

**CARACTÉRISTIQUES
UNIVERSELLES
DES TRANSISTORS**

TYPES B.F.
PUISSANCE
ET MOYENNE
PUISSANCE

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 semi-conducteurs, 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 des 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.

Le recueil **CARACTERISTIQUES DES TRANSISTORS B. F. DE FAIBLE PUISSANCE** (publié par les Editions Radio) constitue une somme de travail encore bien plus considérable. En effet, il prétend présenter non seulement des caractéristiques homogènes, mais aussi rationalisées. Il ne contient que des données ayant une signification pratique pour l'utilisateur qui peut, en plus, employer dans une très large mesure, pour ses considérations et calculs, des notions qui lui sont parfaitement connues, puisqu'elles sont empruntées au domaine du tube électronique.

Rédigé dans le même esprit, le présent recueil **CARACTERISTIQUES DES TRANSISTORS B. F. DE PUISSANCE** en constitue la suite logique.

RATIONALISATION DES DONNEES

AFIN de n'indiquer que des caractéristiques possédant une utilité réelle pour l'utilisateur, on n'a pas reproduit ici certaines données publiées par les fabricants, telles que la tension maximum qu'on peut appliquer entre base et collecteur d'un transistor, l'émetteur étant ouvert. En effet, personne n'achètera un transistor pour le faire travailler avec l'émetteur « en l'air »; il est donc certain que cette caractéristique ne constitue pas un renseignement utile pour l'utilisateur.

Par contre, on a indiqué, dans la mesure du possible, des caractéristiques supplémentaires, importantes pour l'utilisateur, mais que les notices des fabricants ne contiennent souvent qu'implicitement.

RATIONALISATION DES PARAMETRES

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. L'obligation qu'on a, actuellement, de « patauger » parmi des représentations en T, quadripôles hybrides et autres matrices d'admittances, déjà regrettable en tant que telle, devient d'un navrant frisant le ridicule quand on apprend que ces quatre paramètres cités ci-dessus, et que tout le monde connaît, sont parfaitement utilisables dans le domaine du transistor!

D'ailleurs, l'établissement de tels paramètres universels tube-transistor comporte de nombreux avantages pratiques, tels que facilité de mesure et possibilité directe de comparaison. Pour comparer la taille de deux hommes, il serait malaisé de dire que l'un mesure deux mètres et l'autre quatre pieds. Pour mettre en évidence les énormes différences entre tube et transistor, une comparaison sur des bases communes sera donc le meilleur moyen.

Puisque ces paramètres constituent encore une nouveauté, il a paru nécessaire de leur consacrer, dans l'album **CARACTERISTIQUES DES TRANSISTORS B. F. DE FAIBLE PUISSANCE**, une introduction dans laquelle leur principe et leurs applications sont exposés très en détail.

CONVERSION DES RESEAUX DE CARACTERISTIQUES

ON a reconnu depuis longtemps l'erreur qui consiste à considérer le transistor seulement comme amplificateur de courant. Il est beaucoup plus exact de parler d'un amplificateur de tension doté d'une résistance d'entrée non infinie. Ce mode de conception a, de plus, l'avantage d'être également utilisable dans le domaine du tube électronique.

Le calcul d'un amplificateur travaillant dans le régime des signaux de forte amplitude devient ainsi très commode, quand on dispose simultanément de renseignements sur tension et courant de commande. Les réseaux de caractéristiques publiés dans cet album ont donc été dessinés avec ces deux paramètres. Leur utilisation est commentée dans l'introduction précédant les caractéristiques proprement dites.

CONDITIONS D'UTILISATION DES **TRANSISTORS AMPLIFICATEURS DE PUISSANCE**

Régime des signaux de forte amplitude

Utilisés dans des étages de préamplification, les transistors de faible puissance sont généralement commandés par des signaux d'amplitude suffisamment réduite pour qu'on puisse considérer comme linéaire la partie de la caractéristique utilisée. On peut alors définir des *paramètres* de fonctionnement, tels que pente, amplification de courant, résistance de sortie, coefficient de contre-réaction. Ces paramètres permettant de se baser uniquement sur le calcul pour établir un projet d'étage d'amplification, on n'a que rarement besoin des réseaux de courbes dans le cas des transistors de faible puissance.

Il en est autrement pour les transistors utilisés dans les étages de sortie; ici, il s'agit, en effet, de tirer le maximum de puissance d'un transistor, en lui appliquant un signal d'entrée aussi fort que possible. Les grandeurs pente, résistance d'entrée et résistance de sortie varient alors fortement avec l'amplitude du signal de commande, si bien qu'il devient impossible de fixer des paramètres applicables à tous les cas. Heureusement, les variations citées ne se manifestent pas toutes dans le même sens.

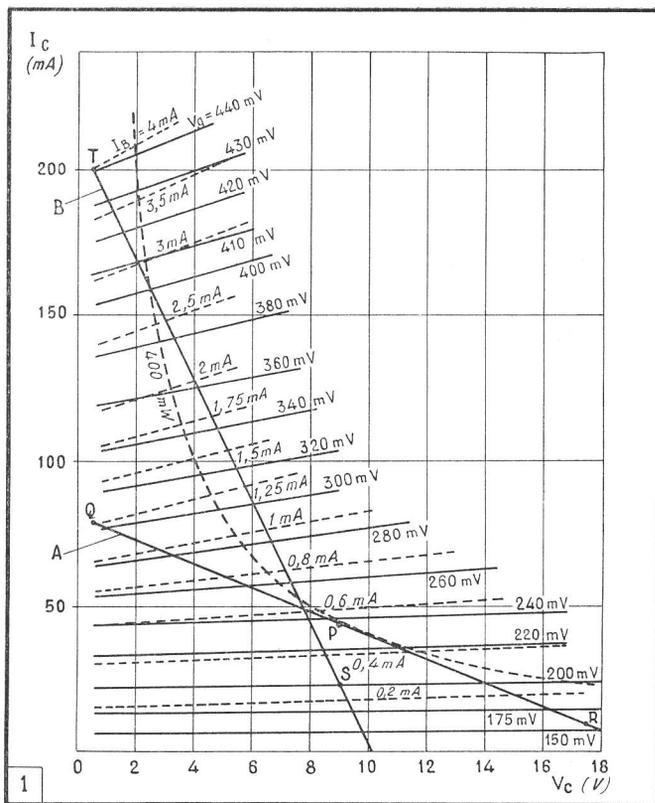
En choisissant judicieusement les éléments du montage, on peut donc arriver à une compensation de ces variations et obtenir une amplification plus linéaire que celle qu'on peut réaliser avec un tube, sans contre-réaction.

Or, les variations des caractéristiques ne suivent pas une loi qui serait facile à mettre en équation. Le moyen le plus rationnel d'établir un projet d'étage de sortie consiste donc à travailler sur les courbes caractéristiques dont les particularités seront commentées plus loin. Les paramètres universels et hybrides, sur lesquels on trouvera des précisions dans le recueil « *Transistors de faible puissance* » de cette collection, ne sont donc généralement pas indiqués, par les fabricants de transistors, pour les triodes de moyenne et forte puissance. Une exception est à faire pour certains types professionnels qu'on utilise souvent, pour des raisons de sécurité ou de température ambiante, à des dissipations bien inférieures à la valeur nominale, et qui fonctionnent alors avec des signaux suffisamment faibles pour que l'application des paramètres soit possible.

Réseaux de courbes

Les réseaux de courbes publiés dans ce recueil présentent une particularité qui les distingue de ceux généralement indiqués par les fabricants. Ils donnent, en effet, le courant de collecteur en fonction de la tension de collecteur non seulement avec le courant de base, mais aussi

avec la tension de base en paramètre. Comme, dans le cas d'un étage de puissance, on ne peut obtenir un gain substantiel qu'en adaptant la source de commande à la résistance d'entrée du transistor, les courbes « tension de base » deviennent un complément indispensable des cour-



bes « courant de base ». Par analogie avec la présentation utilisée dans le domaine des tubes électroniques, les courbes « tension de base » sont ici reproduites en traits pleins, et les courbes « courant de base » en pointillé.

Un tel réseau de courbes a été reproduit dans la figure 1. De plus amples détails sur cette représentation ont été donnés dans l'introduction au recueil « *Transistors de faible puissance* » de cette collection; notamment, on y a montré qu'il est possible de déduire les paramètres pour signaux faibles d'un tel réseau. Ici, on trouvera des renseignements plus détaillés sur le calcul des étages d'amplification en classes A et B.

Dans la mesure où les renseignements nécessaires ont pu nous être fournis par les fabricants, nous avons également reproduit, dans ce recueil, les réseaux de courbes pour faibles tensions de collecteur, ou, du moins, une représentation plus détaillée du coude de saturation de la caractéristique représentant le courant de collecteur en fonction de la tension de collecteur. Ces réseaux se trouvent complétés, de plus, par un certain nombre de courbes d'utilité pratique et dont le maniement nous paraît assez simple pour que tout commentaire puisse devenir superflu.

Fig. 1. — Réseau de caractéristiques d'un transistor de moyenne puissance. Le courant de collecteur est donné en fonction de la tension de collecteur, avec tension et courant de base comme paramètres.

Amplificateur classe A

Comme dans le cas du tube électronique, les propriétés et éléments de montage d'un amplificateur sont à déterminer par le tracé de la droite de charge. La puissance maximum sera obtenue en traçant cette droite tangente à l'hyperbole de dissipation. Il convient de bien remarquer ici que cette hyperbole est seulement valable pour une température ambiante de 25° C, et qu'il faut adopter une marge de sécurité d'autant plus importante que la température ambiante en fonctionnement sera plus grande. Dans le paragraphe « *Refroidissement des transistors de puissance* », on trouvera les indications permettant de calculer la dissipation maximum pour une température ambiante quelconque.

La tension de déchet (tension minimum de crête de collecteur) est de l'ordre de 0,5 V pour un courant de quelques centaines de milliampères, et de 1 à 1,5 V dans le cas d'un transistor de puissance travaillant avec un courant maximum de plusieurs ampères. Si on alimente, comme cela est le cas dans l'exemple de la figure 1 (transistor de moyenne puissance), le transistor sous 9 V, on peut donc escompter sur une amplitude maximum de 8,5 V, soit 17 V pointe à pointe, si on travaille avec un transformateur de sortie.

Comme la pente d'un transistor varie avec le courant de collecteur, le gain en tension sera très faible pour les faibles valeurs de ce courant. Il en est, d'ailleurs, de même pour le tube électronique, en voisinage du cut-off. On a

donc avantage à ne jamais faire descendre le courant de collecteur en-dessous du dixième de la valeur maximum.

C'est en partant de ces considérations que le tracé de la droite de charge A a été effectué dans la figure 1. Cette droite de charge est tangente à l'hyperbole de dissipation; elle est délimitée par le point Q correspondant à $V_{ce} = 0,5$ V (tension de déchet) et $I_{cm} = 80$ mA (courant maximum de collecteur), ainsi que par le point R, correspondant à $V_{cm} = 17,5$ V (tension maximum de collecteur, somme des tensions de déchet, 0,5 V, et pointe à pointe, 17 V), et $I_{co} = 8$ mA (courant minimum de collecteur, égal au dixième du courant maximum). Si on néglige la chute ohmique dans le primaire du transformateur de sortie, on trouve le point moyen de fonctionnement en P, soit à $V_c = 9$ V et à $I_c = 44$ mA.

L'inclinaison de la droite de charge donne la résistance de charge, qui est ici de 250 Ω .

Le point P correspondant sensiblement à $V_B = 235$ mV et à $I_B = 0,55$ mA, la droite de charge renseigne également sur la polarisation. (Voir le recueil « *Transistors de faible puissance* » pour le calcul des résistances de polarisation).

Pour moduler à fond le transistor, il faut une variation de tension de base $\Delta V_B = 300 - 150 = 150$ mV, et une variation de base ΔI_B sensiblement égale à 1,25 mA. On connaît ainsi :

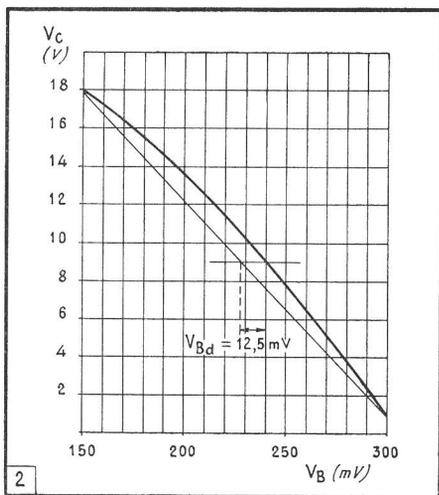


Fig. 2. — Caractéristique dynamique en commande par tension, classe A.

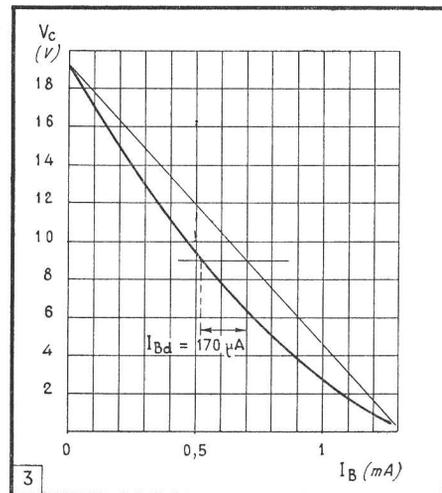


Fig. 3. — Caractéristique dynamique en commande par courant, classe A.

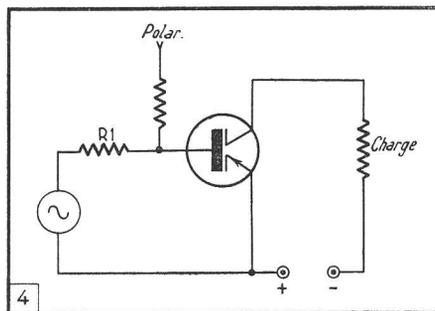


Fig. 4. — La résistance interne de la source de commande, R_1 , possède une grande influence sur la linéarité d'un étage d'amplification de puissance. En traçant une droite de charge dans le réseau de courbes d'un transistor, on peut déterminer la valeur optimum de cette résistance, correspondant à un minimum de distorsion.

la résistance moyenne d'entrée $\Delta V_B / \Delta I_B = 120 \Omega$;

la puissance de commande $\Delta V_B \times \Delta I_B / 8 = 24 \mu\text{W}$.

En remarquant que la variation maximum de la tension de collecteur $\Delta V_C = 17 \text{ V}$, et celle du courant de collecteur $I_C = 72 \text{ mA}$, on trouve, de plus :

la pente dynamique moyenne $\Delta I_C / \Delta V_B = 480 \text{ mA/V}$;

le gain en courant dynamique moyen $\Delta I_C / \Delta I_B = 58$;

le gain en tension moyen $\Delta V_C / \Delta V_B = 113$;

le gain en puissance

$$\Delta V_C \times \Delta I_C / \Delta V_B \times \Delta I_B = 6\,500 = 38 \text{ dB} ;$$

la puissance de sortie (puissance modulée)

$$\Delta V_C \times \Delta I_C / 8 = 153 \text{ mW} ;$$

la puissance dissipée est sensiblement égale à 400 mW, puisque le point P se trouve très près de l'hyperbole de dissipation maximum.

Pour qu'on puisse aisément les vérifier, les calculs précédents ont été effectués avec une précision relativement grande. Vu les tolérances habituelles en matière de transistors, ils ne constituent, néanmoins, rien de plus que des ordres de grandeur. On constate, toutefois, que les grandeurs pente, gain en tension et puissance de sortie sont beaucoup moins soumises à dispersion que celles dont le calcul fait intervenir le courant de base ou l'amplification de courant.

En plus des nombreuses caractéristiques de fonctionnement que nous venons d'indiquer, le tracé de la droite de charge dans le réseau de caractéristiques permet également de déterminer la linéarité d'un étage d'amplification.

Pour apprécier cette linéarité, il est indiqué de tracer deux caractéristiques dynamiques, l'une donnant la tension de collecteur en fonction de la tension de base (fig. 2), l'autre (fig. 3) donnant ce même courant de collecteur en fonction du courant de base. Dans les deux cas, on cherche à quelles valeurs de V_C correspondent les intersections entre les courbes V_B et I_B avec la droite de charge ; et on relie les points obtenus par une courbe.

La non-linéarité des courbes des figures 2 et 3 est assez appréciable. Néanmoins, elles s'écartent en sens contraire de la droite idéale ; il doit donc y avoir possibilité de compensation, en choisissant convenablement la résistance interne de la source de commande R_1 (fig. 4). Dans le recueil « *Transistors de faible puissance* », nous avons indiqué un procédé permettant de définir par tâtonnement la valeur optimum de cette résistance. La méthode utilisée ici est plus directe et permet de déterminer la résistance de source de commande avec une précision largement suffisante en pratique. Elle consiste à relever, dans les figures 2 et 3, l'écart entre la droite idéale et la courbe réelle, et cela à l'endroit où cet écart est maximum. On trouve ainsi la différence de tension de base V_{Bd} et la différence de courant de base I_{Bd} . Pour obtenir la valeur optimum de la résistance de source (résistance d'attaque), il suffit de faire le rapport entre ces deux différences, soit

$$R_{1 \text{ opt}} = \frac{V_{Bd}}{I_{Bd}}.$$

Avec les chiffres de notre exemple, on trouve ainsi une

valeur optimum de 75 Ω . La caractéristique dynamique correspondante est reproduite dans la figure 5; on voit qu'elle se confond pratiquement avec une droite.

En pratique, cette résistance d'attaque de 75 Ω pourra être réalisée par un transformateur d'un rapport tel que la résistance de sortie de l'étage précédent devienne égale à 75 Ω au secondaire. Si on veut éviter le transformateur, on peut également utiliser un étage en collecteur commun comme adaptateur d'impédances.

Pour la stabilisation de température on monte souvent, dans les étages de sortie, une résistance dans la connexion d'émetteur. Afin que cette résistance n'introduise pas de contre-réaction, il faudrait la découpler par un condensateur dont la réactance doit être à la fréquence la plus basse à transmettre, inférieure à l'inverse de la pente maximale. Des pentes de 0,5 A/V étant courantes dans un amplificateur de moyenne puissance, on arrive à une valeur de 1500 μ F pour une fréquence inférieure de coupure de 50 Hz.

Il sera donc souvent plus économique d'accepter la contre-réaction; mais il faut alors prévoir son influence lors du calcul de l'étage. Cette influence ne s'exerce pas sur les courbes « courant de base » d'un réseau, mais uniquement sur celles de « tension de base ». On peut adapter un tel réseau aux conditions créées par la contre-réaction en ajoutant, aux tensions de base inscrites sur les différentes courbes, celles qu'on obtient en multipliant le courant de collecteur correspondant avec la résistance d'émetteur. Prenons, comme exemple, un réseau où, à une tension de collecteur donnée, 150 mV de base correspondent à 10 mA de collecteur, 300 mV à 40 mA, et 600 mV à 150 mA. Si la résistance d'émetteur est de 10 Ω , il faut donc ajouter $10 \times 10 = 100$ mV dans le premier cas, 400 mV dans le second, et 1,5 dans le troisième, si bien qu'on aura,

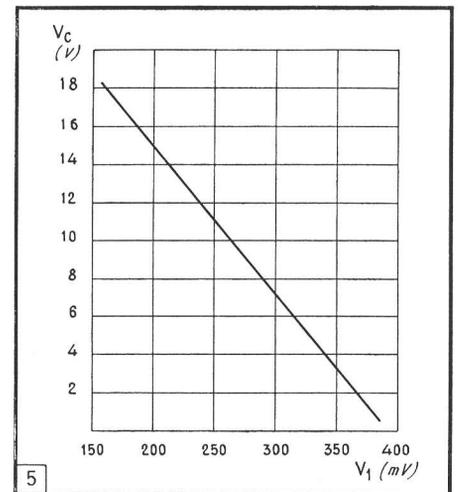


Fig. 5. — En choisissant convenablement la résistance d'attaque, on obtient une caractéristique dynamique pratiquement linéaire.

avec contre-réaction, 250 mV de base pour 10 mA de collecteur, 700 mV pour 40 mA, et 2,1 V pour 150 mA. La tension de déchet de collecteur se trouvera également augmentée de la chute de tension sur la résistance d'émetteur.

Amplificateur classe B

Le montage symétrique classe B est très fréquemment utilisé dans les amplificateurs à transistors puisqu'il travaille avec une consommation très faible au repos et un rendement tel que la puissance dissipée reste généralement inférieure à la puissance de sortie. Pour la clarté de l'exposé, nous préférons traiter ici un transistor seul travaillant en classe B; et ce n'est que dans le cas où cela ne serait pas absolument évident a priori, que les considérations seront étendues sur le montage symétrique à deux transistors.

Le rendement étant relativement élevé en classe B, il arrive fréquemment que la puissance de sortie maximum ne dépende pas de la puissance que le transistor est capable de dissiper, mais du courant maximum de pointe qu'il peut supporter. Ce courant est de 200 mA dans le cas de notre exemple. Si on utilise, comme précédemment, une tension d'alimentation de 9 V, on trouve, pour la puissance dissipée (différence entre la puissance d'alimentation et la puissance de sortie) :

$$P_d = I_{cm} (0,07 V_c + 0,25 V_{ca}) + 0,7 V_c I_{co}$$

Ici encore, on prendra le courant de repos I_{co} égal au dixième du courant maximum de collecteur, soit 20 mA. Pour la commodité, nous avons adopté ici une valeur de 22 mA, car elle correspond précisément à une tension de base de 200 mV. Comme précédemment, la tension de déchet V_{ca} sera supposée égale à 0,5 V; elle pourrait atteindre 1,5 V, s'il s'agit d'un transistor de puissance dont le courant de pointe est de plusieurs ampères.

Dans le cas de notre exemple, on aura donc $V_{ca} = 0,5$ V, $V_c = 9$ V, $I_{cm} = 200$ mA et $I_{co} = 22$ mA, d'où $P_d = 290$ mW. On reste donc bien en-dessous de la limite de 400 mW, ce qui permet le fonctionnement à des températures supérieures à 25° C. De toute façon, un respect rigoureux de la limite de dissipation n'est pas nécessaire en classe B, puisque cette limite n'est atteinte que pendant les pointes de modulation, assez rares à la transmission de musique et de parole.

Si on veut approcher cette limite, on doit travailler avec une tension d'alimentation plus élevée; on trouve, pour cette tension

$$V_c = \frac{P_{dm} - 0,25 V_{ca} I_{cm}}{0,07 I_{cm} + 0,7 I_{co}}$$

En admettant que le courant de repos est égal au dixième du courant maximum de collecteur, cette expression se simplifie à

$$V_c = \frac{7 P_{dm}}{I_{cm}} - 1,8 V_{ca} \text{ (pour } I_{co} = I_{cm}/10\text{),}$$

soit, avec les chiffres de notre exemple, $V_c = 13$ V. Bien entendu, il sera alors nécessaire que le transistor puisse supporter une tension de pointe de 26 V.

Il peut également arriver qu'on dispose d'un transistor admettant un courant maximum de collecteur relativement fort pour qu'on ne soit pas limité par ce para-

mètre. Il sera alors nécessaire de calculer la valeur instantanée de pointe de ce courant qui correspond à la dissipation maximum, la tension d'alimentation étant donnée. On utilise ici la relation

$$I_{cm} = \frac{P_{dm}}{0,14 V_C + 0,25 V_{ca}} \quad (\text{pour } I_{co} = I_{cm}/10),$$

soit 310 mA dans le cas de notre exemple où, cependant, cette valeur n'est pas utilisable, puisque le transistor n'admet que 200 mA en pointe.

Comme le montage symétrique procure une certaine compensation de la distorsion, on peut souvent travailler avec un courant de repos I_{co} qui n'est égal qu'au vingtième du courant de pointe. La relation précédente devient alors

$$I_{cm} = \frac{P_d}{0,1 V_C + 0,25 V_{ca}} \quad (\text{pour } I_{co} = I_{cm}/20);$$

on aurait ainsi $I_{cm} = 360$ mA; et on observerait une augmentation notable du rendement. C'est par le tracé de la droite de charge qu'on pourra voir, si la linéarité est encore suffisante.

Les données requises pour les calculs précédents permettent de déterminer également

— la *puissance d'alimentation* :

$$P_A = V_C [0,32 (I_{cm} - I_{co}) + V_C I_{co}] = 0,7 \text{ W};$$

— la *puissance de sortie* :

$$P_2 = \frac{(V_C - V_{ca}) (I_{cm} - I_{co})}{4} = 375 \text{ mW}$$

— le *rendement* :

$$\eta = \frac{P_2}{P_A} = 54 \text{ \%};$$

— la *résistance de charge* :

$$R_2 = \frac{V_C - V_{ca}}{I_{cm} - I_{co}} = 48 \text{ } \Omega.$$

Les chiffres indiqués ici sont valables pour $I_{cm} = 200$ mA, $V_C = 9$ V, et un seul transistor. Dans le cas d'un étage symétrique, on aurait donc $P_A = 1,4$ W, $P_2 = 0,75$ W, et $R_2 = 196 \text{ } \Omega$ collecteur à collecteur, au primaire du transformateur de sortie.

