉSEAU DE CARACTÉRISTIQUES D'UN TRANSISTOR

Réseau $I_c = f(V_{ce})$

Le réseau de caractéristiques le plus commode à utiliser est celui donnant le courant de collecteur (I_c) en fonction de la tension entre collecteur et émetteur (V_{ce}), la tension émetteur-base (V_{be}) et le courant de base (I_b) figurant en paramètre. Comme on le verra plus loin, on peut déduire, d'un tel réseau, les paramètres universels définis plus haut, et cela pour toute condition de fonctionnement (courant et tension de collecteur) envisagée. Cependant, le réseau sera surtout utile quand on désire amplifier un signal d'amplitude relativement élevée, c'est-à-dire moduler à fond l'élément amplificateur. Dans ce cas, on peut déterminer les conditions de fonctionnement et apprécier la linéarité d'amplification en traçant une droite de charge dans le réseau de caractéristiques.

La figure 8 montre la forme qui est utilisée, dans ce cahier, pour la représentation du réseau de caractéristiques d'un transistor. Les courbes correspondant à la tension de base sont tracées en traits pleins. On constate que l'écart entre ces courbes diminue pour les faibles valeurs du courant de collecteur. Il en résulte une non-linéarité qu'on peut éviter en travaillant en commande par courant, c'est-à-dire avec une résistance d'attaque

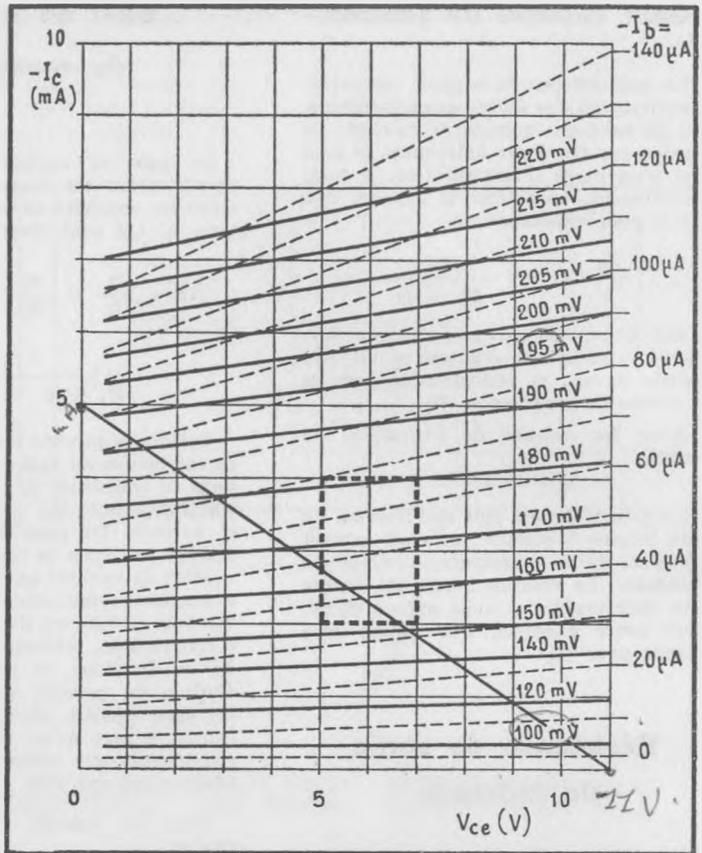


Fig. 8. — Un réseau de courbes pour transistor devient d'une utilisation particulièrement commode, s'il contient les paramètres tension et courant de base.

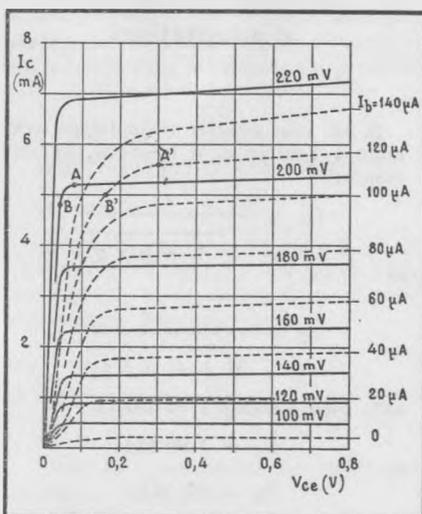


Fig. 9. — Réseau pour faibles tensions de collecteur.

(R_1) qui est grande devant la résistance d'entrée du transistor. Dans ce cas, le courant de base est proportionnel à la tension de commande, et on peut se baser sur les courbes correspondantes, tracées en pointillé dans le réseau de la figure 8. Leur espacement régulier montre que l'amplification sera très linéaire dans ces conditions.

Généralement, ces réseaux de caractéristiques correspondent à une température ambiante de 25° C. L'effet de température est surtout sensible pour les courbes de tension de base. A courant de collecteur constant, il faut diminuer cette tension de 2 mV environ par augmentation de 1° C de la température ambiante. Quant au réseau des courbes de courant de base, il subit un glissement vers le haut lorsque la température augmente. On peut estimer ce glissement en sachant que le courant de collecteur à base ouverte ($I_b = 0$) double chaque fois que la température augmente de 8° C environ.

Les courbes des réseaux de caracté-

ristiques possèdent un coude pour les tensions très faibles de collecteur. Se trouvant très près de l'ordonnée de courants de collecteur, ce coude n'est souvent pas reproduit, mais apparaît seulement dans les réseaux spéciaux (fig. 9), dits à faibles tensions. On voit, sur le réseau de la figure 9, qu'une amplification linéaire n'est possible que quand on s'arrange pour ne pas utiliser les régions situées à gauche des points A (en commande par tension) ou A' (en commande par courant). Pour certains transistors, le fabricant indique une tension de saturation de collecteur, correspondant aux points B ou B'. Il s'agit là de la tension qu'on observe, entre émetteur et collecteur, lorsque le transistor est utilisé, dans un circuit de commutation, en tant qu'interrupteur. Cette grandeur est également appelée « tension de déchet » ; son indication est toujours accompagnée des valeurs de courant (ou de tension) de base correspondantes, ainsi que de celle du courant de collecteur.

Tracé de la droite de charge

Pour déduire d'un réseau $I_C = f(V_{CE})$ la caractéristique dynamique correspondant à des conditions de fonctionnement données, on y trace une droite de charge. Dans le cas d'une résistance de charge purement ohmique, et qui servira d'exemple, l'origine de cette droite correspond à la tension d'alimentation V_A , et la droite rejoint l'axe de courants au point $I_C = (V_A/R_2)$. Le cas de résistances ou impédances de charge de nature différente se trouve analysé dans l'ouvrage « Technique et Applications des Transistors » (Editions Radio).

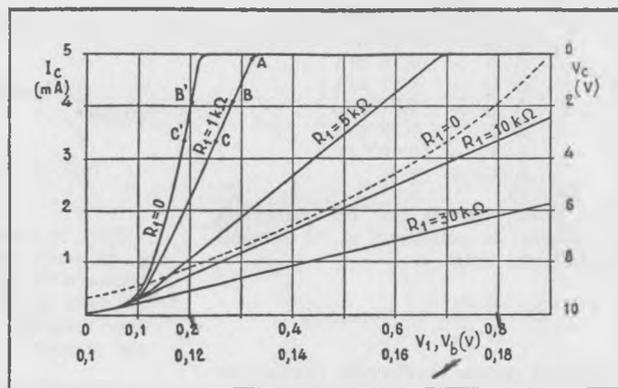
La droite de charge qui a été tracée dans le réseau de la figure 8 correspond à une résistance de charge de $2,2 \text{ k}\Omega$ et à une tension d'alimentation de 11 V . En utilisant uniquement les courbes de tension de base (traits pleins), et en procédant comme dans le cas d'un tube électronique, on peut tracer la caractéristique dynamique pour $R_1 = 0$. Avec l'échelle supérieure des tensions de base (fig. 10), cette courbe est reproduite en trait plein.

Comme, dans ces conditions, elle montre une montée très rapide, elle a été reproduite, une seconde fois, en pointillé, avec une échelle dix fois plus étalée, indiquée en bas de la figure (0,1 à 0,18 V). A noter que cette courbe n'est valable que dans le cas d'une résistance d'attaque nulle, ce qui est très rare en pratique.

En partant de cette caractéristique dynamique, on peut déterminer le gain en tension du transistor. Admettons que la tension de polarisation de base soit de $0,15 \text{ V}$, une variation de $0,06 \text{ V}$ (entre $0,12$ et $0,18 \text{ V}$) correspond alors à une variation de V_C entre $1,9$ et $8,1 \text{ V}$ soit $6,2 \text{ V}$. Le gain en tension est donc légèrement supérieur à 100 , mais c'est là le gain interne AV, généralement assez différent du gain externe.

Les courbes de courant de base (pointillées) de la figure 8 permettent d'apprécier la variation du courant d'entrée correspondant à une variation donnée de la tension d'entrée. Ainsi, si on veut utiliser la caractéristique dynamique sur sa presque totalité, soit entre $V_B = 100 \text{ mV}$ et $V_B = 195 \text{ mV}$, il suffit de chercher (fig. 8) les courbes de courant qui coupent la droite de charge au même endroit que les courbes correspondantes de tension, soit, sensiblement, les courbes 0 et $100 \mu\text{A}$. En

Fig. 10. — Dans le cas du transistor, la caractéristique dynamique dépend non seulement de la résistance de charge, mais aussi de la résistance d'attaque. Le choix de cette dernière permet d'agir sur la linéarité.



régime sinusoïdal, il faut donc, pour moduler à fond le transistor (en classe A), une puissance de

$$\frac{0,095 \cdot 100}{8} = 1,2 \mu\text{W} .$$

Avec ces chiffres, on peut également définir la résistance moyenne d'entrée du transistor qui serait

$$r_{im} = \frac{95 \text{ mV}}{100 \mu\text{A}} = 0,95 \text{ k}\Omega ,$$

mais il ne faut pas oublier qu'il s'agit là d'une valeur moyenne et que, en réalité, la résistance d'entrée varie avec la tension appliquée.

La non-linéarité qui résulte de cette variation peut être évitée quand on travaille avec une résistance d'attaque (R_1) non nulle. Pour apprécier l'influence de cette résistance, on en admettra d'abord la valeur égale à $1 \text{ k}\Omega$. Pour tracer la caractéristique dynamique correspondante (fig. 10), il faut déterminer, pour plusieurs valeurs de I_C , la chute de tension aux bornes de R_1 et ajouter la tension ainsi déterminée à la valeur de V_B qu'indique la courbe $R_1 = 0$ pour la valeur correspondante de I_C . Il est, en effet, évident (fig. 11) que $V_1 = V_B + I_B \cdot R_1$.

On procède donc de la façon suivante : Pour $I_C = 4,8 \text{ mA}$, la droite de charge se trouve coupée par la courbe $I_B = 100 \mu\text{A}$. La chute sur R_1 est alors de $(100 \mu\text{A} \cdot 1 \text{ k}\Omega) = 100 \text{ mV}$. Pour $I_C = 4,8 \text{ mA}$, on a également $V_B = 195 \text{ mV}$, soit $V_1 = 100 + 195 = 295 \text{ mV}$. Avec cette valeur, et celle du courant de collecteur ($4,8 \text{ mA}$), on peut donc

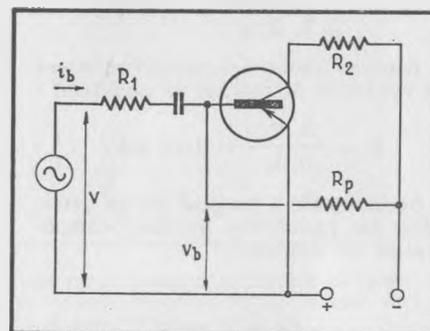


Fig. 11. — La présence de R_1 fait que la tension de base est différente — en amplitude et en forme — de celle délivrée par le générateur de commande.

tracer un premier point (A) sur la courbe $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ (fig. 10). Pour un second point, on peut se fixer $I_B = 80 \mu\text{A}$. La chute sur R_1 est alors de 80 mV , et $I_C = 4,1 \text{ mA}$, ce qui correspond, sur la courbe $R_1 = 0$, au point B'. Se reporter à droite, à une distance correspondant à 80 mV sur l'échelle des tensions, le point B. De la même manière, on trouve le point C pour $I_B = 60 \mu\text{A}$, etc.

Pour les autres valeurs de R_1 , on peut tracer les caractéristiques dynamiques en appliquant ces mêmes règles.

Le transistor est un élément amplificateur trop linéaire pour qu'il soit facile de juger de la différence de linéarité entre ces diverses caractéristiques dynamiques. En pratique, il suffit donc généralement que la résistance d'attaque R_1 soit plus grande que la résistance d'entrée du transistor.

Définition des paramètres universels d'après le réseau de courbes

Du fait que les paramètres r , s , μ et ρ d'un transistor varient avec les conditions de fonctionnement, il faut les définir

dans une région bien précise du réseau de courbes. Si nous voulons, par exemple, obtenir ces paramètres pour $V_C = 6 \text{ V}$

et $I_C = 3 \text{ mA}$, nous nous concentrerons sur la région encadrée en figure 8 et représentée de façon agrandie dans la figure 12.

On peut y définir les grandeurs :

$$\begin{aligned} \Delta I_B &= 10 \mu\text{A}; \\ \Delta I_1 &= 0,13 \text{ mA}; \\ \Delta I_2 &= 0,17 \text{ mA}; \\ \Delta I_3 &= 0,7 \text{ mA}; \\ \Delta I_4 &= 0,59 \text{ mA}; \\ \Delta V_B &= 10 \text{ mV}; \\ \Delta V_C &= 2 \text{ V}. \end{aligned}$$

La pente, donnée par les variations de courant de collecteur et de tension de base, est ainsi

$$s = \frac{\Delta I_3}{\Delta V_B} = 70 \text{ mA/V}.$$

Pour la résistance d'entrée (variations de courant et de tension de base), on trouve :

$$r = \frac{\Delta I_4 \Delta V_B}{\Delta I_B \Delta I_3} = 0,85 \text{ k}\Omega;$$

et pour la résistance de sortie (variations de tension et de courant de collecteur) :

$$\rho = \frac{\Delta V_C}{\Delta I_1} = 15,5 \text{ k}\Omega.$$

Accessoirement, on peut encore déterminer les paramètres hybrides « amplification de courant »

$$h_{21} = \beta = \frac{\Delta I_4}{\Delta I_B} = 59,$$

et « conductance de sortie à entrée ouverte »

$$h_{22} = \frac{I_2}{V_C} = 0,085 \text{ mA/V}.$$

Seul, le coefficient de contre-réaction, μ , présente quelques difficultés, car le réseau n'est pas assez dense pour qu'on puisse le déterminer directement. Il faut donc effectuer un calcul intermédiaire qui aboutit à

$$\mu = \frac{(\Delta I_2 - \Delta I_1) \Delta V_B}{\Delta V_C \Delta I_3} = 0,285 \cdot 10^{-3}.$$

NOTA. — Les caractéristiques fournies par les fabricants sont, généralement, relevées en régime statique. Cela implique des erreurs dues à l'échauffement du transistor lors de la mesure. Ces erreurs font, notamment, apparaître une pente plus forte et une résistance de sortie plus faible qu'en régime dynamique; le coefficient de contre-réaction peut même devenir négatif. Dans la mesure du possible, nous avons modifié

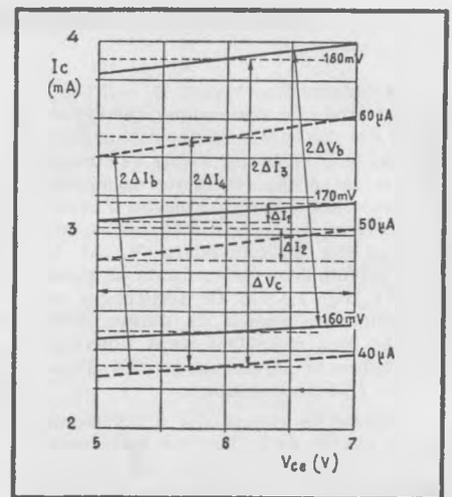


Fig. 12. — Le réseau de caractéristiques permet de déterminer les paramètres d'un transistor.

les caractéristiques publiées dans le présent recueil pour tenir compte des conditions en fonctionnement dynamique, seules intéressantes en pratique.

Résistance thermique

La résistance thermique d'un transistor en exprime le pouvoir d'écouler la chaleur de dissipation de collecteur vers le milieu ambiant. Elle est exprimée en « degrés Celsius par milliwatt » ($^{\circ}\text{C}/\text{mW}$), et permet de calculer très facilement la puissance que peut dissiper un transistor, si les températures maximales de jonction (T_j) et ambiante (T_a) sont connues.

Soit un transistor dont la résistance thermique par rapport au milieu ambiant soit $K = 0,5^{\circ}\text{C}/\text{mW}$, et qui admet

une température maximum de jonction $T_m = 70^{\circ}$. On veut le faire fonctionner à une température ambiante $T_a = 30^{\circ}$. La puissance dissipée maximum est alors donnée par

$$P_{dm} = \frac{T_j - T_a}{K} = 80 \text{ mW}.$$

Dans le cas des transistors de puissance, on indique souvent une résistance

thermique K_{jb} entre jonction et boîtier; pour effectuer le calcul précédemment indiqué, il faut alors augmenter cette grandeur par la résistance thermique de la plaque de refroidissement.

On peut également définir une « conductance thermique » ($\text{mW}/^{\circ}\text{C}$) qui exprime de combien de milliwatts il faut diminuer la puissance dissipée maximale, quand la température augmente de 1°C .

PARTICULARITÉS DES TRANSISTORS AU SILICIUM

Réseaux de caractéristiques

Dans le cas du silicium, les transistors $n-p-n$ sont plus faciles à fabriquer que ceux de polarité $p-n-p$. La plupart des transistors au silicium cités dans ce recueil sont ainsi des $n-p-n$. Ils demandent une tension positive de collecteur, et il en est de même pour la polarisation de base.

Les réseaux de caractéristiques sont dessinés suivant le même principe que dans le cas des transistors au germanium. On remarquera que les courbes de tension de base présentent une inclinaison à peu près identique à celles du courant de base. Cela montre que la réaction interne

est plus faible que dans le cas du germanium. Sur les réseaux, la courbe relative à un courant de base nul n'est jamais représentée. Le courant de collecteur d'un transistor au silicium est, en effet, inférieur au microampère dans ces conditions, si bien que la courbe $I_B = 0$ se confond avec l'axe des tensions.

Paramètres caractéristiques

Parmi les quatre paramètres qui sont, en principe, nécessaires pour décrire le fonctionnement d'un transistor, les fabricants indiquent, généralement, seulement le gain en courant dans le cas des transistors au silicium. En partant de ce gain en courant (β), on peut, en effet, calculer la résistance d'entrée par l'expression

$$r = r_{bb'} + \frac{\beta T}{1,16 I_C}$$

où $r_{bb'}$ signifie la résistance série de base (50 Ω environ pour un transistor B. F. de faible puissance), T la température absolue de la jonction (263 + température en $^{\circ}\text{C}$), et I_C le courant de collecteur de repos. Cette expression est valable pour tout transistor au silicium, et l'erreur que son utilisation peut impliquer n'est que de quelques pour cent, alors que le gain en courant est donné, par le fabricant, généralement avec une tolérance de $\pm 50\%$. L'abaque de la figure 13 a été établi avec la formule citée ci-dessus, et pour une température de jonction de 25 $^{\circ}\text{C}$.