Tracé de la droite de charge en classe B

La droite de charge correspondant à notre exemple a été tracée dans le réseau de la figure 1. Elle est définie par les points S ($V_C = 9$ V, $I_{co} = 22$ mA) et T ($V_{ca} = 0,5$ V, $I_{cm} = 200$ mA). Le fait qu'elle coupe l'hyperbole de dissipation n'a aucune importance ici, puisque le calcul précédent montre que, en moyenne, la dissipation maximum n'est pas atteinte.

Comme précédemment, on peut définir entre les points S et T de cette droite, les grandeurs $\Delta V_B = 240$ mV, $\Delta I_B = 3,75$ mA, $\Delta I_C = 178$ mA, $\Delta V_C = 8,5$ V. Tension et

courant de *polarisation* sont les valeurs correspondant au point S, soit $V_B = 200$ mV et $I_B = 0,25$ mA.

On peut déterminer :

la *résistance moyenne d'entrée* $\Delta V_B / \Delta I_B = 64 \text{ } \Omega$, soit $256 \text{ } \Omega$ base à base au secondaire du transformateur d'attaque ;

la *puissance de commande* $\Delta V_B \times \Delta I_B = 0,9$ mW, soit 1,8 mW pour deux transistors ;

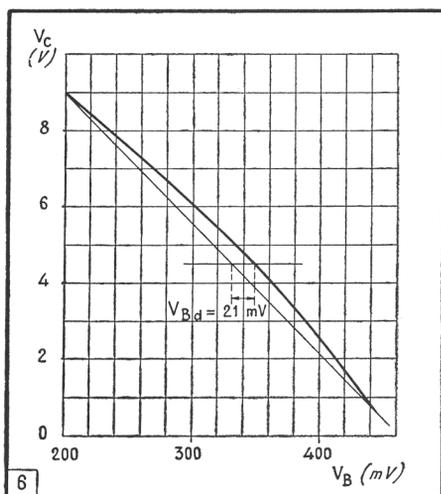


Fig. 6. — Caractéristique dynamique en commande par tension, classe B.

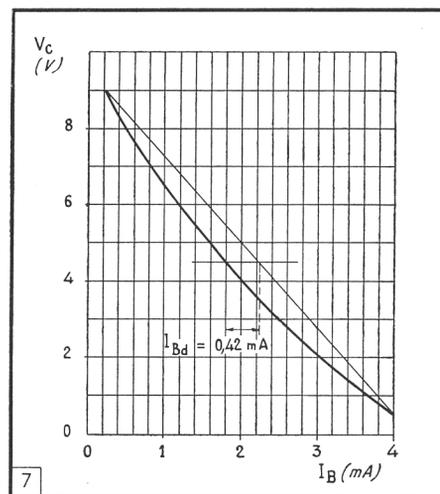


Fig. 7. — Caractéristique dynamique en commande par courant, classe B.

la tension de commande pour pleine puissance et pour deux transistors $2 \Delta V_B$, soit 480 mV pointe à pointe ou 170 mV efficaces ;

le courant de commande pour pleine puissance et pour deux transistors $2 \Delta I_B$, soit 7,5 mA pointe à pointe ou 2,65 mA efficaces ;

la pente dynamique moyenne $\Delta I_C / \Delta V_B = 750 \text{ mA/V}$;

le gain en courant dynamique moyen $\Delta I_C / \Delta I_B = 47,5$;

le gain moyen en tension $\Delta V_C / \Delta V_B = 35$;

le gain en puissance $\Delta V_C \times \Delta I_C / \Delta V_B \times \Delta I_B = 42 = 16 \text{ dB}$.

Pour apprécier la linéarité de l'amplification, on peut encore établir des caractéristiques dynamiques en commande par tension et en commande par courant, suivant la méthode indiquée à propos de l'amplificateur classe A. Ces caractéristiques ont été reproduites dans les figures 6 et 7. On voit qu'ici les déviations de la linéarité sont $V_{Bd} = 21 \text{ mV}$ pour la tension et $I_{Bd} = 0,42 \text{ mA}$ pour le courant de base. La linéarité optimum serait donc obtenue avec une résistance de source de $V_{Bd}/I_{Bd} = 50 \Omega$, soit 200Ω base à base au secondaire du transformateur d'attaque. La caractéristique dynamique correspondant à ce mode de fonctionnement est reproduite dans la figure 8 ; on constate une excellente linéarité.

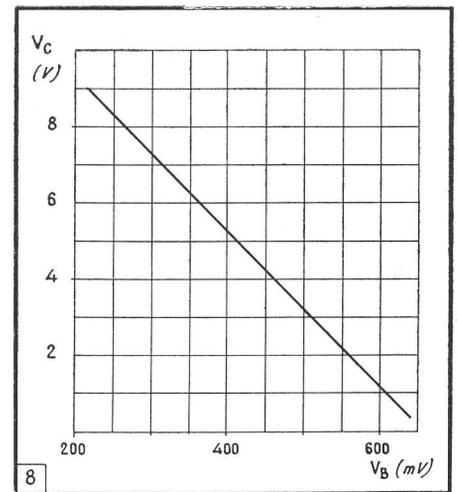


Fig. 8. — Caractéristique dynamique correspondant à la résistance d'attaque optimum, classe B, un seul transistor.

Le refroidissement des transistors de puissance

La puissance qu'un transistor est capable de dissiper est essentiellement limitée par la température de jonction. Cette dernière ne doit pas dépasser une valeur comprise entre 60 et 90° dans le cas des transistors au germanium. Pour augmenter la puissance qu'un transistor est admis à dissiper, on le fixe sur un radiateur évacuant la chaleur vers l'air ambiant.

En assimilant la température à une tension et la chaleur de dissipation à un courant électrique, on arrive à appliquer la loi d'Ohm aux circuits thermiques et à définir la *résistance thermique* qui s'exprime en °C/W. Elle représente la résistance qui s'oppose à l'écoulement d'une chaleur de dissipation vers le milieu ambiant. La résistance thermique d'un radiateur sera donc d'autant plus réduite que la surface en contact avec l'air ambiant sera plus grande.

Pour les transistors destinés à être montés nus, c'est-à-dire sans radiateur supplémentaire, les fabricants indiquent généralement la résistance thermique entre jonction et air ambiant. On peut également calculer cette résistance, quand on connaît la température maximum de jonction T_{jm} et la dissipation maximum P_{dm} à une température ambiante donnée T_{amb} , par

$$K = \frac{T_{jm} - T_{amb}}{P_{dm}}$$

Connaissant la résistance thermique K , on calcule facilement la puissance maximum dissipée à une température ambiante donnée par

$$P_{dm} = \frac{T_{jm} - T_{amb}}{K}$$

Pour les transistors conçus pour être montés sur radiateur, les fabricants indiquent généralement la résistance

thermique entre *jonction* et centre de l'embase du *boîtier* : K_{jb} . La formule ci-dessus ne serait alors applicable que si on arrivait effectivement à maintenir cette embase de boîtier à la température ambiante. Il faudrait alors un radiateur infini en matériau infiniment bon conducteur de chaleur ; un calcul effectué dans ces conditions serait donc une pure vue de l'esprit.

En pratique, il faut augmenter la résistance thermique jonction-boîtier de la résistance thermique du radiateur K_r , et écrire

$$P_{dm} = \frac{T_{jm} - T_{amb}}{K_{jb} + K_r}$$

Dans certains cas, il faut prévoir un isolement électrique entre l'embase du boîtier et le radiateur. Des feuilles ou rondelles de mica sont généralement utilisées pour cet isolement ; les fournisseurs indiquent soit la résistance thermique de ces feuilles, soit la résistance globale entre jonction et surface de fixation du radiateur. Dans ce dernier cas, on parle de la résistance thermique jonction-radiateur K_{jr} . Le cas échéant, elle doit remplacer le terme K_{jb} dans la formule ci-dessus.

La résistance thermique d'un radiateur dépend de sa surface, de son orientation, de son matériau, de son épaisseur, de sa couleur et des conditions de circulation d'air. Des indications détaillées sur le calcul et la mesure des résistances thermiques de radiateurs sont données dans le livre « *Technique et Applications des Transistors* » (Editions Radio). Nous nous contenterons ici du cas, assez fréquent en pratique, d'une plaque horizontale, carrée et non peinte, d'une épaisseur de 1,5 mm pour laquelle l'abaque de la figure 9 donne la résistance thermique en fonction de la surface, pour divers matériaux. Les figures 10, 11, 12 et 13 constituent des exemples d'utilisation.

Pour une surface donnée, le meilleur matériau radiateur est le cuivre. En revanche, s'il s'agit de réaliser un radia-

teur d'une résistance thermique donnée avec un poids aussi faible que possible, l'aluminium est à préférer.

Souvent, on montera un transistor de puissance sur un châssis métallique dont forme et composition ne se prêtent pas à un calcul facile du refroidissement, et rendent toute estimation difficile. On peut alors effectuer une mesure de la température de jonction. Toutefois, la constante thermique d'une jonction pouvant être très réduite, une telle mesure nécessite certaines précautions.

On sait que le courant initial d'un transistor (celui qu'on mesure à base ouverte) est fonction de la température. On peut relever cette fonction à l'aide d'un bain d'huile, d'un réchaud et d'un thermomètre, ce qui revient à un étalonnage du transistor en température, étalonnage qui est basé sur le courant initial. Pour connaître la température de la jonction en fonction de la puissance dissipée, il suffit d'appliquer, au transistor, une tension de commande alternative par l'intermédiaire d'une diode. En mesurant la tension et le courant d'alimentation, on pourra alors apprécier la puissance dissipée. Un oscilloscope étalonné, connecté aux bornes d'une faible résistance insérée dans le circuit de collecteur, montrera l'amplitude et l'allure du courant initial pendant les alternances où la base se trouve « libre » du fait de la diode dans le circuit de commande. De cette mesure, on pourra déduire la température de pointe de jonction correspondant à une dissipation donnée, ainsi que la constante de temps thermique de la jonction, grandeur renseignant sur les surcharges instantanées que le transistor est capable de supporter, et sur le dépassement permis, lors de l'amplification de fréquences basses, de l'hyperbole de puissance maximale.

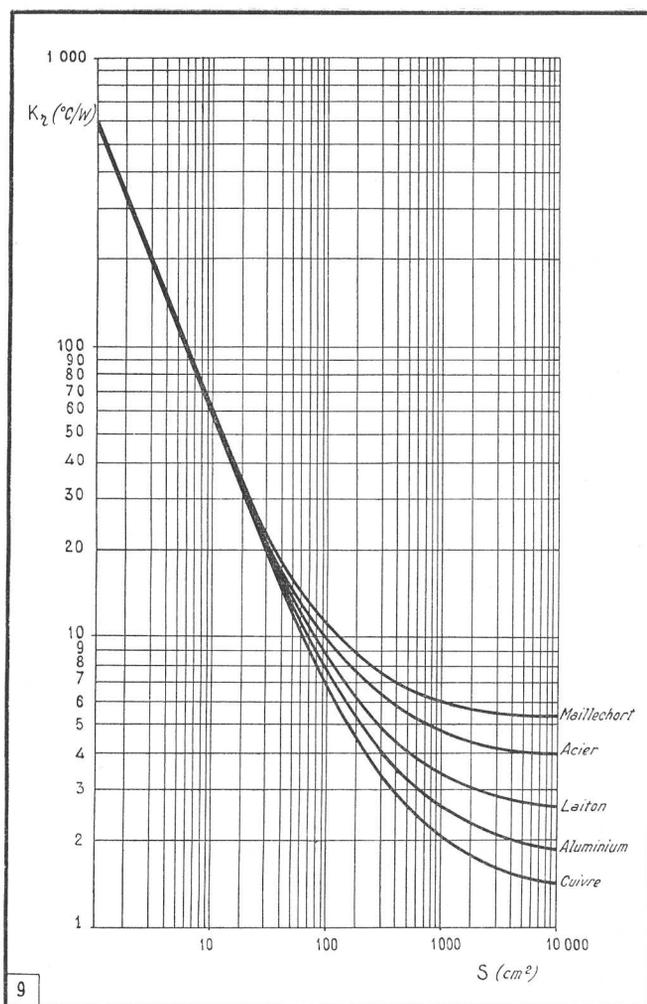


Fig. 9. — Résistance thermique en fonction de la surface pour panneaux radiateurs horizontaux, épaisseur 1,5 mm, en divers matériaux.

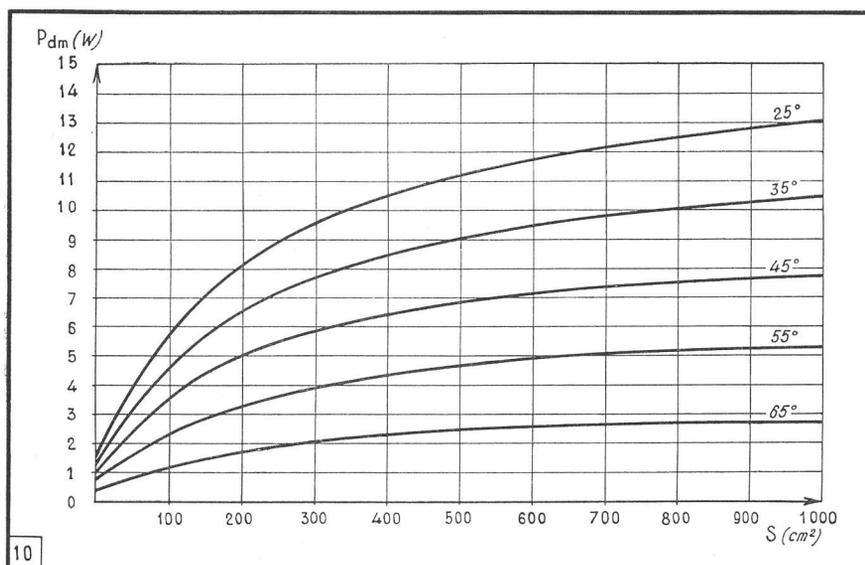


Fig. 10. — Transistor d'une résistance thermique jonction-boîtier de $1^{\circ}\text{C}/\text{W}$, supportant une température maxima de 75°C (OC 16), puissance dissipée en fonction de la surface d'une plaque radiatrice horizontale en aluminium brillant, pour diverses températures ambiantes.

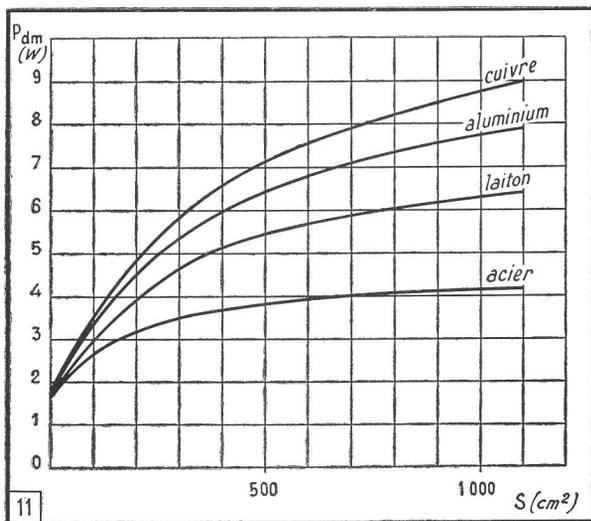


Fig. 11. — Même transistor que précédemment, puissance dissipée en fonction de la surface de radiateur, pour une température ambiante de 45°, fixation du transistor par rondelle de mica.

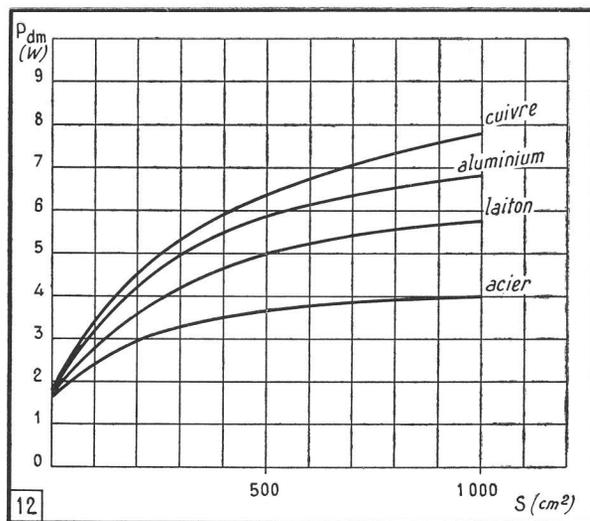


Fig. 12. — Même transistor dans les mêmes conditions que précédemment, mais fixation directe sur le radiateur.

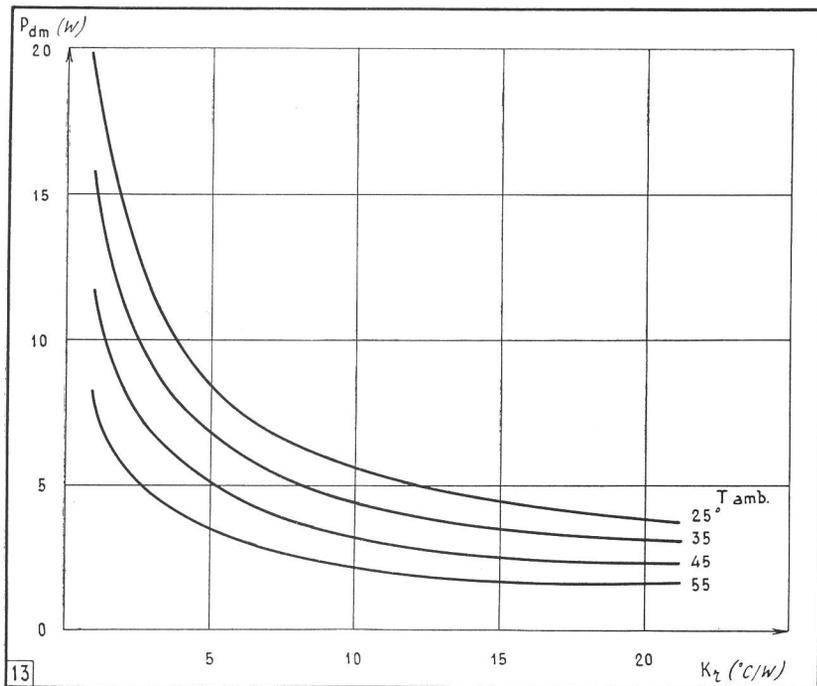


Fig. 13. — Même transistor que précédemment, puissance dissipée en fonction de la résistance thermique du radiateur, pour diverses températures ambiantes. On a tenu compte ici de la résistance thermique entre le boîtier et l'air ambiant, qui est de 30° C/W, et qui apparaît en parallèle à la somme des résistances thermiques jonction-boîtier (1°C/W) et boîtier-radiateur (0,1°C/W) due à l'isolement par rondelle de mica.



CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

OC 72

Transistor p-n-p de moyenne puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

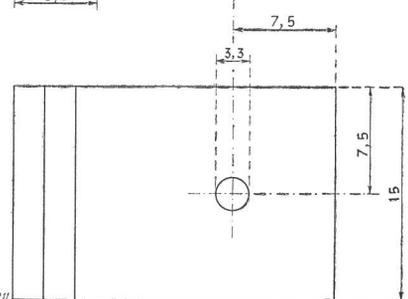
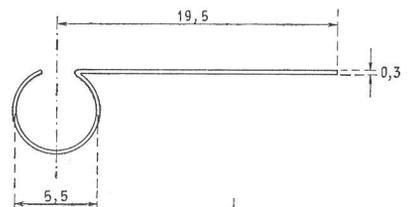
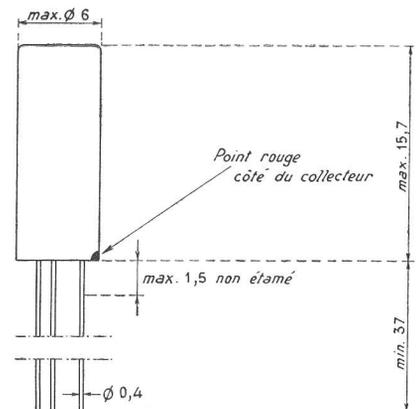
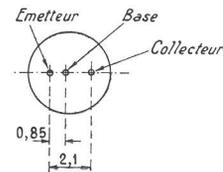
Tension de pointe collecteur-émetteur*	30 V max
Tension de repos collecteur-émetteur*	15 V max
Courant de pointe de collecteur, à faible distorsion	125 mA max
Courant de repos de collecteur (temps d'intégr. 20 ms max), à faible distorsion	50 mA max
Courant de pointe de collecteur, commutation et oscillateur	250 mA max
Courant de repos de collecteur (temps d'intégration 20 ms max), commutation ou oscillateur	125 mA max
Courant de pointe d'émetteur, à faible distorsion	130 mA max
Courant de repos d'émetteur (temps d'intégration 20 ms max), à faible distorsion	50 mA max
Courant de pointe d'émetteur, commutation ou oscillateur	250 mA max
Courant de repos d'émetteur (temps d'intégration 20 ms max), commutation ou oscillateur	125 mA max
Courant de pointe de base, commutation ou oscillateur	125 mA max
Courant de repos de base (temps d'intégration 20 ms max), commutation ou oscillateur	20 mA max
Tension inverse de base	10 V max
Tension de pointe collecteur-base	32 V max
Tension de repos collecteur-base	16 V max
Puissance dissipée de collecteur	voir courbes
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, transistor nu	0,4 °C/mW
Résistance thermique, avec clip et radiateur de 12,5 cm ²	0,3 °C/mW

* Résistance externe entre base et émetteur inférieure à 700 Ω.

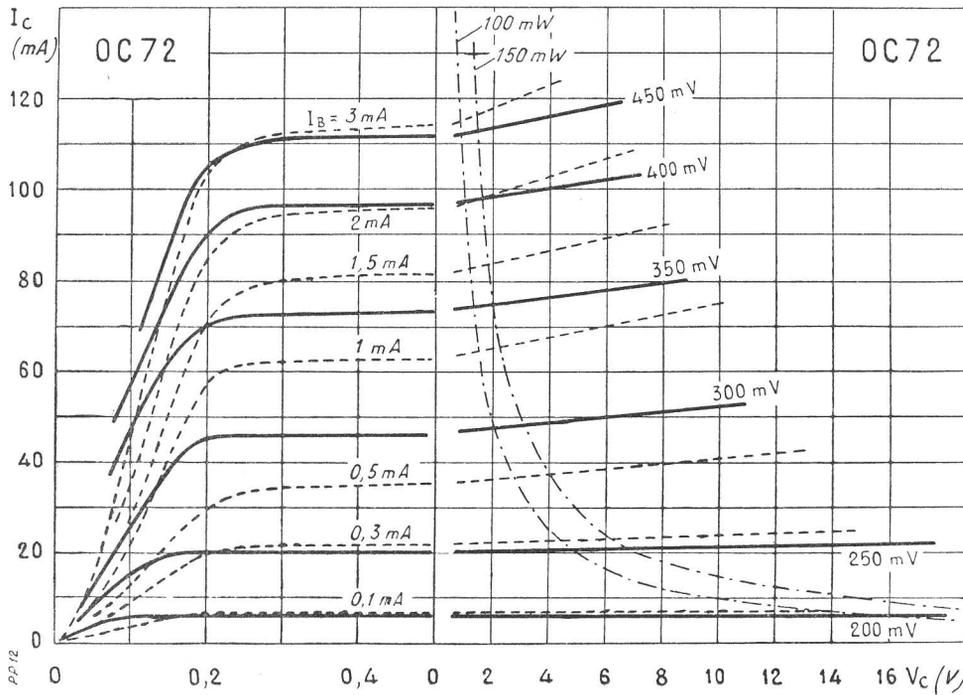
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT (à 25° C)

Courant d'émetteur (mA)	Tension de collecteur (V)	Tension de base (V)		Gain en courant		
		min	max	min	nom	max
1,5	6	0,13	0,17			
10	5,4			45	70	120
80	0,7		0,45	30	50	90
125	0,7		0,7	25		
250	1			15		

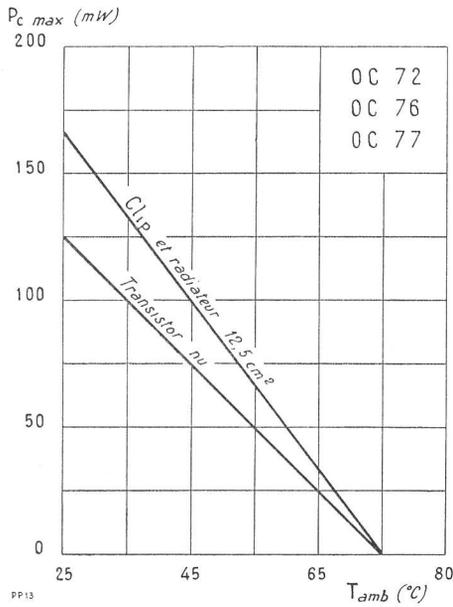
	min	nom	max
Courant de saturation, émetteur et base réunis		4,5	10 μA
Courant de saturation, base libre, sous une tension de collecteur de 6 V	50	125	300 μA
Courant de collecteur, avec une tension de collecteur de 30 V, et une tension inverse de base supérieure à 0,5 V	3	7,5	15 μA
Facteur de bruit à 1000 Hz, et avec une impédance d'entrée de 500 Ω, tension et courant de collecteur de 2 V et de 0,5 mA			15 dB
Fréquence de coupure de l'amplification de courant en émetteur commun	8		kHz
Rapport entre les amplifications de courant de deux transistors d'une paire, pour des courants de collecteur de 10 et de 80 mA	1	1,15	1,3
Tension de coude de collecteur, pour un courant de collecteur de 125 mA, et sous un courant de base tel que le courant de collecteur serait de 135 mA sous une tension de collecteur de 1 V			0,4 V



OC 72 : Disposition des électrodes et encombrement. Si, au lieu d'utiliser un support, on soude le transistor directement dans le montage, effectuer les soudures au moins à 10 mm du corps du transistor, et cela en interposant une pince froide.