En partant de la valeur ainsi obtenue pour la résistance d'entrée r , l'expression $s = \beta/r$ permet de déterminer la pente. Pour des courants de collecteur inférieurs à 1 mA, cette pente est toujours égale, quels que soient le type du transistor et son gain en courant, à 39 fois le courant de collecteur. Pour des courants de collecteur plus élevés, la pente peut être déterminée par l'abaque de la

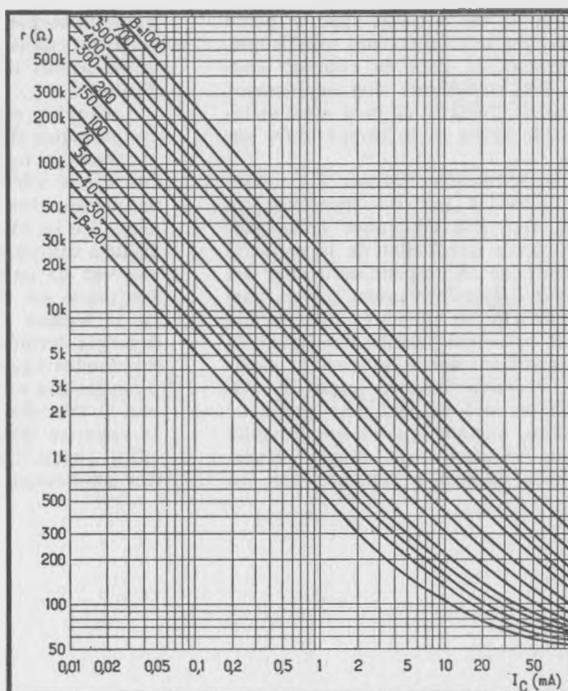


Fig. 13. — Résistance d'entrée r d'un transistor au silicium de faible puissance, en fonction du courant de collecteur I_C , le gain en courant figurant en paramètre ($r_{bb'} = 50 \Omega$).

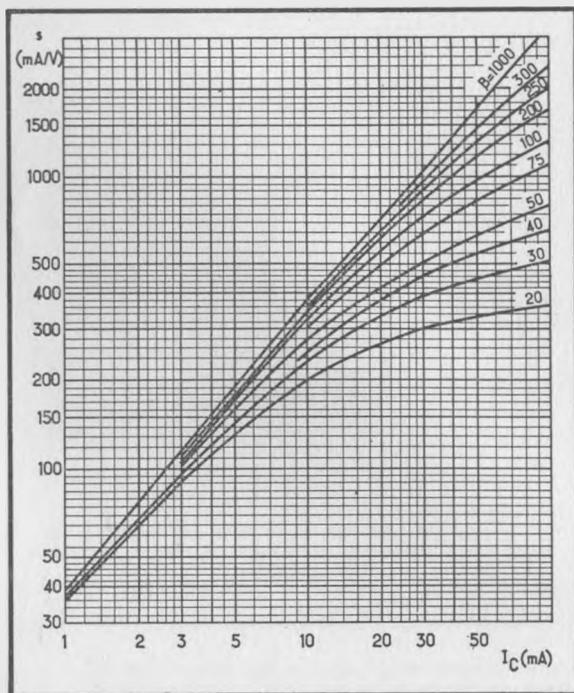


Fig. 14. — Abaque permettant de déterminer la pente s d'un transistor au silicium de faible puissance, en fonction du courant de collecteur et du gain en courant ($r_{bb'} = 50 \Omega$).

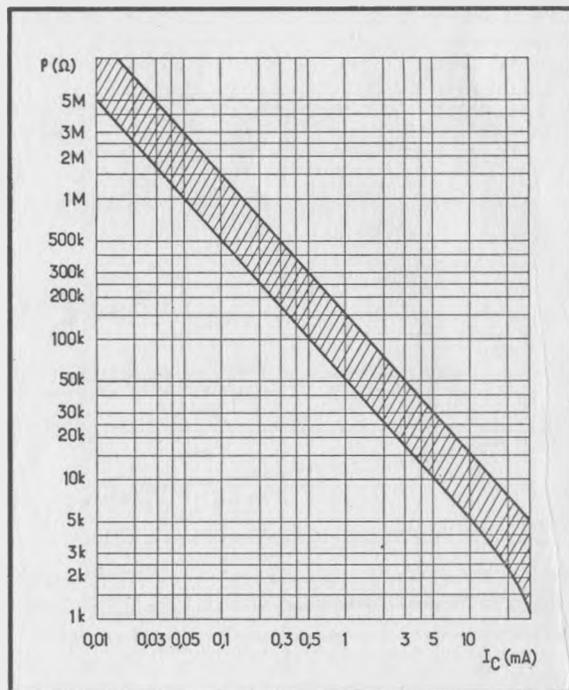


Fig. 15. — Résistance de sortie P d'un transistor au silicium à base diffusée, en fonction du courant de collecteur.

figure 14. Il est à noter que la pente diminue avec la température, tandis que, généralement, le gain en courant augmente. En choisissant convenablement l'adaptation d'entrée, on peut ainsi maintenir faible l'effet de la température sur le gain.

La contre-réaction interne est caractérisée, dans le cas du transistor au silicium, par une résistance collecteur-base si élevée que l'effet de la capacité collecteur-base est prépondérant pour des fréquences déjà relativement basses, parfois seulement de quelques dizaines de hertz. Il est ainsi inutile d'indiquer la contre-réaction interne, et c'est la capacité de réaction interne (capacité collecteur-base) qui devient une grandeur importante, surtout quand on travaille avec une résistance de charge élevée. L'incidence de cette capacité sur les

caractéristiques de fonctionnement a été analysée dans le livre « Technique et Applications des Transistors » (Editions Radio).

Lorsqu'on mesure la résistance ou la conductance de sortie à entrée ouverte (paramètre h_{22}), on constate fréquemment une variation importante avec la fréquence, due à la capacité collecteur-base. De ce fait, ce paramètre n'est pas facile à utiliser, et les fabricants préfèrent souvent de ne pas l'indiquer. L'effet de fréquence est bien moindre dans le cas de la mesure de la résistance de sortie à entrée fermée (paramètre ρ) ; il existe néanmoins également lorsque le courant de collecteur est très faible. Dans certains cas, il faut donc encore faire intervenir la capacité interne de réaction pour un calcul précis. Cependant, dans la plupart des applications, la résistance de sortie

est grande devant la résistance de charge utilisée, et on peut alors en négliger l'influence. De plus, sa valeur ne dépend que peu du type du transistor, si bien que l'abaque de la figure 15 peut donner un ordre de grandeur suffisamment précis pour toutes les utilisations courantes. Cet abaque est valable pour toute tension de collecteur supérieure à 2 V, et pour une température de jonction de 25° C. En-dessous d'une tension de collecteur de 1 V, la valeur de la résistance de sortie diminue rapidement, ainsi que le montreront les réseaux de caractéristiques donnés plus loin. L'effet de température est relativement faible, car ce n'est que pour une augmentation de température de 75° C que la résistance de sortie double, ou pour une diminution de 75° C qu'elle tombe approximativement à la moitié de sa valeur nominale.

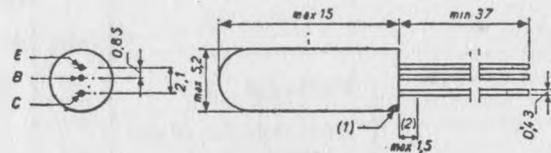
CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES des TRANSISTORS B.F.

AC 107

Triode p-n-p germanium pour étages d'entrée

CARACTÉRISTIQUES LIMITES

Tension maximale collecteur-émetteur ($R_{BE} < 1 \text{ k}\Omega$)	15 V
Tension maximale collecteur-émetteur ($R_{BE} > 150 \text{ k}\Omega$)	5 V
Courant de pointe de collecteur	10 mA
Courant de repos de collecteur	5 mA
Puissance dissipée, température ambiante 45° C	50 mW
Température de jonction en service continu	75° C
Température de jonction en service intermittent, durée totale 200 h max.	90° C
Température de stockage . - 55 à +	75° C
Résistance thermique entre jonction et air ambiant	0,6° C/mW



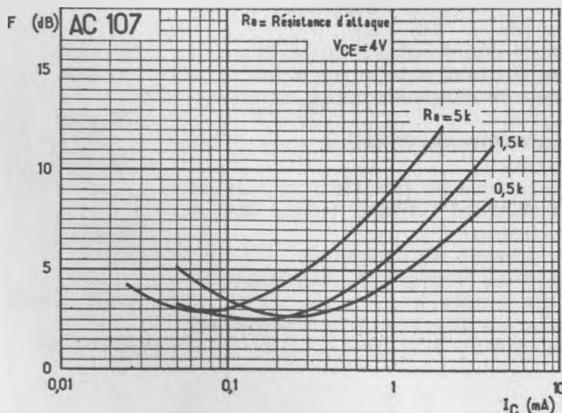
AC 107 : Disposition des électrodes et encombrement. Construction tout verre. Le collecteur est repéré par un point rouge.



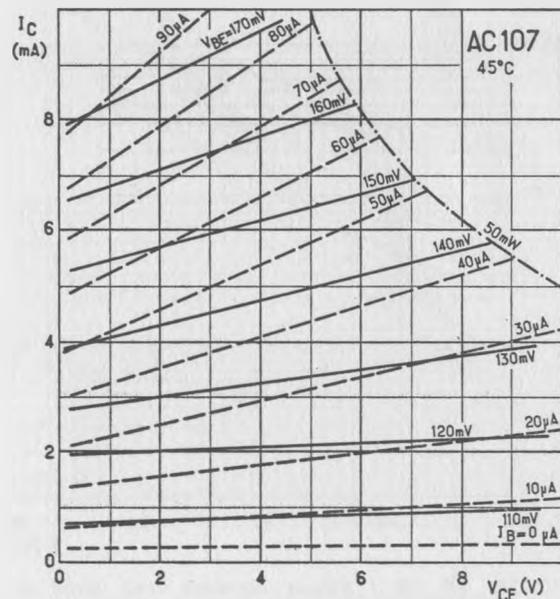
CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

CONDITIONS DE MESURE	Tension de collecteur	5 V
	Courant de collecteur	0,3 mA
	Température ambiante	25° C

	min.	nom.	max.	
Coefficient d'amplification de courant (h_{21})	35	60	160	
Facteur de bruit, avec une impédance d'attaque de 1,5 k Ω et dans une bande de fréquence de 30 à 15 000 Hz		3	5	dB
Fréquence de coupure du gain en courant (émetteur commun)	30		14	
Capacité collecteur-base				pF



AC 107 : Facteur de bruit F en fonction du courant de collecteur I_C , avec la résistance d'attaque R_a comme paramètre.



AC 107 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_{CE} , avec tension et courant de base comme paramètres.

CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES des TRANSISTORS B.F.

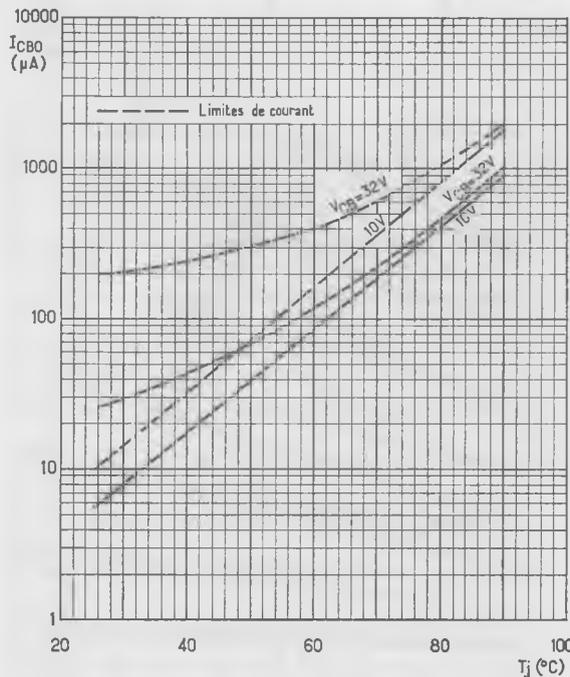
AC 125

AC 126

Triodes p-n-p germanium pour étages d'entrée et intermédiaires

CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT (25° C)

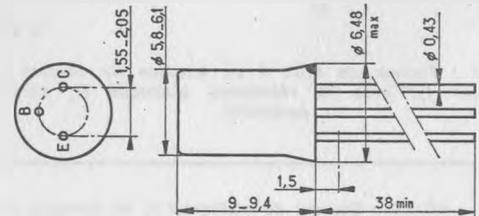
	AC 125			AC 126				Conditions de mesure	
	min.	nom.	max.	min.	nom.	max.			
PARAMÈTRES UNIVERSELS	Pente (s)	74	78	75	78		mA/V	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 2 \text{ mA}, 1 \text{ kHz}$	
	Résistance d'entrée (r, h_{11e})	1,1	1,7	2,5	1,7	2,4	3,8	k Ω	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 2 \text{ mA}, 1 \text{ kHz}$
	Résistance de sortie (ρ)	17	31		10	25		k Ω	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 2 \text{ mA}, 1 \text{ kHz}$
	Coeffic. de contre-réaction (μ, h_{21e})		0,65	0,85	0,8	0,13		%	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 2 \text{ mA}, 1 \text{ kHz}$
Coefficient d'amplification de courant (h_{21e})	80	125	170	130	180	300		$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 2 \text{ mA}, 1 \text{ kHz}$	
Conductance de sortie à entrée ouverte (h_{22e})		80	110		100	170		$\mu\text{A/V}$	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 2 \text{ mA}, 1 \text{ kHz}$
Fréquence de coupure du gain en courant	10	17		10	17			kHz	$V_{CE} = 2 \text{ V}, I_C = 10 \text{ mA}$
Facteur de bruit à 1 kHz, $R_a = 500 \Omega$		4	10		4	10		dB	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 0,5 \text{ mA}$
Gain statique en courant	65	130			100	220			$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 2 \text{ mA}$
Gain statique en courant		95			135				$V_{CE} = V_{BE}, I_C = 50 \text{ mA}$
Gain statique en courant		80			105				$V_{CE} = V_{BE}, I_C = 100 \text{ mA}$
Tension base-émetteur		105			105			mV	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 2 \text{ mA}$
Tension base-émetteur			400			400		mV	$V_{CE} = V_{BE}, I_C = 100 \text{ mA}$



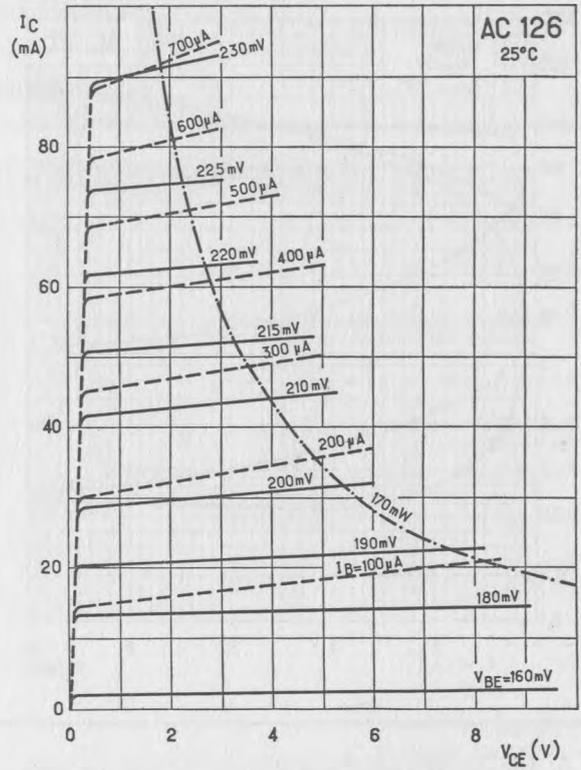
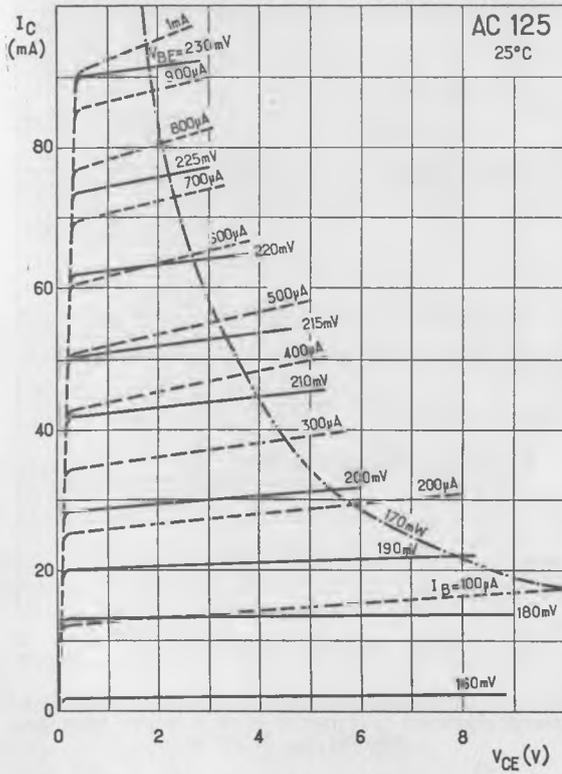
AC 125, AC 126 : Valeurs moyennes (trait plein) et limites (pointillé) du courant inverse de la diode base-collecteur I_{CBO} en fonction de la température de jonction T_j .