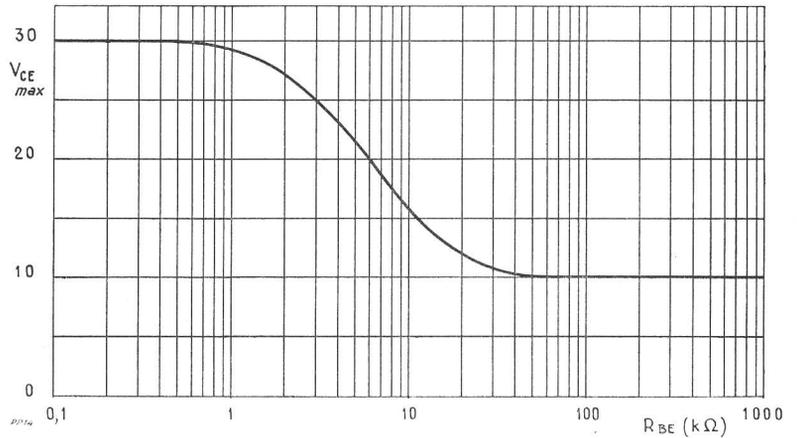


OC72 : Ci-dessus, courant de collecteur I_c en fonction de la tension de collecteur V_c , avec tension et courant de base en paramètres.



Ci-contre, puissance maximum dissipée $P_{c \max}$ en fonction de la température ambiante T_{amb} , pour la température maximum de jonction.

Ci-dessous, tension maximum de collecteur $V_{CE \max}$ en fonction de la résistance externe base-émetteur R_{BE} , en émetteur commun.



CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

OC 76

OC 77

Transistors p-n-p de moyenne puissance (Commutation)

CARACTERISTIQUES LIMITES

OC 76 OC 77

Tensions de pointe et de repos de collecteur*	32 60 V max
Courants de pointe de collecteur et d'émetteur	250 mA max
Courants de repos de collecteur et d'émetteur**	125 mA max
Courant de pointe de base	125 mA max
Courant de repos de base**	20 mA max
Tension inverse de base	10 V max
Puissance dissipée de collecteur	voir courbes OC 72
Température de jonction en service continu	75 °C max
Température de jonction en service intermittent (durée maximum 200 h.)	90 °C max
Température de stockage	- 55 à + 75 °C max
Résistance thermique, transistor nu	0,4 °C/mW
Résistance thermique, avec clip et radiateur de 12,5 cm ² au moins	0,3 °C/mW

* Voir les courbes donnant la variation de cette grandeur en fonction de la résistance externe base-émetteur, et en fonction de la température.

** Temps d'intégration 20 ms maximum.

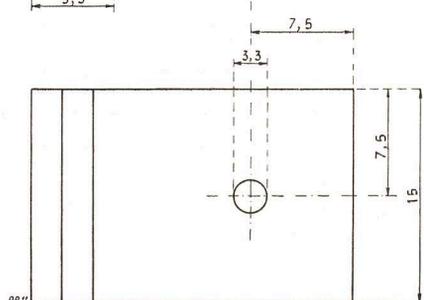
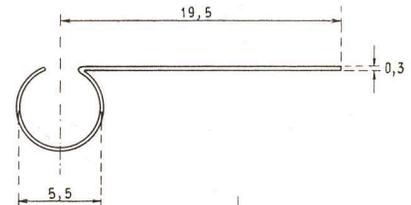
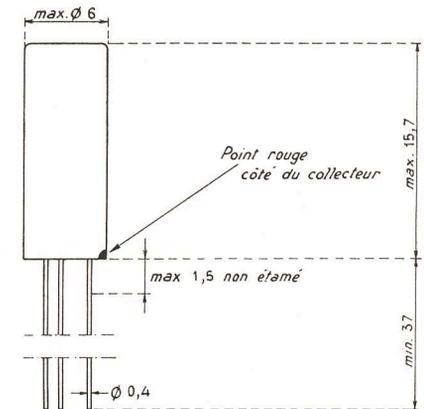
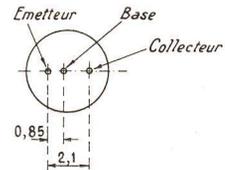
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT (à 25° C)

Courant d'émetteur (mA)	Tension de collecteur (V)	Tension max. de base (V)	Gain en courant	
			min	max
10	5,4		45	330
80	0,7	0,45	30	230
125	0,7	0,7	25	170
250	1		15	125

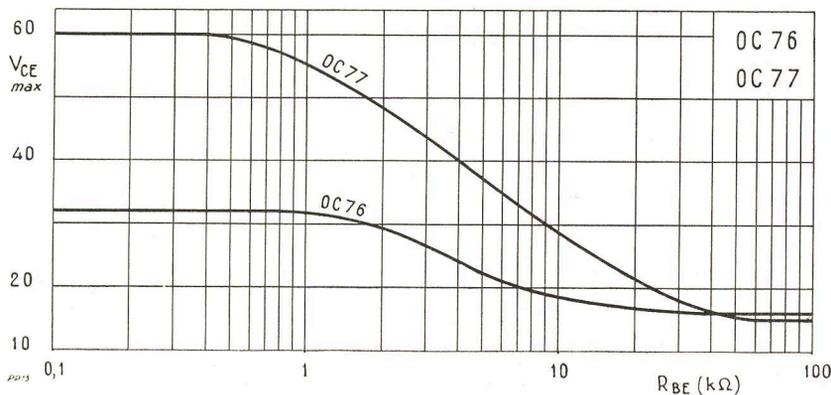
OC 76 OC 77

nom max max

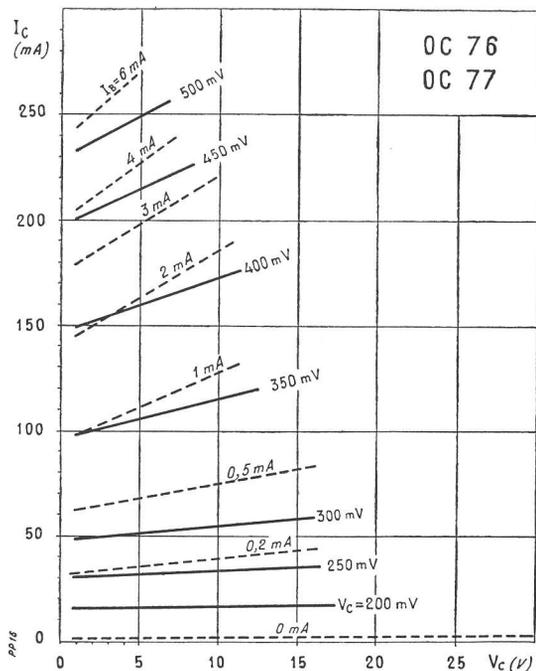
Courant inverse base-collecteur, à 10 V	4,5	10	10	μA
Courant inverse base-émetteur, à 10 V	4,5	8	10	μA
Courant de saturation, base libre	0,2	0,6	0,6	μA
Courant de collecteur, pour une tension de coll. de 30 V (60 V pour OC 77), et une tension inverse de base de 0,5 V		15	30	μA
Facteur de bruit à 1000 Hz, impédance d'attaque 500 Ω, tension et courant de collecteur 2 V et 0,5 mA		15	15	dB
Tension de coude de collecteur, définie comme pour OC 72		0,4	0,4	V



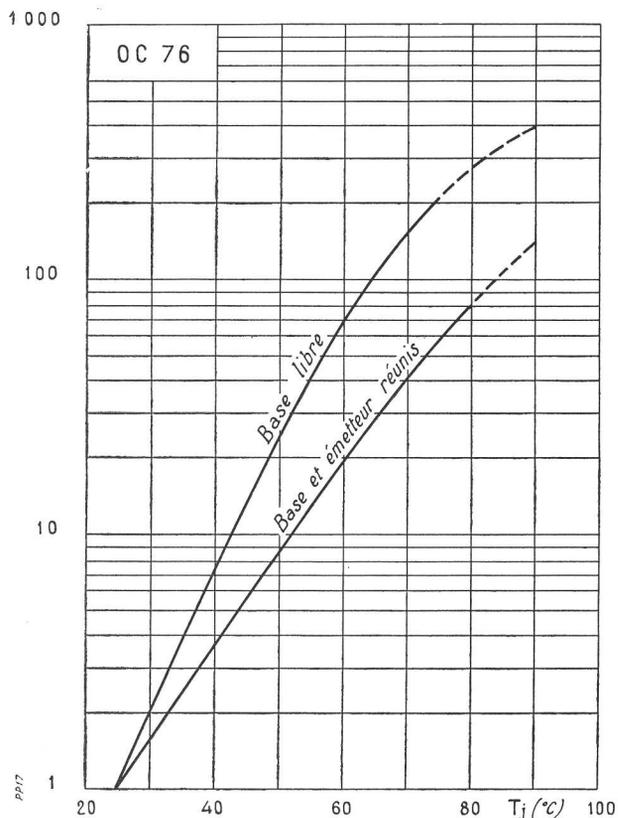
OC 76, OC 77 : Disposition des électrodes et encombrement.



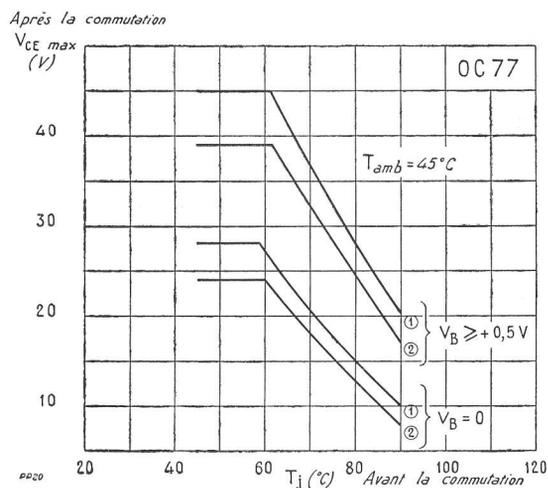
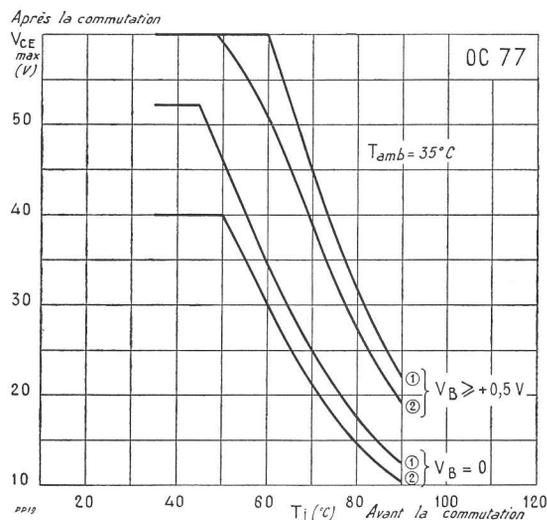
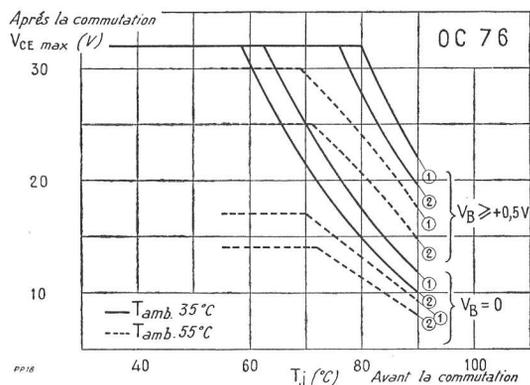
Ci-contre, tension maximum de collecteur $V_{CE\ max}$ en fonction de la résistance externe base-émetteur R_{BE} , en émetteur commun.



OC 76, OC 77 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_C , avec tension et courant de base comme paramètres, montage émetteur commun.



OC 76, OC 77 : Rapport dans lequel le courant de saturation augmente en fonction de la température de jonction T_j .



OC 76, OC 77 : Courbes de correction pour la limite de la tension de collecteur en cas de commutation d'une condition « en circuit » thermiquement stable à une condition « hors circuit » non stabilisée. Courbes 1 pour une résistance thermique de $0,3^\circ \text{C/mW}$, courbes 2 pour $0,4^\circ \text{C/mW}$.

En haut, OC 76 pour 35 et 55°C et OC 77 pour 55° ; en dessous, OC 77 pour 35°C , puis OC 77 pour 45°C .

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

OC 74

Transistor p-n-p de moyenne puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

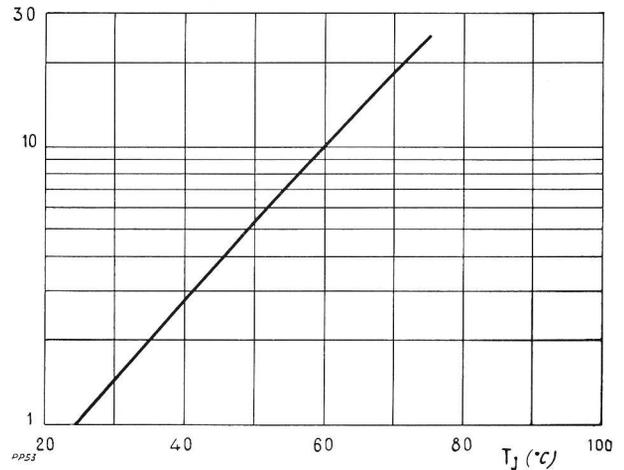
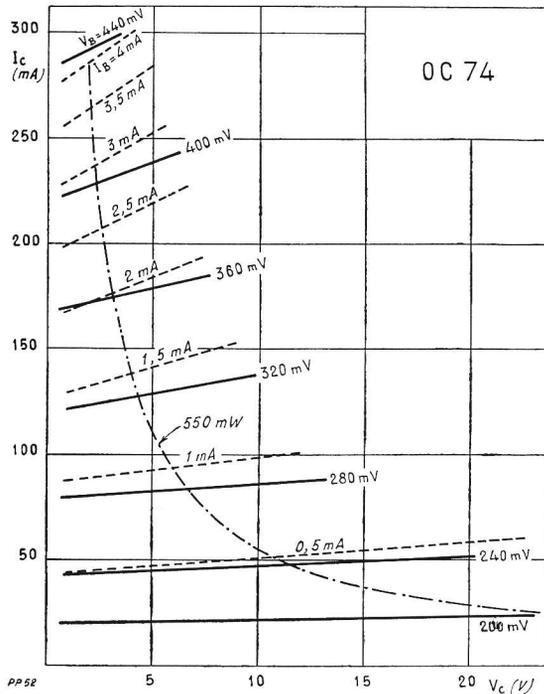
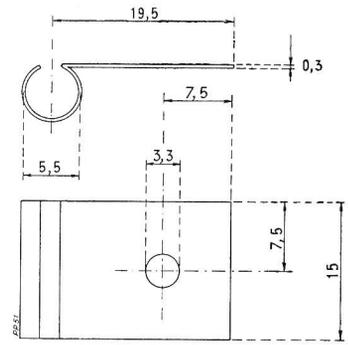
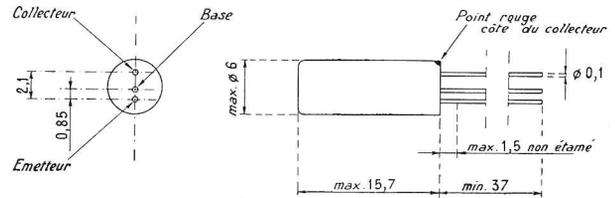
Tension de pointe collecteur-émetteur *	20	V max
Tension de repos collecteur-émetteur *	20	V max
Courant de pointe de collecteur	300	mA max
Courant de repos de collecteur	300	mA max
Tension inverse de base	6	V max
Dissipation à 25°, avec radiateur de 12,5 cm ²	550	mW max
Température de jonction, service continu	75	°C max
Température de jonction, service intermittent, durée totale 200 h. maximum	90	°C max
Température de stockage	-55 à +75	°C max
Résistance thermique, transistor nu	0,22	°C/mW
Résistance thermique, radiateur de 12,5 cm ²	0,09	°C/mW

* Résistance externe entre émetteur et base inférieure à 500 Ω.

CONDITIONS D'UTILISATION

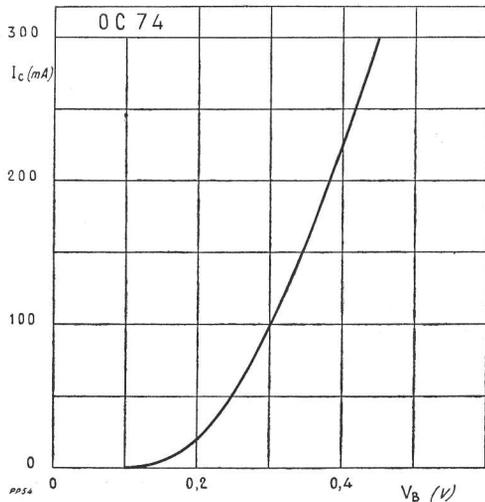
	Classe A			Classe B		
	6	9	6	9	V	
Tension d'alimentation	6	9	6	9	V	
Courant de collecteur au repos	50	35	10	10	mA	
Courant moyen de collecteur à signal max			96	96	mA	
Impédance de charge, collecteur à collecteur en classe B	87	190	63	93	Ω	
Puissance de sortie maximum	110	120	700	1000	mW	
Distorsion totale	3,7	4,2	9,5	10	%	

OC 74 : Disposition des électrodes et encombrement.

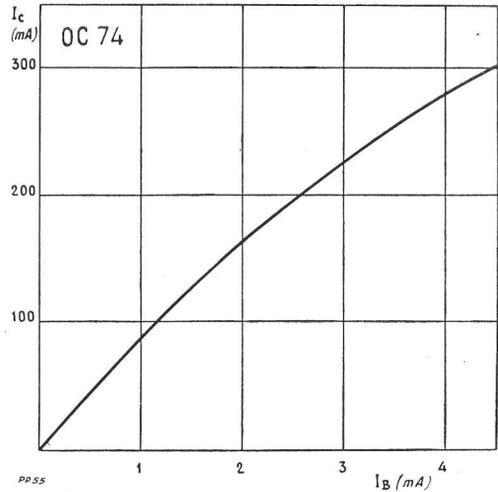


OC 74 : Ci-dessus, rapport dans lequel augmente le courant de saturation de collecteur en fonction de la température de jonction T_j .

Ci-contre, courant de collecteur I_c en fonction de la tension de collecteur V_c , avec tension et courant de base comme paramètres, montage émetteur commun.



OC 74 : Courant de collecteur I_c en fonction de la tension de base V_B , à une tension de collecteur de 1 V.



OC 74 : Courant de collecteur I_c en fonction du courant de base I_B , à une tension de collecteur de 1 V.

OC 26
OC 27
OC 28
OC 29

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

Transistors p-n-p de puissance

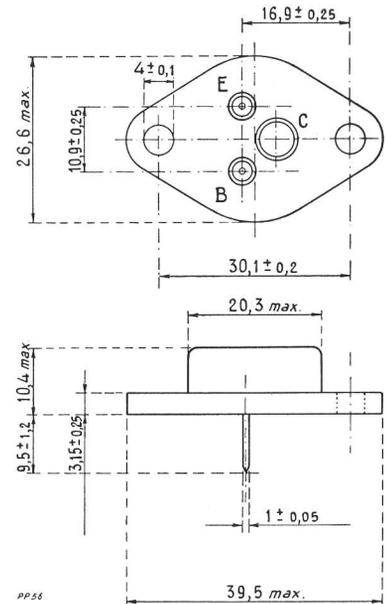
CARACTERISTIQUES LIMITES

	OC 26	OC 27	OC 28	OC 29	
Tension de pointe de collecteur	32	32	60	60	V max
Tension de repos de collecteur	16	16			V max
Tension inverse de base	10	10	20	20	V max
Courant de pointe de collecteur	3,5	3,5	6	6	A max
Puissance dissipée, embase du boîtier à 45° C	37	37	40	40	W max
Température de jonction	90	90	90	90	°C max
Température de jonction en service intermittent, durée totale 200 h. max.	100	100	100	100	°C max
Température de stockage	75	75	75	75	°C max
Résistance thermique entre jonction et embase du boîtier	1,2	1,2	1,1	1,1	°C/W

CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

(valeurs maxima)

	OC 26	OC 27	OC 28	OC 29	
Courant de base pour un courant d'émetteur de 30 mA, et une tension de collecteur de 14 V ..	1,5	0,67	1,5		mA
Courant de base pour un courant d'émetteur de 1 A, tension de collecteur 1 V ..	50	22	37	20	mA
Courant de base pour un courant d'émetteur de 3 A, tension de collecteur 1 V ..	210	105			mA
Courant de base pour un courant d'émetteur de 6 A, tension de collecteur 1 V ..			300	170	mA
Courant de collecteur, émetteur et base réunis, sous 0,5 V, embase du boîtier à 25° C ..	0,1	0,1	0,1	0,1	mA
Courant de collecteur, émetteur et base réunis, sous 14 V, embase à 100° C ..	20	20	20	20	mA
Tension de coude de collecteur, pour un courant de collecteur de 3 A, sous un courant de base tel que le courant de collecteur est de 3,3 A sous 1 V collecteur ..	0,8	0,8			V



OC 26, OC 27, OC 28, OC 29 :
Disposition des électrodes et encombrement. Collecteur relié au boîtier.

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

OC 16

Transistor p-n-p de puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

Tension de pointe collecteur-émetteur *	32 V max
Tension de repos collecteur-émetteur *	16 V max
Courant de pointe de collecteur	3 A max
Courant de repos de collecteur **	1,5 A max
Courant de pointe de base	0,5 A max
Courant de repos de base **	0,2 A max
Courant de pointe d'émetteur	3,3 A max
Courant de repos d'émetteur **	1,6 A max
Tension inverse de base	10 V max
Puissance dissipée de collecteur	voir courbes
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 jonction-boîtier	1,0 °C/W
Résistance thermique entre jonction et radiateur fixé par rondelle isolante	1,6 °C/W

* Résistance émetteur-base inférieure à 300 Ω (v. courbes).
 ** Temps d'intégration max. 20 ms.

CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

(à 25° C)

Courant d'émetteur (A)	Tension de collecteur (V)	Tension de base (V)	Gain en courant
0,03	14	0,2	40
0,3	7	0,31	35
2,0	1	0,65	22
3,0	1	0,85	16

Courant nominal de saturation, émetteur et base réunis 0,02 mA (max. 0,1 mA)

Courant nominal de saturation, base libre 0,6 mA (max. 2,5 mA)
 Tension de coude de collecteur, pour un courant de collecteur de 3 A, et sous un courant de base tel que le courant de collecteur serait de 3,3 A sous une tension de collecteur de 1 V 0,4 V (max. 0,8 V)

Utilisation en classe A

Tension d'alimentation	14	7	V
Courant de collecteur	0,44	0,95	A
Puissance de sortie	2,5	2,2	W
Résistance de charge	26	5,5	Ω
Courant de pointe de base	16	44,5	mA

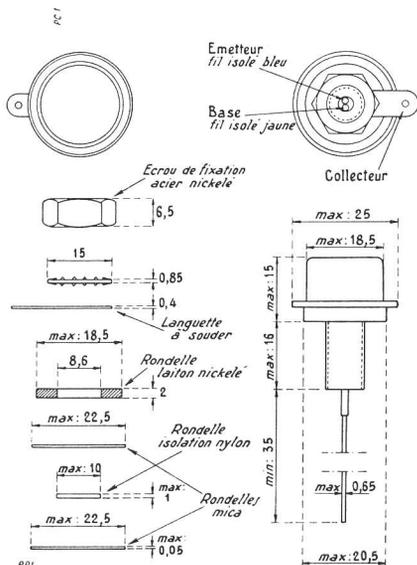
Utilisation en classe B, alimentation 7 V

Résistance de charge (col. à col.)	26	13	Ω
Courant d'émetteur	2 × 30	2 × 30	mA
Puissance de sortie	3,2	6,4	W
Courant de collecteur, en pointe	1	2	A
Courant moyen de collecteur, à puissance maximum	0,32	0,64	A
Tension de pointe de base, par trans.*	0,56	1,17	V
Courant de pointe de base, par trans.*	35	90	mA

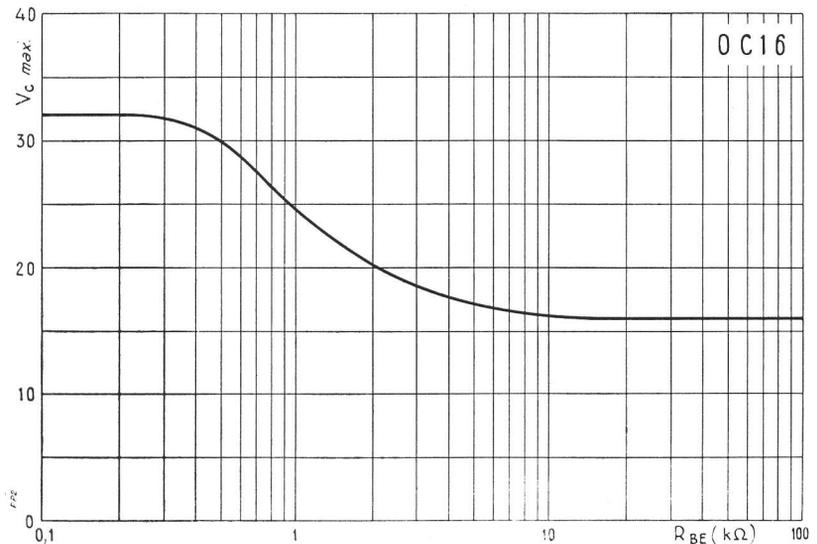
Utilisation en classe B, alimentation 12 V

Résistance de charge (col. à col.)	50	33	Ω
Courant d'émetteur au repos	2 × 30	2 × 30	mA
Puissance de sortie	6,3	9	W
Courant de collecteur, en pointe	1	1,5	A
Courant moyen de collecteur, à puissance maximum	0,32	0,48	A
Tension de pointe de base, par trans.*	1,3	2	V
Courant de pointe de base, par trans.*	35	58	mA

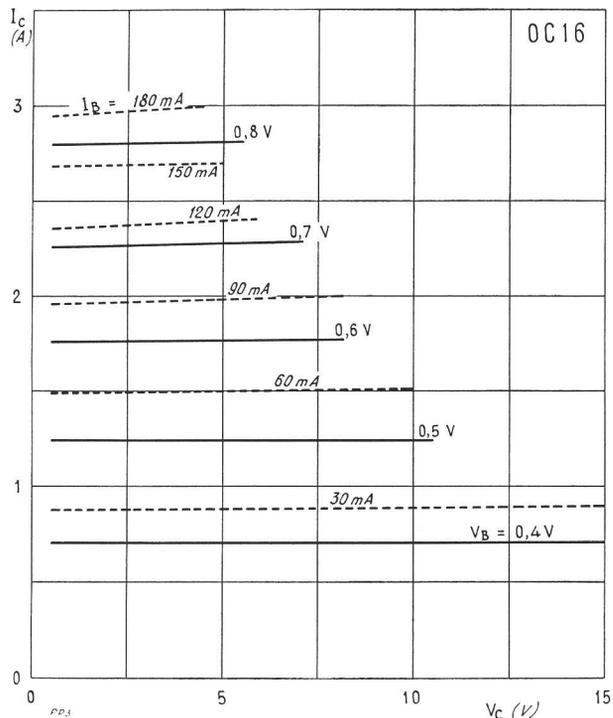
* Valeurs nominales, susceptibles de varier avec la dispersion entre échantillons.



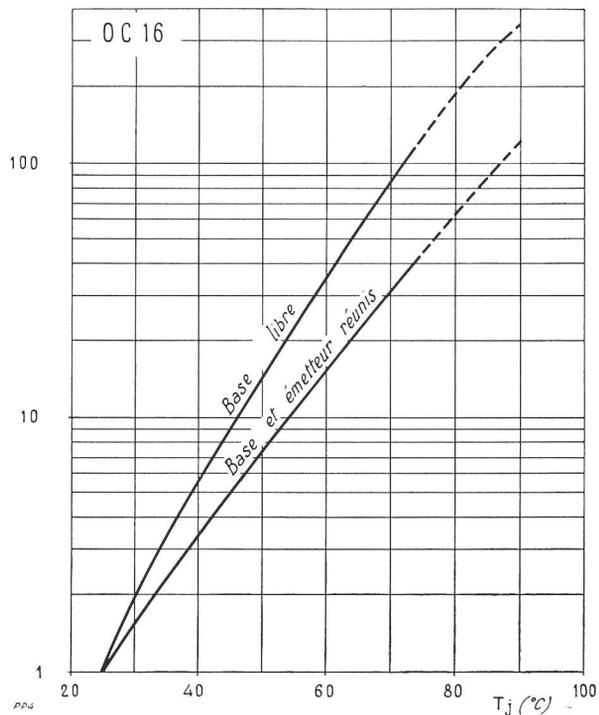
OC 16 : Disposition des électrodes et encombrement.



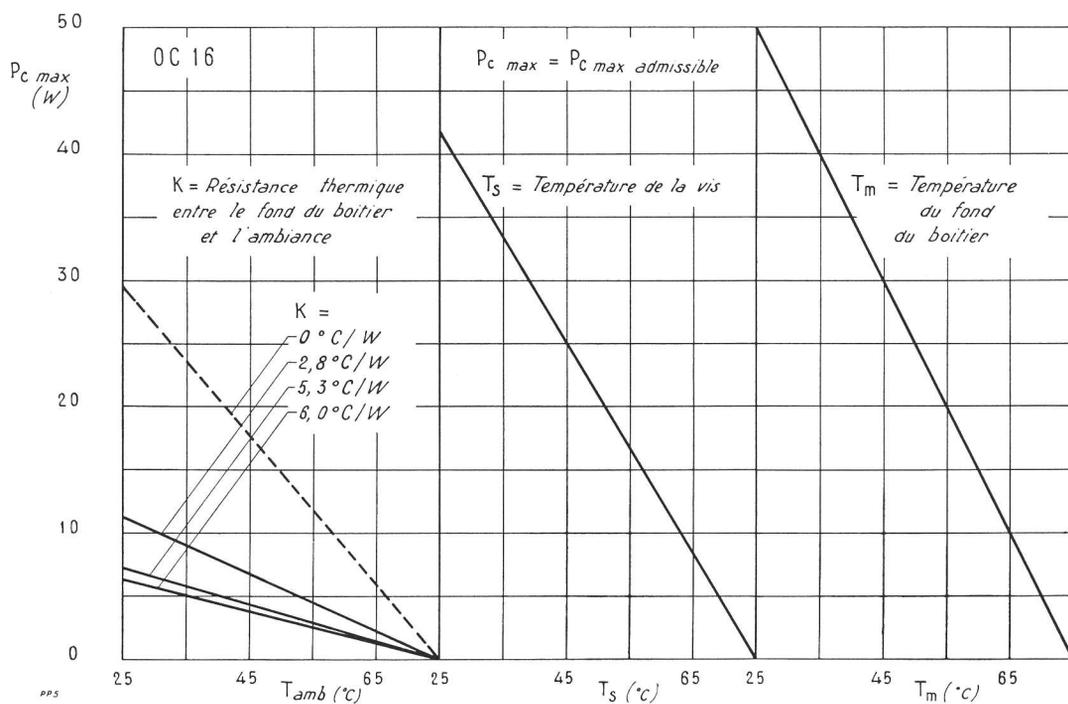
OC 16 : Valeur maximum admissible pour la tension de collecteur, en fonction de la résistance extérieure entre émetteur et base.



OC 16 : Réseau de caractéristiques; courant de collecteur en fonction de la tension de collecteur, avec tension et courant de base comme paramètres.



OC 16 : Rapport dans lequel augmente le courant de saturation en fonction de la température de jonction T_j .



OC 16 : La puissance de dissipation maximum P_c en fonction de la température ambiante T_{amb} , ainsi qu'en fonction de la température de la vis de fixation et du boîtier.

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

OC 30

Transistor p-n-p de puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

Tension de pointe collecteur-émetteur *	32 V max
Tension de repos collecteur-émetteur *	16 V max
Courant de pointe de collecteur	1,4 A max
Courant de pointe de base	250 mA max
Courant de pointe d'émetteur	1,5 A max
Tension inverse de base	10 V max
Puissance dissipée de collecteur	voir courbes
Température de jonction	75 °C max
Température de stockage	-55 à +75 °C max
Résistance thermique entre la jonction et la surface du radiateur	7,5 °C/W

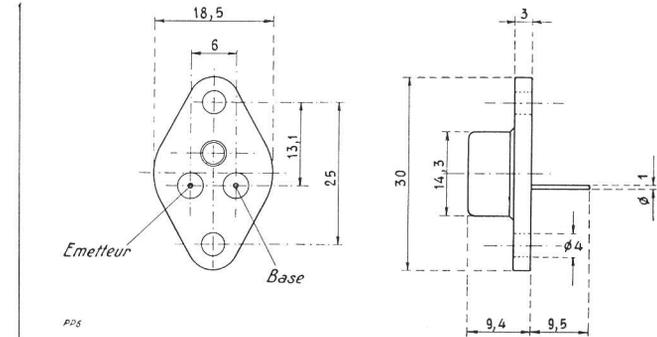
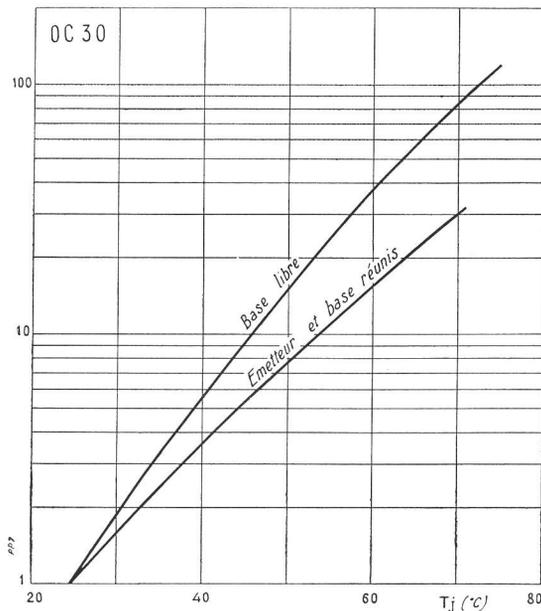
* La résistance externe entre émetteur et base ne doit pas dépasser 500 Ω.

CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

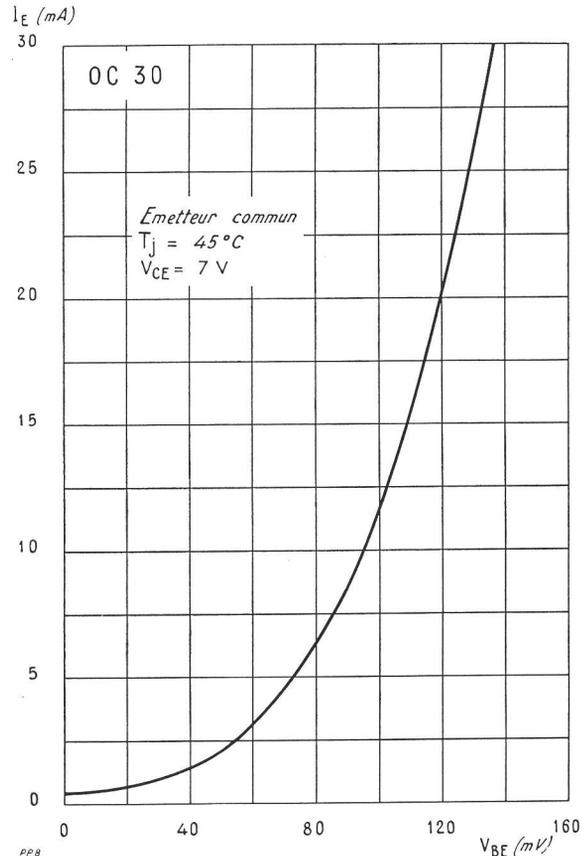
(à 25° C)

Courant d'émetteur (A)	Tension de collecteur (V)	Tension de base (V)	Gain en courant
0,01	14	0,14	32
0,1	7	0,22	36
0,8	1	0,38	28
1,5	1	0,47	22

Courant nominal de saturation, émetteur et base réunis 12 μA (max. 40 μA)
 Courant nominal de saturation, base libre 0,3 mA (max. 1 mA)
 Tension de coude de collecteur, pour un courant de collecteur de 1,4 A et sous un courant de base tel que le courant de collecteur serait de 1,55 A sous une tension de collecteur de 1 V 0,25 V (max. 0,5 V)

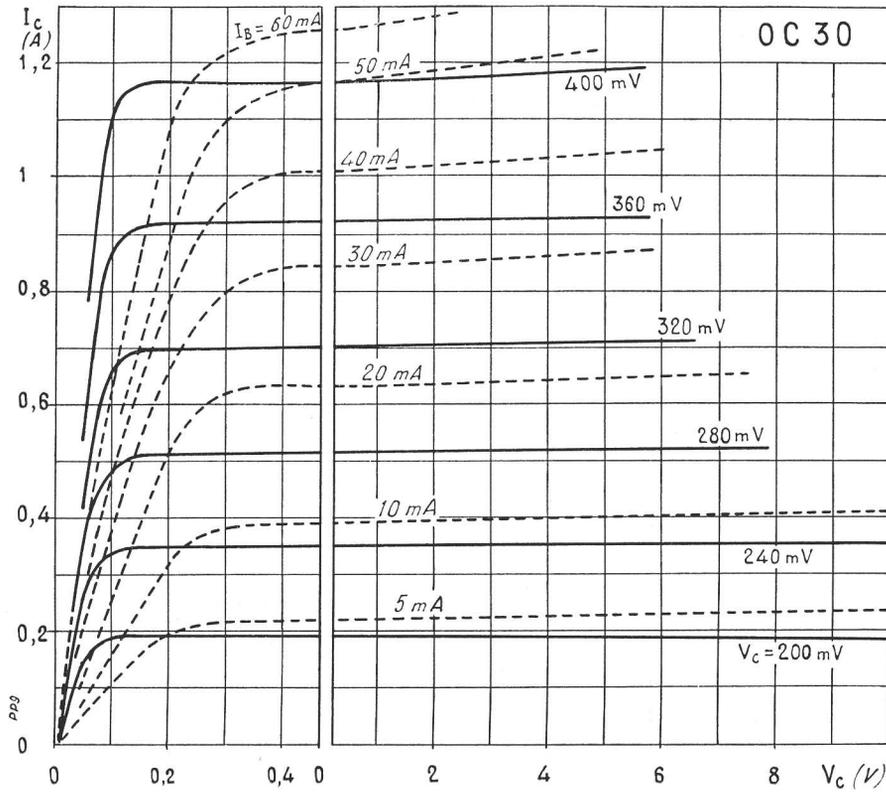


OC 30 : Disposition des électrodes et encombrement.

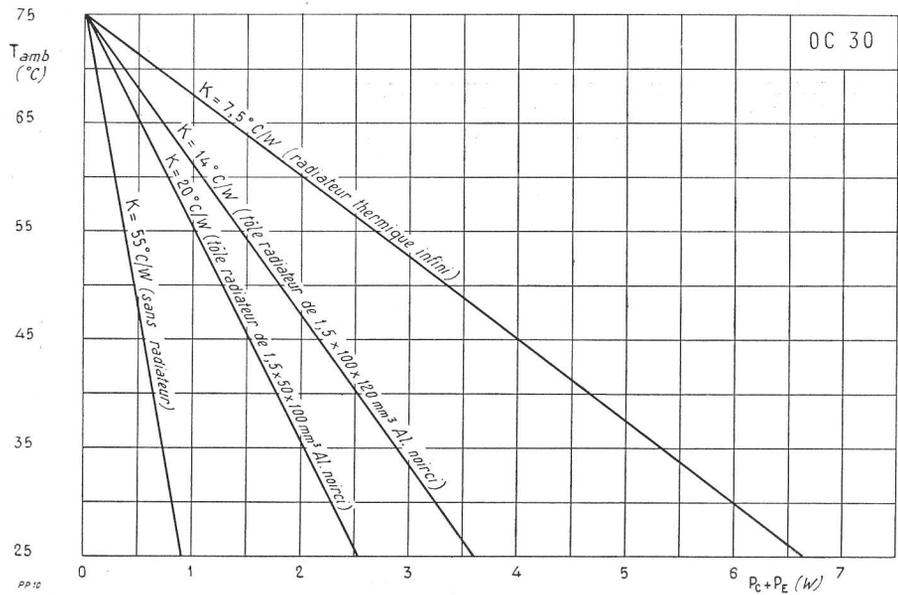


OC 30 : Courant d'émetteur I_E en fonction de la tension de base V_{BE} , dans le domaine des courants faibles.

OC 30 : Rapport dans lequel augmente le courant de saturation en fonction de la température de jonction T_j .



OC 30 : Les réseaux pour tensions faibles et tensions fortes, donnant le courant de collecteur en fonction de la tension de collecteur, avec tension et courant de base comme paramètres. Montage émetteur commun.



OC 30 : La puissance totale dissipée $P_c + P_e$ en fonction de la température ambiante T_{amb} , pour différents types de radiateurs.

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

SFT 121

Transistor p-n-p de moyenne puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

Tension de pointe collecteur-émetteur *	24 V max
Tension de repos collecteur-émetteur *	12 V max
Courant de pointe de collecteur	250 mA max
Tension inverse de base, en pointe	12 V max
Puissance dissipée à 25°C, air calme	150 mW max
Température de stockage	75 °C max

* Résistance externe émetteur-base inférieure à 500 Ω.

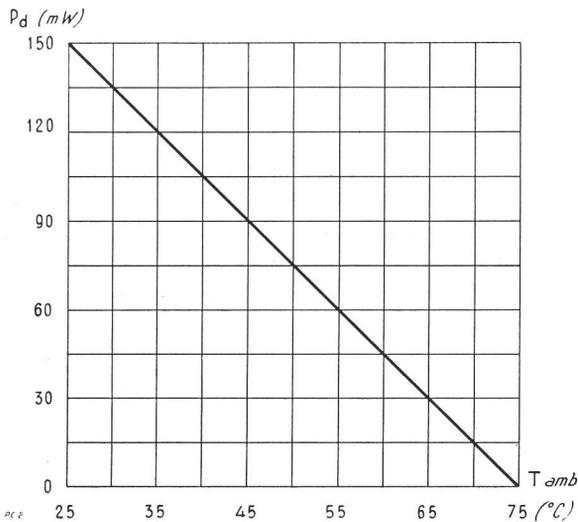
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

(à 25 °C)

Courant de saturation, base et émetteur réunis, tension de collecteur 12 V	15 μA
Gain statique moyen en courant, pour une tension et un courant de collecteur de 1 V et 100 mA	30
Tension moyenne émetteur-base correspondant à une tension et un courant de collecteur de 1 V et 100 mA	350 mV

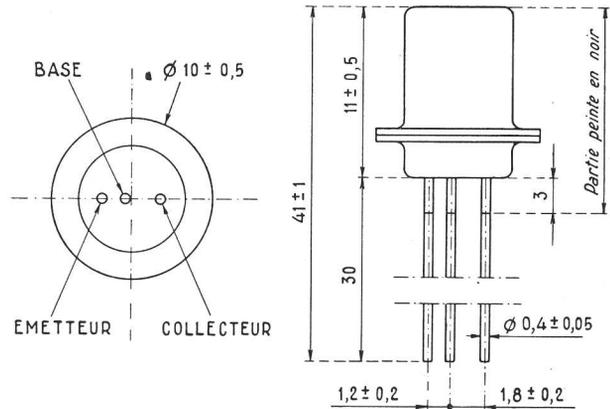
Résistance d'entrée en fonction du courant de base : voir page 20.

Courant de collecteur en fonction de la tension de base : voir page 21.

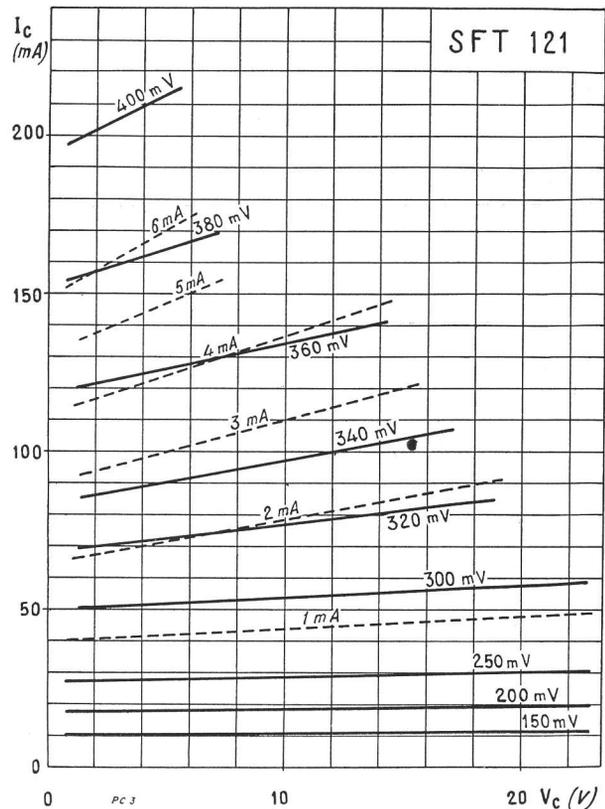


SFT 121, SFT 122, SFT 123 : Puissance dissipée P_d en fonction de la température ambiante T_{amb} .

SFT 121 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_C , avec courant et tension de base comme paramètres.



SFT 121 : Disposition des électrodes et encombrement. Le collecteur est repéré par un point rouge.



CARACTERISTIQUES LIMITES

Tension de pointe collecteur-émetteur*	24 V max
Tension de repos collecteur-émetteur*	12 V max
Courant de pointe de collecteur	250 mA max
Tension inverse de base, en pointe	12 V max
Puissance dissipée à 25°C, air calme	150 mW max
Température de stockage	75 °C max

* Résistance externe émetteur-base inférieure à 500 Ω.

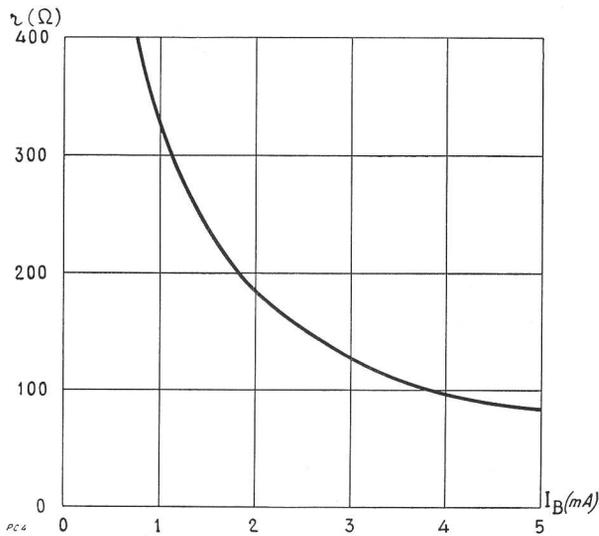
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

(à 25° C)

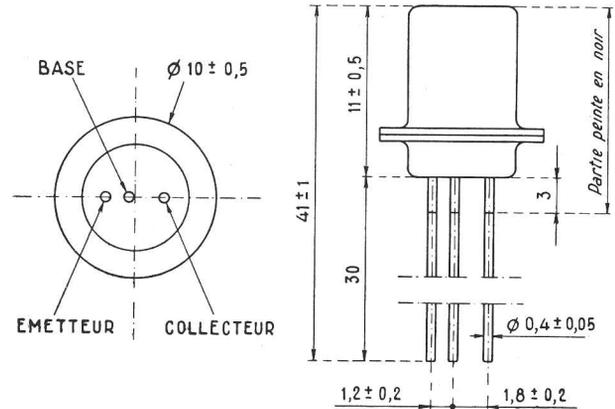
Courant de saturation, base et émetteur réunis, tension de collecteur 12 V	15 μA
Gain statique moyen en courant, pour une tension et un courant de collecteur de 1 V et 100 mA	50
Tension moyenne émetteur-base correspondant à une tension et un courant de collecteur de 1 V et 100 mA	350 mV

Puissance dissipée en fonction de la température ambiante : voir page 19.

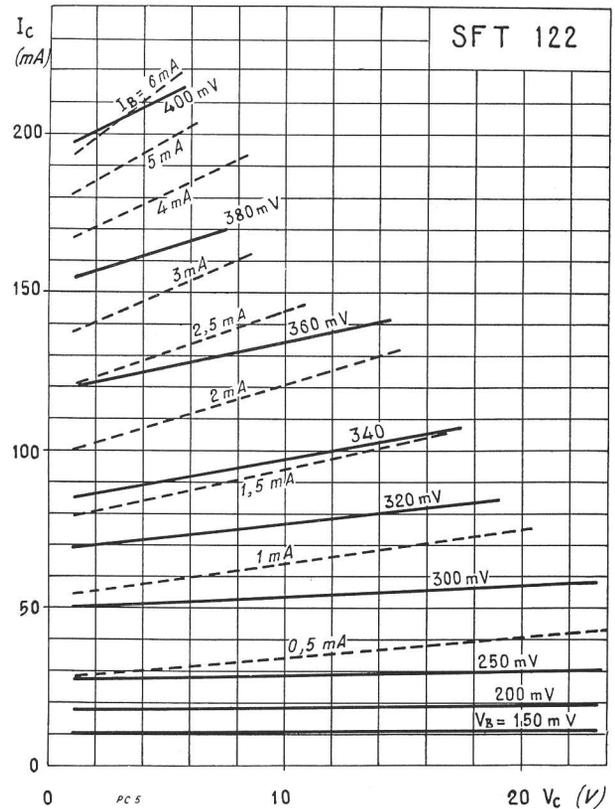
Courant de collecteur en fonction de la tension de base : voir page 21.



SFT 121, SFT 122, SFT 123 : Résistance d'entrée r en fonction du courant de base I_B .



SFT 122 : Disposition des électrodes et encombrement. Le collecteur est repéré par un point rouge.



SFT 122 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_C , avec tension et courant de base comme paramètres.

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

SFT 123

Transistor p-n-p de moyenne puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

Tension de pointe collecteur-émetteur *	24 V max
Tension de repos collecteur-émetteur *	12 V max
Courant de pointe de collecteur	250 mA max
Tension inverse de base, en pointe	12 V max
Puissance dissipée à 25°C, air calme	150 mW max
Température de stockage	75 °C max

* Résistance externe émetteur-base inférieure à 500 Ω.

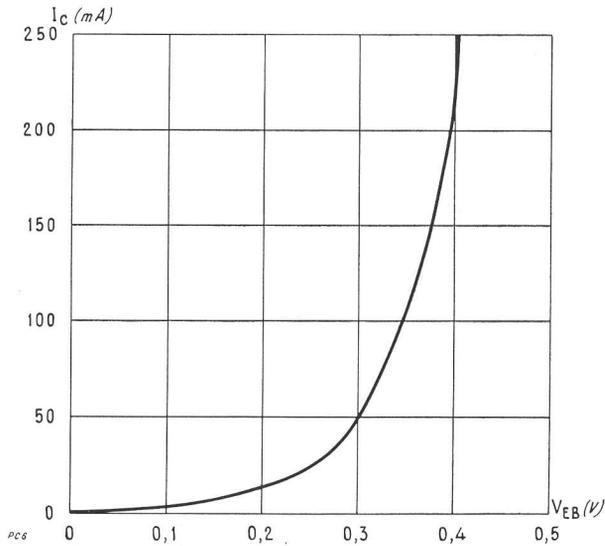
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

(à 25° C)

Courant de saturation, base et émetteur réunis, tension de collecteur 12 V	15 μA
Gain statique moyen en courant, pour une tension et un courant de collecteur de 1 V et 100 mA	80
Tension moyenne émetteur-base correspondant à une tension et un courant de collecteur de 1 V et 100 mA	350 mV

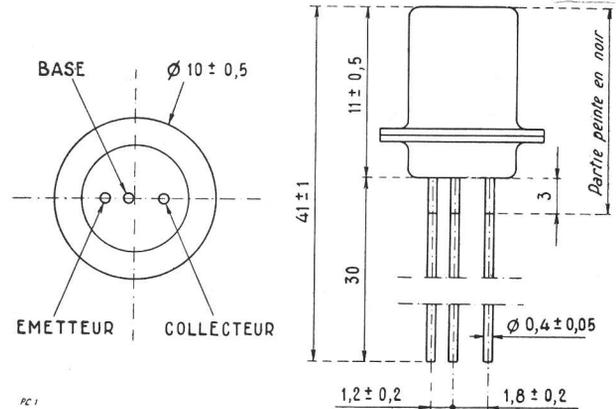
Puissance dissipée en fonction de la température ambiante : voir page 19.

Résistance d'entrée en fonction du courant de base : voir page 20.

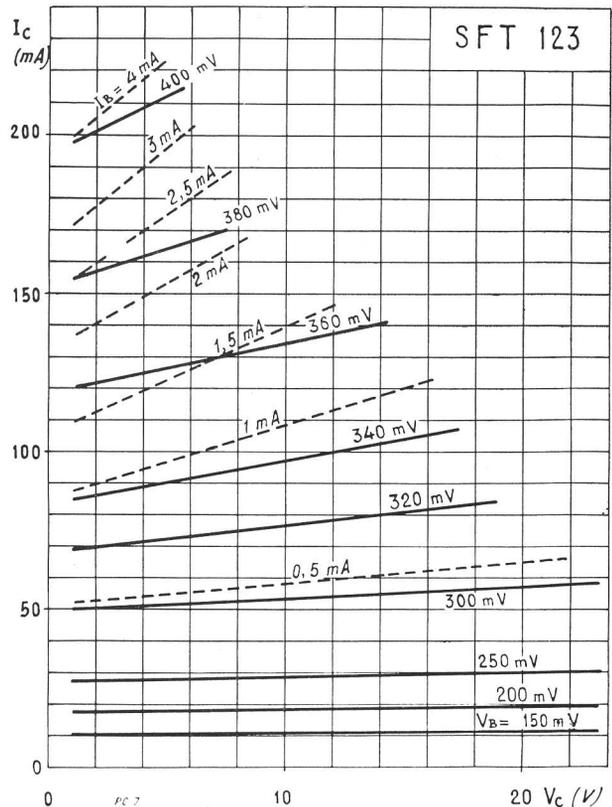


SFT 121, SFT 122, SFT 123 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de base V_{EB} .

SFT 123 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_C , avec tension et courant de base comme paramètres.



SFT 123 : Disposition des électrodes et encombrement. Le collecteur est repéré par un point rouge.



SFT 124
SFT 125
SFT 130
SFT 131

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

Transistors p-n-p de moyenne puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

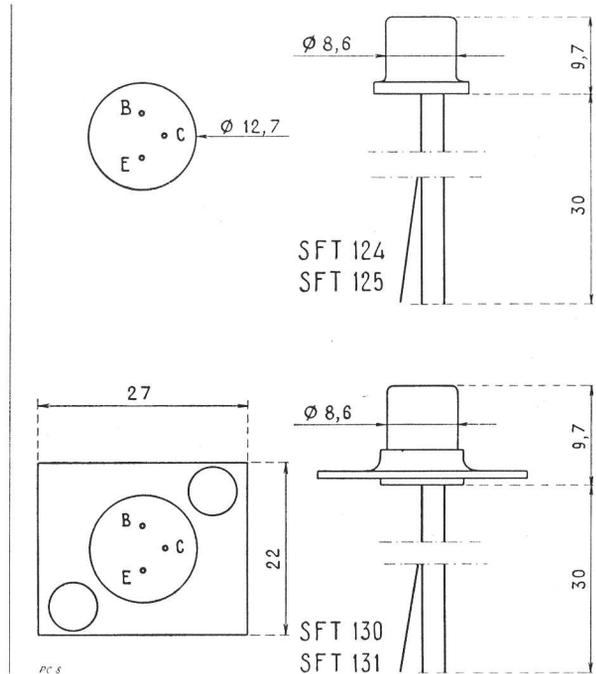
	SFT 124	SFT 125	SFT 130	SFT 131	
Tension de pointe de collecteur *	24	24	24	24	V max
Tension de repos de collecteur *	12	12	12	12	V max
Courant de pointe de collecteur	500	500	500	500	mA max
Tension inverse de base, en pointe	12	12	12	12	V max
Dissipation à 25°, air calme	350	350	550	550	mW max
Température de stockage	75	75	75	75	°C max

* Résistance externe émetteur-base inférieure à 300 Ω.

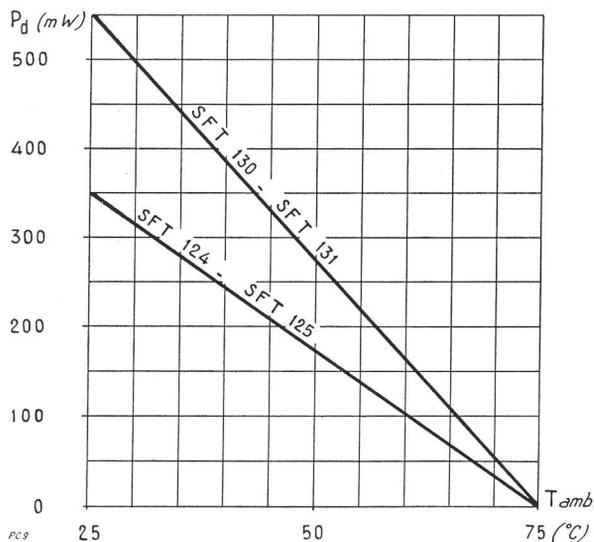
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

(à 25° C)

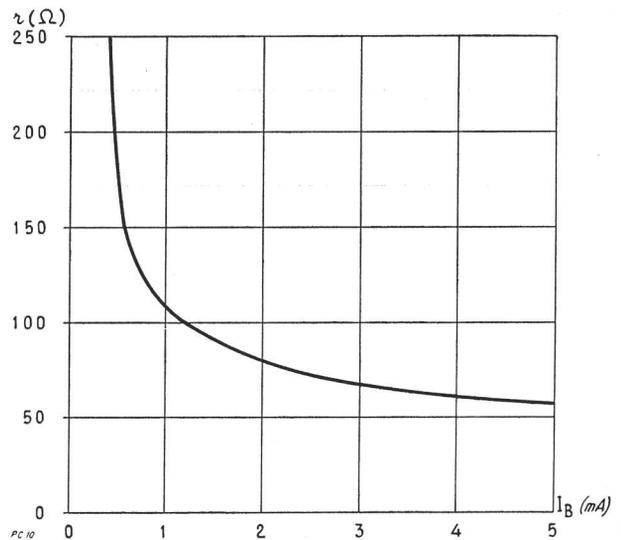
	SFT 124 SFT 130	SFT 125 SFT 131
Courant de saturation, base et émetteur réunis, tension de collecteur 12 V	20	20
Gain statique moyen de courant, pour une tension de collecteur de 1 V et un courant de coll. de 250 mA	30	70
Tension moyenne émetteur-base correspondant une tension et un courant de collecteur de 1 V et 250 mA	0,8	0,8



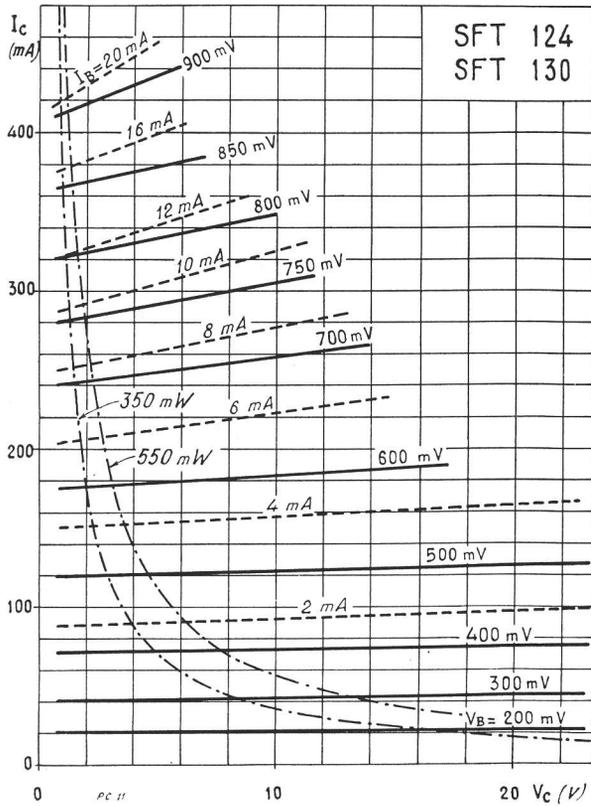
SFT 124, SFT 125, SFT 130 : Disposition des électrodes et encombrement. Le collecteur est réuni électriquement au boîtier et repéré par un point de couleur.



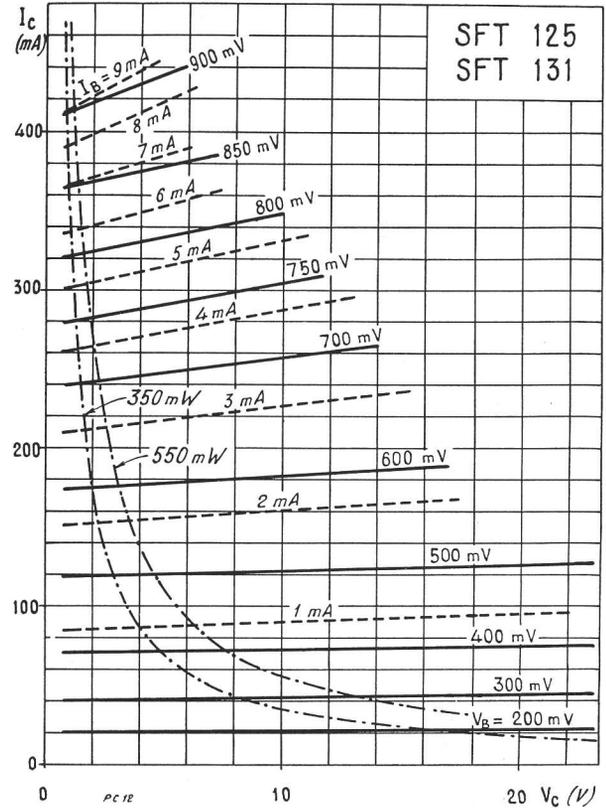
SFT 124, SFT 125, SFT 130, SFT 131 : Puissance dissipée P_d en fonction de la température ambiante T_{amb} , pour une température de jonction de 75°C.



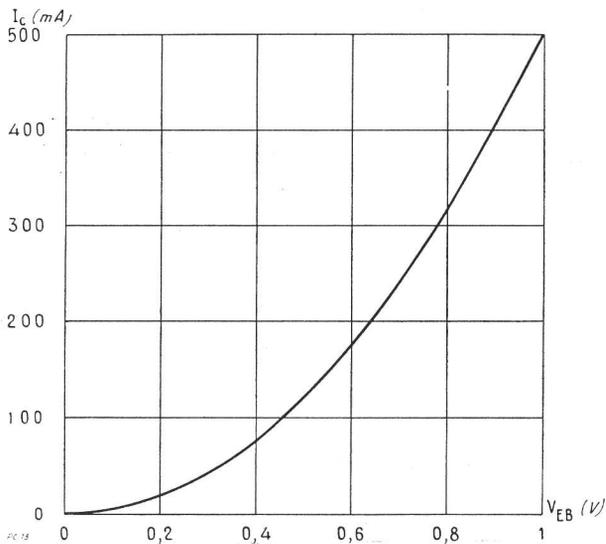
SFT 124, SFT 125, SFT 130 : Résistance d'entrée r en fonction du courant de base I_B , pour une tension collecteur-émetteur de 1 V.



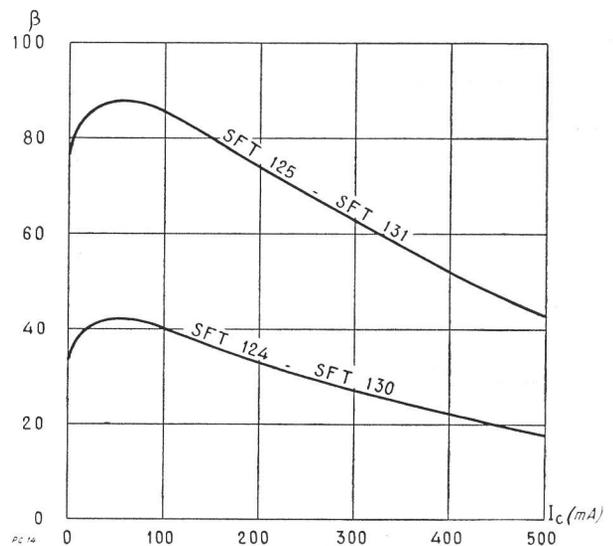
SFT 124, SFT 130 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_C , avec tension et courant de base comme paramètres.



SFT 125, SFT 131 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_C , avec tension et courant de base comme paramètres.



SFT 124, SFT 125, SFT 130, SFT 131 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de base V_{BE} .



SFT 124, SFT 125, SFT 130, SFT 131 : Gain en courant β en fonction du courant de collecteur I_C .

SFT 113
SFT 114
SFT 150

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

Transistors p-n-p de puissance

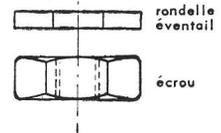
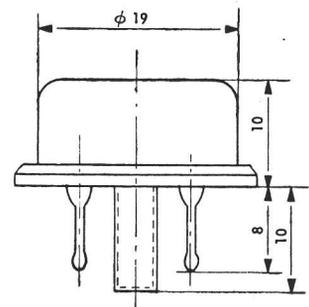
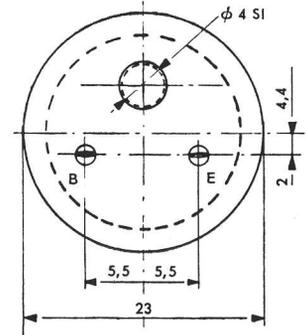
CARACTERISTIQUES LIMITES

	SFT 113	SFT 114	SFT 150	
Tension de pointe collecteur-émetteur*	30	60	80	V max
Tension de repos collecteur-émetteur*	15	30	40	V max
Courant de pointe de collecteur	3	3	3	A max
Tension inverse de base, en pointe	10	10	10	V max
Puissance dissipée, la température étant de 25° au centre de l'embase du boîtier	25	25	25	W max
Température de jonction en service continu	75	75	75	°C max
Température de jonction en service intermittent (durée totale 300 h. maximum)	85	85	85	°C max
Température de stockage	- 65 à + 85			°C max
Résistance thermique entre jonction et centre de l'embase du boîtier	2	2	2	°C/W

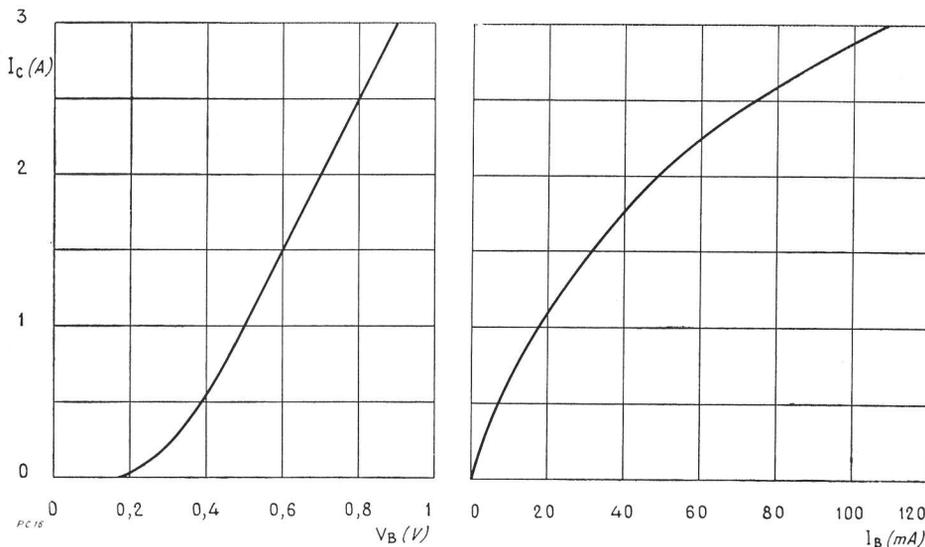
* Résistance externe entre base et émetteur inférieure à 200 Ω.

CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT (à 25° C)

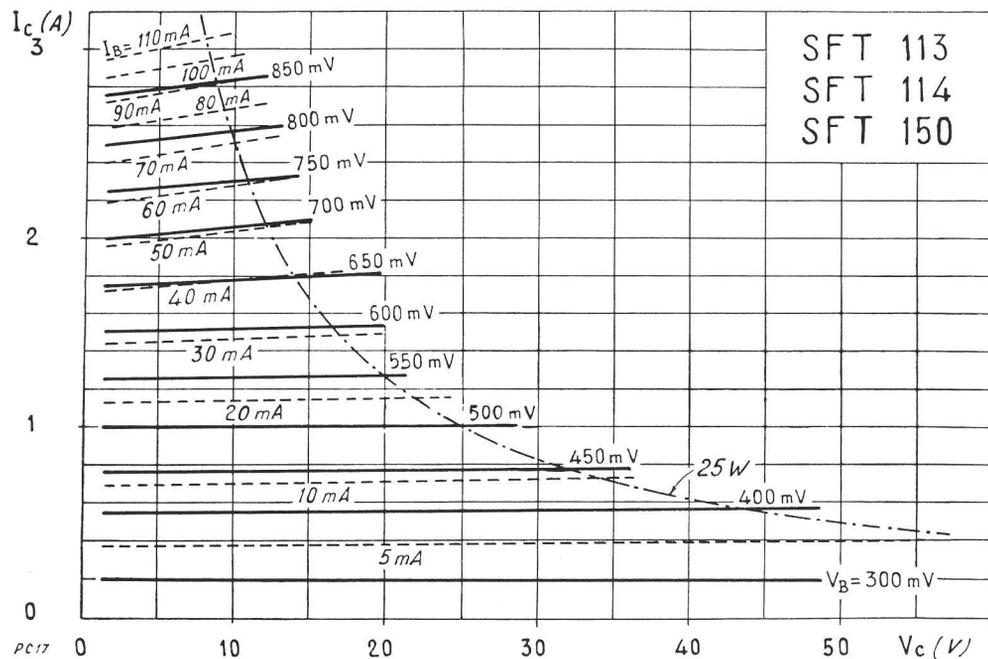
Courant de saturation, base et émetteur réunis, à la tension de repos collecteur-émetteur indiquée plus haut	0,2 mA
Gain de courant statique moyen, sous une tension de collecteur de 1 V et un courant de collecteur de 2 A	40
Gain de courant dynamique moyen, sous une tension de collecteur de 2 V et un courant de collecteur de 1 A	40
Tension de coude de collecteur, pour un courant de base de 0,3 A et un courant de collecteur de 3 A, valeur moyenne	0,4 V
Tension moyenne de base pour un courant de collecteur de 2 A sous une tension de collecteur de 1 V	0,7 V



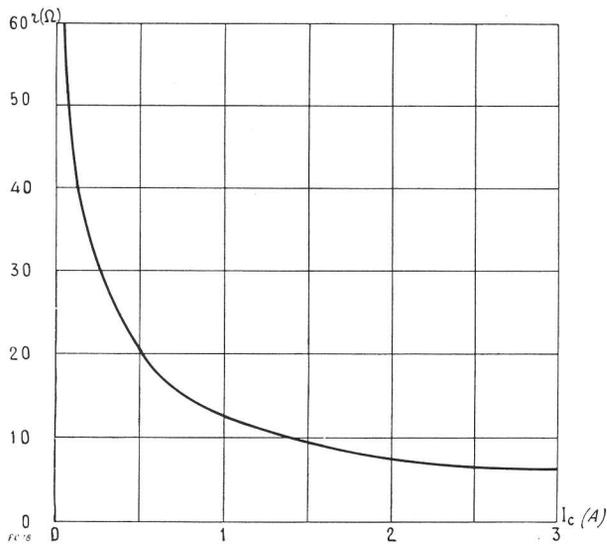
SFT 113, SFT 114, SFT 150 :
Disposition des électrodes et
encombrement. Le collecteur
est relié électriquement au
boîtier du transistor.



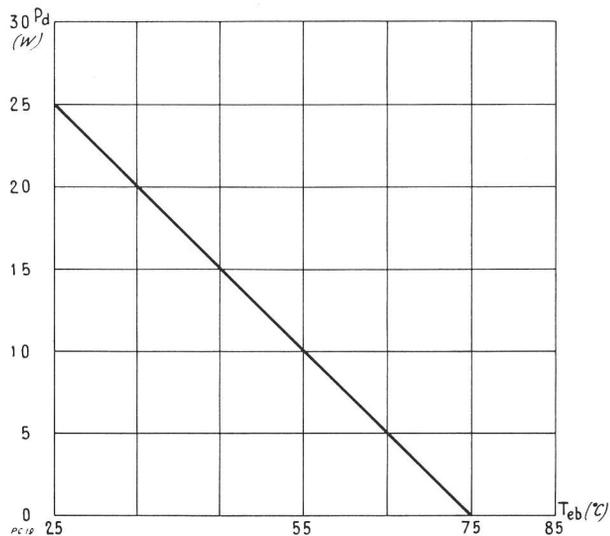
Ci-contre, courant de collec-
teur I_c en fonction de la
tension de base V_B et du
courant de base I_B .



SFT 113, SFT 114, SFT 150 : Courant de collecteur I_c en fonction de la tension de collecteur V_c avec tension et courant de base comme paramètres. Pour le transistor SFT 113, la tension de collecteur ne doit pas dépasser 30 V.



SFT 113, SFT 114, SFT 150 : Résistance dynamique d'entrée r en fonction du courant de collecteur, sous une tension de collecteur de 1 V en émetteur commun.



SFT 113, SFT 114, SFT 150 : Puissance dissipée maximum P_d en fonction de la température du centre de l'embase de fixation du boîtier T_{eb} .