CARACTÉRISTIQUES LIMITES

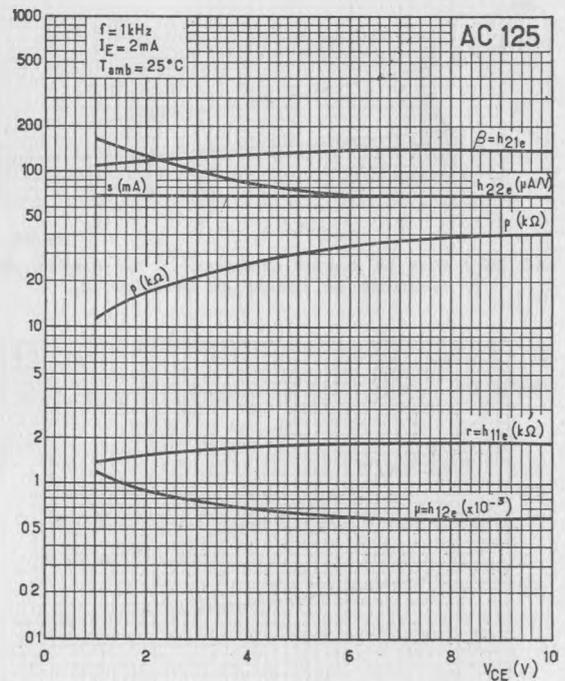
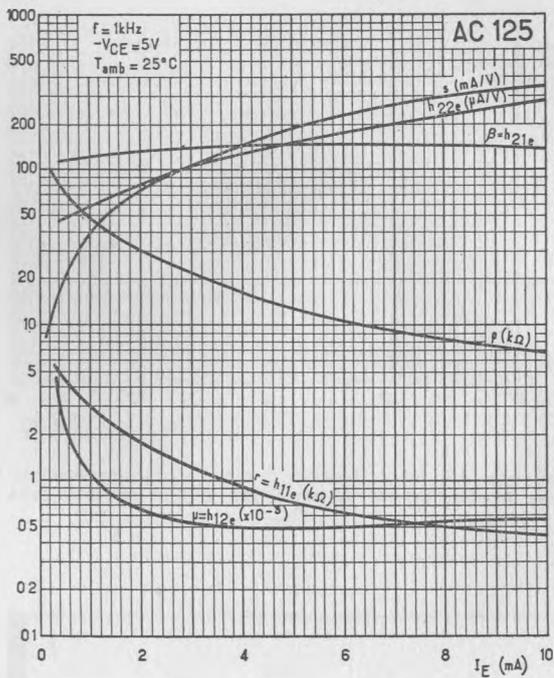
Tension maximale collecteur-émetteur ($R_{BE} < 1 \text{ k}\Omega$)	32 V
Tension maximale collecteur-émetteur ($R_{BE} > 150 \text{ k}\Omega$)	12 V
Courant maximal de collecteur	100 mA
Courant maximal de base	5 mA
Puissance dissipée, sans radiateur, à 25° C	170 mW
Température de jonction en service continu	75° C
Température de jonction en service intermittent, durée totale 200 h maximum	90° C
Température de stockage	- 55 à + 75° C
Résistance thermique entre jonction et air ambiant	$\leq 0,3 \text{ C/mW}$
Résistance thermique sur radiateur d'au moins 12,5 cm ²	$\leq 90 \text{ C/W}$



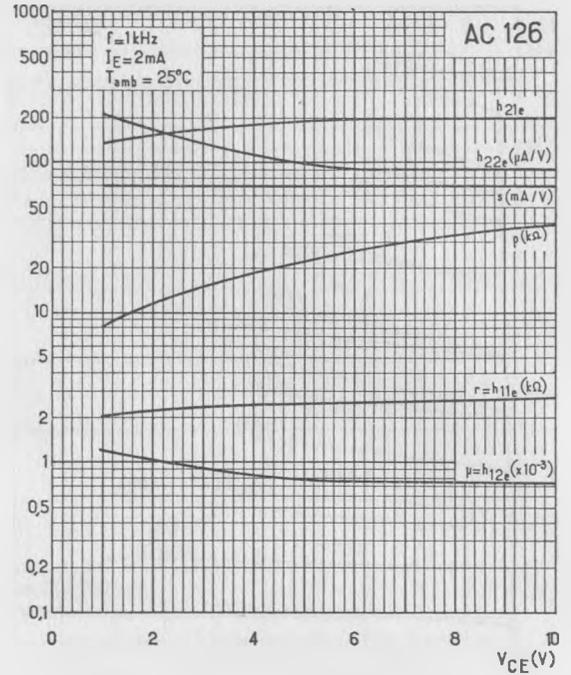
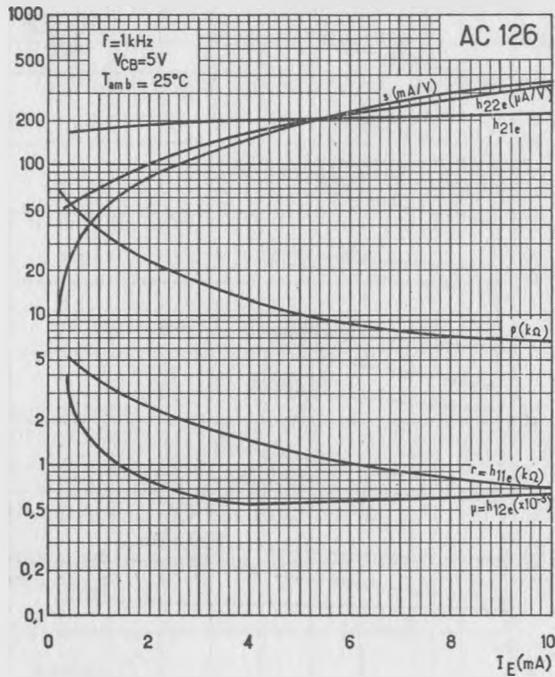
AC 125, AC 126 : Disposition des électrodes et encombrement. Le collecteur est repéré par un point de couleur.



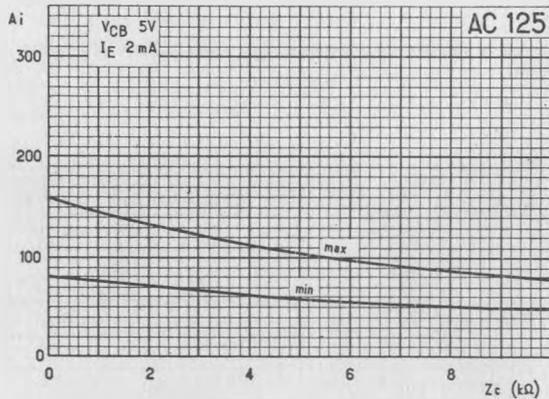
AC 125 (à gauche) et AC 126 (à droite) : Courant de collecteur I_C , en fonction de la tension de collecteur V_{CE} , avec tension et courant de base comme paramètres.



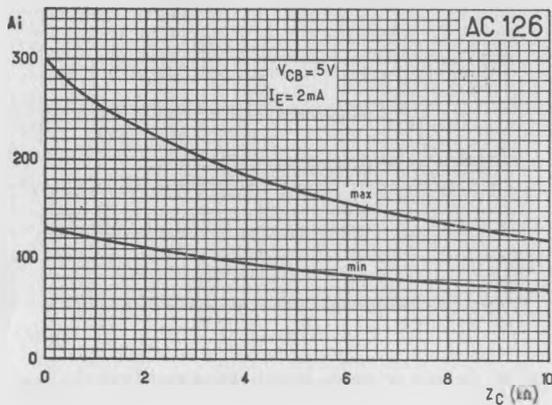
AC 125 : Paramètres pour signaux faibles en fonction du courant d'émetteur I_E (à gauche) et de la tension collecteur-émetteur V_{CE} (à droite).



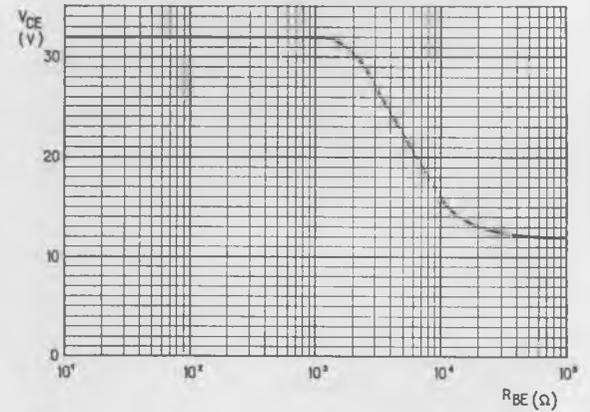
AC 126 : Paramètres pour signaux faibles en fonction du courant d'émetteur I_E (à gauche) et de la tension collecteur-émetteur V_{CE} (à droite).



AC 125 : Gain en courant dynamique A_i en fonction de la résistance de charge de collecteur Z_C .



AC 126 : Gain de courant dynamique A_i en fonction de la résistance de charge de collecteur Z_C .



AC 125, AC 126 : Tension maximale collecteur-émetteur V_{CE} en fonction de la résistance externe émetteur-base R_{BE} .

CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES des TRANSISTORS B.F.

AC 172

Triode n-p-n germanium pour étages d'entrée

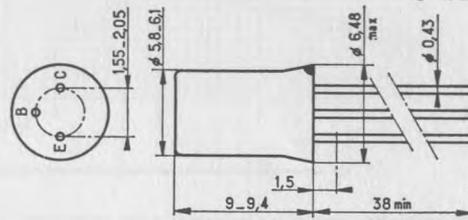
CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT (25° C)

	min.	nom.	max.	Conditions de mesure
PARAMÈTRES UNIVERSELS	Pente (s)	19		$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 0,5 \text{ mA}, f = 1 \text{ kHz}$
	Résistance d'entrée (r, h_{11}) ..	2,4	5,8	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 0,5 \text{ mA}, f = 1 \text{ kHz}$
	Coefficient de contre-réaction (μ, h_{12})	0,24		$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 0,5 \text{ mA}, f = 1 \text{ kHz}$
	Résistance de sortie (ρ)	25		$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 0,5 \text{ mA}, f = 1 \text{ kHz}$
Coefficient d'amplification de courant (h_{21})	45		110	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 0,5 \text{ mA}, f = 1 \text{ kHz}$
Conductance de sortie à entrée ouverte	45		$\mu\text{A/V}$	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 0,5 \text{ mA}, f = 1 \text{ kHz}$
Fréquence de coupure de l'amplification de courant	10	20		$V_{CE} = 2 \text{ V}, I_C = 10 \text{ mA}, f = 1 \text{ kHz}$
Facteur de bruit à $1000 \pm 200 \text{ Hz}, R_s = 500 \Omega$...		3	4	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 0,5 \text{ mA}$

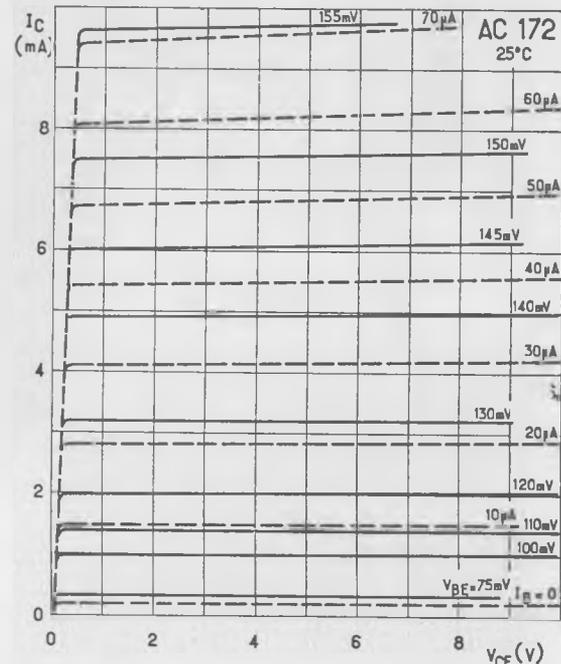
CARACTÉRISTIQUES LIMITES

Tension maximale collecteur-émetteur ($R_{BK} < 1 \text{ k}\Omega$) (*)	32 V
Tension maximale collecteur-émetteur ($R_{BE} < 150 \text{ k}\Omega$) (*)	12 V
Tension inverse maximale émetteur-base	10 V
Courant maximal de collecteur	10 mA
Puissance dissipée, sans radiateur, à 25° C	200 mW
Température maximale de jonction service intermittent, durée totale 200 h maximum	100° C
Température maximale de jonction, — 55 à + 90° C	90° C
Résistance thermique entre jonction et air ambiant	< 0,37° C/mW

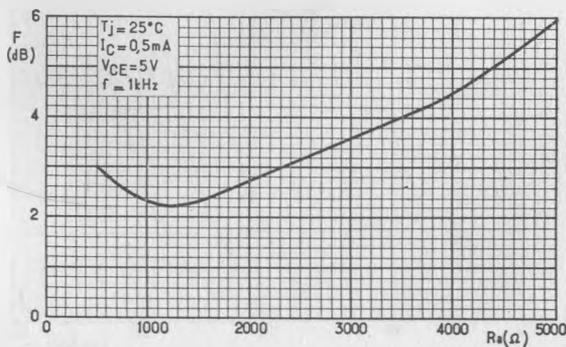
(*) Voir AC 125 pour la courbe donnant la tension maximale collecteur-émetteur en fonction de la résistance base-émetteur.



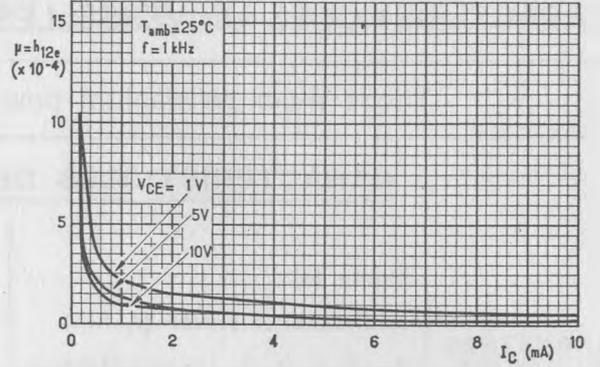
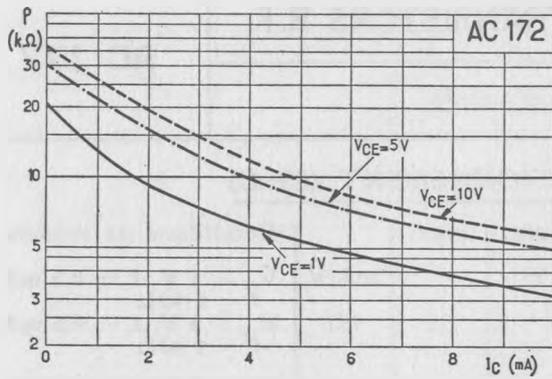
AC 172 : Disposition des électrodes et encombrement. Le collecteur est repéré par un point de couleur.



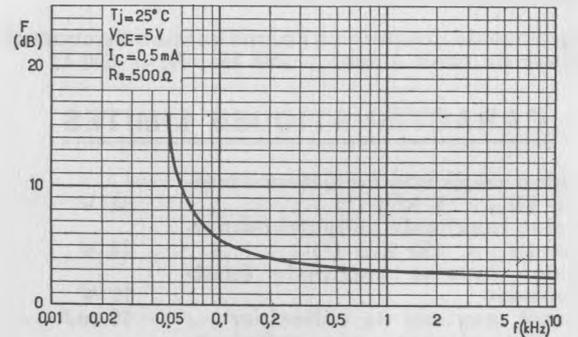
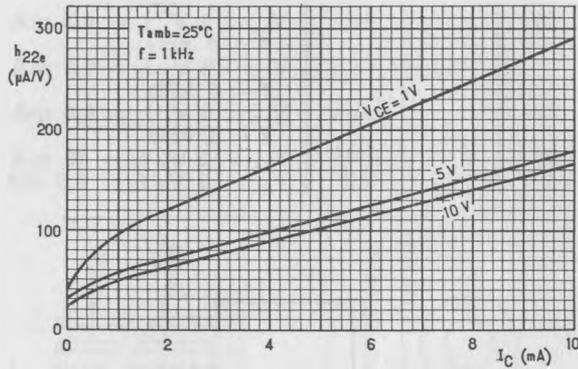
AC 172 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_{CE} , avec tension et courant de base comme paramètres.



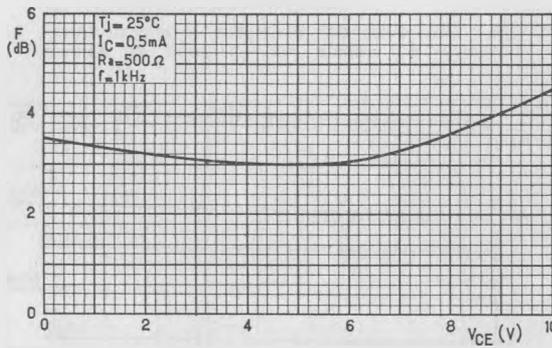
AC 172 : Facteur de bruit F en fonction de la résistance d'attaque R_s .



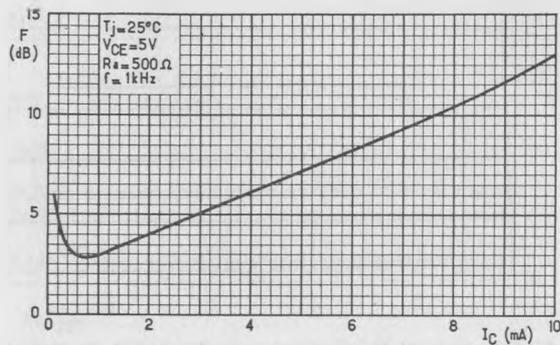
AC 172 : En fonction du courant de collecteur I_C , et pour diverses tensions de collecteur, ces courbes donnent la résistance de sortie à entrée fermée (P_0 , en haut à gauche), le coefficient de contre-réaction (μ ou h_{12e} , ci-dessus), et la conductance de sortie à entrée ouverte (h_{22e} , ci-contre).



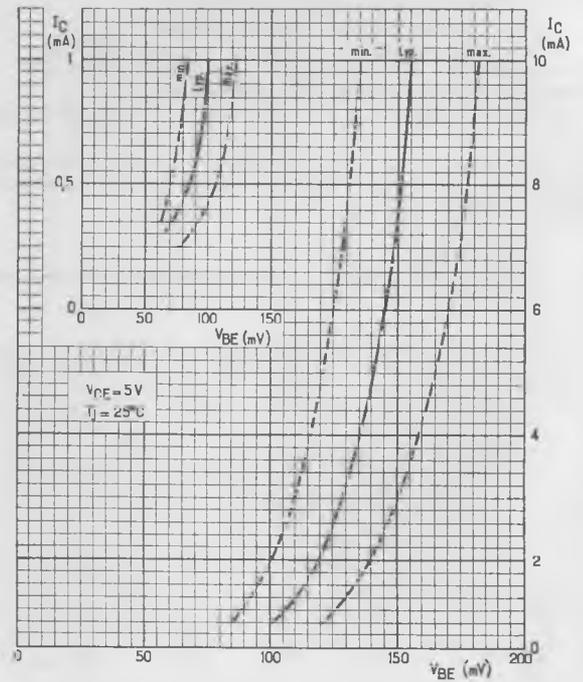
AC 172 : Facteur de bruit F en fonction de la fréquence f .



AC 172 : Facteur de bruit F en fonction de la tension collecteur-émetteur V_{CE} .



AC 172 : Facteur de bruit F en fonction du courant de collecteur I_C .



AC 172 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension émetteur-base V_{BE} .

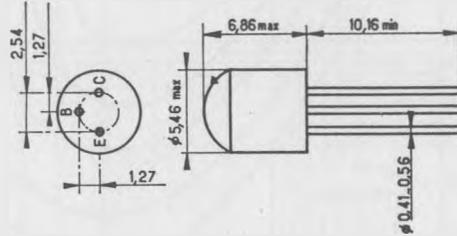
CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES des TRANSISTORS B.F.