2 N 43

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

Transistor p-n-p de moyenne puissance — Applications professionnelles

CARACTERISTIQUES LIMITES

Tension collecteur-émetteur *	30 V max
Courant de collecteur	300 mA max
Tension inverse de base	5 V max
Puissance dissipée, température ambiante 25°, transistor nu	240 mW max
Température de jonction	85 °C max
Température de stockage	- 65 à + 100 °C max

RESISTANCES THERMIQUES

Entre jonction et l'air ambiant, transistor nu	0,25 °C/mW
Entre jonction et boîtier	0,11 °C/mW
Entre jonction et l'air ambiant, avec radiateur de 6 cm ²	0,2 °C/mW

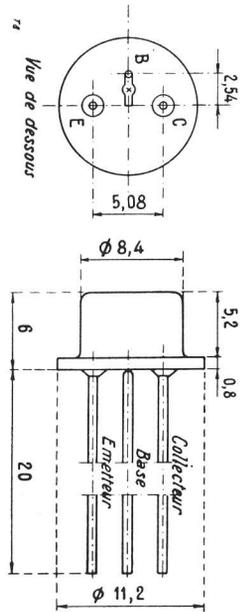
* Résistance externe émetteur-base inférieure à 10 kΩ.

CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

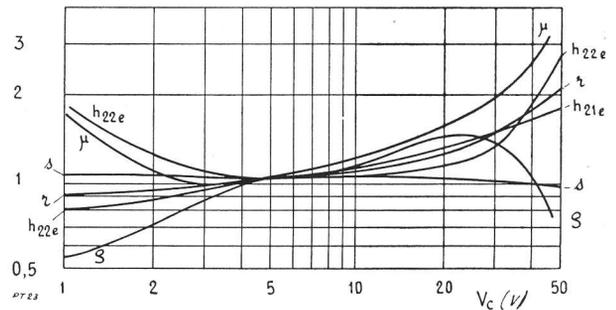
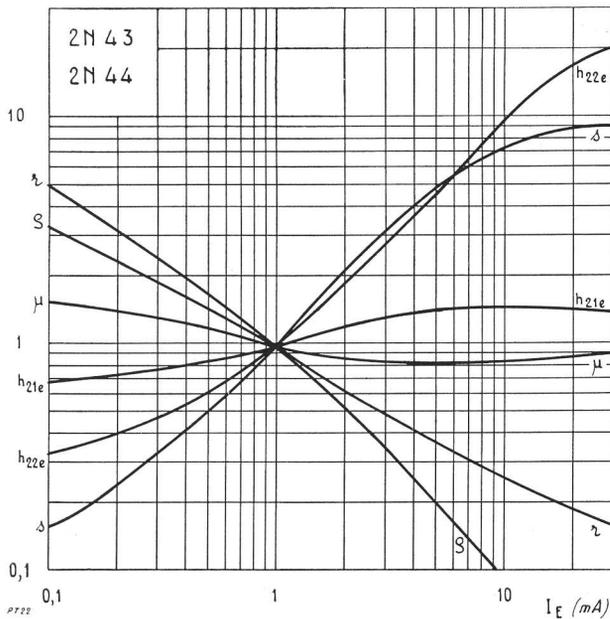
CONDITIONS DE MESURE } Tension de collecteur 5 V
 Courant de collecteur 1 mA

Température ambiante ... 25 °C
 Fréquence de mesure 270 Hz

PARAMETRES UNIVERSELS	min.	nom.	max.	
Pente (s)	30	33	37	mA/V
Résistance d'entrée (r)	0,8	1,3	2,2	kΩ
Résistance de sortie (s)	30	55		kΩ
Coefficient de contre-réaction (μ)		0,05	0,18	%
Coefficient d'amplification de courant (h _{ye})	30	42	66	μA/V
Conductance de sortie à entrée ouverte (h _{oe})		35	100	pF
Capacité de sortie à entrée ouverte, à 1 MHz	20	40	60	dB
Facteur de bruit, à 1 kHz, largeur de bande 1 Hz		6	20	
Tension de base, pour un courant de collecteur de 20 mA et une tension de collecteur de 1 V		230		mV
Courant de collecteur, base et émetteur réunis		8	16	μA



2 N 43 : Disposition des électrodes et encombrement.



2 N 43, 2 N 44 : Ci-dessous, rapport dans lequel varient les paramètres universels et hybrides en fonction de la tension de collecteur V_C , pour $I_C = 1$ mA.

Réseaux de caractéristiques : voir page 28
 Gain en courant en fonction du courant de collecteur : voir page 27.

Gain en courant et courant de saturation en fonction de la température : voir page 27.

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 5 V.

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

2 N 44

Transistor p-n-p de moyenne puissance — Applications professionnelles

CARACTERISTIQUES LIMITES

Tension collecteur-émetteur *	30 V max
Courant de collecteur	300 mA max
Tension inverse de base	5 V max
Puissance dissipée, température ambiante 25°, transistor nu	240 mW max
Température de jonction	85 °C max
Température de stockage — 65 à + 100 °C max	

RESISTANCES THERMIQUES

Entre jonction et l'air ambiant, transistor nu	0,25 °C/mW
Entre jonction et boîtier	0,11 °C/mW
Entre jonction et l'air ambiant, avec radiateur de 6 cm ²	0,2 °C/mW

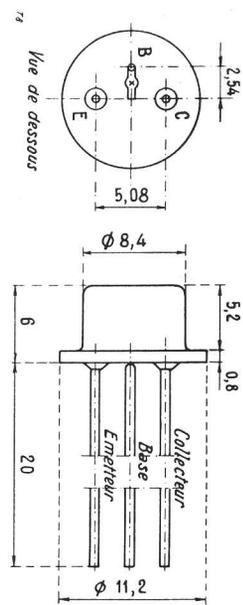
* Résistance externe émetteur-base inférieure à 10 kΩ.

CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

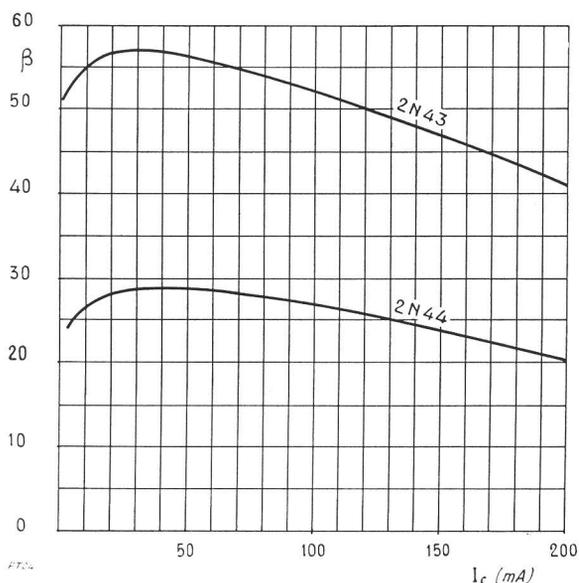
CONDITIONS DE MESURE	Tension de collecteur	5 V
	Courant de collecteur	1 mA

Température ambiante ...	25 °C
Fréquence de mesure	270 Hz

PARAMETRES UNIVERSELS		min.	nom.	max.	
PARAMETRES UNIVERSELS	Pente (s)	30	31	33	mA/V
	Résistance d'entrée (r)	0,45	0,8	1,1	kΩ
	Résistance de sortie (ρ)	35	70		kΩ
	Coefficient de contre-réaction (μ)		0,03	0,06	%
Coefficient d'amplification de courant (h _{FE})					
Conductance de sortie à entrée ouverte (h _{oe})					
Capacité de sortie à entrée ouverte, à 1 MHz					
Facteur de bruit, à 1 kHz, largeur de bande 1 Hz ..					
Tension de base, pour un courant de collecteur de 20 mA et une tension de collecteur de 1 V					
Courant de collecteur, base et émetteur réunis					



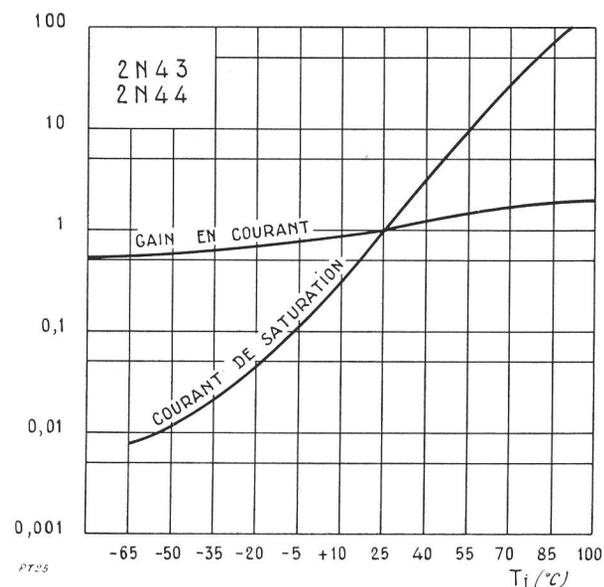
2 N 44 : Disposition des électrodes et encombrement.

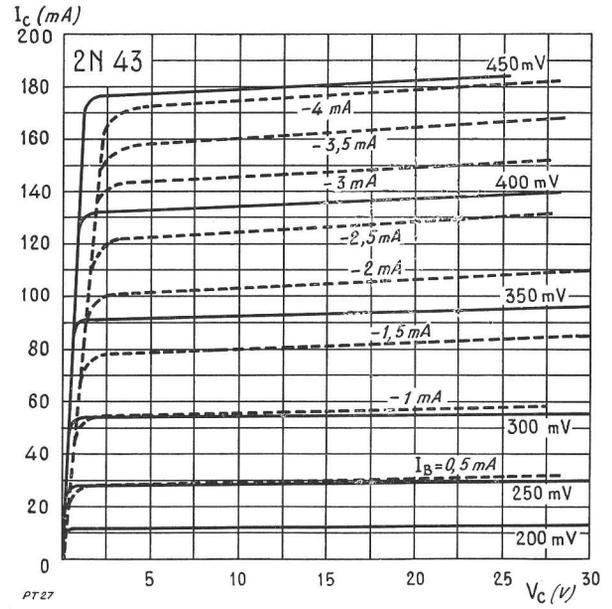
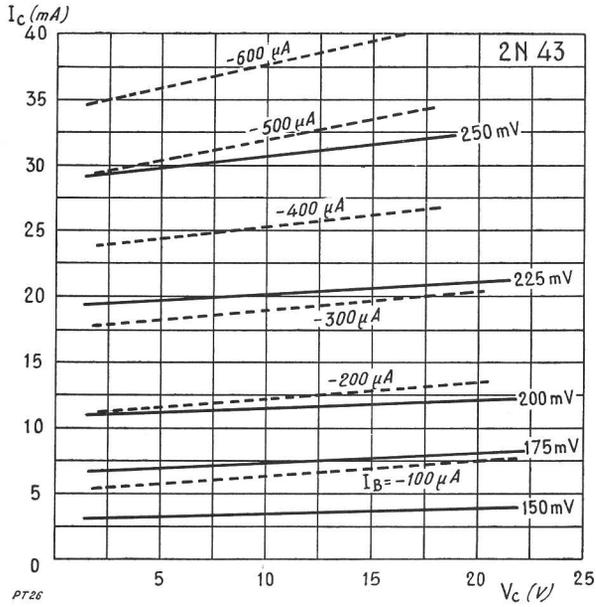


2 N 43, 2 N 44 : Gain en courant en fonction du courant de collecteur I_c , montage émetteur commun.

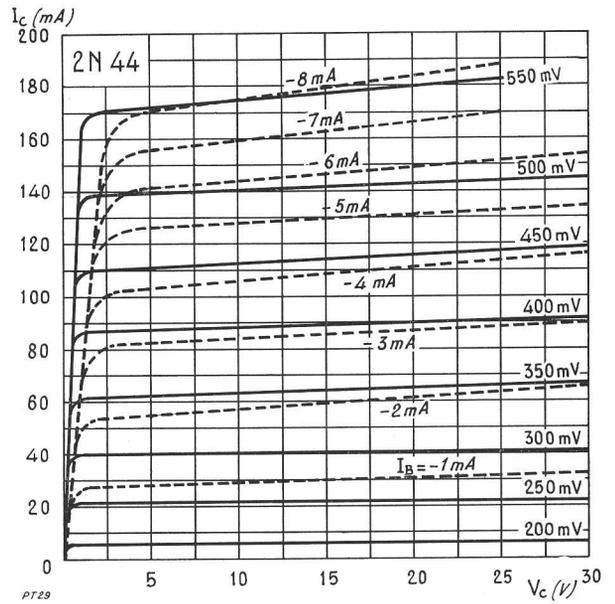
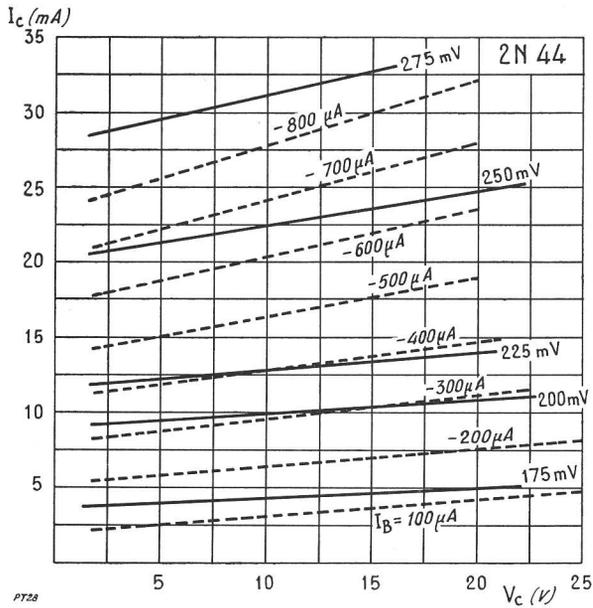
2 N 43, 2 N 44 : Rapport dans lequel varient gain en courant et courant de saturation en fonction de la température de jonction T_j .

Réseaux de caractéristiques : voir page 28.
Variation de paramètres en fonction du courant et de la tension de collecteur : voir page 26.





2 N 43 (en haut) et 2 N 44 (en bas) : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_C , avec tension et courant de base en paramètre; faibles intensités de collecteur à gauche, fortes intensités à droite.



NOTES

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

2 N 186 A

Triode p-n-p pour étages de sortie de moyenne puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

Tension de pointe émetteur-collecteur *	25 V max
Tension émetteur-collecteur au repos *	12 V max
Tension inverse base-émetteur	5 V max
Courant de pointe de collecteur	200 mA max
Puissance dissipée de collecteur (25°)	180 mW max
Conductance thermique	3 mW/°C
Température de fonctionnement	-55 à +60 °C max
Température de stockage	-55 à +85 °C max

* La résistance entre émetteur et base n'excédant pas 1 kΩ.

Impédance de charge en fonction de la puissance de sortie : voir page 30.

Disposition des électrodes et encombrement : voir page 31.

Impédance d'entrée en fonction du courant de collecteur : voir page 32.

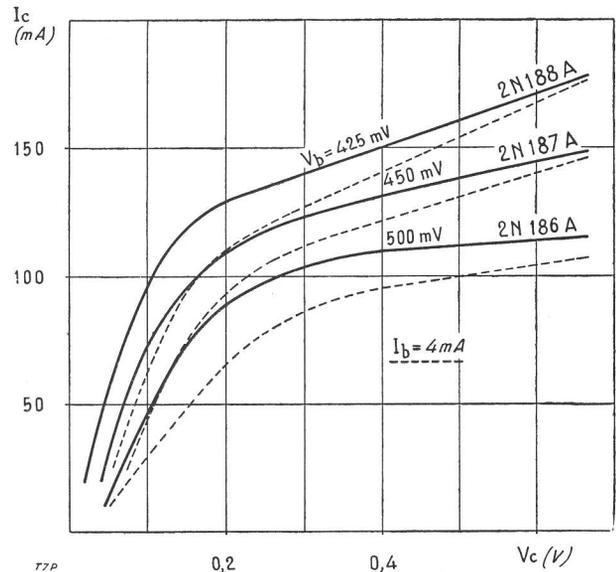
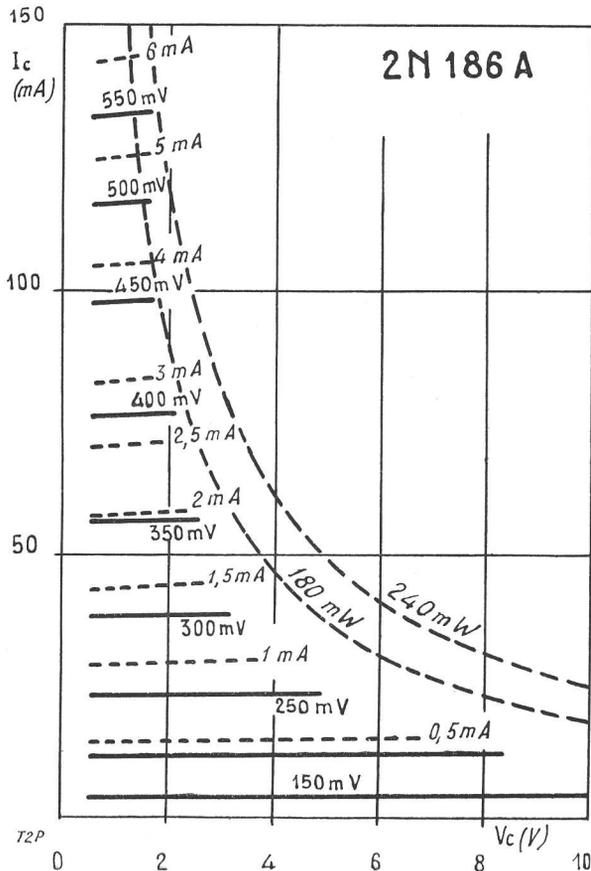
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

(Valeurs moyennes à 25°)

Pente pour un courant de collecteur de 100 mA ..	400 mA/V
Résistance d'entrée ($I_c = 100$ mA)	300 Ω
Amplification de courant ($I_c = 150$ mA)	24
Fréquence de coupure de la pente ($I_c = 50$ mA) ..	30 kHz
Fréquence de coupure de l'amplification de courant ($I_c = 50$ mA)	20 kHz
Courant de saturation collecteur-base (max.) ..	16 μA
Courant de collecteur à base ouverte (approxim.) ..	100 μA

Exemple d'utilisation en montage symétrique, classe B

Tension d'alimentation de collecteur	12 V
Puissance de sortie maxim. (distorsion 5 %) ..	750 mW
Impédance moyenne d'entrée à signal max.	1200 Ω
Gain minimum en puissance pour 100 mW de sortie	28 dB



2 N 186 A, 2 N 187 A, 2 N 188 A : Courbes de saturation de collecteur, pour un courant de base de 4 mA, et diverses tensions de base.

2 N 186 A : Courant de collecteur I_c en fonction de la tension de collecteur V_c , avec tension et courant de base comme paramètres, montage émetteur commun.

2 N 187 A
2 N 319

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

Triodes p-n-p pour étages de sortie de moyenne puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

	2 N 187 A	2 N 319
Tension de pointe de collecteur * .	25	20 V max
Tension de repos de collecteur * .	12	V max
Tension inverse base-émetteur . . .	5	5 V max
Courant de pointe de collecteur . . .	200	200 mA max
Puissance dissipée (25°)	180	240 mW max
Conductance thermique	3	4 mW/°C
Température de fonctionnement . . .	- 55 à + 60 °C max	
Température de stockage	- 55 à + 85 °C max	

* En émetteur commun, la résistance entre émetteur et base ne dépassant pas 1 kΩ.

Courbes de saturation collecteur : voir page 29.

Disposition des électrodes et encombrement : voir page 31.

Impédance d'entrée en fonction du courant de collecteur : voir page 32.

Gain en courant en fonction du courant de collecteur : voir page 32.

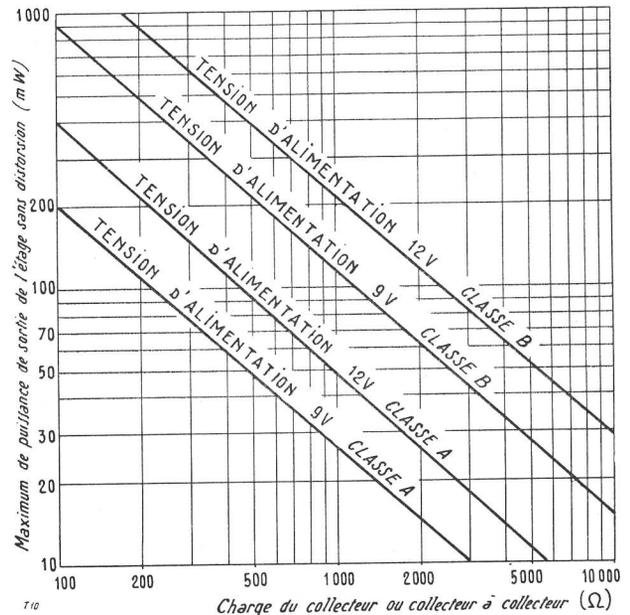
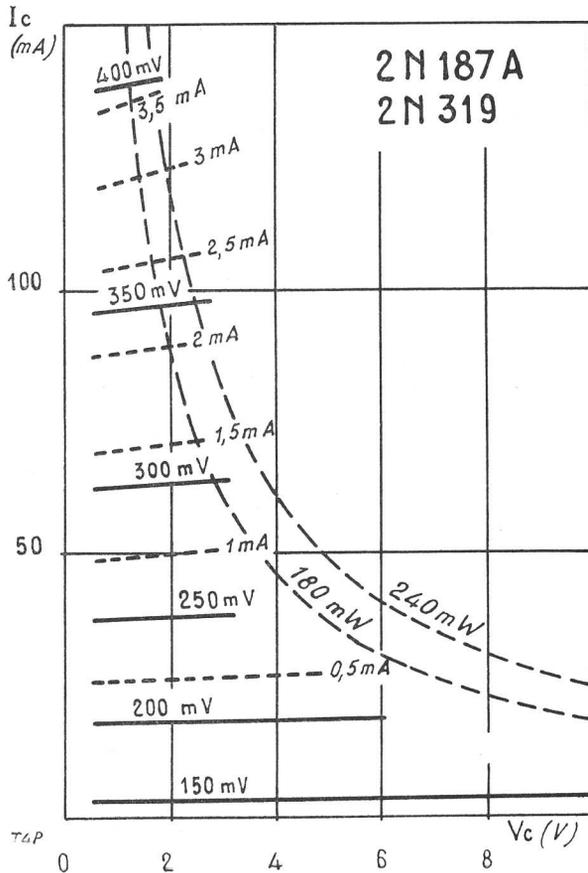
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

(Valeurs moyennes)

Pente ($I_c = 100$ mA)	600 mA/V
Résistance d'entrée ($I_c = 100$ mA)	450 Ω
Amplification de courant ($I_c = 150$ mA)	35
Fréquence de coupure de la pente	35 kHz
Fréquence de coupure de l'amplification de courant	22 kHz
Courant de saturation collecteur-base (maximum)	16 μA
Courant de collecteur à base ouverte (approxim.)	125 μA

Exemple d'utilisation en montage symétrique, classe B (2 N 187 A)

Tension d'alimentation	12 V
Puissance de sortie (dist. 5 %)	750 mW
Impédance moyenne d'entrée à signal max.	2 kΩ
Gain en puissance à signal max.	30 dB



Ci-dessus, abaque permettant de déterminer l'impédance de charge en fonction de la puissance de sortie demandée. Valable pour tout transistor de moyenne puissance, à condition de respecter les limites de tension et de dissipation.

2 N 187 A, 2 N 319 : A droite, courant de collecteur I_c en fonction de la tension de collecteur V_c , avec tension et courant de base comme paramètres.

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

2 N 188 A
2 N 320

Triodes p-n-p pour étages de sortie de moyenne puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

	2 N 188 A	2 N 320
Tension de pointe de collecteur * .	25	20 V max
Tension de repos de collecteur * .	12	V max
Tension inverse base-émetteur . . .	5	5 V max
Courant de pointe de collecteur . . .	200	200 mA max
Puissance dissipée (25°)	180	240 mW max
Conductance thermique	3	4 mW/°C
Température de fonctionnement . . .	-55 à +60	°C max
Température de stockage	-55 à +85	°C max

* En émetteur commun, la résistance entre émetteur et base ne dépassant pas 1 kΩ.

Courbes de saturation collecteur : voir page 29.

Impédance de charge en fonction de la puissance de sortie : voir page 30.

Impédance d'entrée en fonction du courant de collecteur : voir page 32.

Gain en courant en fonction du courant de collecteur : voir page 32.

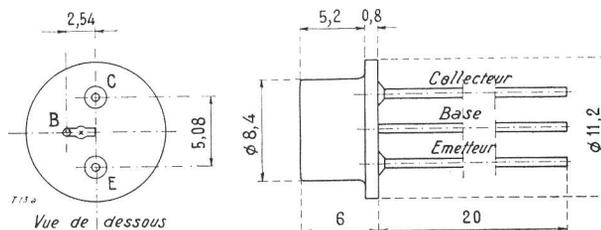
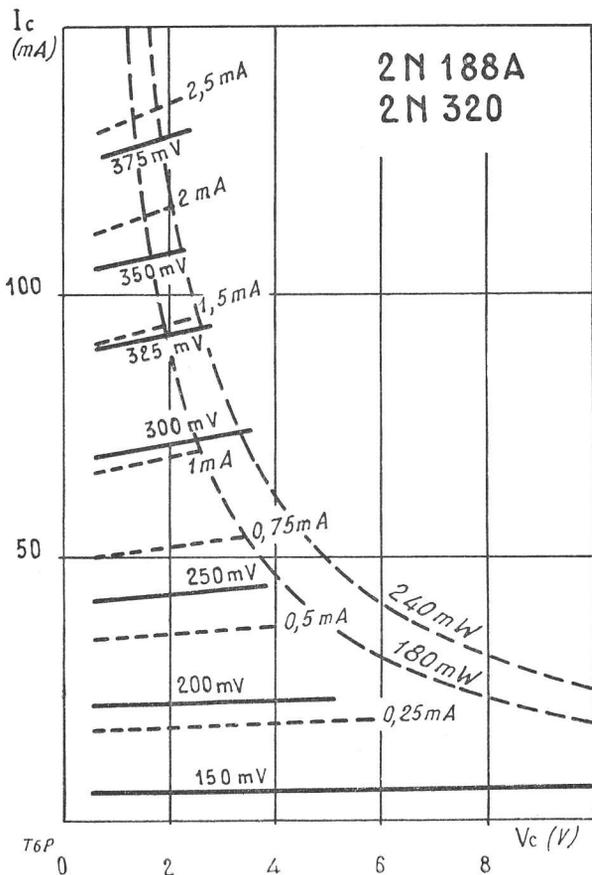
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

(Valeurs moyennes)

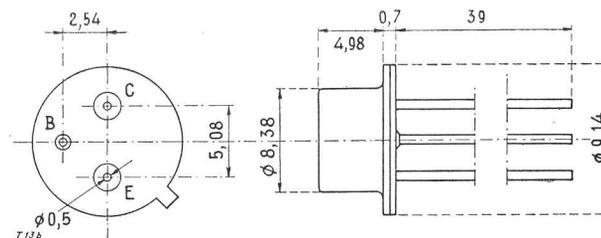
Pente ($I_c = 100$ mA)	700 mA/V
Résistance d'entrée ($I_c = 100$ mA)	550 Ω
Amplification de courant ($I_c = 150$ mA)	50
Fréquence de coupure de la pente	40 kHz
Fréquence de coupure de l'amplification de courant	25 kHz
Courant de saturation collecteur-base (maximum)	16 μA
Courant de collecteur à base ouverte (approxim.)	150 μA

Exemple d'utilisation en montage symétrique, classe B (2 N 188 A)

Tension d'alimentation	12 V
Puissance de sortie (dist. 5 %)	750 mW
Impédance moyenne d'entrée à signal max.	2,2 kΩ
Gain en puissance à signal max.	34 dB



2 N 186 A, 2 N 187 A, 2 N 188 A, 2 N 241 A. Encombrement et disposition des électrodes. Boîtier métallique.



2 N 319, 2 N 320, 2 N 321 : Encombrement et disposition des électrodes. Boîtier métallique.

A gauche, 2 N 188 A, 2 N 320 : Courant de collecteur I_c en fonction de la tension de collecteur V_c , avec tension et courant de base comme paramètres.

2 N 241 A
2 N 231

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

Triodes p-n-p pour étages de sortie de moyenne puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

	2 N 241 A	2 N 321
Tension de pointe de collecteur *	25	20 V max
Tension de repos de collecteur *	12	V max
Tension inverse base-émetteur ..	5	V max
Courant de pointe de collecteur ..	200	200 mA max
Puissance dissipée (25 °C)	180	240 mW max
Conductance thermique	3	4 mW/°C
Conductance thermique, radiateur de 6 cm ²		5 mW/°C
Température de fonctionnement ..	-55 à +60 °C max	
Température de stockage	-55 à +85 °C max	

* Résistance externe base-émetteur ne dépassant pas 1 kΩ.

Encombrement et disposition des électrodes : voir page 31.

Impédance de charge en fonction de la puissance de sortie : voir page 30.

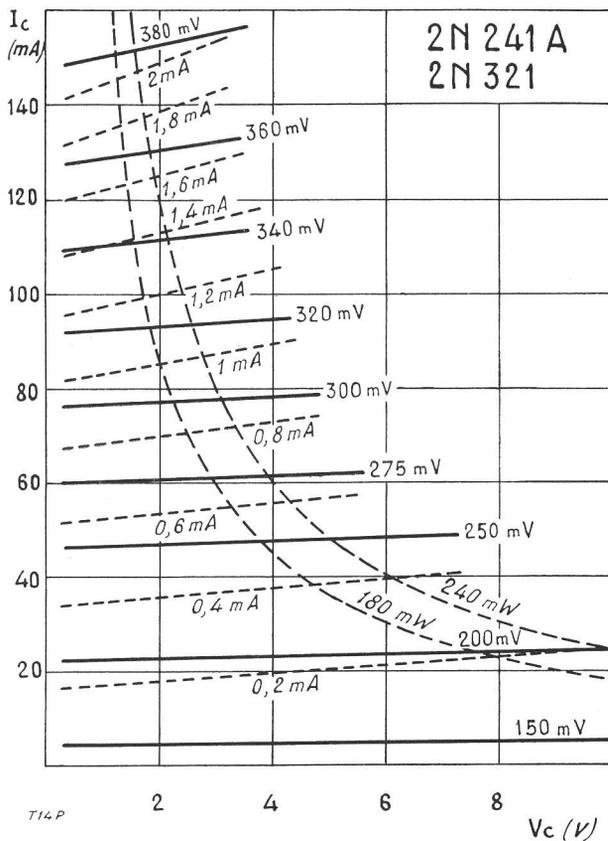
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

(Valeurs moyennes, à 25° C)

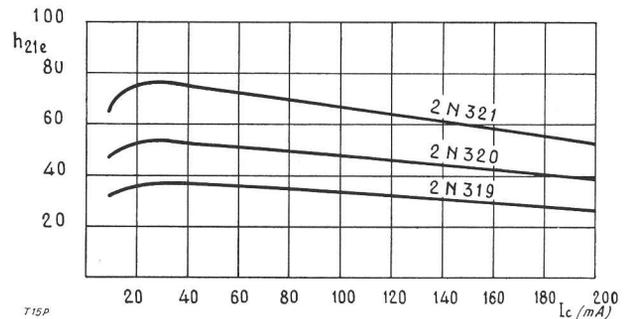
Pente ($I_c = 100$ mA)	800 mA/V
Gain en courant ($I_c = 100$ mA)	70
Capacité base-collecteur, 2 N 241 A	40 pF
Capacité base-collecteur, 2 N 321	22 pF
Courant de saturation collecteur-base (max.)	16 μA

Exemple d'utilisation en montage symétrique, classe B
(2 N 241 A)

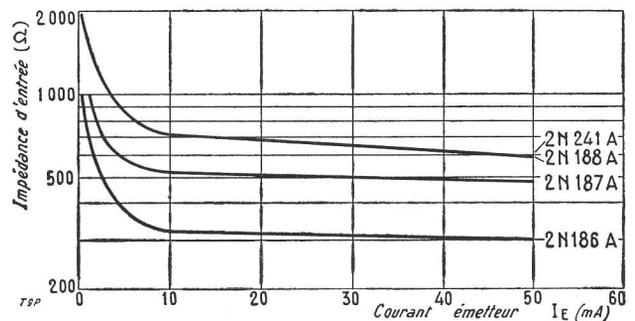
Tension d'alimentation	12 V
Puissance de sortie (distorsion 5 %)	750 mW
Impédance moyenne d'entrée à signal max.	4 kΩ
Gain en puissance pour 100 mW de sortie	34 dB



2 N 241 A, 2 N 321 : Courant de collecteur I_c en fonction de la tension de collecteur V_c , avec tension et courant de base comme paramètres, émetteur commun.



2 N 319, 2 N 320, 2 N 321 : Gain en courant en fonction du courant de collecteur, pour $V_c = 1$ V.



2 N 186 A, 2 N 187 A, 2 N 188 A, 2 N 241 A : Impédance d'entrée en fonction du courant d'émetteur.

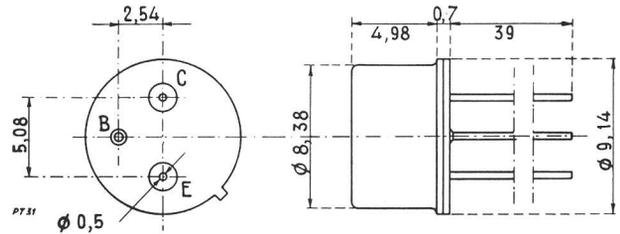
CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

2 N 524
2 N 525

Transistors p-n-p de moyenne puissance — Applications professionnelles

CARACTERISTIQUES LIMITES

Tension de pointe collecteur-émetteur	30	V max
Courant de pointe de collecteur	500	mA max
Tension inverse de base	15	V max
Dissipation à 25° C	225	mW max
Température de jonction	85	°C max
Température de stockage	— 65 à + 100	°C max
Résistance thermique entre jonction et air ambiant, transistor nu	0,27	°C/mW
Résistance thermique entre jonction et boîtier ..	0,11	°C/mW
Résistance thermique entre jonction et air ambiant, radiateur de 6 cm ²	0,11	°C/mW

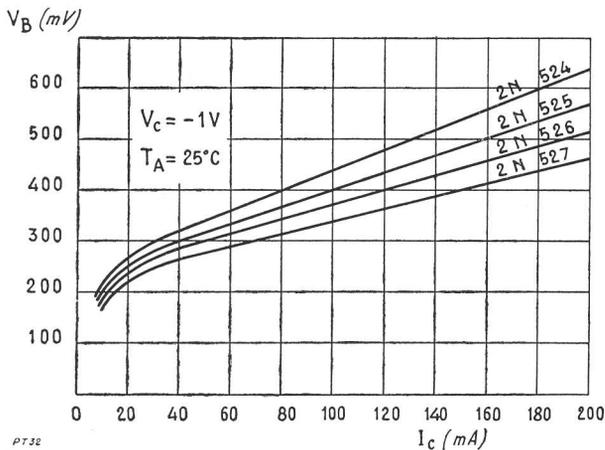


2 N 524, 2 N 525 : Disposition des électrodes et encombrement. Boîtier métallique.

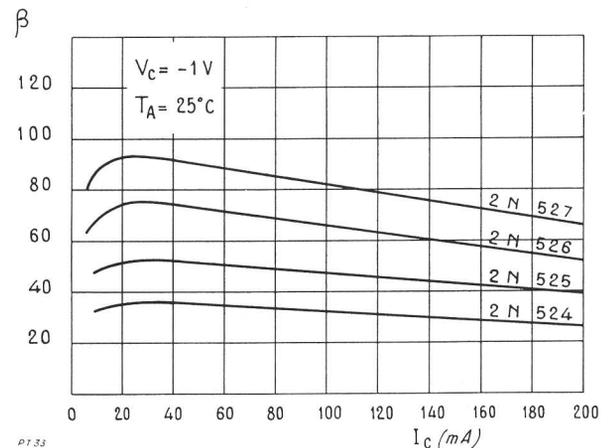
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

CONDITIONS DE MESURE	Tension de collecteur	5	V	Température ambiante	25°	C
	Courant de collecteur	1	mA	Fréquence de travail	270	Hz

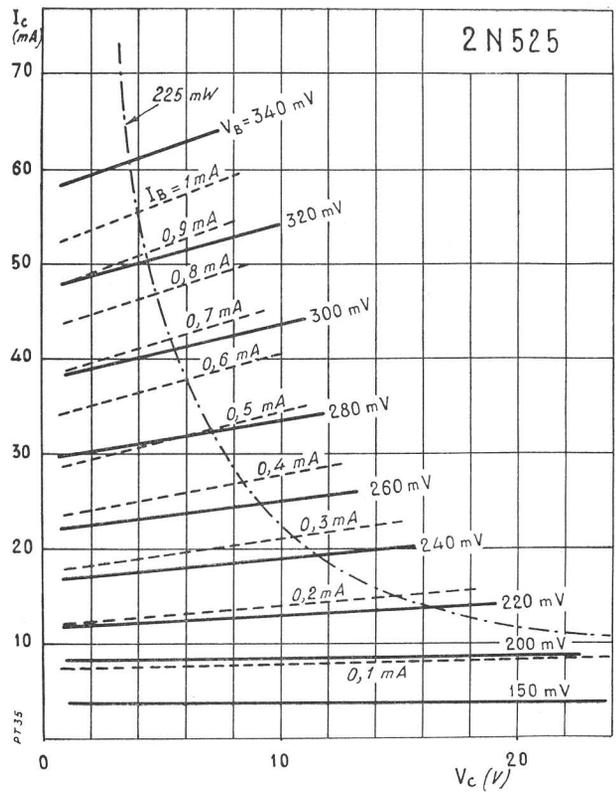
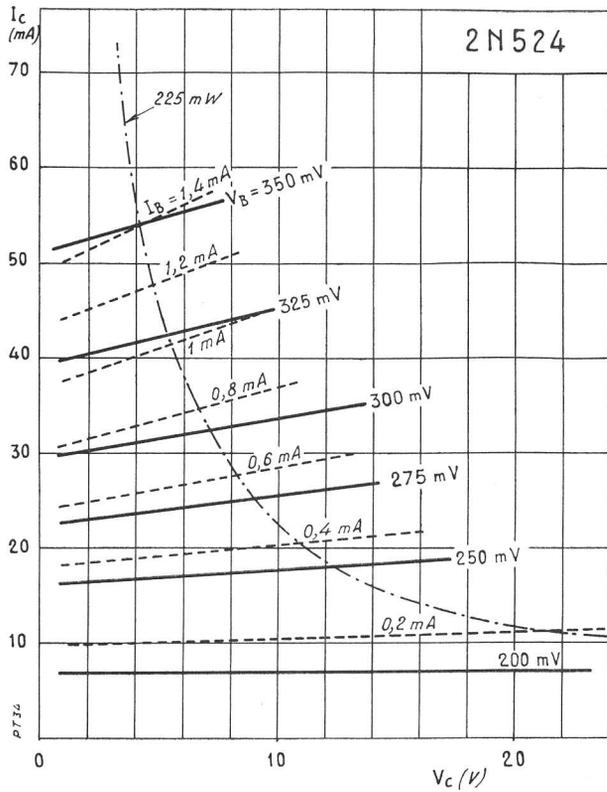
PARAMETRES UNIVERSELS		2 N 524			2 N 525			
		min.	nom.	max.	min.	nom.	max.	
UNIVERSELS	Pente (s)	27	30	36	29	31	37	mA/V
	Résistance d'entrée (r)	0,45	1	1,5	0,8	1,4	2,2	kΩ
	Résistance de sortie (r _o)	53	80		38	50		kΩ
	Coefficient de contre-réaction (μ) ..		0,025	0,1		0,035	0,13	%
Coefficient d'amplification de courant (h _{31e})		16	30	41	30	44	64	
Conductance de sortie à entrée ouverte (h _{22e}) ..			20	55		27	75	μA/V
Courant de collecteur, base et émetteur réunis ..			5	10		5	10	μA
Capacité base-collecteur à 1 MHz		18	25	40	18	25	40	pF
Facteur de bruit, à 1 kHz, bande passante 1 Hz ..		1	6	15	1	6	15	dB



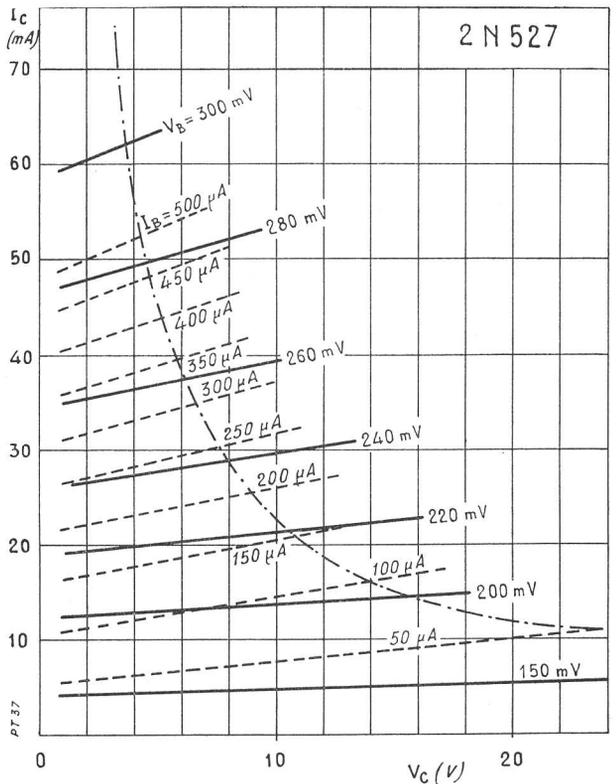
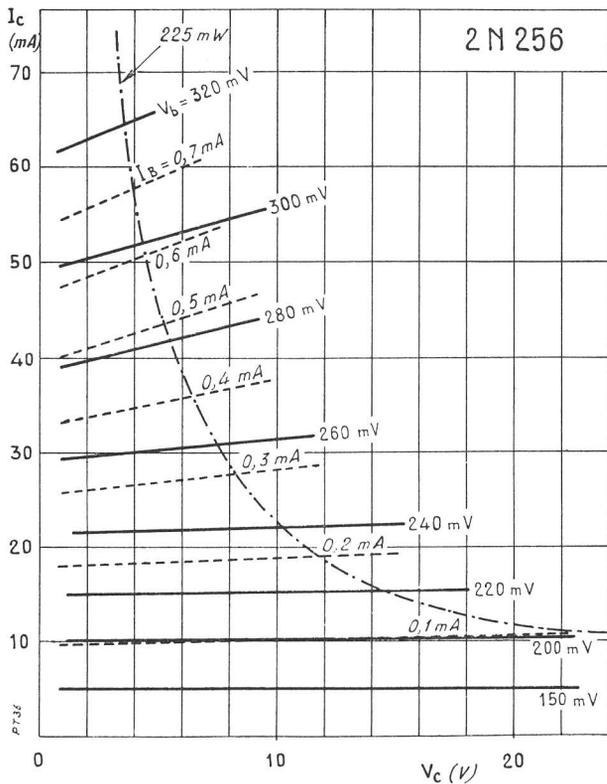
2 N 524, 2 N 525, 2 N 526, 2 N 527 : courant de collecteur I_C en fonction de la tension de base V_B , pour une tension de collecteur de 1 V. Montage émetteur commun.



2 N 524, 2 N 525, 2 N 526, 2 N 527 : Gain en courant β en fonction du courant de collecteur I_C , pour une tension collecteur de 1 V. Montage émetteur commun.



2 N 524, 2 N 525, 2 N 526, 2 N 527 : Réseaux de caractéristiques en émetteur commun représentant le courant de collecteur I_c en fonction de la tension de collecteur V_c , avec tension et courant de base comme paramètres.



CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

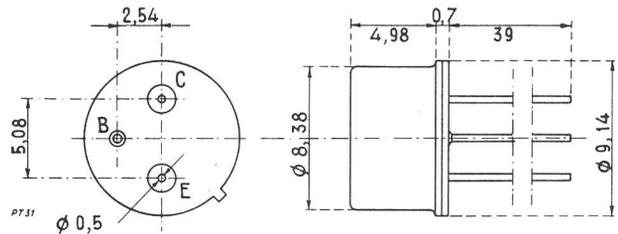
2 N 526

2 N 527

Transistors p-n-p de moyenne puissance — Applications professionnelles

CARACTERISTIQUES LIMITES

Tension de pointe collecteur-émetteur	30	V max
Courant de pointe de collecteur	500	mA max
Tension inverse de base	15	V max
Dissipation à 25° C	225	mW max
Température de jonction	85	°C max
Température de stockage — 65 à + 100 °C max		
Résistance thermique entre jonction et air ambiant, transistor nu	0,27	°C/mW
Résistance thermique entre jonction et boîtier ..	0,11	°C/mW
Résistance thermique entre jonction et air ambiant, radiateur de 6 cm ²	0,2	°C/mW

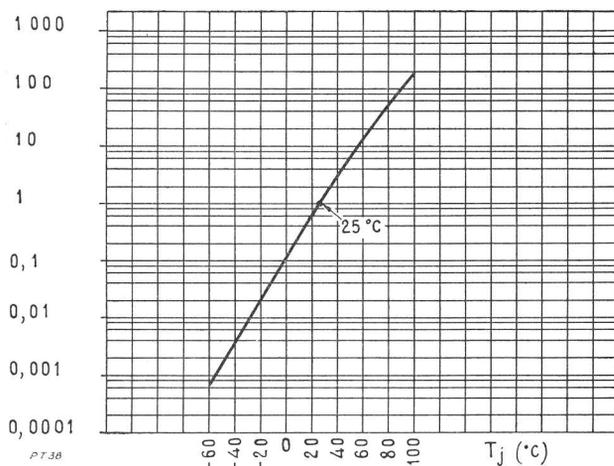


2 N 526, 2 N 527 : Disposition des électrodes et encombrement. Boîtier métallique.

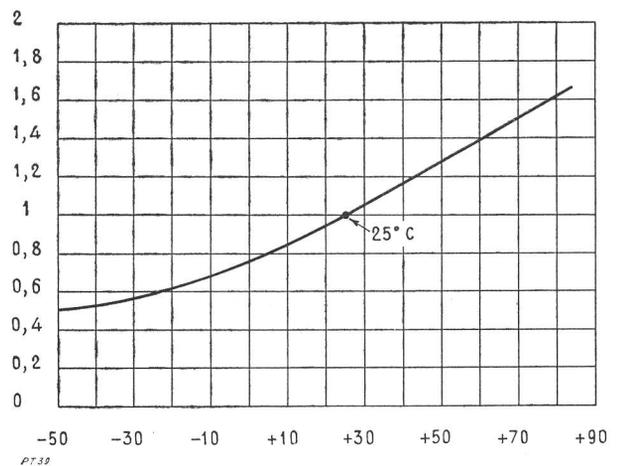
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

CONDITIONS DE MESURE	Tension de collecteur	5 V	Température ambiante	25° C
	Courant de collecteur	1 mA	Fréquence de travail	270 Hz

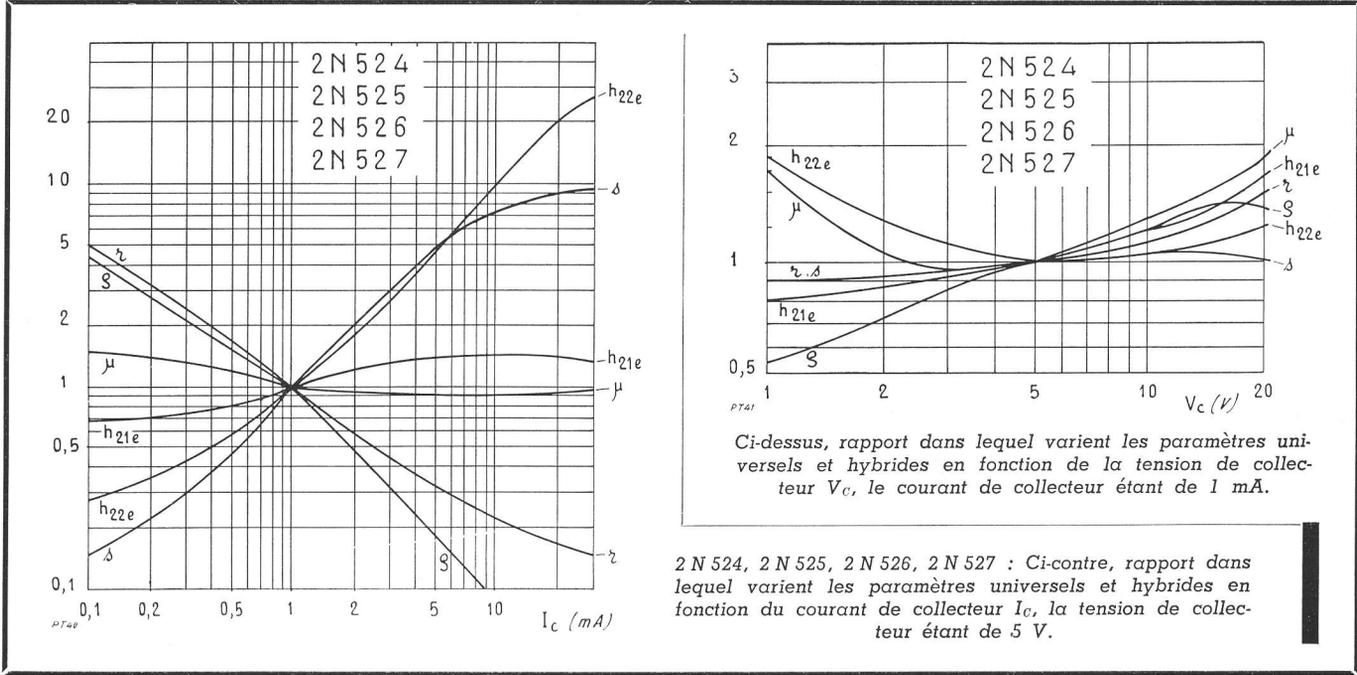
PARAMETRES UNIVERSELS		2 N 526			2 N 527			
		min.	nom.	max.	min.	nom.	max.	
PARAMETRES UNIVERSELS	Pente (s)	29	34	38	32	37	39	mA/V
	Résistance d'entrée (r)	1,2	1,9	3	1,5	2,2	3,7	kΩ
	Résistance de sortie (r _s)		40			30		kΩ
	Coefficient de contre-réaction (μ) ..			0,18			0,2	%
Coefficient d'amplification de courant (h _{FE})		44	64	88	60	81	120	
Conductance de sortie à entrée ouverte (h _{oe})			30	90		30	100	μA/V
Courant de collecteur, base et émetteur réunis			5	10		5	10	μA
Capacité base-collecteur à 1 MHz		18	25	40	18	25	40	pF
Facteur de bruit, à 1 kHz, bande passante 1 Hz		1	6	15	1	6	15	dB



2 N 524, 2 N 525, 2 N 526, 2 N 527 : Rapport dans lequel varie le courant de collecteur, émetteur et base étant réunis, en fonction de la température de jonction.