BC 113
BC 114

Triodes n-p-n silicium pour étages d'entrée et intermédiaires

CARACTÉRISTIQUES LIMITES

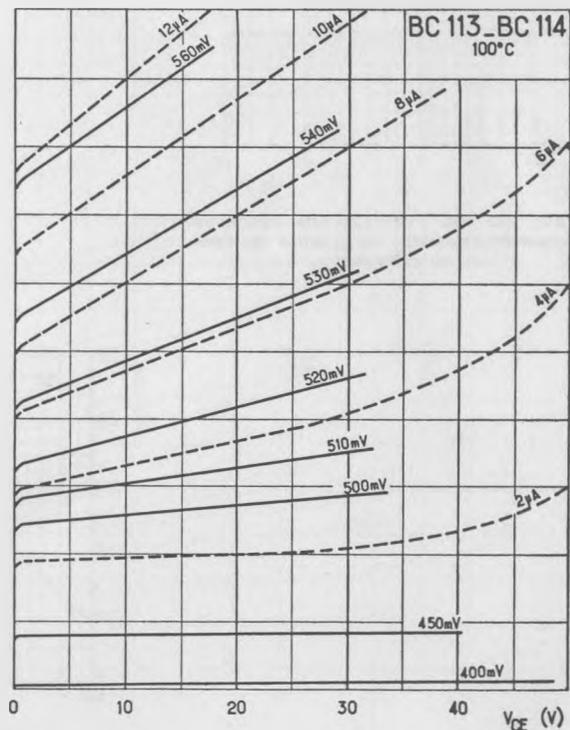
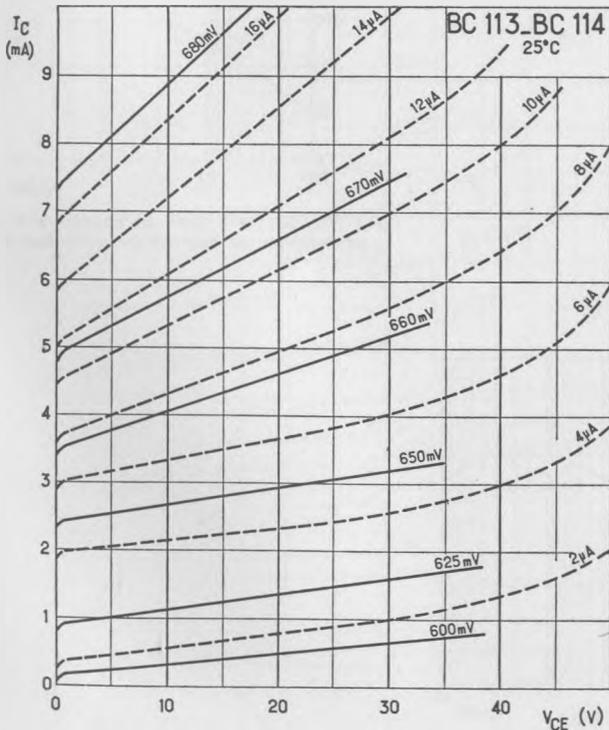
Tension maximale collecteur-émetteur .	25 V
Tension inverse maximale émetteur-base	6 V
Puissance dissipée à 25° C au boîtier .	500 mW
Puissance dissipée à 65° C au boîtier .	300 mW
Puissance dissipée, sans radiateur, à 25° C .	200 mW
Température maximale de jonction . . .	125° C
Température de stockage	- 55 à + 125° C
Résistance thermique entre jonction et air ambiant	500° C/W
Résistance thermique entre jonction et boîtier	200° C/W



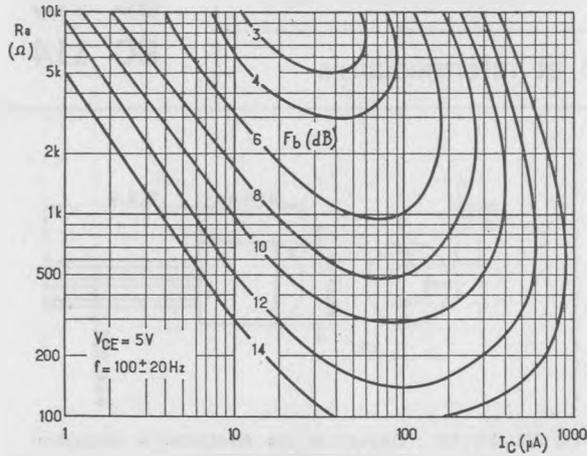
BC 113, BC 114 : Disposition des électrodes et encombrement. Enrobage résine.

CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

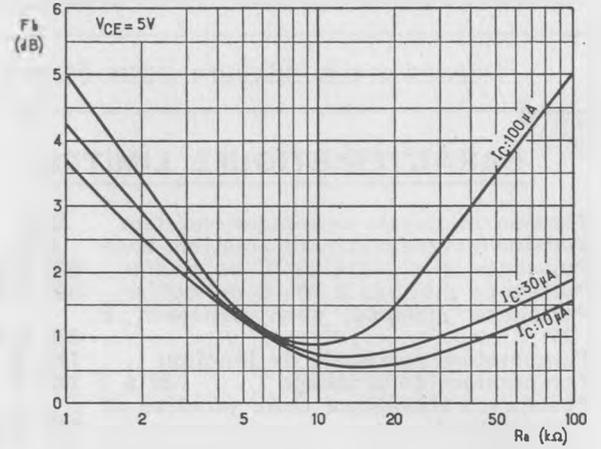
	min.	nom.	max.		Conditions de mesure
Gain en courant statique	200	350	1000		$I_c = 1 \text{ mA}, V_{ce} = 10 \text{ V}$
Gain en courant statique		200			$I_c = 50 \mu\text{A}, V_{ce} = 10 \text{ V}$
Gain en courant à 20 MHz		3			$I_c = 1 \text{ mA}, V_{ce} = 5 \text{ V}$
Tension de saturation de collecteur			0,35	V	$I_c = 1 \text{ mA}, I_b = 0,1 \text{ mA}$
Capacité collecteur-base		2	4	pF	$I_c = 0, V_{ce} = 5 \text{ V}$
Facteur de bruit à $1000 \pm 200 \text{ Hz}$ (BC 114 seulement)		1,5	3	dB	$I_c = 30 \mu\text{A}, V_{ce} = 5 \text{ V}, R_s = 10 \text{ k}\Omega$



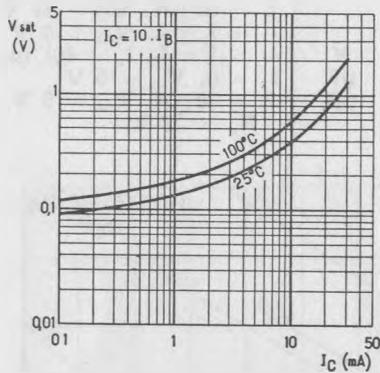
BC 113, BC 114 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_{CE} , avec courant et tension de base comme paramètres, et à des températures de 25° C (à gauche), ainsi que de 100° C (à droite).



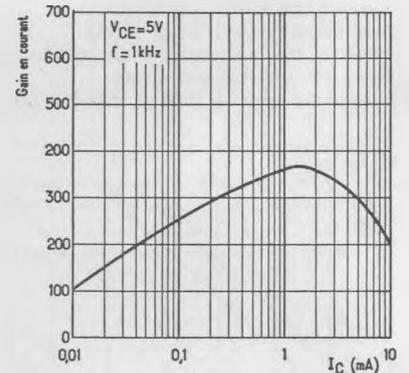
BC 114 : Facteur de bruit à 100 Hz comme paramètre du courant de collecteur I_C et de la résistance d'attaque R_a .



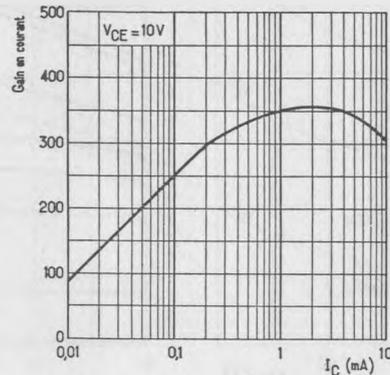
BC 114 : Facteur de bruit F_b en fonction de la résistance d'attaque R_a , pour diverses valeurs du courant de collecteur I_C .



BC 113, BC 114 : Tension de saturation collecteur-émetteur V_{sat} en fonction du courant du collecteur I_C .



BC 113, BC 114 : Gain en courant à 1 kHz en fonction du courant de collecteur I_C .



BC 113, BC 114 : Gain en courant statique en fonction du courant de collecteur I_C .



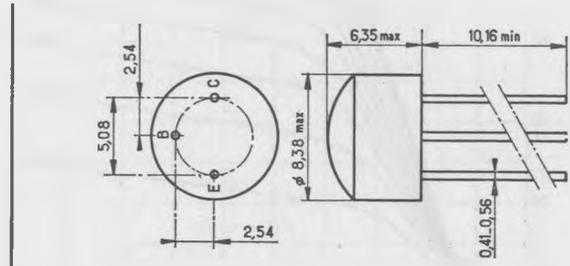
CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES des TRANSISTORS B.F.

BC 117

Triode n-p-n silicium pour usage général

CARACTÉRISTIQUES LIMITES

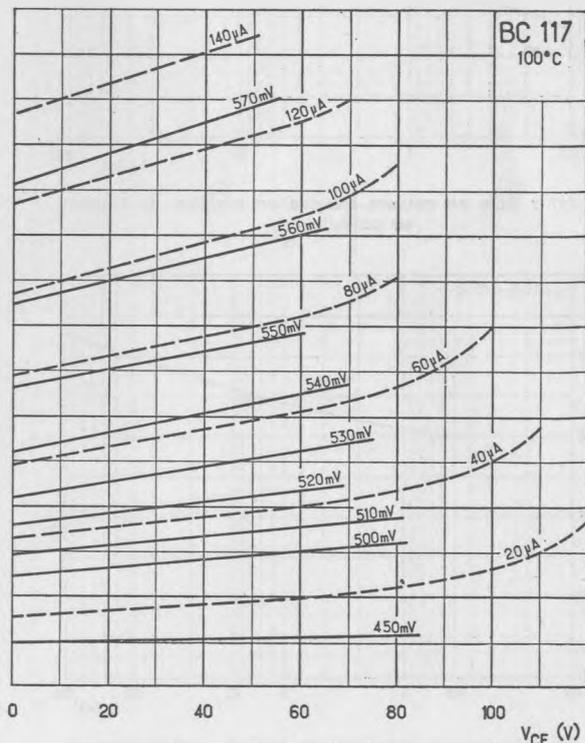
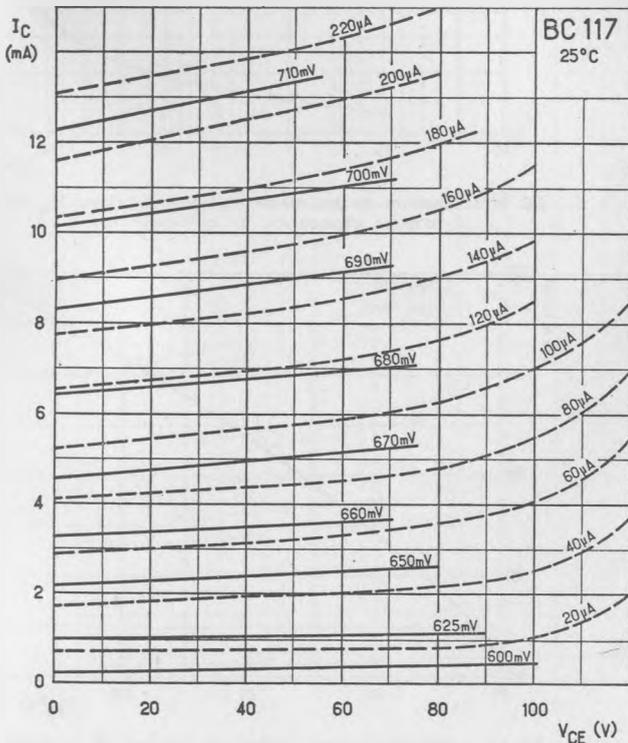
Tension maximale collecteur-émetteur	120 V
Tension inverse maximale émetteur-base	5 V
Puissance dissipée à 25° C au boîtier	800 mW
Puissance dissipée à une température ambiante de 25° C	300 mW
Température maximale de jonction	125° C
Température de stockage	- 55 à + 125° C
Résistance thermique entre jonction et boîtier	125° C/W
Résistance thermique entre jonction et air ambiant	333° C/W



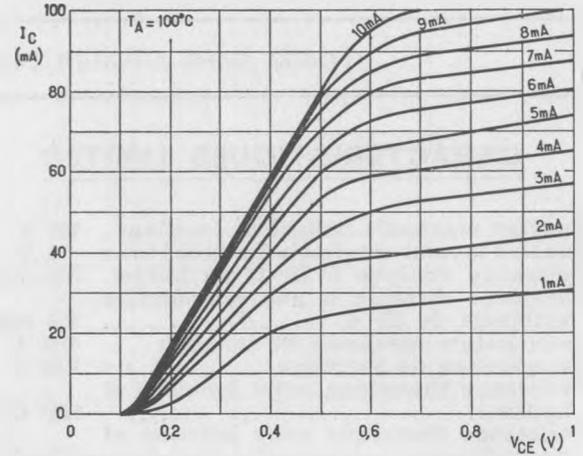
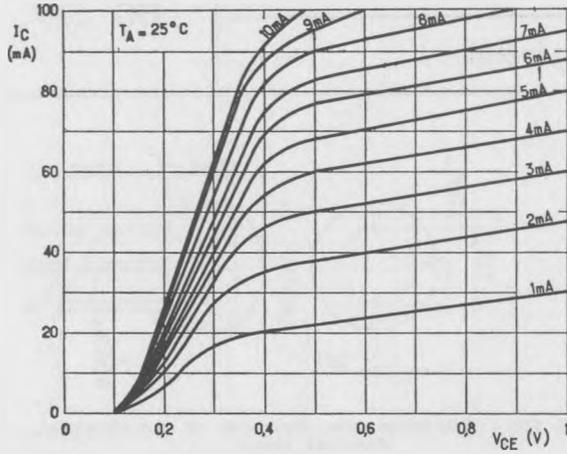
BC 117 : Disposition des électrodes et encombrement. Enrobage résine.

CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

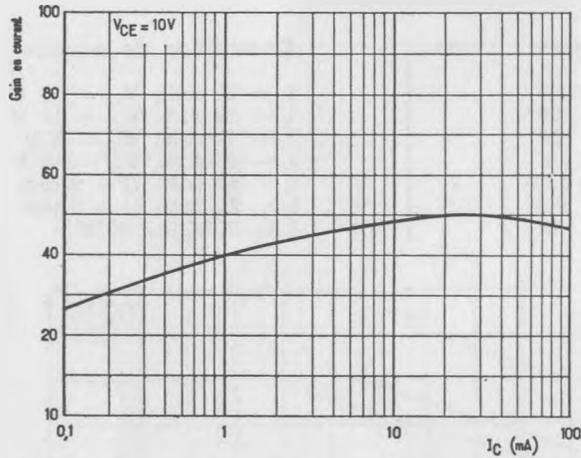
	min.	nom.	max.	Conditions de mesure
Gain en courant statique	30	50		$I_C = 30 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}$
Gain en courant statique	25	50		$I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}$
Gain en courant à 1 kHz	25	50		$I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 5 \text{ V}$
Gain en courant à 20 MHz	2	3		$I_C = 30 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}$
Tension de saturation collecteur-émetteur		0,33	2	$I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5 \text{ mA}$
Tension émetteur-base en saturation		0,8	0,9	$I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5 \text{ mA}$
Capacité collecteur-base		6		$I_E = 0, V_{CB} = 10 \text{ V}$



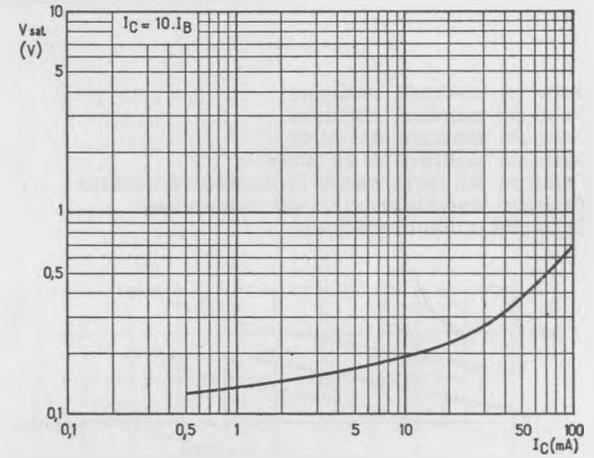
BC 117 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_{CE} , avec tension et courant de base comme paramètres, pour les températures de 25° C (à gauche) et de 100° C (à droite).



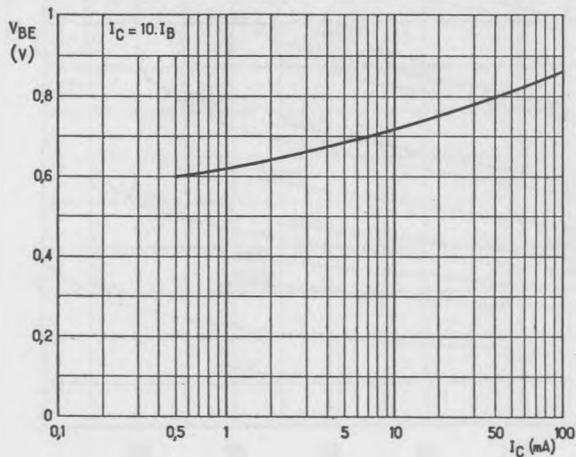
BC 117 : Courant de collecteur I_C en fonction des faibles valeurs de la tension collecteur-émetteur V_{CE} , avec le courant de base comme paramètre, pour des températures de 25° C (à gauche) et de 100° C (à droite).



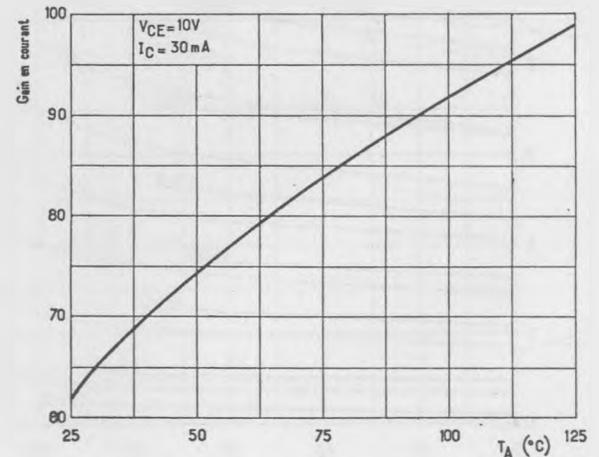
BC 117 : Gain en courant statique en fonction du courant de collecteur I_C .



BC 117 : Tension de saturation collecteur-émetteur V_{sat} en fonction du courant de collecteur I_C .



BC 117 : Tension de saturation de base V_{BE} en fonction du courant de collecteur I_C .



BC 117 : Gain en courant statique en fonction de la température ambiante T_A .

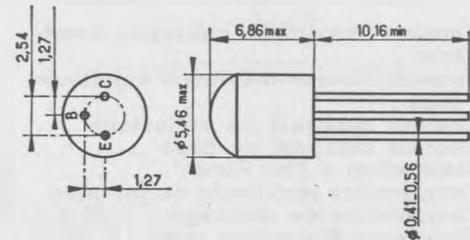
CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES des TRANSISTORS B.F.

BC 118

Triode n-p-n silicium pour usage général

CARACTÉRISTIQUES LIMITES

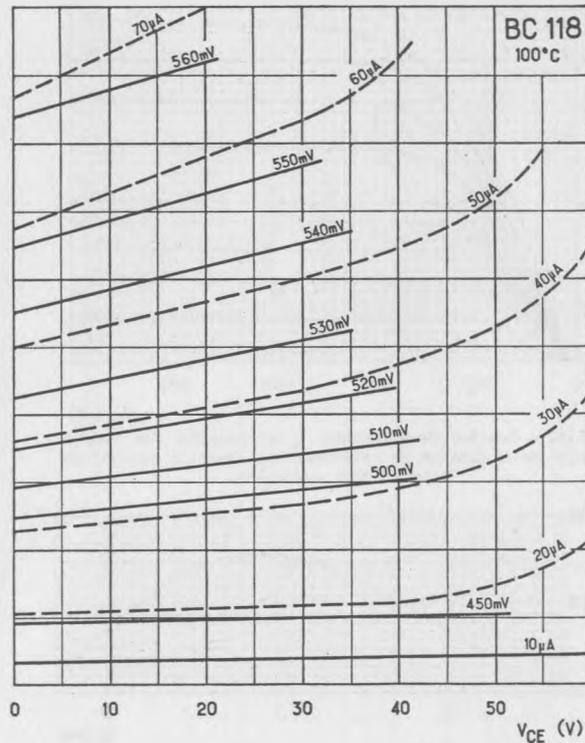
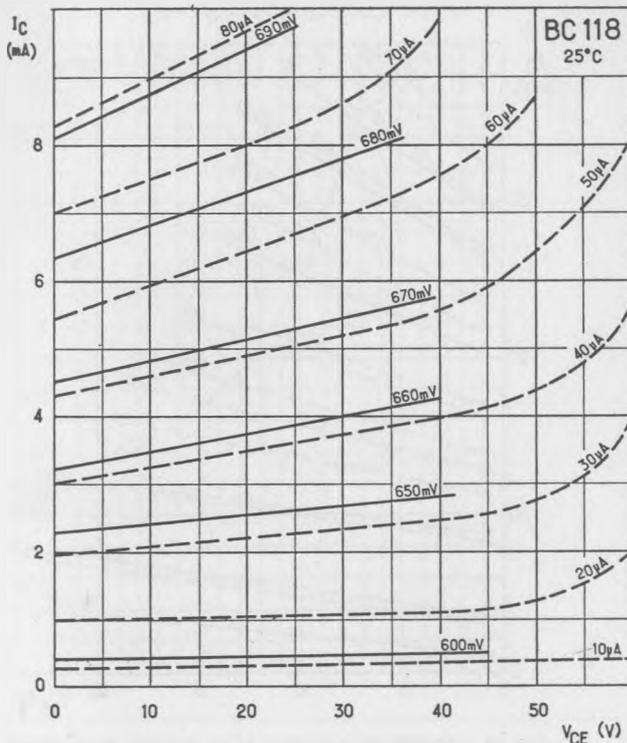
Tension maximale collecteur-émetteur	45 V
Tension inverse maximale émetteur-base	4 V
Puissance dissipée à 25° C au boîtier	500 mW
Puissance dissipée à 65° C au boîtier	300 mW
Puissance dissipée à une température ambiante de 25° C	200 mW
Température maximale de jonction	125° C
Température de stockage	- 55 à + 125° C
Résistance thermique entre jonction et boîtier	200° C/W
Résistance thermique entre jonction et air ambiant	500° C/W



BC 118 : Disposition des électrodes et encombrement. Enrobage résine.

CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

	min.	nom.	max.	Conditions de mesure
Gain en courant statique	40	80	160	$I_C = 150 \text{ mA}, V_{CE} = 1 \text{ V}$ $I_C = 5 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 15 \text{ V}$ $I_C = 5 \text{ mA}, V_{CE} = 5 \text{ V}$ $I_C = 3 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}$ $I_E = 0, V_{CB} = 10 \text{ V}$
Gain en courant à 1 kHz		110		
Gain en courant à 100 MHz	2	3,5		
Résistance de sortie à 1 kHz		40		
Facteur de bruit à 1 MHz, $R_s = 300 \Omega$		4		
Capacité collecteur-base		2	3,5	
				k Ω dB pF



BC 118 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_{CE} , avec tension et courant de base comme paramètres, pour des températures de 25° C (à gauche) et de 100° C (à droite).

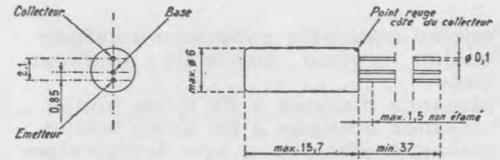
CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES des TRANSISTORS B.F.

BCZ 10

Triode p-n-p silicium pour usage général

CARACTÉRISTIQUES LIMITES

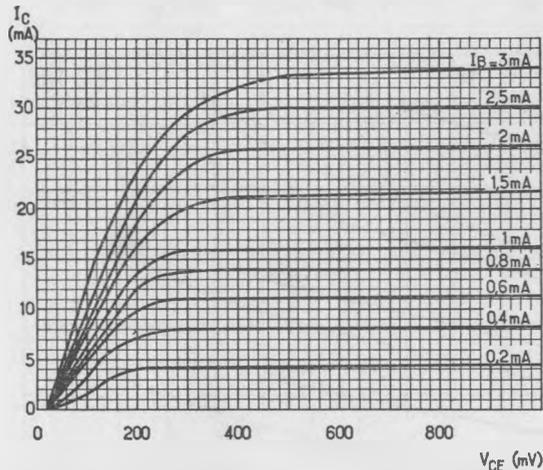
Tension maximale collecteur-émetteur	25 V
Tension inverse maximale émetteur-base	20 V
Courant maximal de collecteur	50 mA
Courant maximal de base	15 mA
Dissipation à l'air libre	250 mW
Température maximale de jonction	150° C
Température de stockage, - 55 à +	150° C
Résistance thermique entre jonction et air ambiant	0,5° C/mW



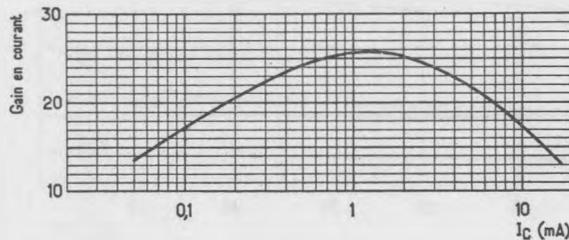
BCZ 10 : Disposition des électrodes et encombrement. Le collecteur est repéré par un point rouge.

CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT (25° C)

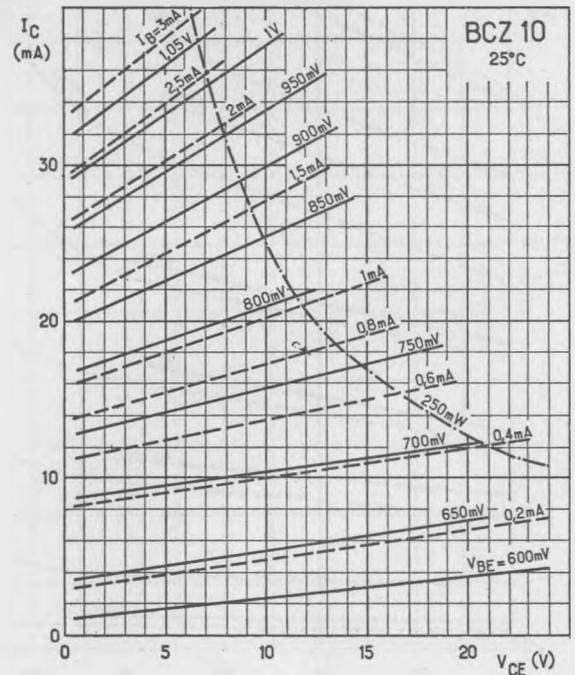
	min.	nom.	max.	Conditions de mesure
Gain en courant à 1 kHz	15	20	60	$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA$
Facteur de bruit à 1 kHz, $R_a = 500 \Omega$		8		$V_{CE} = 2 V, I_C = 0,5 mA$
Capacité collecteur-base		45	80	$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA$
Fréquence de coupure du gain en courant		50		$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA$
Résistance série de base		125	320	$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA$
Tension de coude collecteur-émetteur		130	320	$I_C = 7 mA, I_B = 1 mA$



BCZ 10 : Courant de collecteur I_C en fonction des faibles valeurs de la tension de collecteur V_{CE} , avec le courant de base comme paramètre.



BCZ 10 : Gain en courant en fonction du courant de collecteur I_C .



BCZ 10 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_{CE} , avec tension et courant de base comme paramètres.

CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES des TRANSISTORS B.F.

OC 57
OC 58
OC 59

Triodes p-n-p germanium pour amplificateurs de surdité

CARACTÉRISTIQUES LIMITES

Tension de pointe collecteur-émetteur	7 V max
Tension collecteur-émetteur au repos	3 V max
Courant de pointe de collecteur	10 mA max
Courant de repos de collecteur	5 mA max
Puissance dissipée de collecteur (voir courbe) ...	10 mW max
Température de jonction	+ 55� C max
Température de stockage	- 55 à + 55� C max

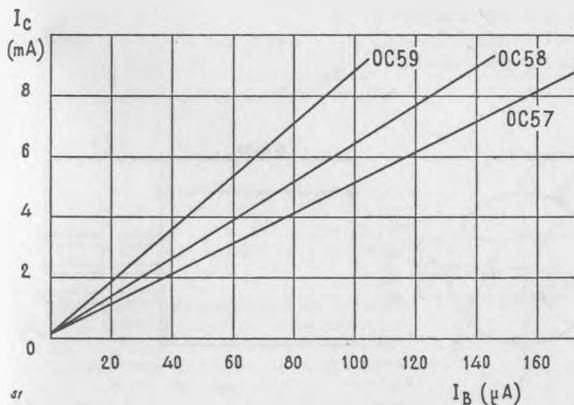
DISPOSITION DES CONNEXIONS :

Voir page suivante

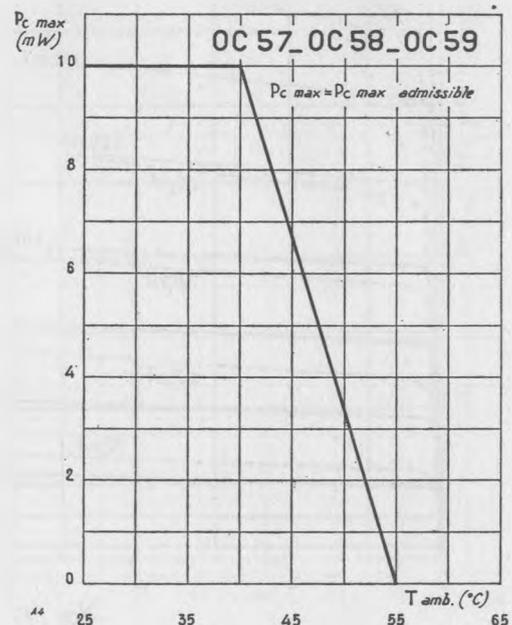
CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

CONDITIONS DE MESURE	Tension de collecteur 2 V			Température ambiante 25� C						
	Courant de collecteur 0,5 mA			Fréquence de travail 1000 Hz						
PARAMÈTRES UNIVERSELS	OC 57			OC 58			OC 59			
	min.	nom.	max.	min.	nom.	max.	min.	nom.	max.	
Pente (s)		17			16			16		mA/V k� k�
Résistance d'entrée (r)		2,9			4			5,7		
Résistance de sortie (�)		32			19			14		
Coefficient de contre-réaction		1,7			1,7			1,7		10-3
Coefficient d'amplification de courant (h ₂₁)	40	50	60	50	65	80	70	90	120	
	20*	35*		30*	55*		50*	80*		
Conductance de sortie à entrée ouverte (h ₂₂)		60			80			100		�A/V
Fréquence de coupure d'amplification de courant	10			10			10			kHz
Courant de collecteur à base ouverte ..			100			100			100	�A
Courant de collecteur à base ouverte, et à 45� C			800			800			800	�A
Résistance thermique			1,5			1,5			1,5	�C/mW

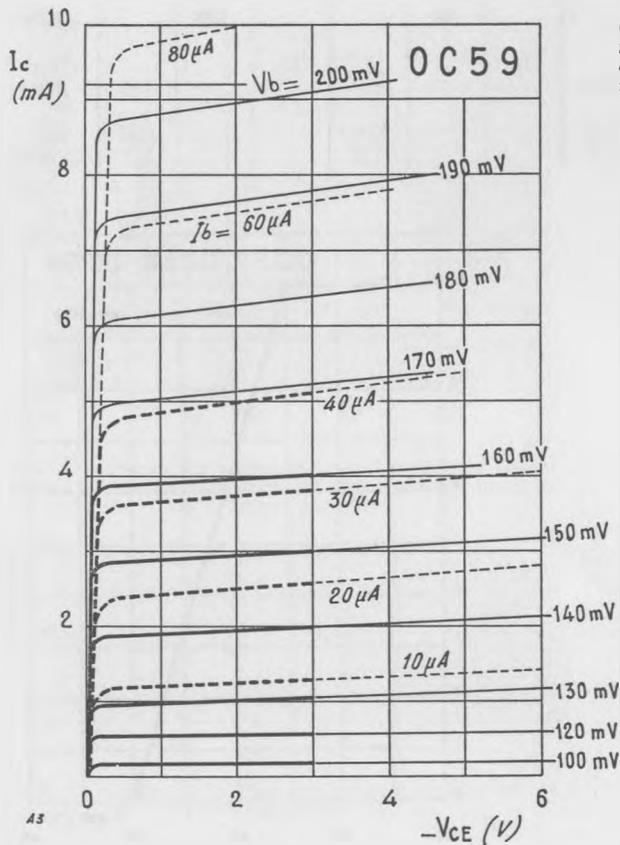
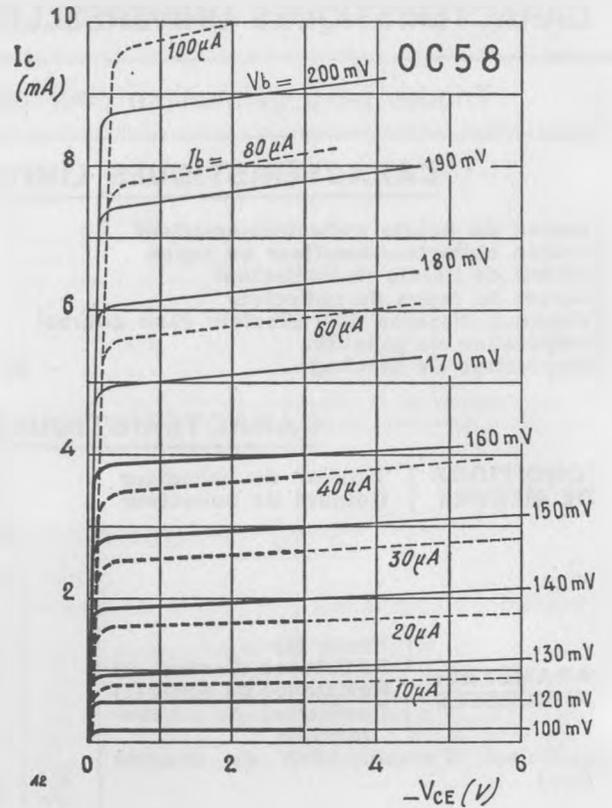
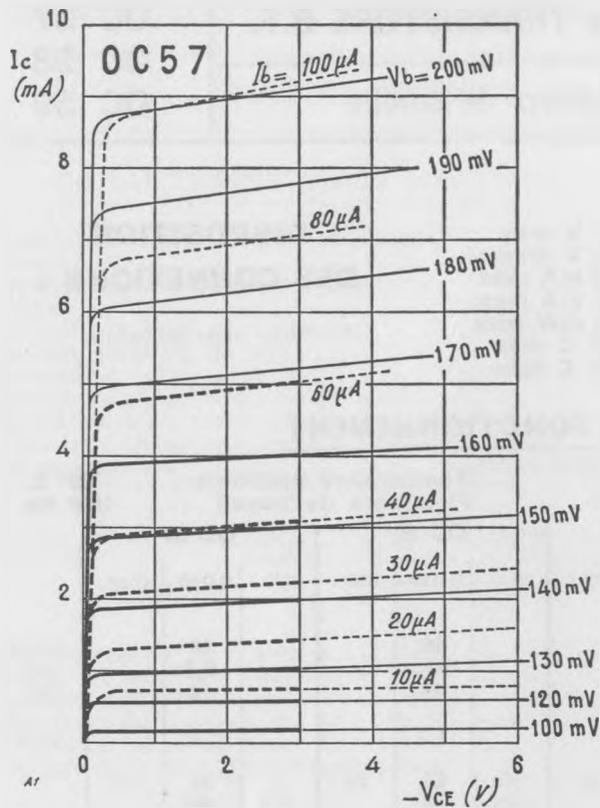
* Pour I_c = 0,25 mA, V_{CE} = 0,5 V.



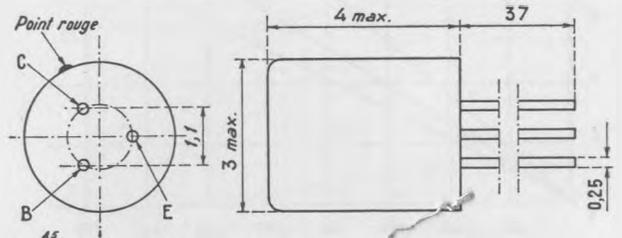
OC 57, OC 58, OC 59 : Courant de collecteur en fonction du courant de base pour une tension collecteur-émetteur de 0,5 V et une température ambiante de 25  C.



OC 57, OC 58, OC 59 : Puissance dissipée maximum en fonction de la température ambiante.



OC 57, OC 58, OC 59 : Courant de collecteur en fonction de la tension de collecteur, avec tension et courant de base comme paramètres. Sur les parties tracées en trait maigre, le point de fonctionnement ne doit se trouver qu'en régime de pointe.



OC 57, OC 58, OC 59 : Disposition des sorties et encombrement. Le collecteur est repéré par un point rouge.

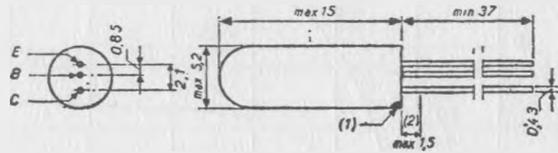
CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES des TRANSISTORS B.F.

OC 70

Triode p-n-p germanium pour étages d'entrée et intermédiaires

CARACTÉRISTIQUES LIMITES

Tension de pointe collecteur-émetteur *	30 V max
Tension collecteur-émetteur au repos *	20 V max
Courant de pointe de collecteur	50 mA max
Courant de repos de collecteur	10 mA max
Courant de pointe d'émetteur	70 mA max
Courant d'émetteur au repos	15 mA max
Courant de pointe de base	20 mA max
Courant de base au repos	5 mA max
Puissance dissipée	voir courbes p. 31
Température de jonction en service continu	75° C max
Température de jonction, en service intermittent, durée totale 200 h maximum	90° C max
Température de stockage	- 55 à + 75° C max
Résistance thermique	0,4° C/mW



OC 70 : Disposition des électrodes et encombrement. Construction tout verre. Le collecteur est repéré par un point rouge.

* Base positive ou résistance externe base-émetteur inférieure à 1 000 Ω (voir courbe page 31.)

CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

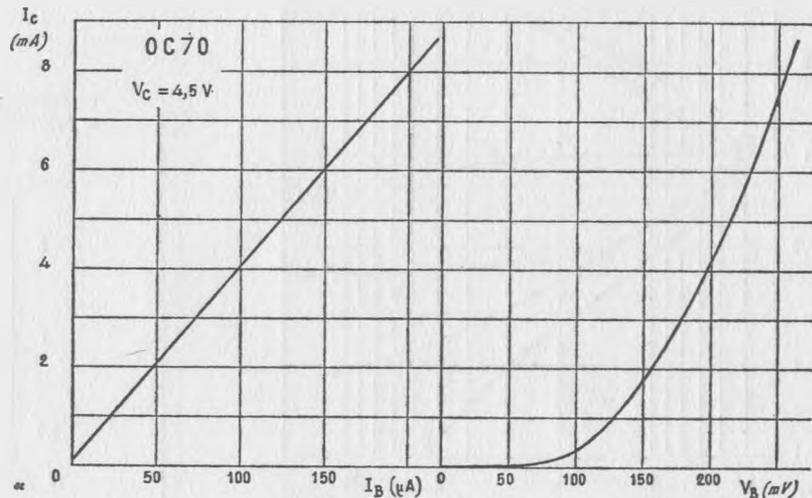
CONDITIONS DE MESURE	Tension de collecteur	2 V
	Courant de collecteur	0,5 mA
	Température ambiante	25° C
	Fréquence de travail	1000 Hz

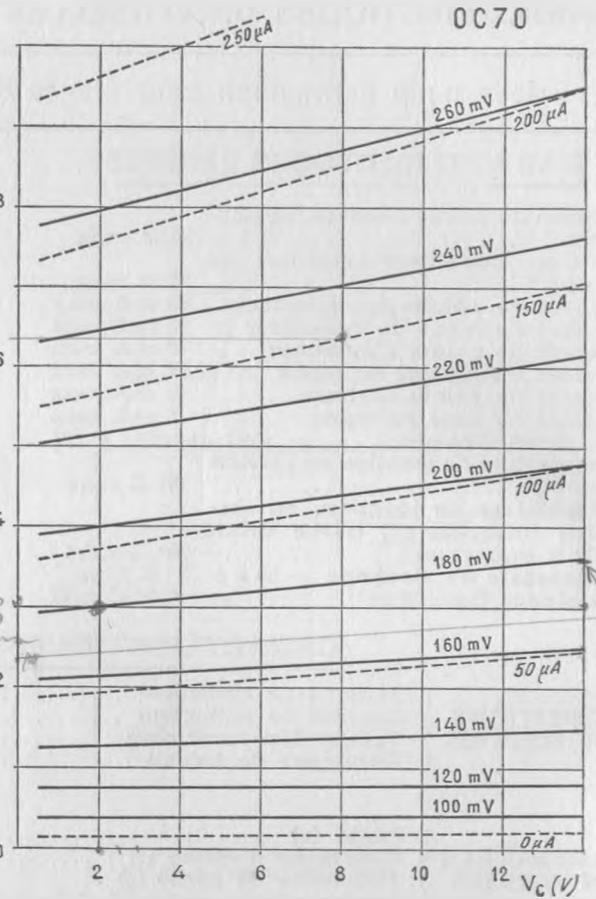
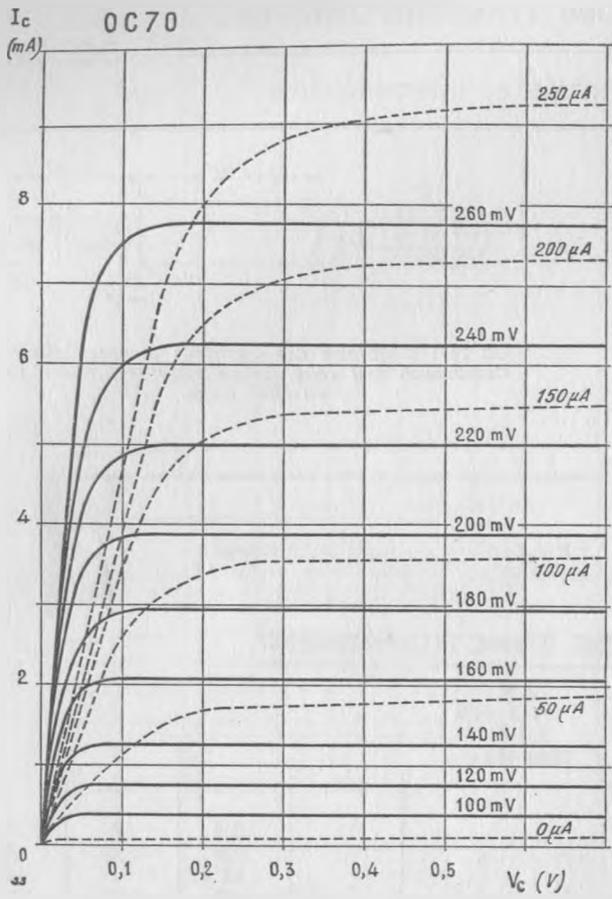
PARAMÈTRES UNIVERSELS	Pente (s)	11	nom. 13,6	max. 16	mA/V	
	Résistance d'entrée (r)	1,2	2,2	3,6	kΩ	
	Résistance de sortie (ρ)		92		kΩ	
	Coefficient de contre-réaction (μ)		0,09	0,27	%	
Coefficient d'amplification de courant (β, h ₂₁)		20	30	40		
	Conductance de sortie à entrée ouverte (h ₂₂)		23	53	μA/V	
Fréquence de coupure de l'amplification de courant			15		kHz	
	Facteur de bruit à 1000 Hz, l'impédance de la source étant de 500 Ω		10	15	dB	
Courant de saturation de collecteur à base ouverte *			110	225	μA	
	Pour un courant de base de 10 μA	Courant de collecteur *	0,21	0,4	0,65	mA
		Tension de base *	75	110	150	mV
	Pour un courant de base de 250 μA	Courant de collecteur *	4,6	10	13,2	mA
Tension de base *		200	275	385	mV	

* Tension de collecteur = 4,5 V.

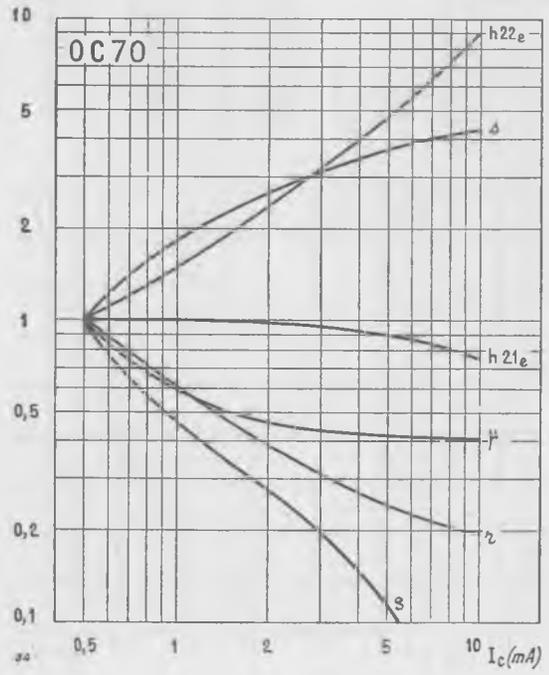
OC 70 : Courant de collecteur I_C en fonction du courant de base I_B et de la tension de base V_B , pour une tension de collecteur de 4,5 V.

Voir, page 31 la caractéristique de la diode d'émetteur, la courbe donnant la tension maximum de collecteur en fonction de la résistance externe base-émetteur, celle des variations du courant de saturation en fonction de la température, ainsi que la relation entre puissance dissipée maximum et température ambiante.



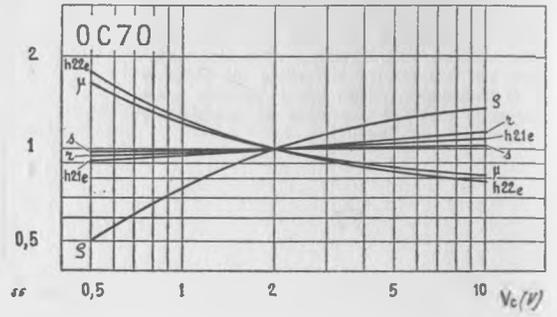


OC 70 : Ci-dessus, courant de collecteur I_c en fonction de la tension de collecteur V_c , avec tension et courant de base comme paramètres, pour faibles (à gauche) et fortes tensions de collecteur (à droite).



Ci-contre, rapport dans lequel varient les paramètres universels et hybrides en fonction du courant de collecteur I_c , la tension de collecteur étant de 2 V.

Ci-dessous, rapport dans lequel varient les paramètres universels et hybrides en fonction de la tension de collecteur V_c , le courant de collecteur étant de 0,5 mA.



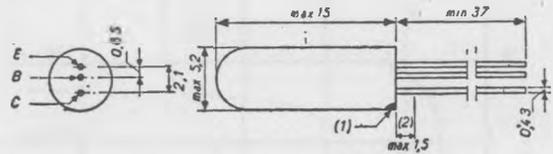
CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES des TRANSISTORS B.F.

OC 71

Triode p-n-p germanium pour étages d'entrée et intermédiaires

CARACTÉRISTIQUES LIMITES

Tension de pointe collecteur-émetteur *	30 V max
Tension collecteur-émetteur au repos *	20 V max
Courant de pointe de collecteur	50 mA max
Courant de repos de collecteur	10 mA max
Courant de pointe d'émetteur	70 mA max
Courant d'émetteur au repos	15 mA max
Courant de pointe de base	20 mA max
Courant de base au repos	5 mA max
Puissance dissipée	voir courbes p. 31
Température de jonction en service continu	75° C max
Température de jonction, en service intermittent, durée totale 200 h maximum	90° C max
Température de stockage	- 55 à + 75° C max
Résistance thermique	0,4° C/mW



OC 71 : Disposition des électrodes et encombrement. Construction tout verre. Le collecteur est repéré par un point rouge.

* Base positive ou résistance externe base-émetteur inférieure à 1 000 Ω (voir courbe page 31).

CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

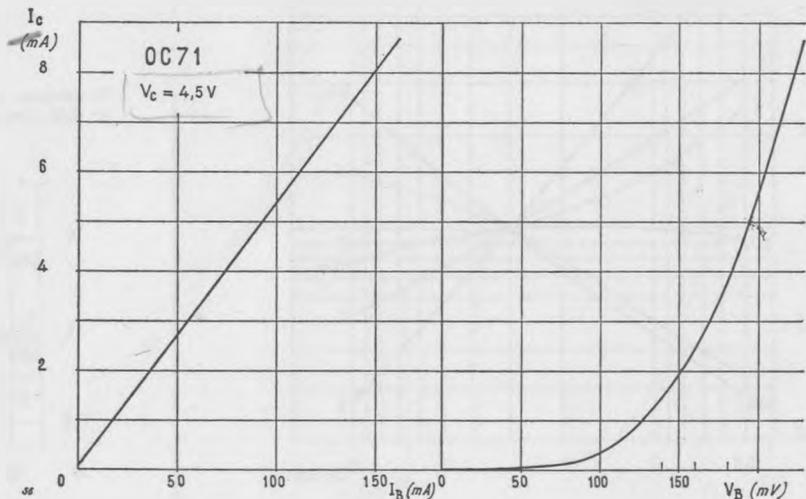
CONDITIONS DE MESURE	Tension de collecteur	2 V
	Courant de collecteur	3 mA
	Température ambiante	25° C
	Fréquence de travail	1000 Hz

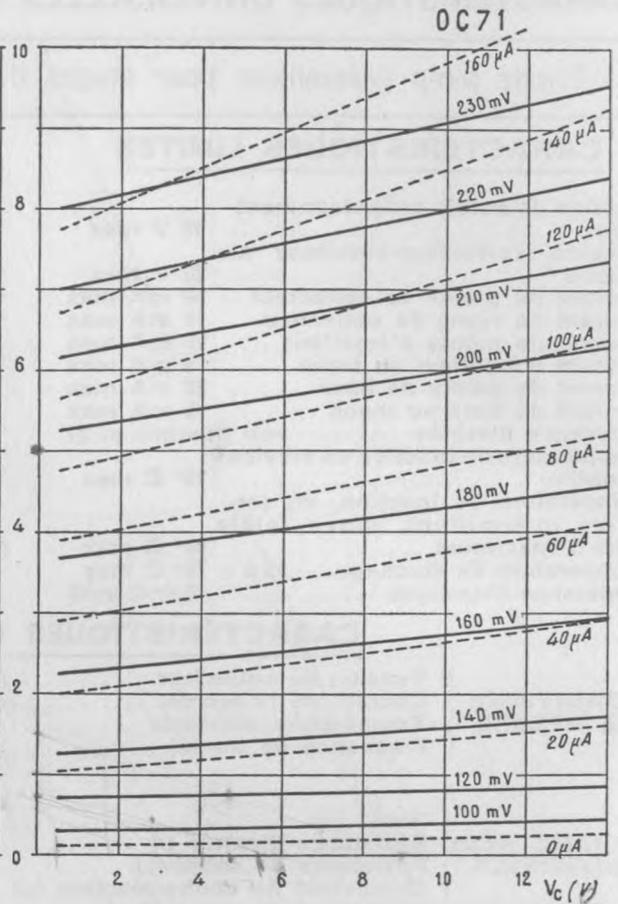
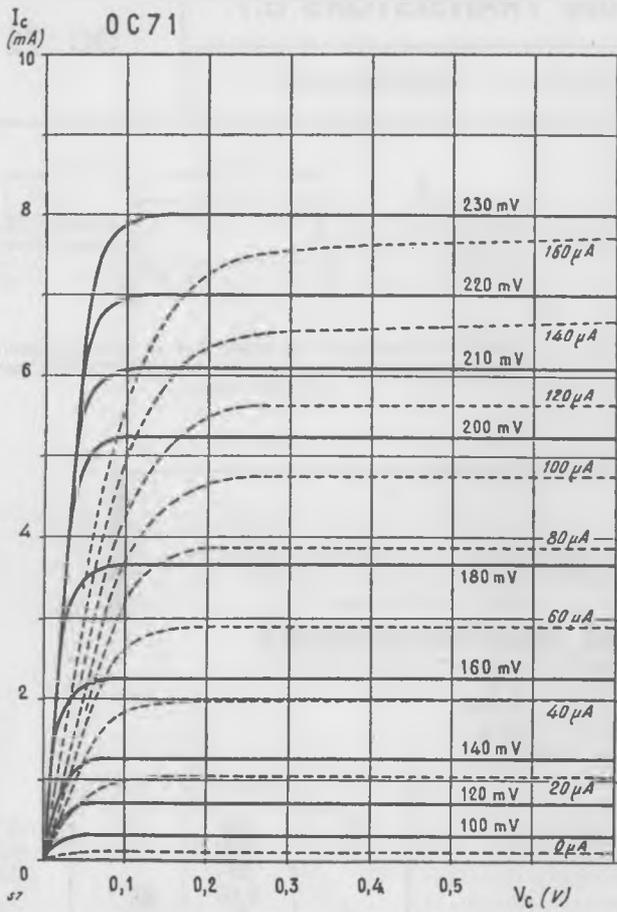
PARAMÈTRES UNIVERSELS	Pente (s)	min. 50	nom. 59	max. 75	mA/V	
	Résistance d'entrée (r)	0,4	0,8	1,5		kΩ
	Résistance de sortie (ρ)		21			kΩ
	Coefficient de contre-réaction (μ)		0,05	0,17		%
	Coefficient d'amplification de courant (h ₂₁)	30	47	75		
	Conductance de sortie à entrée ouverte (h ₂₂)		80	200	μA/V	
	Fréquence de coupure de l'amplification de courant		10		kHz	
	Facteur de bruit à 1000 Hz, l'impédance de la source étant de 500 Ω		10	15	dB	
	Courant de saturation de collecteur à base ouverte *		150	325	μA	
	Pour un courant de base de 10 μA	0,36	0,7	1,2	mA	
	de 10 μA			80	155	mV
	Pour un courant de base de 250 μA	7,2	14	21	mA	
	de 250 μA			210	385	mV

* Tension de collecteur = 4,5 V.

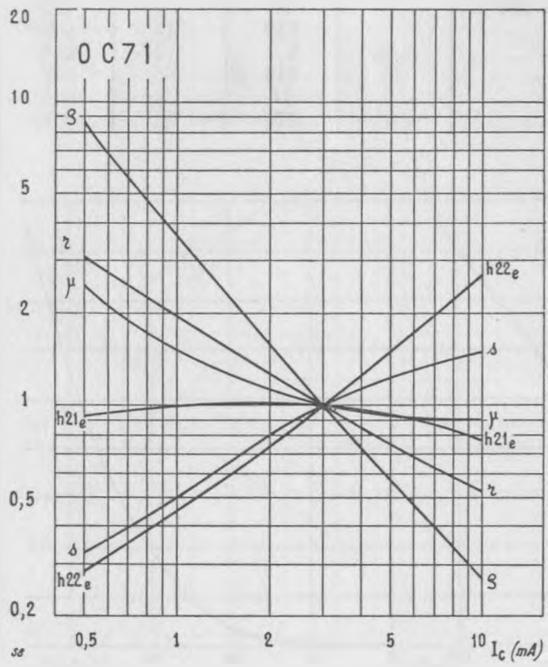
OC 71 : Courant de collecteur I_C en fonction du courant de base I_B et de la tension de base V_B , pour une tension de collecteur de 4,5 V.

Voir, page 31, la caractéristique de la diode d'émetteur, la courbe donnant la tension maximum de collecteur en fonction de la résistance externe base-émetteur, celle des variations du courant de saturation en fonction de la température, ainsi que la relation entre puissance dissipée maximum et température ambiante.



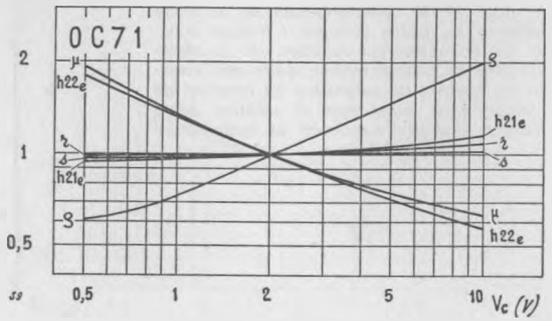


OC 71 : Ci-dessus, courant de collecteur I_c en fonction de la tension de collecteur V_c , avec tension et courant de base comme paramètres, pour faibles (à gauche) et fortes tensions de collecteur (à droite).



Ci-contre, rapport dans lequel varient les paramètres universels et hybrides en fonction du courant de collecteur I_c , la tension de collecteur étant de 2 V.

Ci-dessous, rapport dans lequel varient les paramètres universels et hybrides en fonction de la tension de collecteur V_c , le courant de collecteur étant de 3 mA.



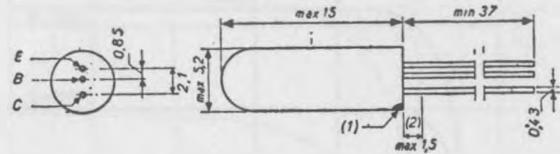
CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES des TRANSISTORS B.F.

OC 75

Triode p-n-p germanium pour étage d'entrée et intermédiaires

CARACTÉRISTIQUES LIMITES

Tension de pointe collecteur-émetteur *	30 V max
Tension collecteur-émetteur au repos *	20 V max
Courant de pointe de collecteur	50 mA max
Courant de repos de collecteur	10 mA max
Courant de pointe d'émetteur	55 mA max
Courant d'émetteur au repos	12 mA max
Courant de pointe de base	5 mA max
Courant de base au repos	2 mA max
Puissance dissipée	voir courbes p. 31
Température de jonction en service continu	75° C max
Température de jonction, en service intermittent, durée totale 200 h maximum	90° C max
Température de stockage	- 55 à + 75° C max
Résistance thermique	0,4° C/mW



OC 75 : Disposition des électrodes et encombrement. Construction tout verre. Le collecteur est repéré par un point rouge.

* Base positive ou résistance externe base-émetteur inférieure à 1 000 Ω (voir courbe page 31).

CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

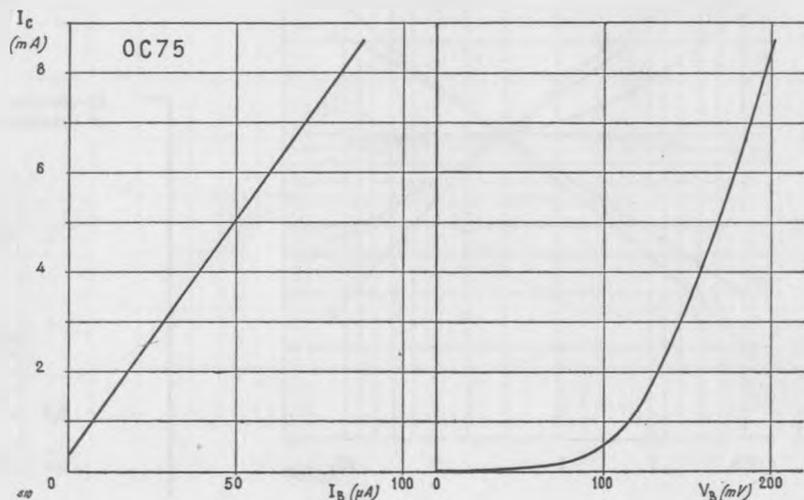
CONDITIONS DE MESURE	Tension de collecteur	2 V
	Courant de collecteur	3 mA
	Température ambiante	25° C
	Fréquence de travail	1000 Hz

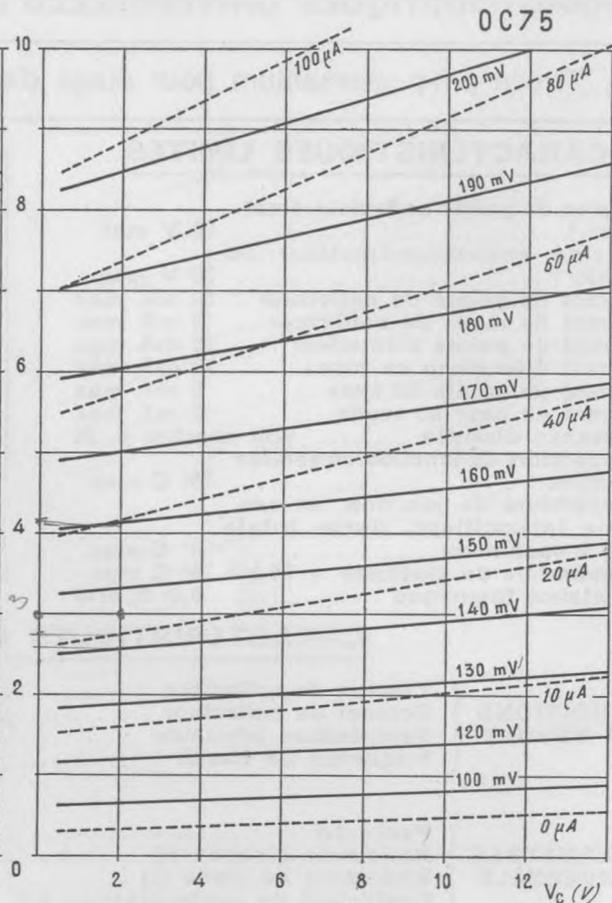
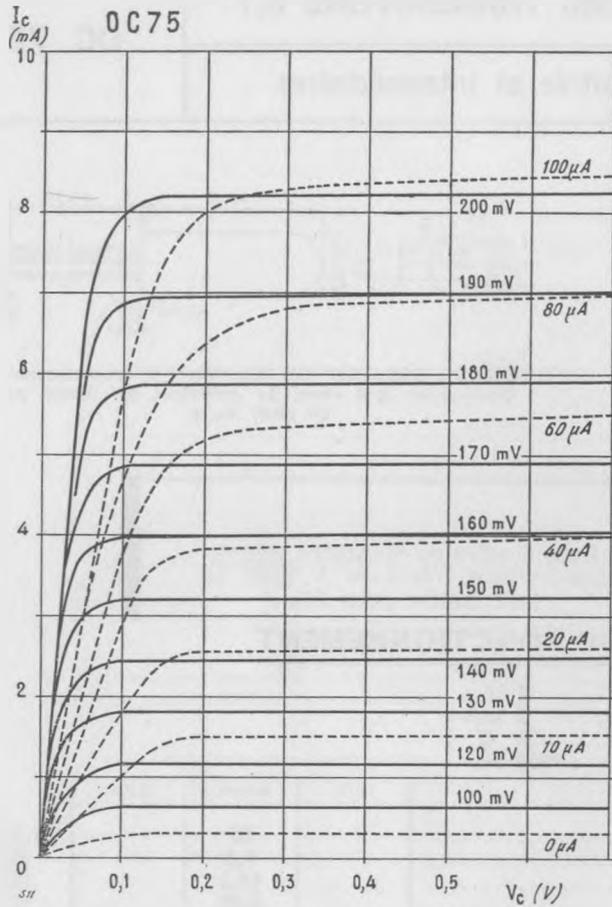
PARAMÈTRES UNIVERSELS	Pente (s)				
	Résistance d'entrée (r)		69	mA/V	
	Résistance de sortie (ρ)		1,3	kΩ	
	Coefficient de contre-réaction (μ)		14,3	kΩ	
Coefficient d'amplification de courant (h _{21e})		0,08	%		
Conductance de sortie à entrée ouverte (h _{22e})	65	90	130	μA/V	
Fréquence de coupure de l'amplification de courant		125		kHz	
Facteur de bruit à 1000 Hz, l'impédance de la source étant de 500 Ω		8		dB	
Courant de saturation de collecteur à base ouverte *		10	15	μA	
Pour un courant de base de 10 μA	Courant de collecteur *	0,75	1,1	1,9	mA
	Tension de base *	90	120	175	mV
Pour un courant de base de 250 μA	Courant de collecteur *	13,5	22	33	mA
	Tension de base *	210	270	385	mV

* Tension de collecteur = 4,5 V.

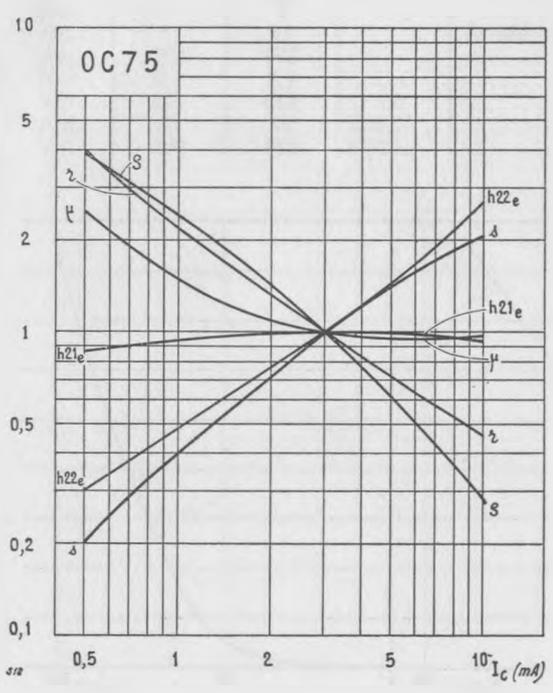
OC 75 : Courant de collecteur I_C en fonction du courant de base I_B et de la tension de base V_B , pour une tension de collecteur de 4,5 V.

Voir, page 31, la caractéristique de la diode d'émetteur, la courbe donnant la tension maximum de collecteur en fonction de la résistance externe base-émetteur, celle des variations du courant de saturation en fonction de la température, ainsi que la relation entre puissance dissipée maximum et température ambiante.



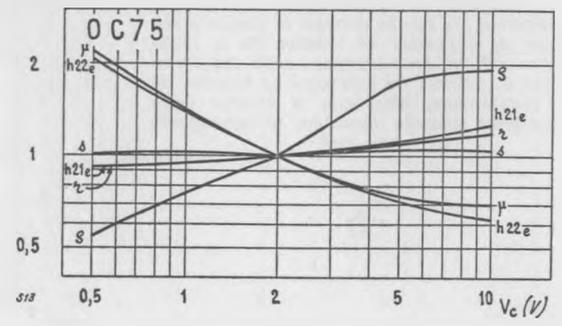


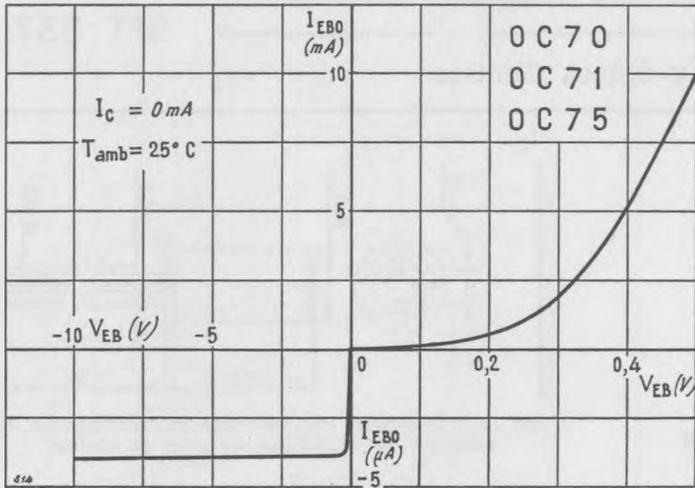
OC 75 : Ci-dessus, courant de collecteur I_c en fonction de la tension de collecteur V_c , avec tension et courant de base comme paramètres, pour faibles (à gauche) et fortes tensions de collecteur (à droite).



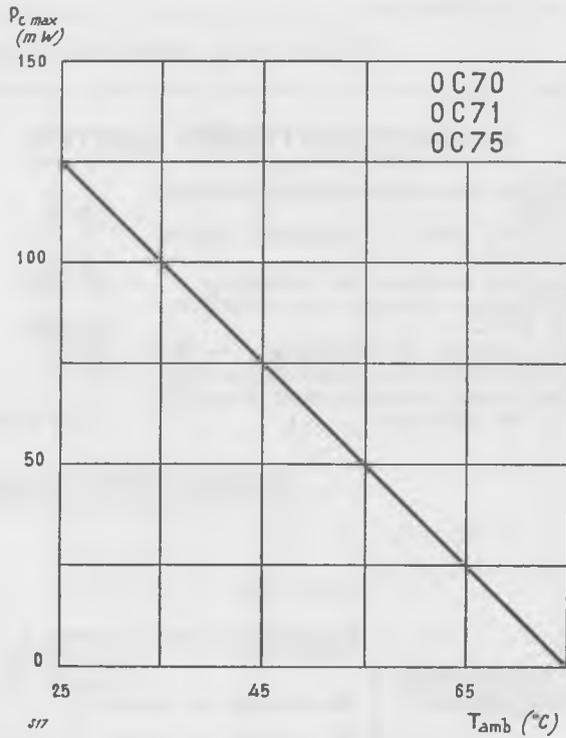
Ci-contre, rapport dans lequel varient les paramètres universels et hybrides en fonction du courant de collecteur I_c , la tension de collecteur étant de 2 V.

Ci-dessous, rapport dans lequel varient les paramètres universels et hybrides en fonction de la tension de collecteur V_c , le courant de collecteur étant de 3 mA.



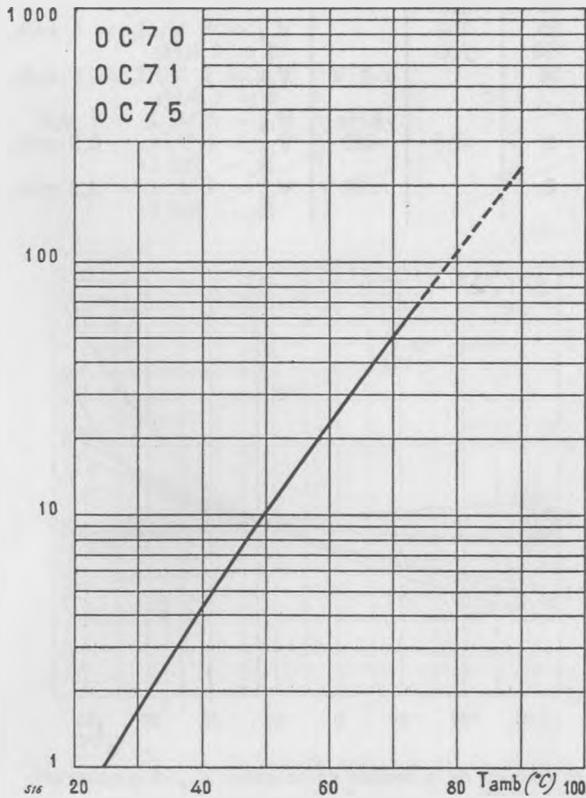


OC 70, OC 71, OC 75 : Courant direct et inverse I_{EBO} de la diode émetteur-base en fonction de la tension V_{EB} appliquée à cette diode, le courant de collecteur étant nul.

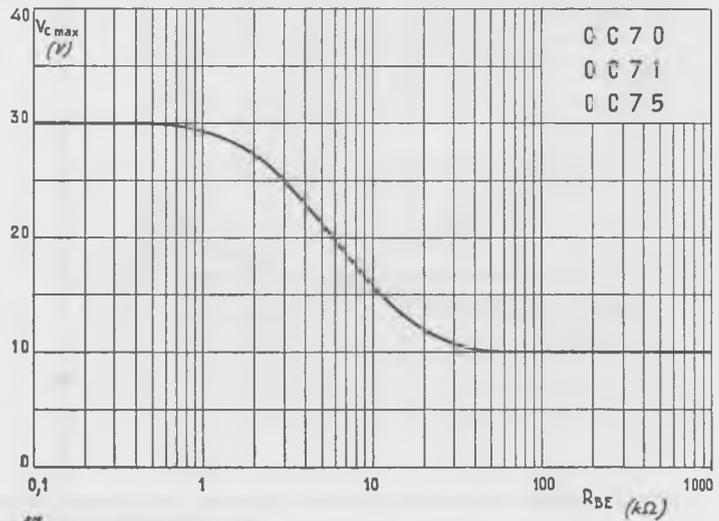


OC 70, OC 71, OC 75 : Puissance dissipée maximum $P_{C \text{ max}}$ en fonction de la température ambiante T_{amb} .

OC 70, OC 71, OC 75 : Rapport dans lequel varie le courant de collecteur à base ouverte en fonction de la température de jonction.



OC 70, OC 71, OC 75 : Tension maximum de collecteur $V_{C \text{ max}}$ en fonction de la résistance externe entre base et émetteur.



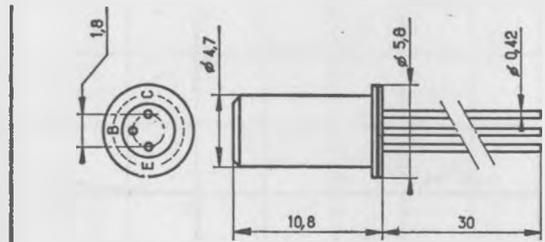
CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES des TRANSISTORS B.F.

SFT 337

Triode p-n-p germanium pour étages d'entrée

CARACTÉRISTIQUES LIMITES

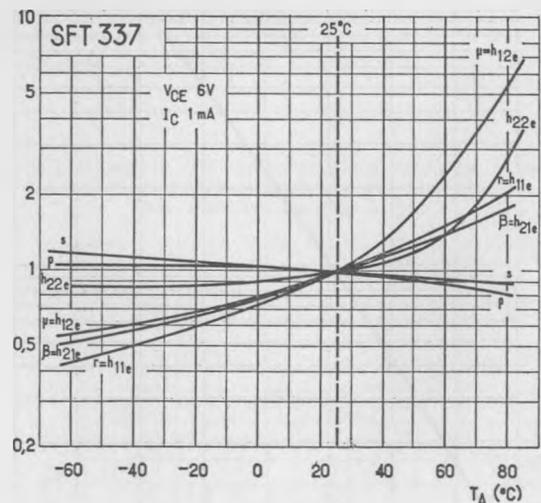
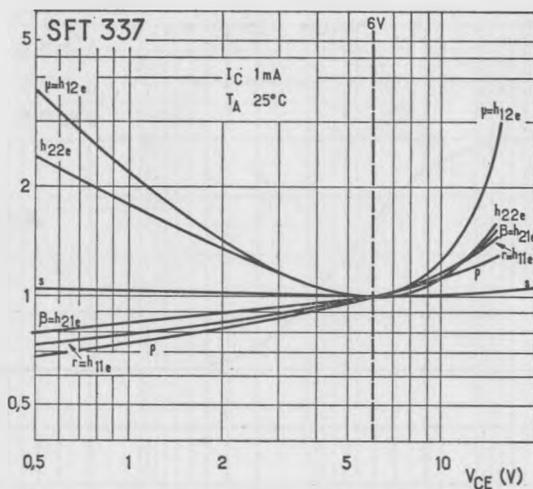
Tension maximale collecteur-émetteur	9 V
Tension inverse maximale émetteur-base	9 V
Courant maximal de collecteur ...	100 mA
Puissance dissipée sans radiateur, à 25° C	150 mW
Température de stockage - 65 à + 85° C	
Température maximale de jonction + 85° C	
Résistance thermique entre jonction et air ambiant	0,4° C/mW



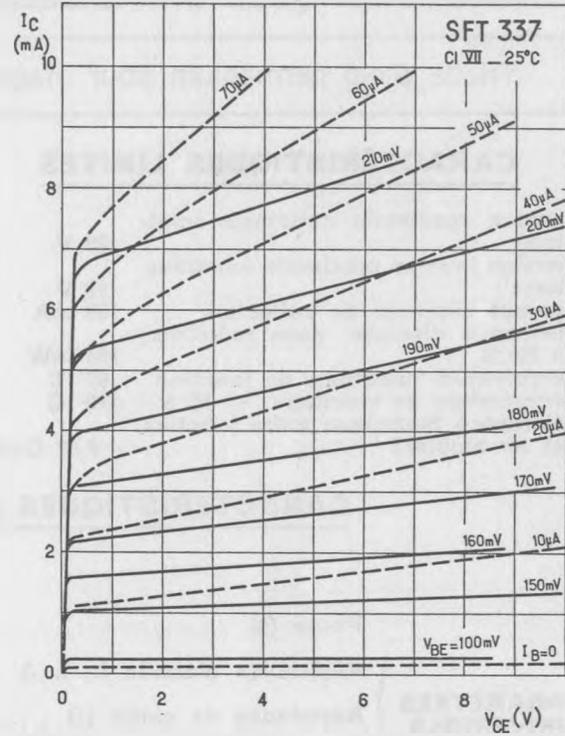
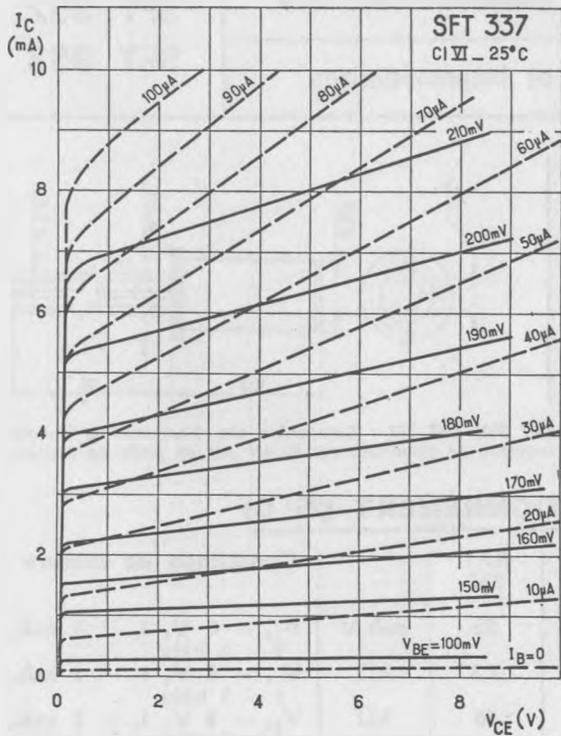
SFT 337 : Disposition des électrodes et encombrement. Le collecteur est repéré par un point de couleur.

CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

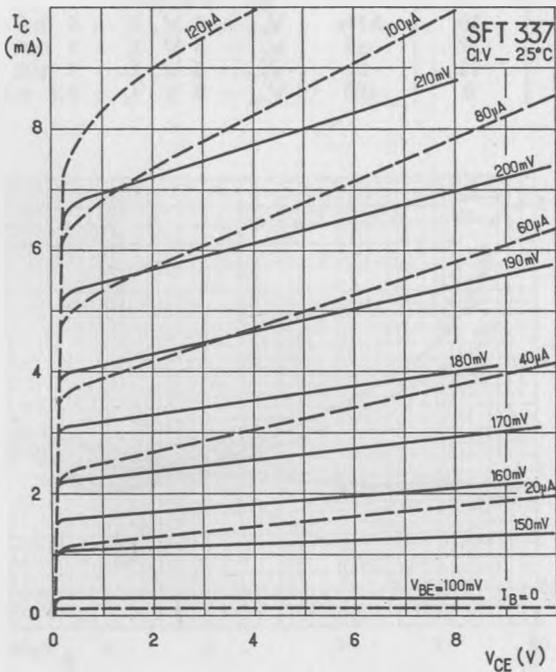
PARAMÈTRES UNIVERSELS		min.	nom.	max.		Conditions de mesure				
						$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA, f = 1 kHz$				
Pente (s)	Résistance d'entrée (r_i, h_{11}) ..		32		mA/V	$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA, f = 1 kHz$				
						} classe V ..	2,2	k Ω	$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA, f = 1 kHz$	
							} classe VI ..		3	$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA, f = 1 kHz$
									5	$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA, f = 1 kHz$
Résistance de sortie (ρ)	} classe VII ..	30	k Ω	$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA, f = 1 kHz$						
		0,05	%	$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA, f = 1 kHz$						
Coefficient d'amplification de courant (h_{21})	} classe V ..	50	70	100		$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA, f = 1 kHz$				
		75	95	150		$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA, f = 1 kHz$				
		125	150	250		$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA, f = 1 kHz$				
Conductance de sortie à entrée ouverte (h_{22}) ..			50		$\mu A/V$	$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA, f = 1 kHz$				
Fréquence de coupure de gain en courant		20			kHz	$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA, f = 1 kHz$				
Facteur de bruit à bande large, 30 Hz à 15 kHz ..			3	5		dB	$V_{CE} = 4 V, I_C = 0,3 mA, R_a = 750 \Omega$			
Facteur de bruit à bande étroite, 80 \pm 20 Hz			8			dB	$V_{CE} = 4 V, I_C = 0,3 mA, R_a = 750 \Omega$			



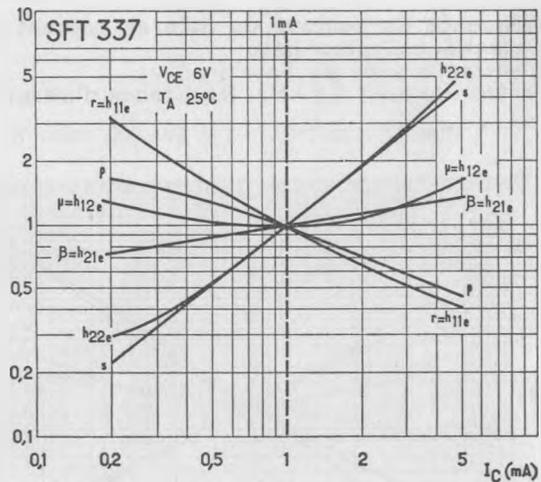
SFT 337 : Rapport dans lequel varient les paramètres pour signaux faibles en fonction de la tension de collecteur V_{CB} (à gauche) et de la température ambiante T_A (à droite).



SFT 337, classe VI (à gauche) et classe VII (à droite) : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_{CE} , avec tension et courant de base comme paramètres.



SFT 337, classe V : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_{CE} , avec tension et courant de base comme paramètres.



SFT 337 : Rapport dans lequel varient les paramètres pour signaux faibles en fonction du courant de collecteur I_C , la tension de collecteur étant de 6 V.



CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES des TRANSISTORS B.F.

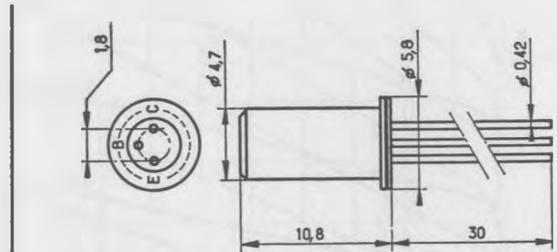
SFT 352

SFT 353

Triode p-n-p germanium pour étages d'entrée et intermédiaires

CARACTÉRISTIQUES LIMITES

Tension maximale collecteur-émetteur	20 V
Tension inverse maximale émetteur-base	12 V
Courant maximal de collecteur	150 mA
Puissance dissipée, sans radiateur, à 25° C	200 mW
Température maximale de jonction	85° C
Température de stockage. - 65 à + 100° C	
Résistance thermique entre jonction et air ambiant	0,3° C/mW

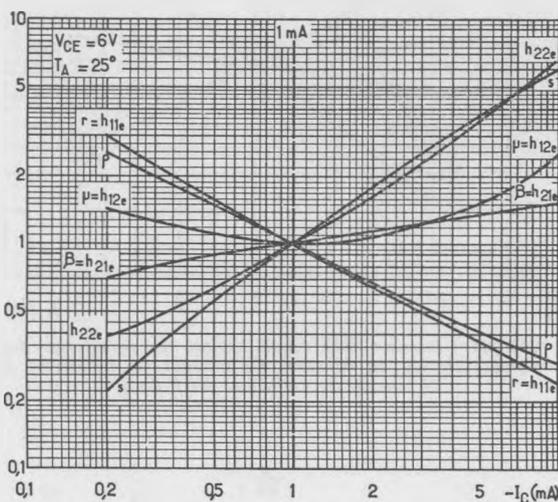


SFT 352, SFT 353 : Disposition des électrodes et encombrement. Le collecteur est repéré par un point de couleur.

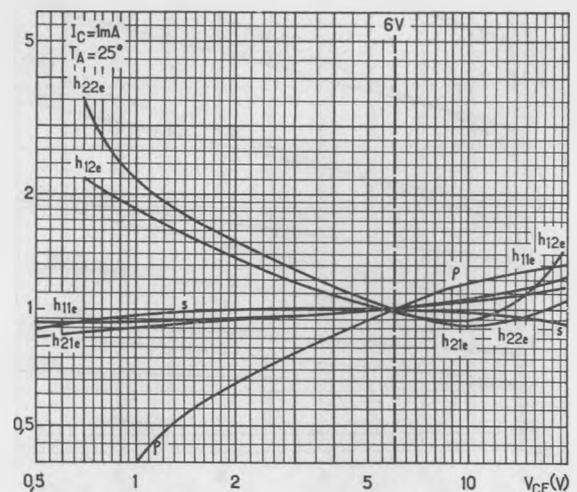
CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT (25° C)

PARAMÈTRES UNIVERSELS	SFT		Conditions de mesure
	352	353	
Pente (s)	33	35	mA/V
Résistance d'entrée (r , h_{11e})	1,55	2,3	k Ω
Résistance de sortie (ρ)	60	40	k Ω
Coefficient de contre-réaction (μ , h_{12e})	0,032	0,038	%
Coefficient d'amplification de courant (h_{21e})	50*	80□	
Conductance de sortie à entrée ouverte (h_{22e})	27	40	μ A/V
Fréquence de coupure du gain en courant	30	30	kHz
Capacité collecteur-base	32	32	pF
Résistance série de base (r_{bb})	60	75	Ω
Facteur de bruit à 1 kHz, Résistance d'attaque 500 Ω	8	8	dB

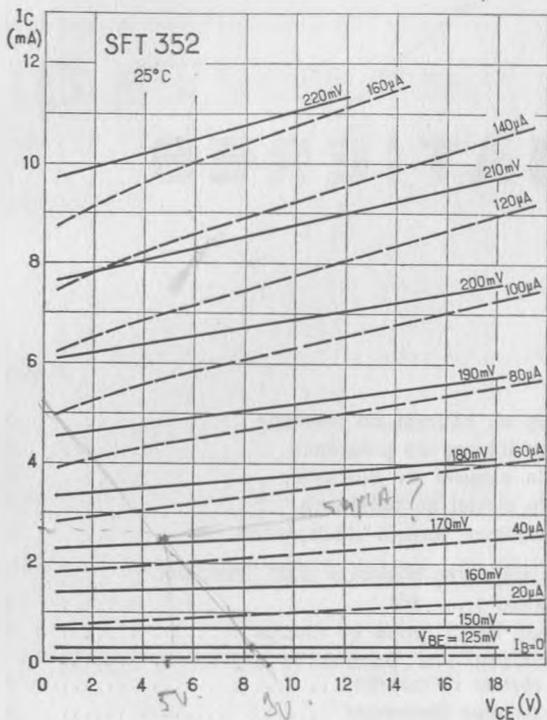
* Min. 40, max. 60. — □ Min. 60, max. 150.



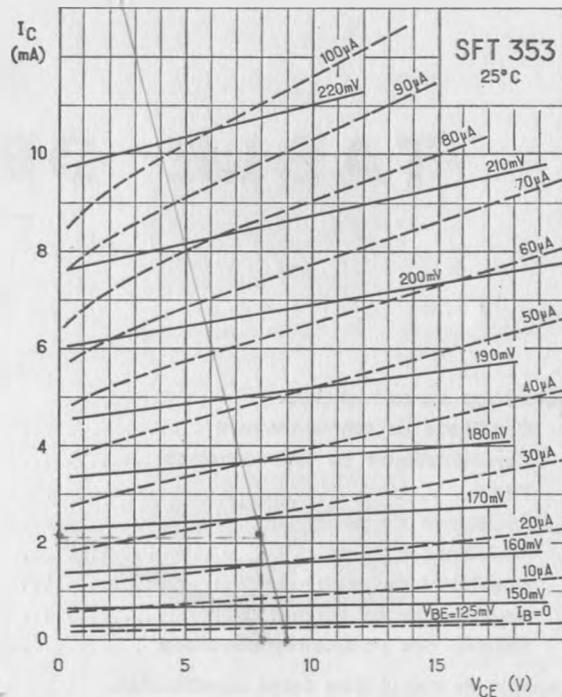
SFT 352, SFT 353 : Rapport dans lequel varient les paramètres pour signaux faibles en fonction du courant de collecteur I_c .



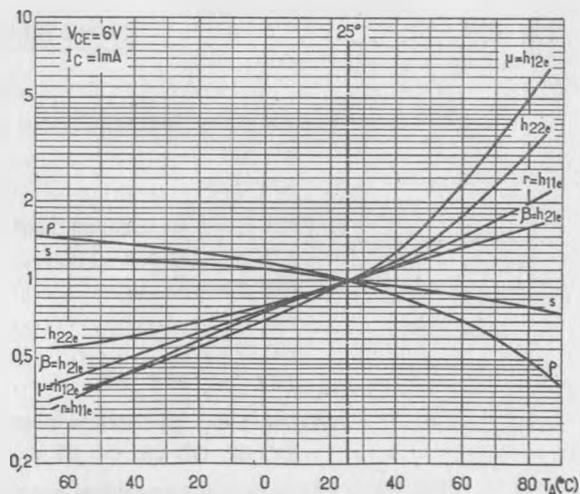
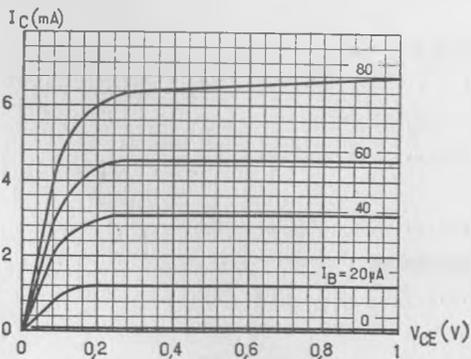
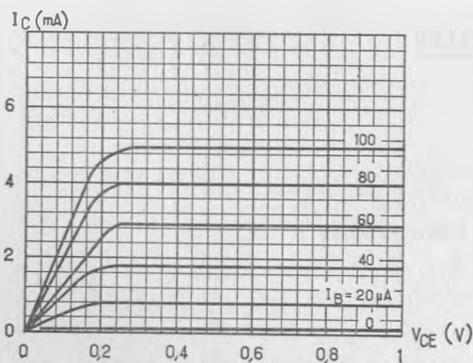
SFT 352, SFT 353 : Rapport dans lequel varient les paramètres pour signaux faibles en fonction de la tension de collecteur V_{CE} .



SFT 352 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_{CE} , avec tension et courant de base comme paramètres.



SFT 353 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_{CE} , avec tension et courant de base comme paramètres.



SFT 352, SF 353 : Rapport dans lequel varient les paramètres pour signaux faibles en fonction de la température ambiante.

SFT 352 (en haut) et SFT 353 (en bas) : Courant de collecteur I_C en fonction des faibles valeurs de la tension de collecteur V_{CE} , avec le courant de base comme paramètre.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

	Pages		Pages
Paramètres caractéristiques.			
Conditions de fonctionnement	1	Gain en courant du montage	5
Caractéristiques de fonctionnement	1	Gain interne de puissance	5
Pente	2	Gain externe de puissance	5
Résistance de sortie	2	Gain virtuel en puissance	5
Résistance d'entrée	2	Conditions optima d'adaptation	5
Coefficient de contre-réaction	3	Réseau de caractéristiques d'un transistor.	
Amplification de courant	3	Réseau $I_c = f(V_{ce})$	6
Résumé des paramètres universels	3	Tracé de la droite de charge	7
Exemple de calcul d'un étage amplification.		Définition des paramètres universels, d'après le réseau de courbes	7
Gain interne de tension	4	Résistance thermique	8
Résistance d'entrée du montage	4	Particularités des transistors au silicium.	
Gain externe de tension	5	Réseaux de caractéristiques	8
Résistance de sortie du montage	5	Paramètres caractéristiques	9

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES

	Pages
Triodes p-n-p germanium pour étages d'entrée :	
AC 107	11
SFT 337	32
Triodes p-n-p germanium pour étages d'entrée et intermédiaires :	
AC 125, AC 126	12
OC 70	25
OC 71	27
OC 75	29
SFT 352, SFT 353	34
Triodes p-n-p germanium pour amplificateurs de surdité :	
OC 57, OC 58, OC 59	23
Triode n-p-n germanium pour étages d'entrée :	
AC 172	15
Triode p-n-p silicium pour usage général :	
BCZ 10	22
Triodes n-p-n silicium pour étages d'entrée et intermédiaires :	
BC 113, BC 114	17
Triodes n-p-n silicium pour usage général :	
BC 117	19
BC 118	21

LES MEILLEURS LIVRES DE RADIO

- CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS.** — Courbes et caractéristiques détaillées, format 21 × 27.
Types Puissance, 40 pages 5,40 F
Types HF, 36 pages 6,60 F
- CARACTERISTIQUES OFFICIELLES DES TUBES B.F.** — Courbes et caractéristiques détaillées.
96 pages, format 21 × 27 15 F
- CARACTERISTIQUES OFFICIELLES DES TUBES H.F.** — Courbes et caractéristiques détaillées.
96 pages, format 21 × 27 15 F
- CARACTERISTIQUES OFFICIELLES DES TUBES T.V.** — Courbes et caractéristiques détaillées.
64 pages, format 21 × 27 12 F
- COMPOSANTS ELECTRONIQUES (TECHNOLOGIE DES),** par R. Besson. — Etude technologique des résistances, bobinages et condensateurs.
264 pages, format 16 × 24 27 F
- EMPLOI RATIONNEL DES TRANSISTORS,** par J.-P. Cehmichen. — Livre de base traitant de toutes les applications des semiconducteurs dans tous les secteurs de l'électronique.
376 pages, format 16 × 24 30 F
- GUIDE MONDIAL DES TRANSISTORS,** par H. Schreiber. — Toutes les caractéristiques présentées d'une manière homogène ; type de remplacement ; tableaux par fonctions.
128 pages, format 13 × 21 12 F
- LEXIQUE OFFICIEL DES LAMPES RADIO,** par L. Gaudillat. — Sous une forme pratique et condensée, toutes les caractéristiques de service, les culottages et équivalences des lampes européennes et américaines.
96 pages, format 13 × 22 6 F
- MEMENTO RADIOTECHNIQUE,** par R. Aronsson. — Documentation sur la production de La Radiotechnique portant sur les caractéristiques de 1600 tubes et 250 semiconducteurs.
336 pages, format 13,5 × 21 12 F
- PRACTIQUE ELECTRONIQUE,** par J.-P. Cehmichen. — Conception, calcul et réalisation des ensembles électroniques.
304 pages, format 16 × 24 13,50 F
- RADIO-TRANSISTORS,** par H. Schreiber. — D'une conception identique à celle de Radio-Tubes et de Télé-Tubes, cet ouvrage donne instantanément toutes les caractéristiques utiles d'un transistor.
144 pages, format 13 × 21 12 F
- RADIO-TUBES,** par E. Aisberg, L. Gaudillat et R. de Schepper. — Une documentation donnant instantanément et sans aucun renvoi toutes les valeurs d'utilisation et culottages de toutes les lampes usuelles. Reliure spéciale avec spirale en matière plastique.
160 pages, format 13 × 22 7,50 F
- TECHNIQUE DE L'OSCILLOSCOPE,** par A. Haas. — Principe et constitution du tube cathodique ; étude des circuits d'amplification et de balayage ; utilisation.
216 pages, format 16 × 24 21 F
- TECHNIQUE ET APPLICATIONS DES TRANSISTORS,** par H. Schreiber. — Propriétés, fonctionnement, mesures et utilisations des divers types de semiconducteurs.
336 pages, format 16 × 24 21 F
- TELETUBES,** par R. Deschepper. — Une documentation à reliure spirale d'une présentation identique, à celle de Radio-Tubes, donnant toutes les caractéristiques des Tubes-Images, Tubes amplificateurs et Bases de temps, Diodes.
176 pages, format 13 × 21 12 F
- TRANSISTOR AU LABORATOIRE ET DANS L'INDUSTRIE (LE),** par H. Schreiber. — Alimentations stabilisées, convertisseurs de courant, transistors en impulsion, production et transformation de signaux, amplificateurs de mesure et de commande.
264 pages, format 16 × 24 24 F

(Ajouter 10 % pour frais d'envoi.)

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO

C. P. Paris 1164-34

9, Rue Jacob - PARIS-VI^e

POUR RESTER
A LA PAGE, LISEZ :



La première revue de documentation technique (dirigée par E. Aisberg).

Le N° : 3,30 F.



La revue de l'agent technique en radio et électronique.

Le N° : 2,10 F.



La seule revue technique européenne de télévision.

Le N° 2,10 F.



Les applications de l'électronique dans l'industrie.

Le N° : 4,80 F.



Le journal des cadres supérieurs de l'électronique.

Informations techniques, commerciales et financières.

Le N° : 2 F.

Spécimen sur demande.

Ce recueil présente les caractéristiques non seulement homogènes, mais aussi rationalisées des différents transistors B. F. au germanium et au silicium.

Il ne contient que des données ayant une signification pratique pour l'utilisateur.

Dans une première partie, l'auteur fait un bref exposé de la méthode de calcul des étages amplificateurs à transistors.

Ce recueil s'adresse à tous ceux qui ont à utiliser les caractéristiques des transistors. Il leur rendra les plus grands services.