2 N 524, 2 N 525, 2 N 526, 2 N 527 : Rapport dans lequel varie le gain en courant en fonction de la température de jonction, montage émetteur commun.



Ci-dessus, rapport dans lequel varient les paramètres universels et hybrides en fonction de la tension de collecteur V_C , le courant de collecteur étant de 1 mA.

2 N 524, 2 N 525, 2 N 526, 2 N 527 : 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 5 V.

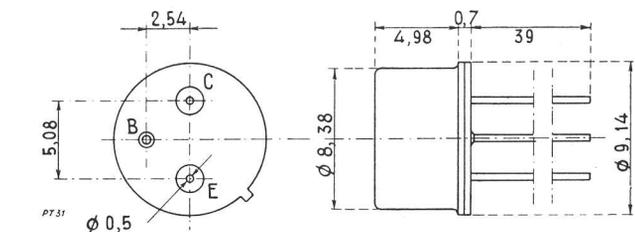
2 N 1056
2 N 1057

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

Transistors p-n-p de moyenne puissance, pour commutation B. F.

CARACTERISTIQUES LIMITES

	2 N 1056	2 N 1057	
Tension de pointe de collecteur.	60	45	V max
Courant de collecteur	100	300	mA max
Tension inverse de base	15	5	V max
Dissipation à 25°	240	240	mW max
Température de jonction	85	85	°C max
Température de stockage	-65 à +100		°C max
Résistance thermique, entre jonction et air ambiant, transistor nu	0,25		°C/mW



2 N 1056, 2 N 1057 : Disposition des électrodes et encombrement. Boîtier métallique.

CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT (à 25° C)

	2 N 1057			2 N 1056			
	min.	nom.	max.	min.	nom.	max.	
Gain statique en courant, pour une tension de collecteur de 1 V et un courant de collecteur de 20 mA	18	32		34	58	90	
Gain statique en courant, pour une tension de collecteur de 1 V et un courant de collecteur de 100 mA				30	52		
Tension de base, pour une tension de collecteur de 1 V et un courant de collecteur de 20 mA		0,25	0,3		0,23		V
Tension de saturation de collecteur, pour un courant de collecteur de 20 mA et un courant de base de 2 mA		90	130				mV
Tension de saturation de collecteur, pour un courant de collecteur de 20 mA et un courant de base de 0,33 mA				80	60	130	
Courant de collecteur, émetteur et base réunis		18	25		8	16	μA
Capacité base-collecteur		40					pF

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

THP
45 - 46 - 47
50 - 51 - 52

Transistors p-n-p de puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

	THP 45	THP 46	THP 47	THP 50	THP 51	THP 52	
Tension de pointe collecteur-émetteur *	15	30	60	15	30	60	V max
Tension de repos collecteur-émetteur *	7,5	15	30	7,5	15	30	V max
Courant de pointe de collecteur..	3	3	3	2,5	2,5	2,5	A max
Puissance dissipée, température ambiante 25 °C, radiateur métallique 15×15 cm	12	12	12				W max
radiateur métallique 10×10 cm				5	5	5	W max
Température de jonction	85	85	85	85	85	85	°C max
Température de fonctionnement .	- 55 à + 60	°C max					
Température de stockage	- 55 à + 85	°C max					
Résistance thermique entre jonction et boîtier	1,5	1,5	1,5	4	4	4	°C/W
Résistance thermique entre jonction et radiateur isolé par une feuille de mica	2	2	2	5	5	5	°C/W

* Résistance externe entre base et émetteur inférieure à 200 Ω.

CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

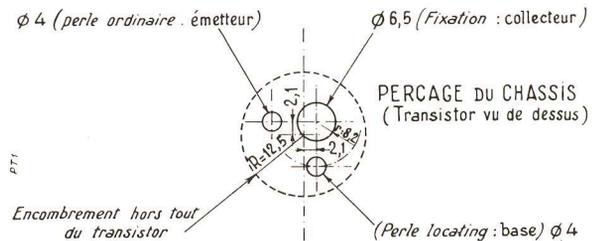
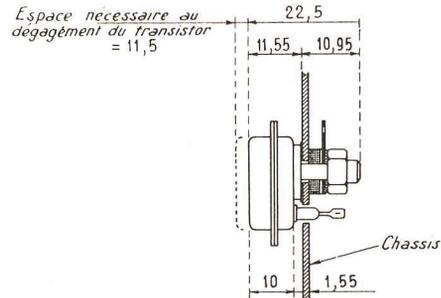
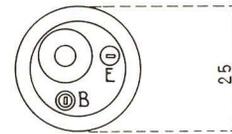
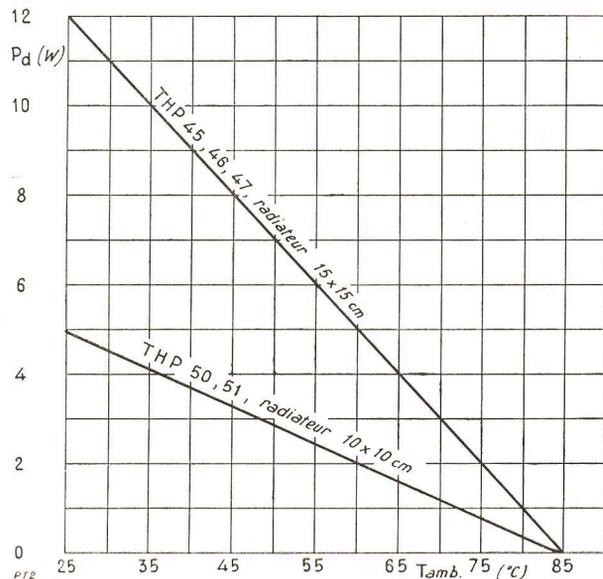
(à 25° C)

Courant maximum de saturation, émetteur et base réunis, sous la tension de repos de collecteur indiquée plus haut 1 mA

Gain moyen en courant, pour une tension de collecteur de 2 V, et un

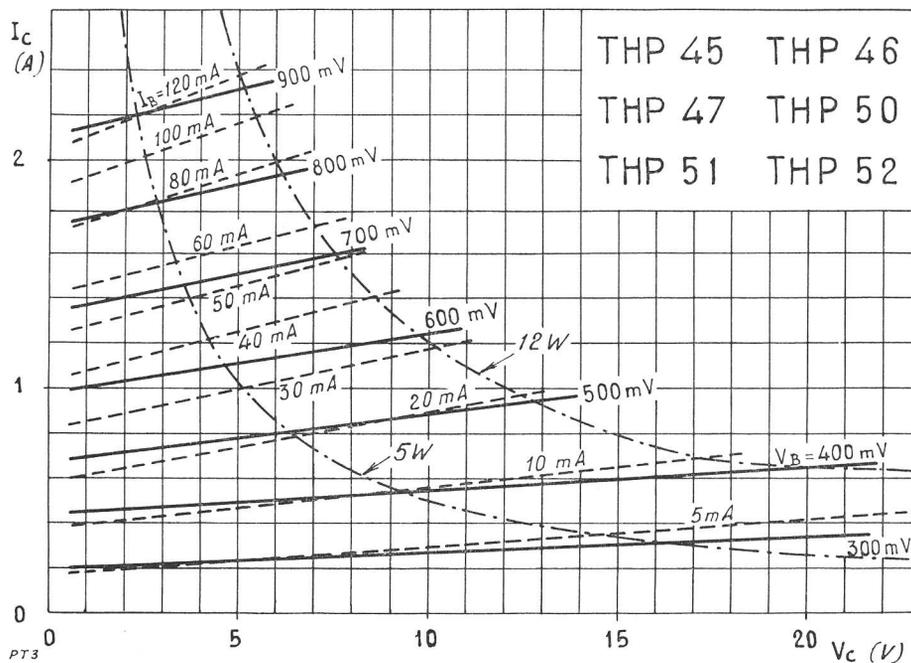
courant de collecteur de 0,5 A	42
courant de collecteur de 1 A	30
courant de collecteur de 1,5 A	18

Résistance de sortie à saturation 0,5 Ω

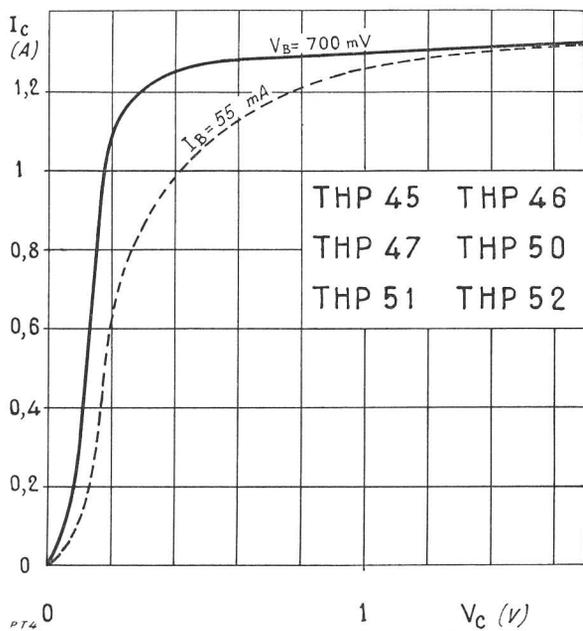


Types THP : Ci-dessus, disposition des électrodes et encombrement. Le collecteur est relié au boîtier.

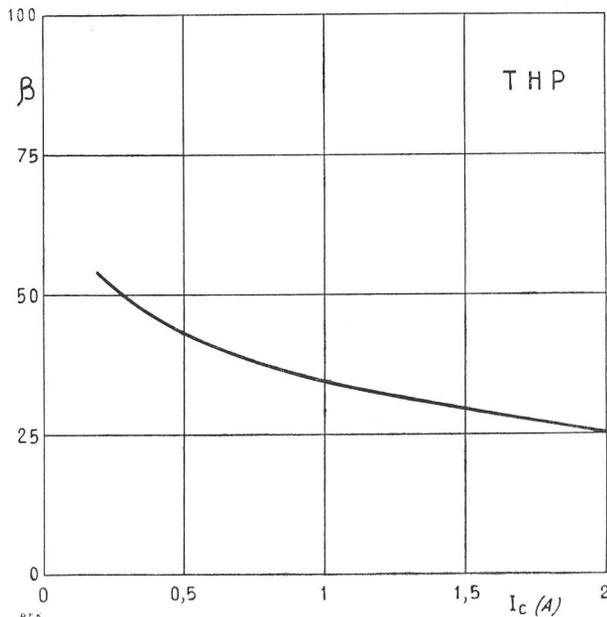
Ci-contre, puissance dissipée P_d en fonction de la température ambiante T_{amb} .



Types THP : Ci-dessus, courant de collecteur I_c en fonction de la tension de collecteur V_c , avec courant et tension de base comme paramètres.



Types THP : Courant de collecteur I_c aux faibles tensions de collecteur V_c , à tension et courant de base constants.



Types THP : Ci-contre, gain en courant β en fonction du courant de collecteur I_c .

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

44 T 1

Transistor p-n-p de moyenne puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

Tension de pointe collecteur-émetteur *	25 V max
Tension de repos de collecteur *	12 V max
Courant de pointe de collecteur	300 mA max
Puissance dissipée, radiateur laiton 1 mm, surface 70 × 70 mm, montage par rondelle de mica de 0,1 mm d'épaisseur (à 25 °C)	400 mW max
Tension inverse de base	5 V max
Température de jonction	85 °C max
Température de fonctionnement	— 55 à + 60 °C max
Température de stockage	— 55 à + 85 °C max
Résistance thermique entre jonction et radiateur monté avec rondelle de mica	0,15 °C/mW

* Résistance externe entre base et émetteur inférieure à 1 kΩ.

CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

(à 25° C)

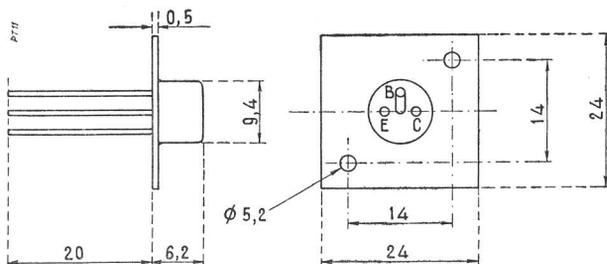
Gain en courant, pour une tension de collecteur de 1 V et un courant de collecteur de 150 mA	54
Capacité base-collecteur	35 pF
Courant maximum de collecteur, base et émetteurs réunis	16 μA

Utilisation en montage symétrique classe B

Tension d'alimentation	12 V
Puissance de sortie au primaire du transformateur	2 W
Puissance dissipée au collecteur	300 mW
Résistance de charge, collecteur à collecteur	130 Ω
Gain en puissance, pour une puissance de sortie de 2 W.	25 dB

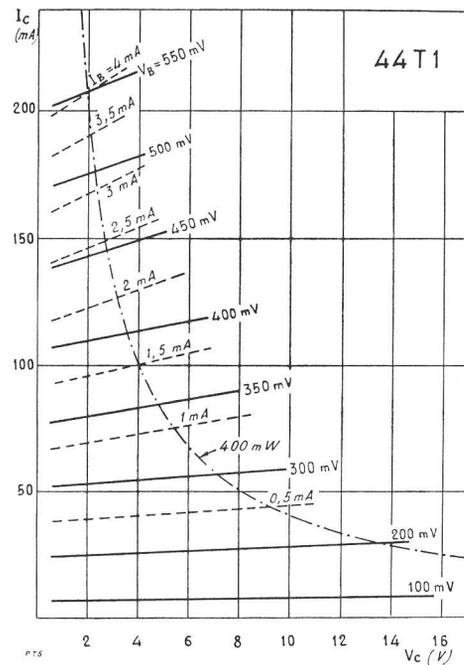
Utilisation en classe A

Tension d'alimentation	12 V
Courant de collecteur	10 mA
Puissance de sortie	100 mW
Résistance de charge	500 Ω

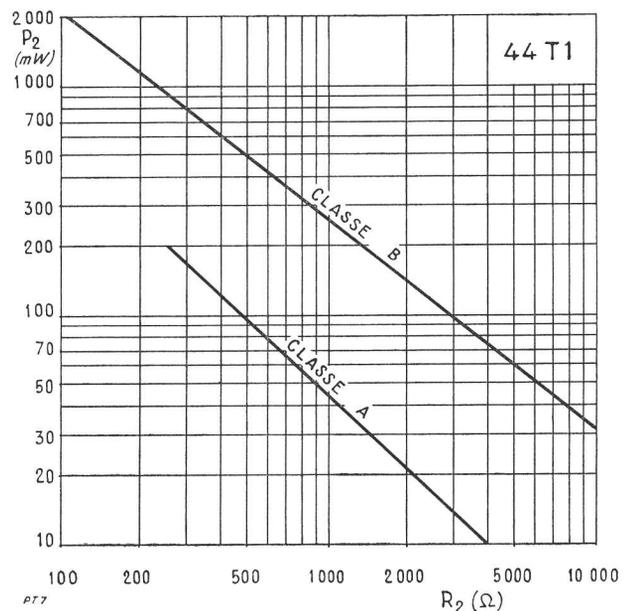


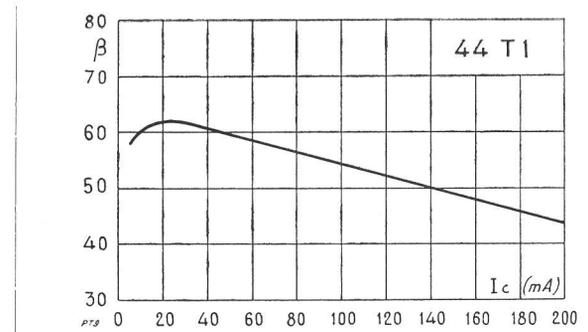
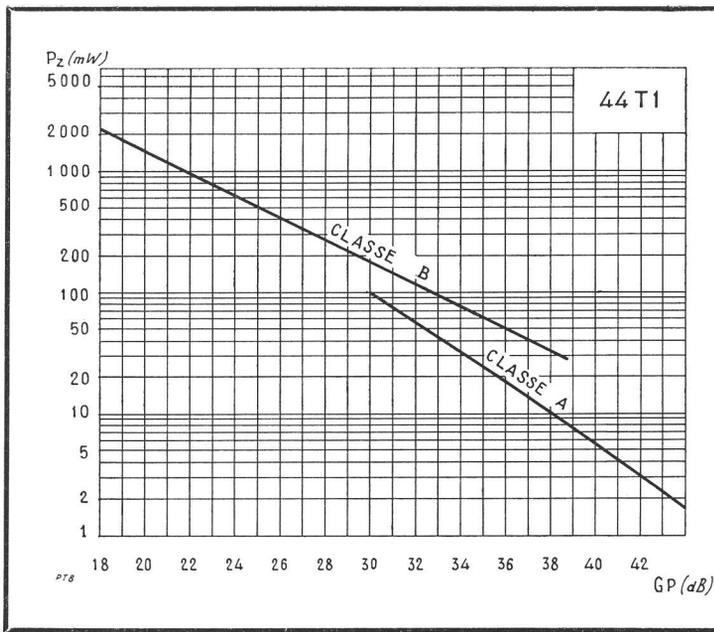
44 T 1 : Disposition des électrodes et encombrement.

44 T 1 : Maximum de puissance de sortie P_2 à 5 % de distorsion, en fonction de la résistance de charge (collecteur à collecteur dans le cas de la classe B), pour une tension d'alimentation de 12 V.



44 T 1 : Courant de collecteur I_C en fonction de la tension de collecteur V_C , avec tension et courant de base comme paramètres, montage émetteur commun.





Ci-dessus, gain en courant β en fonction du courant de collecteur I_c , pour une tension de collecteur de 1 V.

44 T1 : A gauche, maximum de puissance de sortie P_2 en fonction du gain en puissance GP, pour une tension d'alimentation de 12 V.

82 T 1

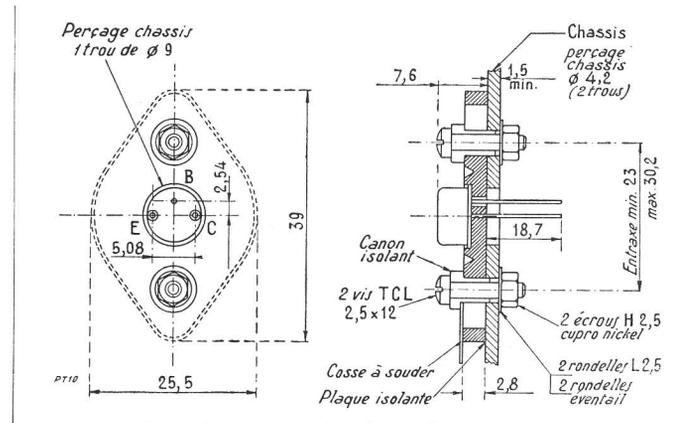
CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS B. F.

Transistor p-n-p de puissance

CARACTERISTIQUES LIMITES

Tension de pointe émetteur-collecteur *	30 V max
Tension de repos, émetteur-collecteur *	15 V max
Tension inverse de base	10 V max
Courant de pointe de collecteur	1,5 A max
Puissance dissipée, sur radiateur cuivre 1 mm, surface 10 x 10 cm, montage avec rondelle mica de 0,1 mm (à 25 °C)	1,2 W max
Température de jonction	80 °C max
Température de fonctionnement	-55 à +60 °C max
Température de stockage	-55 à +80 °C max
Résistance thermique entre jonction et air ambiant, le radiateur étant monté avec rondelle de mica..	45 °C/W

* Résistance externe entre base et émetteur inférieure à 470 Ω .



82 T 1 : Disposition des électrodes et encombrement.

CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT (à 25° C)

Gain en courant, pour une tension de collecteur de 1 V, et un courant de 1 A	30
Gain en courant, pour une tension de collecteur de 1 V, et un courant de 500 mA	40
Courant maximum de collecteur, base et émetteur réunis.	80 μ A
Courant maximum de collecteur de saturation, avec une résistance de 470 Ω entre base et émetteur	100 μ A

Utilisation en montage symétrique classe B

Tension d'alimentation	14 V
Puissance de sortie	5 W
Résistance de charge coll. à coll.	50 Ω
Résistance d'entrée base à base	400 Ω
Gain en puissance pour 5 W sortie	23 dB

Utilisation en classe A

Tension d'alimentation	14 V
Puissance de sortie	400 mW
Résistance de charge	160 Ω
Résistance d'entrée	100 Ω
Gain en puissance pour 400 mW sortie	23 dB

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

	Pages
Régime des signaux de forte amplitude	1
Réseaux de courbes	1
Amplificateur classe A	2
Amplificateur classe B	4
Tracé de la droite de charge en classe B	5

CARACTERISTIQUES UNIVERSELLES

Transistor p-n-p de moyenne puissance :	
OC 72	9
Transistors p-n-p de moyenne puissance (Commutation) :	
OC 76 et OC 77	11
Transistor p-n-p de moyenne puissance :	
OC 74	13
Transistors p-n-p de puissance :	
OC 26, OC 27, OC 28 et OC 29	14
OC 16	15
OC 30	17
Transistors p-n-p de moyenne puissance :	
SFT 121	19
SFT 122	20
SFT 123	21
SFT 124, SFT 125, SFT 130 et SFT 131	22
Transistors p-n-p de puissance :	
SFT 113, SFT 114 et SFT 150	24
Transistors p-n-p de moyenne puissance. Appl. prof. :	
2 N 43	26
2 N 44	27
Triodes p-n-p pour étages de sortie de moyenne puissance :	
2 N 186 A	29
2 N 187 A et 2 N 319	30
2 N 188 A et 2 N 320	31
2 N 241 A et 2 N 231	32
Transistors p-n-p de moyenne puissance. Appl. prof. :	
2 N 524 et 2 N 525	33
2 N 526 et 2 N 527	35
Transistors p-n-p de moyenne puissance pour commutation B. F. :	
2 N 1056 et 2 N 1057	36
Transistors p-n-p de puissance :	
THP 45, THP 46, THP 47, THP 50, THP 51 et THP 52 ..	37
Transistor p-n-p de moyenne puissance :	
44 T 1	39
Transistor p-n-p de puissance :	
82 T 1	40

TABLE ALPHANUMÉRIQUE DES MATIÈRES

	Pages
OC 16	15
OC 26	14
OC 27	14
OC 28	14
OC 29	14
OC 30	17
OC 72	9
OC 74	13
OC 76	11
OC 77	11
SFT 113	24
SFT 114	24
SFT 121	19
SFT 122	20
SFT 123	21
SFT 124	22
SFT 125	22
SFT 130	22
SFT 131	22
SFT 150	24
2 N 43	26
2 N 44	27
2 N 186 A	29
2 N 187 A	30
2 N 188 A	31
2 N 231	32
2 N 241 A	32
2 N 319	30
2 N 320	31
2 N 524	33
2 N 525	33
2 N 526	35
2 N 527	35
2 N 1056	36
2 N 1057	36
THP 45	37
THP 46	37
THP 47	37
THP 50	37
THP 51	37
THP 52	37
44 T 1	39
82 T 1	40

Dans la même collection

STÉ DES ÉDITIONS RADIO
9, rue Jacob - PARIS-6^e
C. C. P. Paris 1164-34

CARACTÉRISTIQUES UNIVERSELLES DES TRANSISTORS

TYPES B. F.
FAIBLE PUISSANCE

40 pages, format 21,5 × 27,5 - Prix : 5 40 NF (+ T. L.) - par poste : 5,94 NF

pour
**servomécanismes et
applications de puissance**

TRANSISTORS
"MINIWATT DARIO"

20 Amp. - 80 V

ADZ 11
ADZ 12

6 Amp. - 80 V

OC 28 - OC 29
OC 35 - OC 36

SILICIUM - 1 Amp.

F 3 Da - F 3 Db

2 MHz - 1 Amp.

OC 22 - OC 23
OC 24

LA RADIOTECHNIQUE

DIVISION TUBES ÉLECTRONIQUES ET SEMI-CONDUCTEURS
130, AV. LEDRU-ROLLIN - PARIS - TÉL.: VOL. 23-09
USINES ET LABORATOIRES A : SURESNES - CHARTRES - DREUX - CAEN